

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



---

**Nuclear powers plants – Instrumentation and control important to safety –  
Management of ageing of sensors and transmitters –  
Part 1: Pressure transmitters**

**Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande  
importants pour la sûreté – Gestion du vieillissement des capteurs et des  
transmetteurs –  
Partie 1: Transmetteurs de pression**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2015 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://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.

#### IEC Catalogue - [webstore.iec.ch/catalogue](http://webstore.iec.ch/catalogue)

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

#### IEC publications search - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

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

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

#### IEC Glossary - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)

More than 60 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

#### IEC Customer Service Centre - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch).

---

### A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

#### Catalogue IEC - [webstore.iec.ch/catalogue](http://webstore.iec.ch/catalogue)

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

#### Recherche de publications IEC - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

#### Glossaire IEC - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)

Plus de 60 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

#### Service Clients - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch).

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



---

**Nuclear powers plants – Instrumentation and control important to safety –  
Management of ageing of sensors and transmitters –  
Part 1: Pressure transmitters**

**Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande  
importants pour la sûreté – Gestion du vieillissement des capteurs et des  
transmetteurs –  
Partie 1: Transmetteurs de pression**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 27.120.20

ISBN 978-2-8322-2629-2

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.  
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

## CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references .....	8
3 Terms and definitions .....	9
4 Abbreviations .....	12
5 Background .....	12
5.1 General.....	12
5.2 Type of transmitter and interface.....	12
5.2.1 Type of transmitters.....	12
5.2.2 Interface between sensing part and process .....	13
5.3 Reasons for transmitter ageing management .....	13
5.4 Environmental stressors.....	14
5.4.1 General .....	14
5.4.2 Radiation .....	14
5.4.3 Temperature .....	15
5.4.4 Humidity .....	15
5.4.5 Pressure transients.....	15
5.4.6 Vibration.....	15
5.4.7 Corrosive chemical reaction.....	15
5.5 Sensing line problems to be considered with transmitter ageing.....	16
5.6 Techniques for detecting pressure transmitter ageing .....	16
6 Ageing management of transmitters.....	17
6.1 General.....	17
6.2 Methodology of ageing management.....	17
6.3 Identification of ageing by performance verification test .....	18
6.4 Test and inspection interval .....	18
6.5 Test location .....	19
6.6 Calibration of measurement and test equipment.....	19
6.7 Test and inspection results .....	19
6.8 Validation of test methods.....	19
6.9 Classification of condition monitoring system and its software.....	19
6.10 Replacement of transmitter or its parts.....	19
7 Acceptable means for transmitter testing .....	20
8 Relationship between initial qualification and transmitter ageing management.....	20
Annex A (informative) Calibration for type tests or periodic tests.....	21
A.1 General.....	21
A.2 Configuration for calibration of transmitters.....	21
A.3 Uncertainty and TDF between M&TE and EUT .....	21
A.4 Criteria for calibration tolerance .....	22
A.4.1 As-found value and as-left value.....	22
A.4.2 Allowable conditions for adjustment in calibration .....	22
A.5 Calibration with adjustment .....	22
Annex B (informative) Performance verification tests .....	23
B.1 Test – Verification of performance .....	23

B.2	Acceptable limits for test.....	23
B.2.1	Linearity and accuracy.....	23
B.2.2	Response time.....	24
B.3	Alternative method with on-line calibration .....	24
B.4	Remedial actions for inoperable transmitters.....	25
B.5	Written procedure for calibration .....	25
	Bibliography.....	27
	Figure 1 – Conceptual methodology of ageing management .....	18
	Figure A.1 – Process and transmitter configuration for calibration.....	21
	Table 1 – Examples of ageing effects that can cause performance degradation in PTs .....	14
	Table 2 – Examples of environmental stressors with potential to damage transmitters .....	16
	Table B.1 – Consideration for verification of performance (see IEC 62385:2007, Clauses 5 and 6).....	23
	Table B.2 – Uncertainty of elements for Pressure transmitters (see IEC 61888:2002, 5.3.1).....	24
	Table B.3 – Comparison between traditional and on-line tests of response time.....	24
	Table B.4 – Required actions followed by as-found value during calibration test as an example.....	25

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**NUCLEAR POWERS PLANTS –  
INSTRUMENTATION AND CONTROL  
IMPORTANT TO SAFETY – MANAGEMENT  
OF AGEING OF SENSORS AND TRANSMITTERS –**

**Part 1: Pressure transmitters**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62765-1 has been prepared by subcommittee 45A: Instrumentation, control and electrical systems of nuclear facilities, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

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

FDIS	Report on voting
45A/1001/FDIS	45A/1015/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

**IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.**

## INTRODUCTION

### a) Technical background, main issues and organisation of the standard

With the majority of NPPs over 20 years old, the management of ageing of transmitters (pressure, level, flow) is currently a relevant topic, especially for those plants that have extended their operating licenses or are considering this option. This standard is intended to be used by operators of NPPs (utilities), systems evaluators, and by licensors.

### b) Situation of the current standard in the structure of the IEC SC 45A standard series

IEC 62765 is the third level IEC SC 45A document comprising several parts to tackle the specific issue of management of ageing of sensors and transmitters in nuclear power plants (NPPs) for I&C systems important to safety. Part 1 of IEC 62765 is dedicated to pressure transmitters.

IEC 62342 is the second level standard of SC 45A covering the domain of the management of ageing of nuclear instrumentation systems used in NPPs to perform functions important to safety. IEC 62342 is the introduction to a series of standards to be developed by IEC SC 45A covering the management of ageing of specific I&C systems or components such as electrical cabling systems (IEC 62465), and sensors and transmitters (IEC 62765).

IEC 62765 is to be read in association with IEC 62342 and IEC/TR 62096, which is the appropriate IEC SC 45A Technical Report that provides guidance on the decision for modernisation when management of ageing techniques are no longer successful.

For more details on the structure of the IEC SC 45A standard series, see item d) of this introduction.

### c) Recommendations and limitations regarding the application of this standard

It is important to note that this standard establishes no additional functional requirements for safety systems. Ageing mechanisms have to be prevented and thus detected by performance measurements. Aspects for which special recommendations and limitations are provided in this standard are:

- criteria for evaluation of ageing of pressure transmitters in NPPs;
- steps to be followed to establish pressure transmitter testing requirements for an ageing management program for NPP instrumentation systems; and
- relationship between on-going qualification analysis and ageing management program with regards to pressure transmitters.

It is recognised that testing and monitoring techniques used to evaluate the ageing condition of NPPs transmitters are continuing to develop at a rapid pace and that it is not possible for a standard such as this to include references to all modern technologies and techniques.

This standard identifies minimum requirements aimed at ensuring that any potential impacts on NPP safety due to ageing of pressure transmitters of NPP can be identified and that suitable actions are undertaken to demonstrate that the safety of the plant will not be impaired.

To ensure that this standard will continue to be relevant in future years, the emphasis has been placed on issues of principle, rather than specific technologies.

### d) Description of the structure of the IEC SC 45A standard series and relationships with other IEC documents and other bodies documents (IAEA, ISO)

The top-level document of the IEC SC 45A standard series is IEC 61513. It provides general requirements for I&C systems and equipment that are used to perform functions important to safety in NPPs. IEC 61513 structures the IEC SC 45A standard series.

IEC 61513 refers directly to other IEC SC 45A standards for general topics related to categorization of functions and classification of systems, qualification, separation of systems, defence against common cause failure, software aspects of computer-based systems, hardware aspects of computer-based systems, and control room design. The standards referenced directly at this second level should be considered together with IEC 61513 as a consistent document set.

At a third level, IEC SC 45A standards not directly referenced by IEC 61513 are standards related to specific equipment, technical methods, or specific activities. Usually these documents, which make reference to second-level documents for general topics, can be used on their own.

A fourth level extending the IEC SC 45A standard series, corresponds to the Technical Reports which are not normative.

IEC 61513 has adopted a presentation format similar to the basic safety publication IEC 61508 with an overall safety life-cycle framework and a system life-cycle framework. Regarding nuclear safety, it provides the interpretation of the general requirements of IEC 61508-1, IEC 61508-2 and IEC 61508-4, for the nuclear application sector. In this framework IEC 60880 and IEC 62138 correspond to IEC 61508-3 for the nuclear application sector. IEC 61513 refers to ISO as well as to IAEA GS-R-3 and IAEA GS-G-3.1 and IAEA GS-G-3.5 for topics related to quality assurance (QA).

The IEC SC 45A standards series consistently implements and details the principles and basic safety aspects provided in the IAEA code on the safety of NPPs and in the IAEA safety series, in particular the Requirements SSR-2/1, establishing safety requirements related to the design of Nuclear Power Plants, and the Safety Guide NS-G-1.3 dealing with instrumentation and control systems important to safety in Nuclear Power Plants. The terminology and definitions used by IEC SC 45A standards are consistent with those used by the IAEA.

NOTE It is assumed that for the design of I&C systems in NPPs that implement conventional safety functions (e.g. to address worker safety, asset protection, chemical hazards, process energy hazards) international or national standards would be applied, that are based on the requirements of a standard such as IEC 61508.

# NUCLEAR POWERS PLANTS – INSTRUMENTATION AND CONTROL IMPORTANT TO SAFETY – MANAGEMENT OF AGEING OF SENSORS AND TRANSMITTERS –

## Part 1: Pressure transmitters

### 1 Scope

This part of IEC 62765 provides strategies, technical requirements, and recommended practices for the management of ageing to ensure that ageing of pressure transmitters important to safety in nuclear power plants (NPPs) can be identified and that suitable remedial actions are undertaken as necessary to demonstrate that the safety of the plant will not be impaired. This standard is aligned with the IEC 62342 standards, which provides guidance on ageing management for I&C systems important to safety in NPPs. This standard, IEC 62765-1, is the first part for pressure transmitters in the IEC 62765 sensor and transmitter series for pressure, temperature, neutron and other sensors.

This standard deals with analogue electronic pressure transmitters, which have an electrical signal output that is a function of pressure applied on the sensing part, and which are included in I&C systems important to safety in accordance with IAEA terminology.

Any software used for data acquisition, data qualification, or data analysis for transmitter testing or condition monitoring system for pressure transmitter is classified according to IEC 62138 depending on its functionality as specified in IEC 61226. The qualification of the software for the digital data processing is beyond the scope of this standard.

Additional condition monitoring system for ageing management of the pressure transmitters is classified according to IEC 61226 with respect to its functionality. If classified, the software installed in the monitoring system complies with IEC 62138 for its B or C categorised function.

Regarding environmental qualification, the requirements of IEC 60780 apply. For assessing the performance of transmitters in the safety system instrument channel, the IEC 62385 methods, IEC 61888 requirements and IEC 60671 surveillance testing requirements apply.

Pressure measurements may be used for the measurement of other parameters that can be related to pressure, e.g., level or flow. Interfaces which include sensing lines, condensing pots, and primary (e.g., flow) elements between process and transmitters are within the scope of this standard.

### 2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60671, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Surveillance testing*

IEC 60780, *Nuclear power plants – Electrical equipment of the safety system – Qualification*

IEC 61226, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Classification of instrumentation and control functions*

IEC 62138, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important for safety – Software aspects for computer-based systems performing category B or C functions*

IEC 62342, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Management of ageing*

IEC 62385:2007, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Methods for assessing the performance of safety system instrument channels*

IEC 62465:2010, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Management of ageing of electrical cabling systems*

### 3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

#### 3.1

##### **accuracy of measurement**

closeness of the agreement between the result of a measurement and the conventionally true value of the measurand

Note 1 to entry: The parameter may be, for example, a standard deviation (or a given multiple of it), or the half-width of an interval having a stated level of confidence.

#### 3.2

##### **ageing assessment**

evaluation of appropriate information for determining the effects of ageing on the current and future ability of systems, structures, and components to function within acceptance criteria in all operating conditions (e.g., in normal conditions and after design basis events)

[SOURCE: IEC 62465:2010, 3.2]

#### 3.3

##### **ageing management**

engineering, operations and maintenance actions to control within acceptable limits ageing degradation of structures, systems or components.

[SOURCE: IAEA Safety Glossary, 2007 edition]

#### 3.4

##### **allowable value**

a limiting value that the trip setpoint may have when tested periodically, beyond which appropriate action shall be taken

[SOURCE: IEC 61888:2002, 3.1]

#### 3.5

##### **analytical limit**

limit of a measured or calculated variable established by the safety analysis to ensure that a safety limit is not exceeded. The margin between the analytical limit (of the setpoint) and the safety limit allows to take into account:

- the response time of the instrument channel,
- the range of transients due to the considered accident.

[SOURCE: IEC 61888:2002, 3.2]

**3.6  
calibration**

set of operations that establish, under specified conditions, the relationship between values of quantities indicated by a measuring instrument or a measuring system, or values represented by a material measure or a reference material, and the corresponding values realised by standards

**3.7  
commissioning test**

test of a device or equipment, carried out on the site, to prove the correctness of installation and operation

**3.8  
condition monitoring**

continuous or periodic tests, inspections, measurement or trending of the performance or physical characteristics of structures, systems and components to indicate current or future performance and the potential for failure

[SOURCE: IAEA Safety Glossary, 2007 Edition]

**3.9  
drift**

variation in transmitters or instrument channel output that may occur between calibrations that cannot be related to changes in the process variable or environmental conditions

[SOURCE: IEC 62385:2007, 3.7]

**3.10  
environmental stress**

factor influencing at least one ageing mechanism of the system which is not caused by the change of its physical state

Note 1 to entry: In this standard, to apply this definition pressure transmitters are considered as systems.

[SOURCE: IEC 62465:2010, 3.9, modified]

**3.11  
impulse line  
sensing line**

piping or tubing connecting the process to the sensor; impulse lines/sensing lines are usually used to connect pressure, level, and flow transmitters to the process

Note 1 to entry: They vary in length from a few metres to a few hundred metres. Sensing lines may also include isolation and root valves and other piping hardware along their length.

