

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Nuclear power plants – Instrumentation systems important to safety – Pressure transmitters: Characteristics and test methods

Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation importants pour la sûreté – Transmetteurs de pression: Caractéristiques et méthodes d'essai

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62887:2018



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2018 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
info@iec.ch
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

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 - webstore.iec.ch/advsearchform

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

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

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 21 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 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

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

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 - webstore.iec.ch/advsearchform

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

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

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 21 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 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

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Nuclear power plants – Instrumentation systems important to safety – Pressure transmitters: Characteristics and test methods

Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation importants pour la sûreté – Transmetteurs de pression: Caractéristiques et méthodes d'essai

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.120.20

ISBN 978-2-8322-5723-4

**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 Abbreviated terms	14
5 Types of pressure transmitters for nuclear applications	15
5.1 Principle of a pressure transmitter	15
5.2 Pressure transmitter structure.....	16
5.3 Pressure transmitter types	16
5.4 Transmitter and its installation	17
6 Pressure measurement requirements	17
6.1 Pressure measurement functions	17
6.2 Specificity of transmitters equipped with remote seal	18
6.3 Selection of a transmitter	19
6.3.1 General	19
6.3.2 Conventional process requirements	19
6.3.3 Nuclear requirements	20
6.3.4 Selection of remote seal	20
6.4 Characteristics of pressure transmitters.....	20
6.4.1 General	20
6.4.2 Description of required characteristics	21
7 Manufacturing.....	22
7.1 Mechanical design requirements	22
7.2 Design of the transducer (sensing element)	22
7.3 Materials.....	22
7.4 Cleanliness	22
7.5 Electrical characteristics	22
7.6 Hydraulic and electric interface	23
7.7 Smart transmitters	23
7.8 Identification	23
7.9 Lifetime and maintenance	24
7.10 Interchangeability	24
7.11 Manufacturing and testing requirements.....	24
8 Qualification	24
8.1 Qualification description.....	24
8.2 Demonstration of conformance to qualification model.....	25
9 Production tests.....	25
10 Documentation	26
10.1 Purchasing specification	26
10.2 Modification traceability	26
10.3 Manufacturing traceability	26
10.4 Operating and maintenance instructions (OMI).....	26
11 Obsolescence management.....	27
Bibliography.....	28

Figure 1 – Span and URL.....	13
Figure 2 – Example of location of pressure transmitters in PWR unit.....	16
Figure 3 – Example of sensing line (fluid level)	18
Figure 4 – Remote seal description.....	19
Table 1 – Examples of environmental conditions.....	15

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62887:2018

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

NUCLEAR POWER PLANTS – INSTRUMENTATION SYSTEMS IMPORTANT TO SAFETY – PRESSURE TRANSMITTERS: CHARACTERISTICS AND TEST METHODS

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 62887 has been prepared by subcommittee 45A: Instrumentation, control and electrical power systems of nuclear facilities, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
45A/1193/FDIS	45A/1205/RVD

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62887:2018

INTRODUCTION

a) Technical background, main issues and organisation of the Standard

This International standard focuses on pressure transmitters and tests methods.

It is intended that this