[SOURCE: IEC 62385:2007, 3.8]

**3.12  
pressure transmitter  
PT**

pressure, level, and flow transmitters that are based on the principle of pressure or differential pressure measurement, and are collectively referred in this standard as pressure transmitters, pressure sensors, PT, or just transmitters

[SOURCE: IEC 62385:2007, 3.14]

**3.13****qualified life**

period for which a structure, system or component has been demonstrated, through testing, analysis or experience, to be capable of functioning within acceptance criteria during specific operating conditions while retaining the ability to perform its safety functions in a design basis accident or earthquake

[SOURCE: IAEA Safety Glossary, 2007 edition]

**3.14****response time**

period of time necessary for a component to achieve a specified output state from the time that it receives a signal requiring it to assume that output state

[SOURCE: IAEA Safety Glossary, 2007]

**3.15****routine test**

conformity test made on each individual item during or after manufacture

**3.16****test interval**

elapsed time between the initiation of identical tests on the same sensor and signal processing device, logic assembly or final actuation device

[SOURCE: IEC 60671:2007, 3.13]

**3.17****turn down factor****TDF**

URL (Upper Range Limit) divided by the calibrated span of the device, which is a ratio, i.e. dimensionless quality

[SOURCE: ISA67.04.02]

**3.18****type test**

conformity test made on one or more items representative of the production

**3.19****verification**

process of ensuring that an equipment fulfils the specified conditions

Note 1 to entry: The IEC 61513 verification definition which applies to activities differs and reads “confirmation by examination and by provision of objective evidence that the results of an activity meet the objectives and requirements defined for this activity”. This verification definition applies not to activities but to equipment.

**3.20****system validation**

confirmation by examination and provision of other evidence that a system fulfils in its entirety the requirement specification as intended (functionality, response time, fault tolerance, robustness)

Note 1 to entry: In this standard, to apply this definition pressure transmitters are considered as systems.

[SOURCE: IEC 61513:2011, 3.59]

## 4 Abbreviations

AFV	As-found Value
ALV	As-left Value
AV1	Allowable Value
AV2	Analytical Value
DBE	Design Basis Event
EUT	Equipment Under Test
FT	Flow Transmitter
LT	Level Transmitter
M&TE	Measurement and Test Equipment
NPP	Nuclear Power Plant
PT	Pressure Transmitter
QA	Quality Assurance
TDF	Turn Down Factor
URL	Upper Range Limit
V&V	Verification and Validation

## 5 Background

### 5.1 General

Transmitters in NPPs can suffer degradation due to ageing. For example, transmitters can drift and degrade due to ageing and malfunction during plant operation or in accident and post-accident conditions. Therefore, it is necessary to monitor, test or calibrate, and inspect transmitters to assess ageing mechanisms predicted at the design stage, to help identify unanticipated behaviour or degradation that might occur in service, and to identify needed corrective actions.

### 5.2 Type of transmitter and interface

#### 5.2.1 Type of transmitters

The ways that pressure transmitter ages depend to some extent on how pressure is converted to a physical displacement, the type of sensor used to measure this displacement, and the type of electronics that they use.

Electro-mechanical type pressure sensors are generally used for process – i.e. pressure, level or flow – measurement within the safety system of NPPs. Pressure transmitters use elastic sensing parts and direct display indicator or transmitting line to signal processing instrumentation. The commonly used parts for the sensing element are a diaphragm, bellows or Bourdon tube.

The displacement of the diaphragm, bellows, or Bourdon tube is typically measured by:

- a) a variable resistance strain gauge,
- b) a variable capacitance metal plate,
- c) a variable inductance created by changing air gap permeance,
- d) a differential transformer with moving core,
- e) a wired potentiometer with sliding contact, or
- f) a piezo-electric sensor.

A sealed pressure sensing part has a fluid medium isolated from process fluid. This type of sensor provides a degree of damping of the pressure variation and may eliminate rapid fluctuations

## **5.2.2 Interface between sensing part and process**

### **5.2.2.1 Sensing line for pressure transmitters**

Sensing lines (instrumentation line or impulse line) are tubes that connect the process to be measured to the sensing part of pressure transmitters. Sensing line may contain liquid or gas.

### **5.2.2.2 Primary elements for flow measurement**

Where pressure transmitters are used for measurement of flow, a primary element (mechanical devices) that creates the differential pressure that is related to flow is needed. The primary element may be an orifice plate, a venturi tube, a pipe elbow, or a flow nozzle. The differential pressure transmitter with a primary element is defined as flow transmitters (FT).

### **5.2.2.3 Reference leg for level measurement**

Where pressure transmitters are used for measurement of level, a reference leg with condensation pot that creates the head pressure as a reference level of full tank is needed. The differential pressure between reference leg tap (high-pressure side) and tank tap (low-pressure side) is inversely proportional to the level of tank. The differential pressure transmitter with a reference leg is defined as level transmitters (LT).

## **5.3 Reasons for transmitter ageing management**

Ageing of pressure transmitters can cause measurement errors, erratic signals, spikes, noise, degradation of response time, and other anomalies that may affect plant operation or safety. Ageing can also invalidate the environmental qualification of pressure transmitters that are required to operate in harsh environments during accident conditions. Such effects may affect individual transmitters or result in common cause failure of transmitters. There are also problems such as loss of fill fluid due to ageing, which can occur in pressure transmitters leading to performance degradation. In transmitters, transfer agent such as oil may be used. Any leakage of oil can lead to calibration change, response time increases, and loss of linearity. In other transmitters where oil is used for lubrication and other purposes, leakage of oil is not as detrimental to transmitter performance. Both calibration changes and response time degradation due to oil loss can be identified using the online-monitoring techniques mentioned in this standard. Examples of ageing effects that can cause calibration failure, slow response time or total failure of PTs are summarised in Table 1 (this information is also provided in Table B.1 of IEC 62342:2007 and the related research report *Sensor Performance and Reliability* listed in the bibliography).

**Table 1 – Examples of ageing effects that can cause performance degradation in PTs**

Degradation	Potential cause	Affected performance		
		Steady state <sup>a</sup>	Dynamic state <sup>b</sup>	Total <sup>c</sup>
1. Partial or total loss of fill fluid	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Manufacturing flaws</li> <li>– High pressure</li> <li>– Ageing (wear) of seals</li> </ul>	✓	✓	✓
2. Degradation of fill fluid	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Viscosity changes due to radiation and heat</li> </ul>		✓	
3. Wear, friction, and sticking of mechanical linkages	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pressure fluctuations and surges</li> <li>– Corrosion and oxidation</li> </ul>		✓	
4. Failure of seals, allowing moisture into transmitter electronics	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Embrittlement and cracking of seals due to radiation and heat</li> </ul>	✓		
5. Leakage of process fluid into cell fluid, resulting in temperature changes in sensor, viscosity changes in fill fluid, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Failure of seals</li> <li>– Manufacturing flaws</li> <li>– Rupture of sensing elements</li> </ul>	✓	✓	✓
6. Deformation of sensing element, resulting in changes in stiffness	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pressure cycling</li> <li>– Over-pressurization</li> <li>– Vibration</li> </ul>	✓	✓	
7. Changes in values of electronic components	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Heat, radiation, humidity</li> <li>– Changes in power supply voltages</li> <li>– Maintenance</li> </ul>	✓		
8. Changes in spring constants of bellows and diaphragms	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mechanical fatigue</li> <li>– Pressure cycling</li> </ul>	✓	✓	
9. Blockage of holes in ceramic inserts in sensing modules or crimped capillaries	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Normal aging</li> <li>– Manufacturing flaws</li> <li>– Mishandling</li> </ul>		✓	
10. Drift of damping resistors	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Thermal fatigue</li> <li>– Radiation effects</li> <li>– Vibration</li> </ul>		✓	
<sup>a</sup> Steady-state performance: accuracy failure when calibrating. <sup>b</sup> Dynamic-state performance: slow response time. <sup>c</sup> Total failure.				

## 5.4 Environmental stressors

### 5.4.1 General

Environmental stressors affect the components of the pressure transmitters, such as sensing elements, electronic boards, insulators and mechanical parts – seals, fill fluid, springs, and linkages. Those stressors with potential to damage transmitters are shown Table 2. Refer to Table 1 of IEC 62465:2010 for other stressors of cabling system.

### 5.4.2 Radiation

Ionizing radiation plays a role in ageing. Materials such as organic fluids, elastomers, plastics and electronics that are used in construction of some transmitters are especially susceptible to radiation damage. Radiation can cause embrittlement and cracking of seals, especially in the presence of heat; increase the viscosity of fill fluids; and affect the transmitter's electronics, especially the integrated circuit components.

### **5.4.3 Temperature**

Temperature is one of the dominant stressors in pressure transmitters. Temperature predominantly affects the transmitter's electronics. Long-term exposure to high temperatures is detrimental to the life of the transmitter. Temperature also increases the effect of humidity because it increases the rate at which moisture diffuses through seals.

### **5.4.4 Humidity**

Humidity affects the operation of a transmitter's electronics and can cause corrosion in other parts of a transmitter. Moisture sources and sinks exist within the transmitter and are therefore unavoidable. The humidity levels inside a nuclear power plant may be as high as 100 %, particularly in areas where there are water or steam leaks during normal plant operation. Some moisture will leak into transmitters because the organic polymer seals used in most transmitters cannot provide perfect sealing under long-term exposure to the temperatures that exist around pressure transmitters. A significant degrading effect of humidity is short circuits in the transmitter electronics. In addition, moisture weakens the dielectric strength of insulators.

### **5.4.5 Pressure transients**

Pressure transmitters are continuously exposed to small pressure fluctuations during normal operation and large pressure surges during reactor trips and other events. Water hammer, for example, is a well-known phenomenon in NPPs, which can degrade the performance of PT. Other pressure-induced degradations occur during calibration and maintenance when transmitters are inadvertently over-pressurised or cycled with pressures that are above or below their normal range. Cyclic pressures accelerate wearing and loosening of parts in the mechanical systems of transmitters.

### **5.4.6 Vibration**

Vibration generated by nearby machinery during plant operation is transmitted to pressure transmitters through the building structure. Normal vibration can produce mechanical fatigue and loosen or disintegrate the transmitter components.

### **5.4.7 Corrosive chemical reaction**

Chemicals or sludge in process fluids can cause blockages in sense lines, fouling or erosion and corrosion of primary elements or sensing parts. Corrosion of sense element diaphragms may dilute oil fills. Any of these effects may cause changes in calibration accuracy or time response.

**Table 2 – Examples of environmental stressors with potential to damage transmitters**

Ageing stressor	Affected component	Consequence
Radiation	Electronics	Changes in values of electronic components
	Seals	Embrittlement and cracking of seals allowing moisture into transmitter electronics
	Fill Fluid	Viscosity changes degrading fill fluid
Temperature	Electronics	Shorten transmitter's life, change in values of electronic components
	Seals	Failure of seals, allowing moisture into transmitter electronics
	Fill fluid	Viscosity changes degrading fill fluid
Humidity	Electronics	Short circuit transmitter's electronics, change in values of electronic components
	Insulators	Moisture can weaken dielectric strength of insulators, which can then affect the sensor's performance and longevity
	Metal parts	Corrosion
Pressure transients	Spring	Changes in spring constants of bellows and diaphragms
	Sensing element	Deformation of sensing element (diaphragm, bellows), resulting in changes in stiffness
	Mechanical linkages	Wear, friction and sticking of mechanical linkages
	Fill fluid	Partial or total loss of fill fluid
Vibration	Sensing element	Deformation of sensing element (diaphragm or bellows), resulting in changes in stiffness
	Transmitter components	Can produce mechanical fatigue and loosen or disintegrate the transmitter's components
Corrosive chemical reaction	Mechanical linkages	Wear, friction and sticking of metal parts such as seal-in and mechanical linkages

**5.5 Sensing line problems to be considered with transmitter ageing**

Sensing lines can encounter a number of problems that can affect the pressure sensing system's accuracy and response time. Some examples of the sensing line problems that have occurred in nuclear power plants are:

- blockages due to sludge, boron, or deposits,
- air or gas entrapped in low-pressure sensing lines,
- ice-locking of sensing lines (e.g., due to problems with insulation material or heat trace on the lines),
- improper line-up or seating of isolation and equalizing valves,
- leakage in sensing lines (e.g., due to valve problems).

Any single item above or any combination of these five problems may increase the pressure sensing system's response time or cause other problems; however, these problems can be detected on-line as described in Annex B.

**5.6 Techniques for detecting pressure transmitter ageing**

The installation or initial performance test should provide a baseline data for the management of ageing with respect to the verification of performance of pressure transmitters. The analysis or calculations during installation or design stage shall be traceable as a part of plant records for ageing management of pressure transmitters. The results of periodic testing shall be examined for indications of transmitter ageing including calibration data, e.g. as-found or as-left value shown in Annex A. Such a performance verification test is shown as an example in

Annex B. Visual inspections may be useful to identify corrosion, damage to mechanical linkages, or degradation of seal. Certain of the tests in Annex B may be performed using online monitoring techniques. Online monitoring has the advantage of earlier identification of issues.

## **6 Ageing management of transmitters**

### **6.1 General**

This clause provides specific requirements and recommendations to establish the methodological approaches and the practical processes necessary for ageing management of pressure transmitters from the general I&C system ageing management standard (IEC 62342).

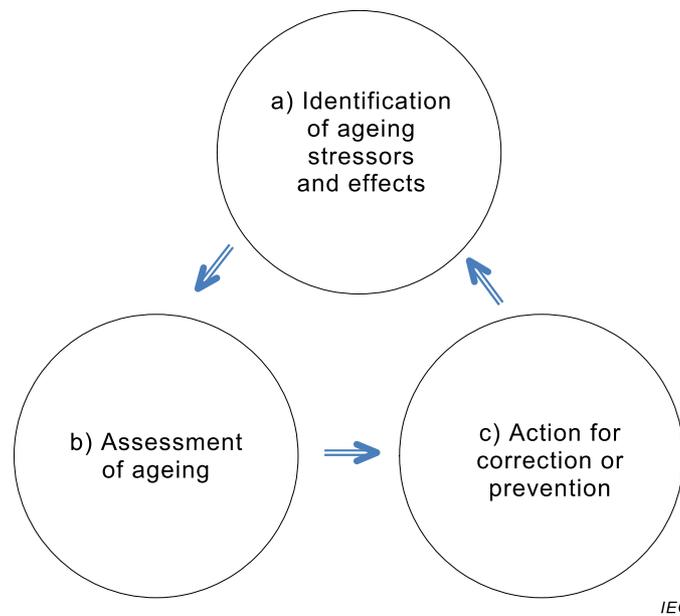
One solution for management of ageing of transmitters is to replace the instruments systematically at or before the onset of any ageing problems. However, design, operation and installation in harsh (radioactive) working environments, licensing approval and cost of scheduled plant outages with respect to aged and degraded performance of pressure transmitters could be a challenge. Another approach is to extend the use of the existing transmitters by taking appropriate measures to maintain the performance of the transmitters.

The ageing management process for I&C equipment and systems are shown in Figure 1 of IEC 62342:2007 standard, which directly applies to the ageing management process for transmitters. The general ageing management processes for I&C system are also described in Clause 5 of IAEA-TECDOC-1147.

### **6.2 Methodology of ageing management**

The basic methodology of ageing management for transmitters should involve following conceptual steps in an iterative way as in Figure 1.

- a) Environmental stressors affecting the pressure transmitters' performance of functions important to safety and consequences in Table 2 shall be identified. In addition, performance degradation of PTs in Table 1 shall be considered. Identification of the ageing of transmitters involves understanding the age-sensitive components of the transmitter and the stressors prevailing in the locations where they are installed.
- b) The affected and degraded performance shall be identified and assessed. Annex B identifies performance verification methods that can be used to detect ageing effects and discusses the implementation of these methods.
- c) After assessment of ageing, action shall be taken to counteract the effects of ageing that affect a transmitter's ability to perform its functions important to safety. Such actions may involve:
  - replacement of the transmitter,
  - replacement of component parts,
  - elimination or reduction of stressors,
  - implementation of additional testing for the parts indicating degradation or deviation from specifications due to ageing,
  - adaptation of functional characteristics (recalibration, change of setpoints, etc.) to take into account acceptable ageing degradation.



**Figure 1 – Conceptual methodology of ageing management**

### 6.3 Identification of ageing by performance verification test

Testing of transmitters is performed in NPPs to identify problems such as signal anomalies, to establish baseline measurements as a reference for predictive maintenance, and to evaluate transmitter ageing. Test methods such as those in Annex B of this standard have been applied in NPPs. These methods can be used while the plant is operating as well as during an outage. Any test method shall be validated according to 6.8 of this international standard. The following topics should be covered:

- control of drift in terms of response time, accuracy of calibration,
- verification of performance of the transmitter during periodical tests and through on-line monitoring,
- verification of consistency between correlated process data or redundant transmitters.

### 6.4 Test and inspection interval

Test and inspection intervals shall be established to detect components affected by ageing before they lead to unacceptable performance. The test interval is the relevant design parameter for the demonstration that reliability and availability goals are met for the system under consideration. Refer to IEC 60671 for details.

The following factors should be considered in determining the test interval:

- transmitter age,
- type of sensing element and process (fluid or gas),
- method for detecting misalignment of sensing element,
- manufacturer’s recommendations and other industry standards,
- margin between measured performance characteristic and desired performance,
- rate of degradation change of performance characteristics in Table 1,
- environmental stressors of transmitters in Table 2,
- transmitter failure rates and target reliability,
- the drift (or stability) for each transmitter over a certain period.

## 6.5 Test location

Testing should be performed in-situ to the extent possible. If necessary for corrective action or for measurement of the transmitter in order to verify the response time as described in Annex B, representative samples of concerned transmitter should be tested in remote laboratory. Transmitters' removal for testing is acceptable only if such removal does not affect test results. Procedures shall be implemented to confirm that transmitter status is restored after testing according to IEC 62385.

## 6.6 Calibration of measurement and test equipment

M&TE of pressure transmitter shall have valid calibration traceable to a national measurement standard. Refer to IEC 62385 for details. Written procedures shall be used to perform the calibration by M&TE and the results of calibration with M&TE shall be documented. Refer to Annex A for details.

## 6.7 Test and inspection results

Acceptance criteria for transmitter ageing management tests and inspections shall be defined in advance. Test and inspection results shall be compared to the acceptance criteria. If the results do not comply with acceptance criteria, an action shall be taken to address the problem.

## 6.8 Validation of test methods

Transmitter testing methods shall be validated to ensure that the testing results correlate well with the condition of the transmitters. This validation shall be documented and it should address the following considerations:

- Test set-up for comparison of methods with the baseline data from type test report or routine test report:
  - definition of a set of test cases,
  - identification of defects to be diagnosed (a complete list should be written),
  - laboratory characteristics of the various transmitters and components without defects,
  - characterisation of environmental ageing (e.g., environmental stressors in Table 2) and its consequences on the test methods.
- Comparison of test methods with suitable laboratory tests, in-situ tests, or both types of tests to establish the validity of the method.
- Theoretical justification for the test method.
- The assumptions made and conditions used to ensure that the validity of the test method has been established.

## 6.9 Classification of condition monitoring system and its software

Additional system for condition monitoring for ageing management of the transmitters shall be identified according to classification procedure of IEC 61226 with respect to its functionality or its design basis. Condition monitoring system that is used solely for the surveillance of transmitters performing functions important to safety may be categorized lower than the transmitters being monitored.

Only the software installed in the condition monitoring system as classified by IEC 61226 shall be subjected to meet the requirements specified in IEC 62138.

## 6.10 Replacement of transmitter or its parts

When a transmitter or its parts such as an electronic board or mechanical seal is replaced, the quality assurance process shall be followed as specified. Personnel who have been properly trained shall perform ageing management activities. Quality Assurance requirement

in IAEA Safety Guide No.GS-G-3.1 shall apply directly to this standard when replacing a transmitter or its components. In addition, where the aged parts or damaged parts are replaced, special attention should be paid to managing suspect and counterfeit items for the parts of transmitters as described in IAEA-TECDOC-1169.

## **7 Acceptable means for transmitter testing**

Annex B provides examples of methods that can be used for pressure transmitter testing in NPPs. These and other methods can be used for pressure transmitter testing in NPPs, provided that they meet the requirements of this international standard and are validated according to the validation criterion identified in this international standard for the methods, software, and equipment that are used to conduct the tests. IEC 60671 shall be applied to the transmitter surveillance testing. The performance verification requirements for calibration, channel checks, functional tests, and response time testing of pressure transmitters shall be consistent with IEC 62385.

## **8 Relationship between initial qualification and transmitter ageing management**

Pressure transmitters important to safety for use in harsh environments of NPPs are normally qualified using IEC 60780. These initial qualification activities are aimed at determining the ability of transmitters of a given design to perform their safety functions under accident environments when the transmitters are at the end of their qualified life. These tests do not, by themselves, guarantee reliable service of the transmitter for duration of their qualified life unless the assumed environmental conditions are maintained during operation. Periodic testing, inspection, and analysis of test data as outlined in this international standard should be implemented to ensure plant safety.

The pressure transmitters that are located in harsh environment areas of the plant should be replaced before the end of the qualified life established by the environmental qualification program. Furthermore, testing, analysis, inspection, and preventive maintenance of vulnerable and replaceable parts within the environmental conditions specified in the qualification program shall be performed. Such activities may not be a direct part of the ageing management activities, but still contribute to ageing management.

## Annex A (informative)

### Calibration for type tests or periodic tests

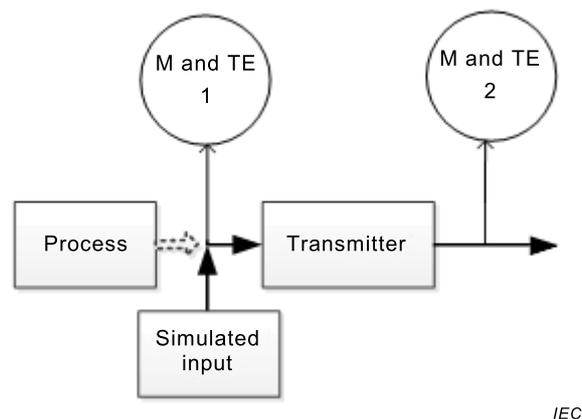
#### A.1 General

Annex A is an informative guidance for transmitter calibration. This calibration is one of the performance verification tests in terms of steady state functionality. Refer to Annex B for the other applicable performance verification methods.

#### A.2 Configuration for calibration of transmitters

Calibration should be considered with correlation between EUTs (transmitters under calibration) and M&TEs during type test for equipment qualification and during periodic tests for surveillance requirement specified in the plant.

Figure A.1 shows the disconnected process and transmitter with simulated input and M&TEs during in-situ calibration. Refer to IEC 61888 for uncertainty with calibration in the instrumentation channel including pressure transmitter.



**Figure A.1 – Process and transmitter configuration for calibration**

#### A.3 Uncertainty and TDF between M&TE and EUT

Calibration should be carried out carefully with consideration of correlation (TDF) between uncertainties of EUT and M&TE. Some Quality Assurance Programs of nuclear power plants specify that the uncertainty of M&TE should be smaller than that of 1/4 of EUT with a same span, whichever upper range limit is defined for both M&TE and EUT.

Unless TDF is negligible to reference accuracy of EUT in the calibration tolerance, the uncertainty of M&TE affects that of EUT. In that case, uncertainty combined with M&TEs and EUT should be calculated in the procedure of calibration or in the setpoint determination according to IEC 61888. Refer to the recommended practice which describes the details of TDF.

The operation with uncertainties between M&TE and EUT would be algebraic method or square root sum of squares method depending on the uncertainty methodology or setpoint determination study by designers.

## **A.4 Criteria for calibration tolerance**

### **A.4.1 As-found value and as-left value**

The pass and fail criteria should be set up in the procedure of calibration with a specified acceptable or allowable value. If as-found data indicates that no instrument adjustment is necessary, documentation of the testing and as-found data is all that is required. No instrument adjustment is required within 'region of calibration tolerance' (Region E of Figure 1 of IEC 61888:2002), which includes the calibration uncertainty of the part of the instrument channel being tested and the uncertainty of the instruments themselves (electronic processing modules) in operating conditions. If there is a need for adjustment, documentation of the as-found and as-left data is required. The calibration tolerance for each pressure transmitter in the instrument channel within region E should be specified.

The un-noticed drift of transmitter over the interval between the calibration tests is one of the main concerns, which make some transmitter dis-qualified. The used terms and concepts such as as-found, as-left, drift, instrument channel uncertainty, allowable value and setpoint calculation are defined in IEC 61888.

### **A.4.2 Allowable conditions for adjustment in calibration**

When 'as-found' value of PTs in the channel is beyond the 'region where channel can be in operable analytical value' of an instrument channel, including PTs, as specified as region C in the plant setpoint calculation according to IEC 61888, the calibration should not allow adjustment as described below unless remedial actions are taken. For detail remedial actions, refer to Table B.4.

## **A.5 Calibration with adjustment**

In general, calibration of the transmitter is performed with two adjustable devices in the output; zero and span. For details of pressure transmitter accuracy and calibration, refer to documents listed in the bibliography.

## Annex B (informative)

### Performance verification tests

#### B.1 Test – Verification of performance

Performance of transmitters is categorised into two functionalities. One is steady state functionality (linearity and accuracy) and the other is dynamic state functionality (response time). Refer to IEC 60671 for detail functional tests. An ageing management of transmitters should be achieved to maintain the functionality or performance and qualification for transmitters in the safety system.

The performance of the transmitters should be verified at specified surveillance intervals as shown in Table B.1. Refer to IEC 60671 for detail surveillance requirements for testing of transmitter. To meet the surveillance requirement, test methods have been developed, validated, and applied to NPPs. These test methods include means to perform the test in-situ while the plant is operating (on-line testing).

The details for verification of performance with test and analysis (on-line calibration and condition monitoring) can be found in IEC 62385. Ageing effects shown in Table 1 and Table 2 for transmitters should be identified in the type test and should be specified in the manufacturer's specification of transmitters for surveillance requirement.

**Table B.1 – Consideration for verification of performance  
(see IEC 62385:2007, Clauses 5 and 6)**

	Design, installation	Operation
Test category	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Type test (Design test)</li> <li>– Routine test (Factory test)</li> <li>– Commissioning test</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Channel test (check)</li> <li>– Functional test</li> <li>– Calibration test</li> <li>– On-line calibration</li> <li>– Response time test</li> </ul>
Test intervals	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Regulatory requirements</li> <li>– Vendor's recommendation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Surveillance requirement specified in the plant</li> <li>– Trend of degradation</li> <li>– Target reliability</li> </ul>
Evaluation of test results	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Evaluation of type test: identifying susceptible ageing components</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Replacement of the vulnerable components based on type test results</li> <li>– On-line monitoring</li> </ul>
QA requirement	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Documentation traceable of test procedure and record</li> <li>– Calibration with measurement and test equipment</li> <li>– Personnel qualification</li> </ul>	

#### B.2 Acceptable limits for test

##### B.2.1 Linearity and accuracy

The uncertainty of each calibration tolerance of transmitter is a basis in determination and maintenance of trip setpoint for instrument channel according to the uncertainty methodology by IEC 61888. The transmitters calibration uncertainties caused by calibration standards or methods is a calibration tolerance. During normal and abnormal operation conditions, and accident conditions for transmitter uncertainties are summarised as Table B.2.

**Table B.2 – Uncertainty of elements for Pressure transmitters (see IEC 61888:2002, 5.3.1)**

	Normal/ abnormal operation conditions	Accident conditions	
Reference accuracy	Conformity (Linearity)	Only uncertainties specific to the event or due to the drift, due to the ageing during the required service period should be used.	Temperature effects
	Repeatability		
	Hysteresis		
	Dead band and others		
Environmental effect	Power supply voltage changes		Radiation effects
	Temperature/pressure changes		
	Humidity changes		Seismic/vibratory effects
	Vibration/ radiation exposure		Effects of accidental ambient conditions located within harsh environment
	Electromagnetic interference		
Ageing effects			
Drift	All instruments may not have the same calibration interval. The drift used should be based on instrument-specific calibration intervals.		
NOTE Terms used in Table B.2 are defined in IEC 61888.			

**B.2.2 Response time**

For nuclear applications the response time may be crucial for verification of the performance of transmitter. The response time of transmitter (including of test interval and its value) should be specified in the plant setpoint study. The response time tests with traditional and on-line method are summarised as in the Table B.3. Refer to Annex C of IEC 62385:2007 for detail on-line response time test of transmitter.

**Table B.3 – Comparison between traditional and on-line tests of response time**

	Laboratory test (traditional test)	On-line tests	
		Noise analysis	Power interrupt
Input signal	Simulated known pressure signal Step function Ramp function	No simulated signal: Passive signal from the operating process	Power interruption: For a few seconds ON→OFF→ON
Reference PT	For known response time (e.g. time constant: 10 ms)	Not needed	
Output evaluation	Manual comparison with response of reference PT	Frequency domain analysis and time domain analysis	A least square algorithm
Sensing line problem	Cannot be found	Can be identified if it is clogged, blocked or leaked	
NOTE The noise analysis technique provides a passive method for the dynamic testing of pressure sensing systems and can be used to detect sensing line problems. It yields the response time for both a pressure transmitter and its sensing lines in the same test. Any significant blockage or other anomalies in the pressure sensing line is most likely to manifest itself in the results of response time testing of pressure transmitters using the noise analysis technique.			

**B.3 Alternative method with on-line calibration**

On-line calibration with data analysis is acceptable with the following conditions as discussed in Annex B of IEC 62385:2007. On-line calibration results are consistent with a traditional calibration test results within a necessary test interval:

- validation of on-line monitoring system,
- hardware signal isolation from safety system,
- software V & V if the on-line monitoring system is categorised by IEC 61226,
- Quality Assurance of procedure, documentation and test personnel.

#### B.4 Remedial actions for inoperable transmitters

When transmitter is calibrated with a set of known pressure inputs, a set of outputs should be categorised into three groups.

Group I can be calibrated as left without any adjustment, if the maximum uncertainty among the measured outputs remains within a specified calibration tolerance uncertainty and as-left uncertainty.

Group II can be calibrated in-situ if the maximum tolerance or uncertainties among the measured outputs are within a specified calibration tolerance uncertainty and beyond as-left uncertainty, then adjust with a zero and a span adjustment.

Group III should be replaced with newly calibrated transmitters and the inoperable ones should be out of service for further investigation in the laboratory, if the maximum error tolerance or uncertainty among the measured outputs is beyond a specified calibration tolerance uncertainty and beyond the uncertainty of channel allowable value as 'inoperable' state. In this case, no adjustment is necessary with a zero and a span adjustment. The values such as as-left value, as-found value, calibration tolerance value and allowable value depend on the plant setpoint calculation according to IEC 61888. Table B.4 is an example of corrective actions according to these values.

**Table B.4 – Required actions followed by as-found value during calibration test as an example**

Status of performance	Group I	Group II	Group III
	Operable as-found value (AFV)	Operable with adjustments	Inoperable, replacement <sup>a</sup>
As-left value (ALV)	AFV is equal or smaller than ALV	Larger	Larger
Calibration tolerance (CT)	AFV is smaller than CT	Equal or larger	Larger
Allowable value (AV1) / analytical value (AV2)	AFV is smaller than AV1	Smaller	Equal or larger
Method of corrective action	No need	Calibration with adjustment	No adjustment Immediate remedial action <sup>a</sup>
<sup>a</sup> If AFV is larger than AV2, the only immediate remedial action would be replacement without any adjustment, unless justification is given.			

#### B.5 Written procedure for calibration

The calibration method and interval of calibration should be based on the type of equipment, stability (or drift) characteristics, required accuracy, intended use, and other conditions affecting performance. M&TE, which is overdue for calibration or found to be out-of-calibration, should be tagged and/or segregated, or removed from service, and not used until it has been re-calibrated. M&TE consistently found to be out-of-calibration should be repaired or replaced. Records should be established and maintained in order to indicate calibration status and the capability of M&TE to satisfactorily perform its intended function. Calibration reports and certificates reporting the results of calibrations should include the information and

data necessary for interpretation of the calibration results and verification of conformance to applicable requirements.

## Bibliography

IEC 61508-1, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 1: General requirements*

IEC 61508-2, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 2: Requirements for electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

IEC 61508-3, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 3: Software requirements*

IEC 61508-4, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 4: Definitions and abbreviations*

IEC 61513, *Nuclear power plants- Instrumentation and control systems important to safety – General requirements for systems*

IEC 61888:2002, *Nuclear power plants – Instrumentation important to safety – Determination and maintenance of trip setpoints*

IEC TR 62096, *Nuclear power plants- Instrumentation and control systems important to safety – Guidance for the decision on modernization*

IAEA GS-R-3, *The management system for facilities and activities*

IAEA Safety Guide No. GS-G-3.1, *Application of the management System for facilities and activities, 2006*

NOTE It supersedes 50-SG-Q (1996), Quality Assurance for Safety in Nuclear Power Plants and other Nuclear Installations

IAEA Safety Guide No. GS-G-3.5, *Management system for nuclear installations*

IAEA Safety Standard Series No. SSR-2/1:2012, *Safety of Nuclear Power Plant: Design*

ISA-RP67.04.02, *Methodologies for the Determination of Set-points for Nuclear Safety-Related Instrumentation*

NUREG/CR-5851, *Long Term Performance and Ageing Characteristics of Nuclear Plant Pressure Transmitters, H. Hashemian et al, 1993*

IAEA-TECDOC-1147, *Management of ageing of I&C equipment in NPPs*

IAEA-TECDOC-1169, *Managing suspect and counterfeit items in nuclear industry*

ASME NQA-1. *Quality Assurance Requirements for Nuclear Facility Application*

Hashemian H.M., *Sensor Performance and Reliability*, ISA,2005

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	30
INTRODUCTION .....	32
1 Domaine d'application .....	34
2 Références normatives .....	34
3 Termes and définitions .....	35
4 Abréviations .....	38
5 Contexte .....	38
5.1 Généralités .....	38
5.2 Type de transmetteur et d'interface .....	38
5.2.1 Type de transmetteur .....	38
5.2.2 Interfaces entre la cellule de mesure et le procédé .....	39
5.3 Intérêt de la gestion du vieillissement des transmetteurs .....	39
5.4 Facteurs de contrainte environnementaux .....	41
5.4.1 Généralités .....	41
5.4.2 Rayonnements .....	42
5.4.3 Température .....	42
5.4.4 Humidité .....	42
5.4.5 Transitoires de pression .....	42
5.4.6 Vibrations .....	42
5.4.7 Réactions de corrosion chimiques .....	42
5.5 Problèmes de ligne d'impulsion à prendre en compte au niveau du vieillissement des transmetteurs .....	43
5.6 Techniques de détection du vieillissement des transmetteurs .....	44
6 Gestion du vieillissement des transmetteurs .....	44
6.1 Généralités .....	44
6.2 Méthodologie de gestion du vieillissement .....	44
6.3 Identification du vieillissement par tests de vérification des performances .....	45
6.4 Intervalle de test et d'inspection .....	45
6.5 Lieu de test .....	46
6.6 Etalonnage des équipements de mesure et de test .....	46
6.7 Résultats des tests et inspections .....	46
6.8 Validation des méthodes de test .....	46
6.9 Classement du système de surveillance de l'état et de son logiciel .....	47
6.10 Remplacement des transmetteurs ou de leurs composants .....	47
7 Moyens acceptables pour tester les transmetteurs .....	47
8 Relation entre la qualification initiale et la gestion du vieillissement des transmetteurs .....	47
Annexe A (informative) Etalonnage pour essais type ou essais périodiques .....	49
A.1 Généralités .....	49
A.2 Configuration pour l'étalonnage des transmetteurs .....	49
A.3 Gain et incertitude liés aux EM&T et aux EET .....	49
A.4 Critères de tolérance pour l'étalonnage .....	50
A.4.1 Valeurs telles que mesurées et telles qu'étalonnées .....	50
A.4.2 Conditions autorisant un recalage en étalonnage .....	50
A.5 Etalonnage avec recalage .....	50
Annexe B (informative) Tests de vérification des performances .....	51

B.1	Test – Vérification des performances .....	51
B.2	Limites acceptable pour les essais .....	51
B.2.1	Linéarité et précision .....	51
B.2.2	Temps de réponse .....	52
B.3	Autres méthodes d'étalonnage en ligne .....	53
B.4	Actions correctives pour des transmetteurs non opérationnels .....	53
B.5	Procédures écrites d'étalonnage .....	54
Bibliographie.....		55
Figure 1 – Méthodologie conceptuelle pour la gestion du vieillissement .....		45
Figure A.1 – Configuration des transmetteurs pour l'étalonnage et procédé .....		49
Tableau 1 – Exemples d'effets liés au vieillissement qui peuvent entraîner des dégradations de performances des transmetteurs de pression .....		41
Tableau 2 – Exemples de facteurs de contrainte environnementaux pouvant potentiellement endommager les transmetteurs .....		43
Tableau B.1 – Considération concernant la vérification des performances (voir l'IEC 62385:2007, Articles 5 et 6).....		51
Tableau B.2 – Eléments d'incertitude pour les transmetteurs de pression (voir IEC 61888:2002, 5.3.1).....		52
Tableau B.3 – Comparaison entre les essais de temps réponse classiques et en ligne .....		53
Tableau B.4 – Exemples d'actions requise en fonction de la valeur telle que mesurée en essai d'étalonnage .....		54

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

---

## **CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – INSTRUMENTATION ET CONTRÔLE-COMMANDE IMPORTANTES POUR LA SÛRETÉ – GESTION DU VIEILLISSEMENT DES CAPTEURS ET DES TRANSMETTEURS –**

### **Partie 1: Transmetteurs de pression**

#### **AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62765-1 a été établie par le sous-comité 45A: Systèmes d'instrumentation, de contrôle-commande et électriques des installations nucléaires, du comité d'études 45 de l'IEC: Instrumentation nucléaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45A/1001/FDIS	45A/1015/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

**IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.**

## INTRODUCTION

### a) Contexte technique, questions importantes et structure de la présente norme

Avec une majorité des centrales nucléaires qui ont plus de vingt ans, la gestion du vieillissement des transmetteurs (pression, niveau, débit) est en ce moment un sujet pertinent, en particulier pour les centrales qui ont obtenu une extension de leur autorisation d'exploitation ou pour celles qui l'envisage. L'objectif de la présente norme est d'être utilisée par les exploitants de centrales nucléaires, les évaluateurs de système et par les régulateurs.

### b) Position de la présente norme dans la collection de normes du SC 45A de l'IEC

L'IEC 62765 est le document du SC 45A de l'IEC de troisième niveau comprenant plusieurs parties et qui traite de la question particulière de la gestion du vieillissement des capteurs et de transmetteurs utilisés dans les systèmes d'I&C (Instrumentation et Contrôle-commande) importants pour la sûreté des centrales nucléaires de puissance. La partie 1 de l'IEC 62765 est dédiée aux transmetteurs de pression.

L'IEC 62342 est le document de deuxième niveau du SC 45A de l'IEC qui couvre en général le domaine de la gestion du vieillissement des systèmes d'instrumentation nucléaire utilisés dans les centrales nucléaires de puissance pour réaliser des fonctions importantes pour la sûreté. L'IEC 62342 est la norme chapeau de la série de normes qui sera développée par le SC 45A de l'IEC pour couvrir la gestion du vieillissement des composants ou des systèmes particuliers d'I&C tels que les câbles (IEC 62465) et les capteurs et les transmetteurs (IEC 62765).

L'IEC 62765 doit être lue avec l'IEC 62342 et l'IEC/TR 62096, qui est le rapport technique approprié qui fournit des indications concernant la modernisation lorsque les techniques de gestion du vieillissement ne peuvent plus être employées avec succès.

Pour plus de détails sur la collection de normes du SC 45A de l'IEC, voir le point d) de cette introduction.

### c) Recommandations et limites relatives à l'application de la présente norme

Il est important de noter que la présente norme n'établit pas d'exigence fonctionnelle supplémentaire pour les systèmes de sûreté. On doit bloquer les mécanismes de vieillissement et pour cela les détecter en réalisant des mesures. Les aspects pour lesquels des recommandations et des limites particulières sont fournies par la présente norme sont les suivants:

- critères d'évaluation du vieillissement des transmetteurs de pression en centrales nucléaires;
- étapes à suivre pour établir les exigences portant sur les essais des transmetteurs de pression à réaliser dans le cadre d'un programme de gestion du vieillissement des systèmes d'instrumentation des centrales nucléaires; et
- relations entre les analyses réalisées dans le cadre de la qualification progressive et le programme de gestion du vieillissement pour ce qui concerne les transmetteurs de pression.

Il est reconnu que les techniques d'essai et de surveillance utilisées pour évaluer l'état de vieillissement des transmetteurs des centrales nucléaires de puissance sont en phase de développement rapide et qu'il n'est pas possible pour une norme telle que la présente de faire référence directement à toutes les techniques et technologies modernes.

La présente norme identifie les exigences minimum visant à garantir que tous les effets possibles sur la sûreté des centrales nucléaires de puissance dus au vieillissement des transmetteurs de pression de ces centrales peuvent être identifiés et que les actions appropriées pourront être lancées pour montrer que la sûreté de l'installation n'est pas dégradée.

Afin d'assurer la pertinence de la présente norme pour les années à venir, l'accent est mis sur les questions de principes plutôt que sur les technologies particulières.

### d) Description de la structure de la collection des normes du SC 45A de l'IEC et relations avec d'autres documents de l'IEC, et d'autres organisations (AIEA, ISO)

Le document de niveau supérieur de la collection de normes produites par le SC 45A de l'IEC est la norme IEC 61513. Cette norme traite des exigences relatives aux systèmes et équipements d'instrumentation et de contrôle-commande (systèmes d'I&C) utilisés pour accomplir les fonctions importantes pour la sûreté des centrales nucléaires, et structure la collection de normes du SC 45A de l'IEC.

L'IEC 61513 fait directement référence aux autres normes du SC 45A de l'IEC traitant de sujets génériques, tels que la catégorisation des fonctions et le classement des systèmes, la qualification, la séparation des systèmes, les défaillances de cause commune, les aspects logiciels et les aspects matériels relatifs aux systèmes programmés, et la conception des salles de commande. Il convient de considérer que ces normes, de second niveau, forment, avec la norme IEC 61513, un ensemble documentaire cohérent.

Au troisième niveau, les normes du SC 45A de l'IEC, qui ne sont généralement pas référencées directement par la norme IEC 61513, sont relatives à des matériels particuliers, à des méthodes ou à des activités spécifiques. Généralement ces documents, qui font référence aux documents de deuxième niveau pour les activités génériques, peuvent être utilisés de façon isolée.

Un quatrième niveau qui est une extension de la collection de normes du SC 45A de l'IEC correspond aux rapports techniques qui ne sont pas des documents normatifs.

L'IEC 61513 a adopté une présentation similaire à celle de l'IEC 61508, avec un cycle de vie de sûreté d'ensemble et un cycle de vie de sûreté des systèmes. Au niveau sûreté nucléaire, elle est l'interprétation des exigences générales de l'IEC 61508-1, de l'IEC 61508-2 et de l'IEC 61508-4 pour le secteur nucléaire, pour ce qui concerne le domaine de la sûreté nucléaire. Dans ce domaine, l'IEC 60880 et l'IEC 62138 correspondent à l'IEC 61508-3 pour le secteur nucléaire. L'IEC 61513 fait référence aux normes ISO ainsi qu'aux documents AIEA GS-R-3 et AIEA GS-G-3.1 et AIEA GS-G-3.5 pour ce qui concerne l'assurance qualité.

Les normes produites par le SC 45A de l'IEC sont élaborées de façon à être en accord avec les principes de sûreté fondamentaux du Code AIEA sur la sûreté des centrales nucléaires, ainsi qu'avec les guides de sûreté de l'AIEA, en particulier avec le document d'exigences SSR-2/1 qui établit les exigences de sûreté relatives à la conception des centrales nucléaires et avec le guide de sûreté NS-G-1.3 qui traite de l'instrumentation et du contrôle commande importants pour la sûreté des centrales nucléaires. La terminologie et les définitions utilisées dans les normes produites par le SC 45A sont conformes à celles utilisées par l'AIEA.

NOTE Il est fait l'hypothèse que pour la conception des systèmes d'I&C qui sont supports de fonctions de sûreté conventionnelle (par exemple pour garantir la sécurité des travailleurs, la protection des biens, la prévention contre les risques chimiques, la prévention contre les risques liés au procédé énergétique) on applique des normes nationales ou internationales, dont les exigences sont comparables à des normes telle que l'IEC 61508.

# **CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – INSTRUMENTATION ET CONTRÔLE-COMMANDE IMPORTANTES POUR LA SÛRETÉ – GESTION DU VIEILLISSEMENT DES CAPTEURS ET DES TRANSMETTEURS –**

## **Partie 1: Transmetteurs de pression**

### **1 Domaine d'application**

La présente partie de l'IEC 62765 fournit des stratégies, des exigences techniques, et la description de pratiques recommandées pour la gestion du vieillissement pour assurer que le vieillissement des transmetteurs de pression importants pour la sûreté des centrales nucléaires de puissance peut être identifié et que les actions pour y remédier sont lancées comme nécessaire pour démontrer que la sûreté de l'installation ne sera pas dégradée. La présente norme est cohérente avec l'IEC 62342 qui fournit des recommandations sur la gestion du vieillissement des systèmes d'I&C des centrales nucléaires de puissance importants pour la sûreté. La présente norme IEC 62765-1 dédiée aux transmetteurs de pression, est la première partie de la série IEC 62765 qui couvrira les capteurs et transmetteurs de pression, de température, les capteurs neutroniques et autres.

La présente norme couvre les transmetteurs de pression analogiques et électroniques, qui produisent un signal de sortie fonction de la pression appliquée au niveau de la cellule de mesure, et qui font partie de systèmes d'I&C importants pour la sûreté conformément à la terminologie de l'AIEA.

Tout logiciel utilisé pour l'acquisition de donnée, la qualification de donnée ou l'analyse de donnée pour l'essai du transmetteur ou par le système de surveillance de l'état du transmetteur de pression est classé conformément à l'IEC 62138 en fonction de sa fonctionnalité comme spécifié dans l'IEC 61226. La qualification du logiciel de traitement numérique des données est hors du domaine d'application de la présente norme.

Le système complémentaire de surveillance de l'état utilisé pour la gestion du vieillissement des transmetteurs de pression est classé, prenant en compte sa fonctionnalité, conformément à l'IEC 61226. S'il est classé, on applique l'IEC 62138 pour le logiciel installé dans le système de surveillance pour sa fonction catégorisée en B ou C.

Concernant la qualification environnementale, les exigences de l'IEC 60780 sont appliquées. Pour évaluer les performances des transmetteurs intégrés dans les canaux d'instrumentation des systèmes de sûreté, les méthodes fournies par l'IEC 62385 et les exigences de l'IEC 61888 et de l'IEC 60671 pour les essais de surveillance sont appliquées.

Les mesures de pression peuvent être utilisées pour mesurer d'autres paramètres liés à la pression, par exemple le niveau ou le débit. Les interfaces qui comprennent les lignes d'impulsion, les pots à condensats et les éléments rattachés au circuit primaire situés entre le flux de procédé (par exemple pour la mesure de débit) et les transmetteurs sont dans le domaine d'application de cette norme.

### **2 Références normatives**

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la

dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60671, *Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande importants pour la sûreté – Essais de surveillance*

IEC 60780, *Centrales nucléaires – Equipements électriques de sûreté – Qualification*

IEC 61226, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Classement des fonctions d'instrumentation et de contrôle-commande*

IEC 62138, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Aspects logiciels des systèmes informatisés réalisant des fonctions de catégories B ou C*

IEC 62342, *Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande importants pour la sûreté – Gestion du vieillissement*

IEC 62385:2007, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Méthodes d'évaluation des performances des chaînes d'instrumentation des systèmes de sûreté*

IEC 62465:2010, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Gestion du vieillissement des systèmes de câbles électriques*

### **3 Termes and définitions**

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

#### **3.1**

##### **exactitude de mesure**

étroitesse de l'accord entre une mesure et la valeur conventionnellement vraie du mesurande

Note 1 à l'article: Le paramètre peut être par exemple, l'écart type (ou un multiple donné de celui-ci), ou la demi largeur d'un intervalle auquel est associé un niveau de confiance donné.

#### **3.2**

##### **évaluation du vieillissement**

évaluation des informations pertinentes pour déterminer les effets du vieillissement sur les capacités courantes et futures des systèmes, structures et composants pour fonctionner conformément aux critères de réception dans toutes les conditions d'opérationnelles (par exemple en conditions normales et après des événements de dimensionnement)

[SOURCE: IEC 62465:2010, 3.2]

#### **3.3**

##### **gestion du vieillissement**

mesures d'ingénierie, d'exploitation et de maintenance visant à contenir la dégradation due au vieillissement des structures, systèmes et composants dans des limites acceptables

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2007]

#### **3.4**

##### **valeur admissible**

valeur limite du seuil de déclenchement que l'on peut trouver lors de tests périodiques et au-delà de laquelle les actions appropriées doivent être effectuées

[SOURCE: IEC 61888:2002, 3.1]

### 3.5

#### **limite analytique (du point de consigne)**

limite d'une grandeur mesurée ou calculée établie lors de l'analyse de sûreté destinée à s'assurer qu'aucune limite de sûreté n'est franchie. La marge entre la limite analytique et la limite de sûreté permet de prendre en compte:

- le temps de réponse de la chaîne d'instrumentation,
- l'étendue du transitoire lié à l'accident considéré.

[SOURCE: IEC 61888:2002, 3.2]

### 3.6

#### **étalonnage**

ensemble des opérations établissant, dans des conditions spécifiées, la relation entre les valeurs de la grandeur indiquées par un appareil de mesure ou un système de mesure, ou les valeurs représentées par une mesure matérialisée ou par un matériau de référence, et les valeurs correspondantes de la grandeur réalisées par des étalons

### 3.7

#### **essai de mise en service**

essai contractuel d'un dispositif ou d'un équipement, effectué sur le site, pour prouver sa bonne installation et son fonctionnement correct

### 3.8

#### **surveillance de l'état**

tests, inspections, mesures ou suivis de l'évolution de la performance ou des caractéristiques physiques des structures, systèmes et des composants, de façon continue ou périodique, visant à indiquer la performance actuelle et future et le risque de défaillance

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2007]

### 3.9

#### **dérive**

variation de la sortie d'un capteur ou d'une chaîne d'instrumentation qui peut survenir entre deux opérations d'étalonnage et qui n'est pas due à l'évolution d'une variable du procédé ou des conditions d'environnement

[SOURCE: IEC 62385:2007, 3.7]

### 3.10

#### **contrainte environnementale**

facteur ayant une influence au niveau d'au moins un des mécanismes de vieillissement concernant le système qui n'est pas lié à une modification de son état physique

Note 1 à l'article: Dans la présente norme pour appliquer cette définition le transmetteur de pression est considéré comme un système.

[SOURCE: IEC 62465:2010, 3.9, modifié]

### 3.11

#### **ligne d'impulsion**

#### **ligne d'instrumentation**

tuyauterie reliant le procédé au capteur; les lignes d'impulsion/d'instrumentation sont habituellement utilisées pour brancher des transmetteurs de pression, de niveau, de débit, au procédé

Note 1 à l'article: La longueur de celles-ci peut varier de quelques mètres à quelques centaines de mètres. Les lignes d'impulsion peuvent comprendre aussi les robinets primaires ou les vannes d'isolement ainsi que d'autres composants de tuyauterie sur la longueur.

[SOURCE: IEC 62385:2007, 3.8]

### **3.12**

#### **transmetteurs de pression**

transmetteurs de pression, de niveau, de débit dont le principe repose sur la mesure d'une pression ou d'une différence de pression; ils sont communément appelés dans cette norme transmetteurs de pression, capteurs de pression ou seulement transmetteurs

[SOURCE: IEC 62385:2007, 3.14]

### **3.13**

#### **durée de vie certifiée**

période pour laquelle il a été démontré, par des essais, l'analyse ou l'expérience qu'une structure, un système ou un composant est capable de fonctionner dans les limites des critères d'acceptation dans des conditions de fonctionnement spécifiques tout en restant à même de remplir ses fonctions de sûreté en cas d'accident de dimensionnement ou de séisme

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2007]

### **3.14**

#### **temps de réponse**

temps mis par un composant pour atteindre un état de sortie donné à compter du moment où il reçoit un signal lui imposant de prendre en compte cet état de sortie

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2007]

### **3.15**

#### **essai individuel de série**

essai de conformité effectué sur chaque entité en cours ou en fin de fabrication

### **3.16**

#### **intervalle entre essai**

laps de temps qui s'écoule entre les débuts d'essais identiques sur le même capteur, un même dispositif de traitement du signal, ou logique ou un même ensemble actionneur terminal

[SOURCE: IEC 60671:2007, 3.13]

### **3.17**

#### **gain**

limite supérieure de la gamme de mesure divisée par l'étendue étalonnée de l'appareil, c'est un rapport, à savoir une quantité sans unité

[SOURCE: ISA67.04.02]

### **3.18**

#### **essai de type**

essai de conformité effectué sur une ou plusieurs entités représentatives de la production

### **3.19**

#### **vérification**

processus déterminant si un équipement répond aux conditions spécifiées

Note 1 à l'article: La définition de vérification de l'IEC 61513 qui s'applique aux activités est différente et est la suivante «Confirmation par examen et apport d'éléments objectifs que les résultats d'une activité sont conformes aux objectifs et exigences établis pour cette activité». La définition de la présente norme ne s'applique pas aux activités mais aux équipements.

### 3.20

#### **validation système**

confirmation par examen et apport d'autres éléments justificatifs qu'un système satisfait à la totalité des exigences spécifiées (fonctionnalités, temps de réponse, tolérance aux fautes,robustesse)

Note 1 à l'article: Dans la présente norme pour appliquer cette définition le transmetteur de pression est considéré comme un système.

[SOURCE IEC 61513:2011, 3.59]

## 4 Abréviations

VTQM	Valeur Telle Que Mesurée
VTQE	Valeur Telle Qu'Étalonnée
VA1	Valeur Admissible
VA2	Valeur Analytique
EDD	Évènement De Dimensionnement
EET	Équipement En Test
TD	Transmetteur de Débit
TN	Transmetteur de Niveau
EM&T	Équipement de Mesure et de Test
CNP	Centrale Nucléaire de Puissance
TP	Transmetteur de Pression
AQ	Assurance Qualité
TDF	Gain (Turn Down Factor)
URL	Limite supérieure de la gamme (Upper Range Limit)
V&V	Vérification and Validation

## 5 Contexte

### 5.1 Généralités

Les transmetteurs de pression des centrales nucléaires de puissance peuvent subir des dommages du fait du vieillissement. Par exemple les transmetteurs peuvent dériver, voir leur état se dégrader du fait du vieillissement et dysfonctionner durant l'exploitation de l'installation ou en conditions accidentelles et post-accidentelles. Ainsi, il est nécessaire de les surveiller, de les tester ou de les étalonner et de les inspecter pour évaluer l'impact qu'ont sur eux les mécanismes de vieillissement et qui ont été recensés au stade de la conception, pour aider à identifier les comportements ou les dégradations non prévus qui pourraient survenir en service, et identifier les actions correctives nécessaires.

### 5.2 Type de transmetteur et d'interface

#### 5.2.1 Type de transmetteur

La façon de vieillir des transmetteurs dépend dans une certaine mesure de la façon de convertir la pression en déplacement, du type de capteur utilisé pour mesurer ce déplacement, et du type d'électronique qui est utilisée.

Des capteurs de pression de type électromécanique sont généralement utilisés pour les mesures de procédé – c'est-à-dire pression, niveau ou débit – dans les systèmes de sûreté des centrales nucléaires de puissance. Les transmetteurs de pression utilisent des cellules de mesure élastiques et des indicateurs d'affichage directs ou un réseau de transmission vers une unité de traitement des signaux. Les composants généralement utilisés au niveau de la cellule de mesure sont un diaphragme, des soufflets ou des tubes Bourdon.

Le déplacement du diaphragme, des soufflets ou dans le tube Bourdon est généralement mesuré en utilisant:

- a) une jauge de contrainte à résistance variable,
- b) un système métallique capacitif,
- c) un système par variation d'induction au niveau de l'espace perméable,
- d) un transformateur différentiel à noyau mobile,
- e) un potentiomètre câblé à contact glissant, ou
- f) un capteur piézoélectrique.

Une cellule de mesure de pression étanche comprend un fluide intermédiaire isolé du fluide procédé. Ce type de capteur assure un amortissement des variations de pression et peut éliminer les fluctuations rapides.

## **5.2.2 Interfaces entre la cellule de mesure et le procédé**

### **5.2.2.1 Lignes d'impulsion des transmetteurs de pression**

Les lignes d'impulsion sont des tubes qui relient le procédé à mesurer à la cellule de mesure du transmetteur de pression. Les lignes d'impulsion peuvent contenir du liquide ou du gaz.

### **5.2.2.2 Equipements primaires de mesure de débit**

Lorsque des transmetteurs de pression sont utilisés pour réaliser des mesures de débit, l'utilisation d'un équipement primaire (appareil mécanique) produisant une différence de pression proportionnelle au débit est nécessaire. L'équipement primaire peut être une plaque perforée, un venturi, un coude de tuyauterie ou une buse. Un transmetteur de débit (TD) est défini comme un transmetteur de pression et son équipement primaire.

### **5.2.2.3 Branche de référence de mesure de niveau**

Lorsque des transmetteurs de pression sont utilisés pour réaliser des mesures de niveau, il est nécessaire d'avoir une branche de référence munie d'un pot à condensat qui produit une mise en pression correspondant au niveau plein du réservoir. La différence de pression entre la vanne à l'extrémité de la branche de référence (côté haute pression) et la vanne du réservoir (côté basse pression) est inversement proportionnelle au niveau dans le réservoir. Un transmetteur de niveau (TN) est défini comme un transmetteur de pression et sa branche de référence.

## **5.3 Intérêt de la gestion du vieillissement des transmetteurs**

Le vieillissement des transmetteurs peut être la cause d'erreur de mesure, de l'apparition de signaux erratiques, de l'apparition de pics ou de bruit, de la dégradation du temps de réponse et d'autres anomalies qui peuvent avoir un impact sur le fonctionnement de l'installation ou sa sûreté. Le vieillissement peut aussi invalider la qualification environnementale des transmetteurs de pression qui doivent fonctionner en environnement hostile en présence de conditions accidentelles. De tels effets peuvent toucher individuellement des transmetteurs ou être le résultat de défaillances de cause commune les affectant. Il y a aussi des problèmes tels que la perte de liquide de remplissage due au vieillissement, qui peut survenir au niveau des transmetteurs de pression et entraîner une dégradation des performances. Dans les transmetteurs de l'huile peut être utilisée comme fluide intermédiaire. Toute fuite d'huile peut entraîner une modification de l'étalonnage, une augmentation du temps de réponse et une

perte de linéarité. Pour les autres transmetteurs où l'huile est employée comme lubrifiant ou pour d'autres raisons, une fuite d'huile n'est pas aussi pénalisante pour les performances du transmetteur. Les écarts d'étalonnage avec la dégradation des temps de réponse causés par les pertes d'huile peuvent être identifiés en utilisant des techniques de surveillance en ligne citées dans la présente norme. Des exemples d'effets liés au vieillissement qui peuvent entraîner des défauts d'étalonnage, des lenteurs au niveau temps de réponse ou une défaillance totale du transmetteur de pression sont listés dans le Tableau 1 (ces informations se trouvent aussi dans le Tableau B.1 de l'IEC 62342:2007 et dans le rapport de recherche *Sensor Performance and Reliability* référencé dans la bibliographie).

**Tableau 1 – Exemples d'effets liés au vieillissement qui peuvent entraîner des dégradations de performances des transmetteurs de pression**

Dégradation	Cause possible	Performance affectée		
		Régime permanent <sup>a</sup>	Régime dynamique <sup>b</sup>	Tous régimes <sup>c</sup>
1. Perte totale ou partielle du fluide intermédiaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Défauts de fabrication</li> <li>– Haute pression</li> <li>– Vieillissement (due à l'usure) des joints</li> </ul>	✓	✓	✓
2. Dégradation du fluide intermédiaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Modification de la viscosité due au rayonnement ou à la chaleur</li> </ul>		✓	
3. Usure, friction, collage des contacts mécaniques	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Variations et pics de pression</li> <li>– Corrosion et oxydation</li> </ul>		✓	
4. Défaut d'étanchéité permettant à l'humidité de pénétrer dans les transmetteurs de pression électroniques	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Effritement et craquellement du joint d'étanchéité dus aux rayonnements et à la chaleur</li> </ul>	✓		
5. Fuite de fluide procédé à l'intérieur de la cellule de mesure, entraînant des variations de température au niveau du capteur et une modification de la viscosité du fluide intermédiaire, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Défaillance des joints</li> <li>– Défauts de fabrication</li> <li>– Rupture des éléments de la cellule de mesure</li> </ul>	✓	✓	✓
6. Déformation des éléments de la cellule de mesure entraînant une variation au niveau de leur rigidité	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cycles de pression</li> <li>– Surpressurisation</li> <li>– Vibrations</li> </ul>	✓	✓	
7. Modifications des valeurs liées aux composants électroniques	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Chaleur, rayonnements, humidité</li> <li>– Variations de tension au niveau de l'alimentation électrique</li> <li>– Maintenance</li> </ul>	✓		
8. Variations des constantes d'élasticité des ressorts au niveau des soufflets et des diaphragmes	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fatigue mécanique</li> <li>– Cycles de pression</li> </ul>	✓	✓	
9. Bouchage des trous dans les inserts en céramique des modules de détection ou bouchage des capillaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Vieillissement normal</li> <li>– Défauts de fabrication</li> <li>– Manipulation défectueuse</li> </ul>		✓	
10. Dérive de l'amortissement des résistances	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fatigue thermique</li> <li>– Effets liés aux rayonnements</li> <li>– Vibrations</li> </ul>		✓	
<sup>a</sup> Performances en régime permanent: défaut de précision à l'étalonnage. <sup>b</sup> Performance en régime dynamique: lenteur des temps de réponse. <sup>c</sup> Défaillances tous régimes.				

## 5.4 Facteurs de contrainte environnementaux

### 5.4.1 Généralités

Les facteurs de contrainte environnementaux affectent les composants des transmetteurs de pression, tels que les éléments de détection, les cartes électroniques et les composants mécaniques et d'étanchéité – joints, fluide intermédiaire, ressorts, et éléments de liaison. Ces

facteurs de contrainte et les endommagements possibles qui leur sont associés sont listés dans le Tableau 2. Voir aussi le Tableau 1 de l'IEC 62465:2010 pour les autres facteurs de contrainte pour les systèmes de câblage.

#### **5.4.2 Rayonnements**

Les rayonnements ionisant jouent un rôle au niveau vieillissement. Les matériaux tels que les fluides organiques, les élastomères, les plastiques et l'électronique utilisés pour la fabrication de certains transmetteurs sont particulièrement sujets à l'endommagement par les rayonnements. Les rayonnements peuvent causer une fragilisation et des craquelures au niveau des joints, en particulier en présence de chaleur; ils entraînent une augmentation de la viscosité des fluides intermédiaire et affectent l'électronique des transmetteurs en particulier les composants des circuits intégrés.

#### **5.4.3 Température**

La température est un des facteurs de contrainte environnementaux dominants pour les transmetteurs de pression. La température affecte principalement l'électronique des transmetteurs. Une exposition longue à des températures élevées est préjudiciable au niveau durée de vie du transmetteur. La température augmente aussi les effets liés à l'humidité car elle augmente la vitesse de diffusion de l'humidité à travers les joints.

#### **5.4.4 Humidité**

L'humidité a un impact sur le fonctionnement de l'électronique du transmetteur et peut être à l'origine de corrosion d'autres parties du transmetteur. Les sources et les puits d'humidité sont présents dans les transmetteurs et ainsi sont inévitables. Le niveau d'humidité à l'intérieur d'une centrale nucléaire peut atteindre les 100 %, particulièrement dans les zones où il y a en fonctionnement normal des fuites de vapeur ou d'eau. Une certaine humidité va s'infiltrer dans les transmetteurs du fait que les joints réalisés à base de polymères organiques utilisés par la plupart de ceux-ci ne peuvent assurer une parfaite étanchéité après une exposition long terme aux températures régnant dans l'environnement des transmetteurs. Un endommagement significatif dont l'origine est l'humidité est lié aux courts circuits se produisant dans l'électronique des transmetteurs. En plus, l'humidité réduit la capacité d'isolement diélectrique des isolants.

#### **5.4.5 Transitoires de pression**

Les transmetteurs de pression sont exposés de façon continue à de petites variations de pression en fonctionnement normal et à des variations de pression importantes lors des arrêts d'urgence du réacteur et lors d'autres événements. Les coups de bélier hydrauliques, par exemple, sont des phénomènes bien connus dans les centrales nucléaires, qui peuvent dégrader les performances des transmetteurs de pression. D'autres dommages causés par la pression surviennent au cours des étalonnages ou de la maintenance lorsque les transmetteurs sont surpressurisés par inadvertance ou qu'ils subissent des cycles au niveau pression au dessus ou en dessous de leurs niveaux de pression de fonctionnement normal. Les cycles de pression accélèrent l'usure et dégradent la cohésion (desserrages, descelllements) des composants du système mécanique correspondant aux transmetteurs.

#### **5.4.6 Vibrations**

Les vibrations produites par la machinerie environnante lors du fonctionnement normal de l'installation sont transmises aux transmetteurs par les structures de construction. Les vibrations normales peuvent produire de la fatigue mécanique et desserrer ou désintégrer les composants des transmetteurs.

#### **5.4.7 Réactions de corrosion chimiques**

Les produits ou les rejets chimiques présents au niveau des fluides de procédé peuvent causer le bouchage des lignes d'impulsion, l'encrassement, l'érosion ou la corrosion des équipements primaires ou des cellules de mesure. La corrosion de la partie détectrice des

diaphragmes peut entraîner la dilution de l'huile de remplissage. Chacun de ces effets peut entraîner une variation au niveau de la précision d'étalonnage ou du temps de réponse.

**Tableau 2 – Exemples de facteurs de contrainte environnementaux pouvant potentiellement endommager les transmetteurs**

Facteurs de contrainte de vieillissement	Composants touchés	Conséquences
Rayonnements	Electroniques	Changements de valeur au niveau des composants électroniques
	Joints	Fragilisation et craquelure des joints permettant à l'humidité de s'infiltrer dans les transmetteurs électroniques
	Fluide intermédiaire de remplissage	Modification de la viscosité dégradant le fluide de remplissage
Température	Electroniques	Réduction de la durée de vie des transmetteurs, changements de valeur au niveau des composants électroniques
	Joints	Défaillance des joints permettant à l'humidité de s'infiltrer dans les transmetteurs électroniques
	Fluide intermédiaire de remplissage	Modification de la viscosité dégradant le fluide de remplissage
Humidité	Electroniques	Courts circuits au niveau de l'électronique des transmetteurs, changements de valeur au niveau des composants électroniques
	Isolants	L'humidité peut réduire la résistance diélectrique un niveau de l'isolant, ce qui peut avoir un effet sur les performances des transmetteurs et leur durée de vie
	Parties métalliques	Corrosion
Transitoires de pression	Ressorts	Changement des caractéristiques des ressorts des diaphragmes et des soufflets
	Eléments de détection	Déformation des éléments de détection (diaphragmes, soufflets) entraînant un durcissement
	Liaisons mécaniques	Usure, friction et collage des contacts mécaniques
	Fluide de remplissage	Perte totale ou partielle du fluide de remplissage
Vibrations	Eléments de détection	Déformation des éléments de détection (diaphragmes, soufflets) entraînant un durcissement
	Composants du transmetteur	Apparition possible de fatigue mécanique et de desserrage et de désintégration des composants du transmetteur
Réactions de corrosion chimiques	Liaisons mécaniques	Usure, friction et collage des contacts mécaniques tels que les joints et les liaisons mécaniques

### 5.5 Problèmes de ligne d'impulsion à prendre en compte au niveau du vieillissement des transmetteurs

Les lignes d'impulsion peuvent rencontrer un certain nombre de problèmes qui peuvent avoir un impact au niveau de la précision du système de mesure de la pression et du temps de réponse. Des exemples de problème de ligne d'impulsion qui peuvent survenir dans les centrales nucléaires de puissance sont:

- des bouchages dus aux boues, au bore ou aux dépôts,
- de l'air ou du gaz piégé dans les lignes d'impulsion basse pression,
- le gel des lignes d'impulsion (par exemple dû à un problème sur le matériau d'isolement thermique ou sur le système de réchauffement de la ligne),
- un lignage, un isolement ou un équilibrage au niveau des vannes non correct,
- une fuite des lignes d'impulsion (par exemple due à des problèmes au niveau des vannes).

Chacun de ces cinq problèmes ou une combinaison de ceux-ci peut entraîner une augmentation des temps de réponse au niveau du système de détection de pression et entraîner d'autres problèmes; cependant ces problèmes peuvent être détectés par une surveillance en ligne comme indiqué en Annexe B.

## **5.6 Techniques de détection du vieillissement des transmetteurs**

Il convient que les essais initiaux ou d'installation fournissent les données de base pour la gestion du vieillissement pour ce qui est de la vérification des performances des transmetteurs de pression. Les analyses et les calculs faits durant l'installation et au niveau de la conception doivent être tracés dans la documentation de l'installation dans le cadre de la gestion du vieillissement des transmetteurs de pression. Les résultats des essais périodiques doivent être examinés pour repérer le vieillissement des transmetteurs, y compris les données d'étalonnage par exemple les valeurs telles que mesurées ou telles qu'étalonnées, comme indiqué à l'Annexe A. Un tel essai de vérification des performances est présenté en Annexe B. Les inspections visuelles peuvent être utiles au niveau de l'identification de la corrosion, des dommages des liaisons mécaniques, ou de la dégradation des joints. Certains de ces essais présentés en Annexe B peuvent être réalisés en utilisant des techniques de surveillance en ligne. La surveillance en ligne a l'avantage de permettre une détection précoce des problèmes.

## **6 Gestion du vieillissement des transmetteurs**

### **6.1 Généralités**

Cet Article fournit les exigences et les recommandations particulières pour établir une approche méthodologique et des processus pratiques nécessaires à la gestion du vieillissement des transmetteurs de pression à partir de la norme générique pertinente pour le vieillissement des systèmes d'I&C (IEC 62342).

Une solution pour la gestion du vieillissement des transmetteurs est de remplacer systématiquement l'instrumentation à ou avant l'apparition de tout problème de vieillissement. Cependant, prendre en compte les questions de conception, de fonctionnement et d'installation en environnement de travail hostile (sous rayonnements), des approbations réglementaires et du coût prévu des arrêts planifiés pour intervention, tout en considérant le vieillissement et la dégradation des performances des transmetteurs de pression peut être un défi. Une autre approche consiste à allonger la durée d'utilisation des transmetteurs installés en prenant les mesures appropriées pour maintenir leurs performances.

Le processus de gestion du vieillissement pour le matériel et les systèmes d'I&C est présenté en Figure 1 de l'IEC 62342:2007 et il doit être appliqué directement au niveau du processus de gestion du vieillissement des transmetteurs. Le processus général de vieillissement pour les systèmes d'I&C est aussi décrit dans la partie 5 du document IAEA-TECDOC-1147.

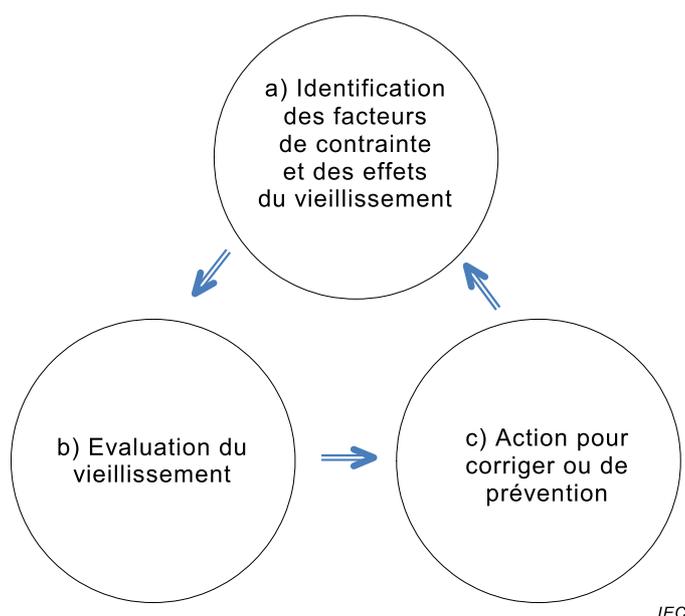
### **6.2 Méthodologie de gestion du vieillissement**

Il convient que la méthodologie de base de gestion du vieillissement couvre les étapes conceptuelles suivantes de façon itérative comme indiqué par la Figure 1:

- a) Les facteurs de contrainte environnementaux affectant les performances de transmetteurs de pression impliqués dans la réalisation de fonctions importantes pour la sûreté et leurs conséquences comme indiquées dans le Tableau 2 doivent être identifiées. De plus, les dégradations des performances présentées dans le Tableau 1 doivent être prises en compte. Le repérage du vieillissement des transmetteurs implique la connaissance des composants des transmetteurs sensibles à l'âge et des facteurs prévalant dans les lieux d'installation.
- b) Les performances touchées et dégradées doivent être identifiées et une évaluation doit être faite. L'Annexe B identifie des méthodes de vérification de performance qui peuvent

être utilisées pour détecter les effets liés au vieillissement et elle traite de la mise en œuvre de ces méthodes.

- c) Après évaluation du vieillissement, des actions doivent être lancées pour contrer les effets du vieillissement qui ont un impact sur l'aptitude des transmetteurs à réaliser leurs fonctions importantes pour la sûreté. Cela peut comprendre:
- le remplacement des transmetteurs,
  - le remplacement de composants,
  - l'élimination ou la réduction des facteurs de contrainte,
  - la mise en place d'essais complémentaires pour les composants montrant une dégradation ou une déviation par rapport aux spécifications dues au vieillissement,
  - l'adaptation des caractéristiques fonctionnelles (réétalonnage, changement des points de consigne, etc.) pour prendre en compte les dégradations acceptables liées au vieillissement.



**Figure 1 – Méthodologie conceptuelle pour la gestion du vieillissement**

### 6.3 Identification du vieillissement par tests de vérification des performances

Les essais des transmetteurs sont réalisés en centrales nucléaires de puissance pour identifier les problèmes tels que les anomalies au niveau des signaux, pour établir des mesures de base pour servir de référence pour la maintenance prédictive et pour évaluer le vieillissement des transmetteurs. Les méthodes d'essai telles que présentées en Annexe B de la présente norme ont servi dans les centrales nucléaires de puissance. Ces méthodes peuvent être utilisées quand l'installation est en fonctionnement comme quand celle-ci est en arrêt pour intervention. On doit valider chaque méthode d'essai conformément à 6.8 de la présente norme. Il convient que les sujets suivants soient couverts:

- contrôle de la dérive en termes de temps de réponse et de précision de l'étalonnage,
- vérification des performances des transmetteurs durant les essais périodiques et par surveillance en ligne,
- vérification de la cohérence avec des données procédé corrélées ou des transmetteurs redondants.

### 6.4 Intervalle de test et d'inspection

Les intervalles de tests et d'inspection doivent être définis pour détecter les composants affectés par le vieillissement avant que cela ne conduise à avoir des performances non

acceptables. L'intervalle de test est le paramètre de conception pertinent pour montrer que les objectifs de fiabilité et de disponibilité sont atteints par le système considéré. Voir l'IEC 60671 pour les détails.

Il convient de prendre en compte les facteurs suivant pour déterminer l'intervalle de test:

- âge du transmetteur,
- type d'élément et de procédé de détection (fluide ou gaz),
- méthode pour détecter un décalage de l'élément de détection,
- recommandations du fabricant et autres normes industrielles,
- marge entre les caractéristiques des performances mesurées et les performances visées,
- vitesse de dégradation des caractéristiques des performances présentées au Tableau 1,
- facteurs de contraintes environnementaux présentés au Tableau 2,
- taux de défaillance des transmetteurs et objectif de fiabilité,
- dérive (ou stabilité) pour chaque transmetteur sur une période donnée.

### **6.5 Lieu de test**

Il convient de réaliser les tests dans la mesure du possible sur site. Si nécessaire, un ensemble représentatif de transmetteurs peut être testé dans un laboratoire situé à distance, dans le cadre de la mise en place d'une mesure corrective ou de l'évaluation de transmetteurs, afin de vérifier les temps de réponse comme décrit en Annexe B. Le retrait des transmetteurs de l'installation n'est acceptable que si ce retrait n'affecte pas les résultats d'essai. Des procédures doivent être mises en place pour confirmer l'état des transmetteurs après les tests conformément à l'IEC 62385.

### **6.6 Etalonnage des équipements de mesure et de test**

Les EM&T associés aux transmetteurs doivent avoir été étalonnés de façon valide et traceable conformément aux standards de mesure nationaux, voir l'IEC 62385 pour plus de détails. Des procédures écrites doivent être utilisées pour réaliser l'étalonnage des EM&T et les résultats de l'étalonnage des EM&T doivent être documentés, voir l'Annexe A pour plus de détails.

### **6.7 Résultats des tests et inspections**

Les critères de recette concernant les tests et inspections relatifs à la gestion du vieillissement des transmetteurs doivent être définis à l'avance. Les résultats de tests et d'inspection doivent être comparés aux critères de recette. Si les résultats ne sont pas conformes aux critères de recette, des actions doivent être mises en place pour prendre en compte le problème.

### **6.8 Validation des méthodes de test**

Les méthodes de test des transmetteurs doivent être validées pour garantir que les résultats de test sont bien corrélés avec l'état des transmetteurs. Cette validation doit être documentée et il convient de considérer les points suivants:

- Test de démarrage pour comparer les méthodes en utilisant les données de référence extraites des rapports des essais de type ou des rapports d'essai de routine:
  - définition d'un ensemble de cas test,
  - identification des défauts à diagnostiquer, il convient d'en dresser la liste complète par écrit,
  - caractéristiques évaluées en laboratoire des différents transmetteurs et composants sans défaut,

- caractérisation du vieillissement environnemental (par exemple les facteurs de contraintes environnementaux présentés au Tableau 2) et ses conséquences au niveau des méthodes de test.
- Comparaison des méthodes de test avec les tests pertinents réalisés en laboratoire ou sur site, ou les deux pour établir la validité des méthodes.
- Justification théorique des méthodes de test.
- Hypothèses faites et les conditions d'utilisation pour garantir la validité des méthodes de test telle qu'établie.

### **6.9 Classement du système de surveillance de l'état et de son logiciel**

Le système complémentaire de surveillance de l'état pour la gestion du vieillissement des transmetteurs doit être identifié conformément aux procédures de classement de l'IEC 61226 en prenant en compte ses fonctionnalités ou sa base de conception. Le système de surveillance de l'état utilisé seulement pour la surveillance des transmetteurs réalisant des fonctions importantes pour la sûreté peut être catégorisé plus bas que les transmetteurs à surveiller.

Seul le logiciel installé sur le système de surveillance de l'état classé conformément à l'IEC 61226 doit satisfaire aux exigences de l'IEC 62138.

### **6.10 Remplacement des transmetteurs ou de leurs composants**

Pour le remplacement d'un transmetteur ou le remplacement de composants tels que les cartes électronique ou les joints mécaniques, on doit suivre un processus d'assurance qualité tel que spécifié. Le personnel qui a été correctement formé doit réaliser les activités liées à la gestion du vieillissement. On doit appliquer directement dans le cadre de la présente norme les exigences du Guide de Sûreté AIEA GS-G-3.1 lorsqu'on remplace un transmetteur ou ses composants. De plus, il convient lorsqu'on remplace de vieux composants ou des composants endommagés de faire particulièrement attention pour la prise en compte de composants suspects ou de contrefaçon tels que présenté dans le document IAEA-TECDOC-1169.

## **7 Moyens acceptables pour tester les transmetteurs**

L'Annexe B fournit des exemples de méthodes qui peuvent être utilisées pour tester les transmetteurs de pression utilisés dans les centrales nucléaires. Ces méthodes et d'autres peuvent être utilisées pour les transmetteurs de pression utilisés en centrales nucléaires de puissance, si elles satisfont aux exigences de la présente norme internationale et qu'elles sont validées en utilisant les critères de validation identifiés dans la présente norme pertinents pour les méthodes, les logiciels et les équipements qui sont utilisés pour réaliser les tests. L'IEC 60671 doit être appliquée pour les essais de surveillance concernant les transmetteurs. Les exigences de vérification des performances pour l'étalonnage, la vérification des canaux, les essais fonctionnels et les essais de temps de réponse des transmetteurs de pression doivent être cohérents avec l'IEC 62385.

## **8 Relation entre la qualification initiale et la gestion du vieillissement des transmetteurs**

Les transmetteurs de pression importants pour la sûreté utilisés en environnement hostile dans les centrales nucléaires de puissance sont normalement qualifiés en utilisant l'IEC 60780. Ces activités de qualification initiale visent à confirmer l'aptitude des transmetteurs d'une conception particulière à réaliser leurs fonctions de sûreté en environnement accidentel et lorsque les transmetteurs sont en fin de vie certifiés. Ces essais par eux-mêmes ne garantissent pas la fiabilité de service du transmetteur durant la période de vie certifiée, sauf à garantir que les conditions environnementales telles que supposées pour la qualification ont été maintenues durant toute la durée de fonctionnement. Il convient de réaliser des essais périodiques, des inspections, des analyses des données de test comme souligné dans cette norme internationale pour garantir la sûreté de l'installation.

Il convient de remplacer les transmetteurs de pression qui sont situés en environnement hostile sur l'installation, avant la fin de leur vie certifiée qui a été calculée dans le cadre du programme de qualification environnemental. De plus, on doit réaliser les essais, les analyses, les inspections et la maintenance préventive des composants remplaçables, consommables dans les conditions environnementales spécifiées dans le programme de qualification. De telles activités ne font peut être pas complètement partie des activités de gestion du vieillissement, mais elles contribuent à la gestion du vieillissement.

## Annexe A (informative)

### Étalonnage pour essais type ou essais périodiques

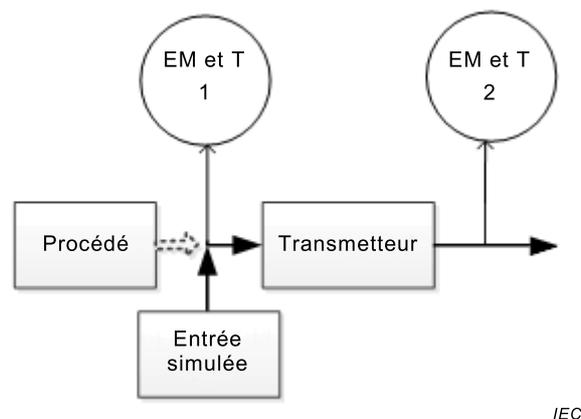
#### A.1 Généralités

L'Annexe A est une annexe informative fournissant des orientations pour l'étalonnage des transmetteurs. Cet étalonnage est un des essais de vérification des performances du point de vue régime permanent des fonctionnalités. Voir l'Annexe B pour les autres méthodes applicables de vérification des performances.

#### A.2 Configuration pour l'étalonnage des transmetteurs

Il convient de considérer l'étalonnage en mettant en corrélation les EET (transmetteurs à étalonner) et les EM&T, au cours de l'essai de type des équipements, des essais de qualification et durant les essais périodiques réalisés conformément aux exigences de surveillance établies pour l'installation.

La Figure A.1 présente les transmetteurs déconnectés du procédé dont les entrées sont stimulées par simulation et les EM&T durant l'étalonnage sur site. Voir l'IEC 61888 pour ce qui concerne les incertitudes d'étalonnage des canaux d'instrumentation, y compris les transmetteurs de pression.



**Figure A.1 – Configuration des transmetteurs pour l'étalonnage et procédé**

#### A.3 Gain et incertitude liés aux EM&T et aux EET

Il convient que l'étalonnage soit réalisé consciencieusement en considérant les corrélations entre le gain et les incertitudes liés aux EM&T et aux EET. Certains programmes d'assurance qualité des centrales nucléaires de puissance spécifient que l'incertitude des EM&T soit inférieure au quart de celle des EET sur l'étendue de gamme, quelle que soit la limite supérieure de la gamme définie pour les EM&T et pour les EET.

A moins que le gain ne soit négligeable par rapport à la précision de l'EET au niveau de la tolérance d'étalonnage, l'incertitude des EM&T a un impact sur celle des EET. Dans ce cas, il convient de calculer dans la procédure d'étalonnage ou dans la détermination des points de consigne l'incertitude combinée des EM&T et des EET, conformément à l'IEC 61888. Voir les pratiques recommandées qui donnent des détails sur le gain.

Le calcul d'incertitude entre EM&T et ETT se fait à l'aide d'une méthode algébrique ou de la méthode des moindres carrés en fonction de la méthodologie d'incertitude ou de détermination de points de consigne utilisée par les concepteurs.

## **A.4 Critères de tolérance pour l'étalonnage**

### **A.4.1 Valeurs telles que mesurées et telles qu'étalonnées**

Il convient de définir dans la procédure d'étalonnage, à l'aide des valeurs admissibles ou acceptables spécifiées, les critères de recette et de rejet. Si les données telles que mesurées montrent qu'aucun ajustement n'est nécessaire, au niveau de la documentation relative au test seule l'inscription de la donnée telle que mesurée est requise. Aucun ajustement de l'instrument n'est nécessaire dans la «zone de tolérance de l'étalonnage» (Région E de la Figure 1 de l'IEC 61888:2002), qui comprend l'incertitude d'étalonnage de la partie canal d'instrumentation en test et l'incertitude des instruments eux-mêmes (modules de traitement électroniques) en conditions opérationnelles. S'il y a un besoin d'ajustement, la documentation fait nécessairement apparaître les valeurs telles que mesurées et étalonnées. La tolérance d'étalonnage pour chaque transmetteur de pression du canal d'instrumentation dans la Région E est à spécifier.

Les dérives non relevées des transmetteurs durant le laps de temps séparant les essais d'étalonnage sont un des principaux problèmes, qui remet en cause la qualification de certains transmetteurs. Les termes et concepts utilisés tels que «tel que trouvé», «tel qu'initialisé», la dérive, l'incertitude d'un canal d'instrumentation, la valeur admissible et les calculs de point de consigne sont définis dans l'IEC 61888.

### **A.4.2 Conditions autorisant un recalage en étalonnage**

Lorsque la valeur mesurée pour les TPs d'un canal est hors de la région pour laquelle le canal est considéré comme prenant une valeur analytique opérationnelle correspondant à un canal d'instrumentation intégrant des TPs, région C dans le calcul des points de consigne de l'installation réalisés conformément à l'IEC 61888, il convient de ne pas autoriser dans le cadre de l'étalonnage un recalage comme indiqué ci-dessous à moins que des actions correctrices ne soient mises en place. Voir le Tableau B.4 pour les détails concernant les actions correctrices.

## **A.5 Etalonnage avec recalage**

En général, l'étalonnage d'un transmetteur est réalisé en utilisant deux appareils pour recalibrer le zéro de la gamme et la gamme. Concernant les détails relatifs à l'étalonnage et à la précision des transmetteurs de pression voir les documents indiqués dans la bibliographie.

## Annexe B (informative)

### Tests de vérification des performances

#### B.1 Test – Vérification des performances

Les performances des transmetteurs peuvent être catégorisées suivant deux fonctionnalités. Une correspond au régime permanent (linéarité et précision) et l'autre au régime dynamique (temps de réponse). Voir l'IEC 60671 pour les détails concernant les tests fonctionnels. Il convient que la gestion du vieillissement des transmetteurs soit faite en maintenant la fonctionnalité ou les performances et la qualification des transmetteurs du système de sûreté.

Il convient de vérifier les performances des transmetteurs en respectant les intervalles de surveillance spécifiés indiqués par le Tableau B.1. Voir l'IEC 60671 pour les détails concernant les exigences de surveillance pour tester les transmetteurs. Des méthodes ont été développées, validées et utilisées dans les centrales nucléaires pour satisfaire les exigences de surveillance. Ces méthodes d'essai comprennent des moyens pour réaliser des tests sur site lorsque l'installation est en fonctionnement (essai en ligne).

Des détails concernant la vérification des performances à partir de tests et d'analyse (étalonnage en ligne et surveillance de l'état) peuvent être fournis par l'IEC 62385. Il convient que les effets dus au vieillissement présentés aux Tableau 1 et Tableau 2 soient identifiés par les essais de type et il convient de les faire apparaître dans les spécifications du constructeur des transmetteurs pour ce qui concerne les exigences de surveillance.

**Tableau B.1 – Considération concernant la vérification des performances (voir l'IEC 62385:2007, Articles 5 et 6)**

	Conception, installation	Exploitation
Catégorie d'essai	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Essai de type (test de conception)</li> <li>– Essai de routine (test usine)</li> <li>– Essai de mise en service</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Essai canal (vérification)</li> <li>– Essai fonctionnel</li> <li>– Essai d'étalonnage</li> <li>– Etalonnage en ligne</li> <li>– Essai de temps de réponse</li> </ul>
Intervalles d'essai	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Exigences réglementaires</li> <li>– Recommandations vendeur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Exigences de surveillance indiquées par l'installation</li> <li>– Tendance de la dégradation</li> <li>– Objectif de fiabilité</li> </ul>
Evaluation des résultats d'essai	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Evaluation de type: identification des composants susceptibles de vieillir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Remplacement des composants sensibles sur la base des essais de type</li> <li>– Surveillance en ligne</li> </ul>
Exigences d'AQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Documentation traceable des procédures et des enregistrements d'essai</li> <li>– Etalonnage à l'aide EM&amp;T</li> <li>– Qualification du personnel</li> </ul>	

#### B.2 Limites acceptable pour les essais

##### B.2.1 Linéarité et précision

L'incertitude tolérée pour chaque étalonnage est une base permettant de déterminer et de maintenir les points de consigne des canaux d'instrumentation conformément à la méthodologie d'incertitude présentée par l'IEC 61888. Les incertitudes d'étalonnage des transmetteurs liées aux normes ou aux méthodes d'étalonnage correspondent à la tolérance

d'étalonnage. Le Tableau B.2 indique les incertitudes concernant les transmetteurs pour les conditions de fonctionnement normales et anormales et pour les conditions accidentelles.

**Tableau B.2 – Eléments d'incertitude pour les transmetteurs de pression  
(voir IEC 61888:2002, 5.3.1)**

	Conditions de fonctionnement normales et anormales	Conditions accidentelles	
Précision de référence	Conformité (Linéarité)	Il convient de prendre en compte uniquement les incertitudes liées aux événements ou dues à la dérive ou au vieillissement durant la période de service requise	Effets de température
	Répétabilité		
	Hystérésis		
	Bande morte et autres		
Effets environnementaux	Variations de la tension d'alimentation		Effets des rayonnements
	Variations de température/pression		
	Variations d'humidité		Effets vibratoires/sismiques
	Exposition aux rayonnements et aux vibrations		Effets liés aux conditions d'ambiance accidentelles situés en environnement hostile
	Interférences électromagnétiques		
Effets du vieillissement			
Dérive	Les instruments peuvent ne pas avoir tous le même intervalle d'étalonnage. Il convient de considérer la dérive à partir d'intervalles d'étalonnage propres aux instruments.		
NOTE Les termes utilisés dans le Tableau B.2 sont définis dans l'IEC 61888.			

### B.2.2 Temps de réponse

Pour les applications nucléaires, les temps de réponse peuvent être critiques pour la vérification des performances des transmetteurs. Il convient de spécifier au niveau de l'étude des points de consigne de l'installation le temps de réponse des transmetteurs (y compris l'intervalle de test et sa valeur). Un résumé concernant les essais de temps de réponse est fourni par le Tableau B.3. Voir l'Annexe C de l'IEC 62385:2007 pour plus de détails sur les essais de temps de réponse en ligne des transmetteurs.

**Tableau B.3 – Comparaison entre les essais de temps réponse classiques et en ligne**

	Essais en laboratoire (Essais classiques)	Essais en ligne	
		Analyse du bruit	Coupure d'alimentation
Signal d'entrée	Simulation du signal de pression connu Echelon Rampe	Pas de signal simulé; Signal passif par rapport au procédé	Coupure d'alimentation: Pendant quelques secondes Marche→Arrêt→Marche
TP référence	Pour un temps de réponse connu (par exemple un temps constant de 10 ms)	Non nécessaire	
Evaluation des sorties	Comparaison manuelle avec la valeur des TP de référence	Analyses du domaine de fréquence et du domaine temporel	Algorithme des moindres carrés
Problème sur la ligne d'impulsion	Introuvable	Peut être identifié si encrassé, bouché ou fuyant	
<p>NOTE La technique d'analyse du bruit fournit une méthode passive pour l'essai dynamique des systèmes de détection de pression et peut être utilisée pour trouver les problèmes sur les lignes d'impulsion. Elle fournit un temps de réponse pour le transmetteur de pression et sa ligne d'impulsion en un seul essai. Un bouchage significatif ou d'autres anomalies sont sensés avoir un impact sur les essais de temps de réponse des transmetteurs de pression si on utilise la technique d'analyse de bruit.</p>			

### B.3 Autres méthodes d'étalonnage en ligne

L'étalonnage en ligne réalisé sur la base d'analyse de données est acceptable dans les conditions suivantes comme présenté dans l'Annexe B de l'IEC 62385:2007. Les résultats de l'étalonnage en ligne sont cohérents avec les résultats des essais classiques au cours de l'intervalle de test qui est obligatoire.

- validation du système de surveillance en ligne,
- isolement matériel au niveau signal des systèmes de sûreté,
- V&V du logiciel si le système de surveillance en ligne est catégorisé conformément à l'IEC 61226,
- procédures d'Assurance Qualité, documentation et qualification du personnel.

### B.4 Actions correctives pour des transmetteurs non opérationnels

Lorsqu'un transmetteur est étalonné en utilisant en entrée un ensemble de valeurs de pression connues, il convient de répartir en trois groupes l'ensemble des valeurs de sortie correspondantes.

Le groupe I pouvant être considéré étalonné sans ajustement, si l'incertitude maximale correspondant aux sorties mesurées reste dans une tolérance d'étalonnage spécifiée et une incertitude telle qu'étalonnée.

Le groupe II peut être étalonné sur site si la tolérance maximale ou l'incertitude correspondant aux sorties mesurées se situe dans l'incertitude de tolérance d'étalonnage spécifiée et au-delà de l'incertitude telle qu'étalonnée, alors on ajuste au niveau du zéro et de la gamme.

Pour le groupe III, il convient de les remplacer par des transmetteurs récemment étalonnés et il convient que les transmetteurs retirés soient envoyés en laboratoire à des fins d'investigation, si la tolérance d'erreur maximale ou l'incertitude liée aux sorties mesurées est

située au-delà d’une incertitude tolérable d’étalonnage spécifiée et au-delà de l’incertitude de la valeur admissible du canal en état non opérationnel. Dans ce cas, aucun ajustement n’est nécessaire au niveau du zéro et de la gamme. Les valeurs telles qu’étalonnées, telles que mesurées, la valeur de tolérance pour l’étalonnage et la valeur admissible dépendent du calcul des points de consigne de l’installation fait conformément à l’IEC 61888. Le Tableau B.4 donne des exemples d’actions correctives en fonction de ces valeurs.

**Tableau B.4 – Exemples d’actions requise en fonction de la valeur telle que mesurée en essai d’étalonnage**

Etat des performances	Groupe I	Groupe II	Groupe III
	Valeur telle que mesurée opérationnelle (VM)	Opérationnel avec ajustement	Non opérationnel, remplacement <sup>a</sup>
Valeur telle qu’étalonnée (VTQE)	Si VTQM est égale ou plus petite que VTQE	Plus grande	Plus grande
Tolérance d’étalonnage (TE)	VTQM est plus petite que TE	Egale ou plus grande	Plus grande
Valeur admissible (VA1)/ Valeur analytique (VA2)	VM est plus petite que VA1	Plus petite	Egale ou plus grande
Méthode d’action corrective	Non nécessaire	Etalonnage avec ajustement	Pas d’ajustement, action corrective immédiate <sup>a</sup>
<sup>a</sup> si VTQM est plus grande que VA2, la seule action corrective est le remplacement sans ajustement, à moins de pouvoir justifier.			

### B.5 Procédures écrites d’étalonnage

Il convient que la méthode d’étalonnage et l’intervalle d’étalonnage soient déterminés à partir du type de matériel, des caractéristiques de stabilité (ou de dérive), de la précision nécessaire, de l’utilisation prévue et des autres conditions qui ont un impact sur les performances. Il convient que les EM&T pour l’étalonnage qui sont obsolètes ou déréglés soient identifiés et/ou mis à part, ou retirés du service, et ne soient pas utilisés jusqu’à ce qu’ils soient à nouveau étalonnés. Il convient de remplacer ou de réparer les EM&T qui sont constamment déréglés. Il convient d’enregistrer l’état des étalonnages des EM&T, leur aptitude au service et à remplir leur fonction, et de conserver ces enregistrements. Il convient que les rapports d’étalonnage et les certificats liés aux résultats d’étalonnage comprennent les informations et les données nécessaires pour interpréter les résultats d’étalonnage et pour vérifier la conformité aux exigences applicables.

## Bibliographie

IEC 61508-1, *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité – Partie 1: Exigences générales*

IEC 61508-2, *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité – Partie 2: Exigences pour les systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité*

IEC 61508-3, *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité – Partie 3: Exigences concernant les logiciels*

IEC 61508-4, *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité – Partie 4: Définitions et abréviations*

IEC 61513, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Exigences générales pour les systèmes*

IEC 61888:2002, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation importante pour la sûreté – Détermination et maintenance des points de consigne*

IEC TR 62096, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Guide pour décider d'une modernisation*

Normes de sûreté de l'AIEA GS-R-3, *Système de gestion des installations et des activités*

IAEA Safety Guide No. GS-G-3.1, *Application of the management System for facilities and activities, 2006*

NOTE Celui-ci remplace le 50-SG-Q (1996), Quality Assurance for Safety in Nuclear Power Plants and other Nuclear Installations

IAEA Safety Guide No. GS-G-3.5, *Management system for nuclear installations*

Normes de sûreté de l'AIEA SSR-2/1:2012, *Sûreté des centrales nucléaires: Conception*

ISA-RP67.04.02, *Methodologies for the Determination of Set-points for Nuclear Safety-Related Instrumentation*

NUREG/CR-5851, *Long Term Performance and Ageing Characteristics of Nuclear Plant Pressure Transmitters, H. Hashemian et al, 1993*

IAEA-TECDOC-1147, *Management of ageing of I&C equipment in NPPs*

IAEA-TECDOC-1169, *Managing suspect and counterfeit items in nuclear industry*

ASME NQA-1. *Quality Assurance Requirements for Nuclear Facility Application*

Hashemian H.M., *Sensor Performance and Reliability, ISA,2005*





INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

3, rue de Varembé  
PO Box 131  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11  
Fax: + 41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)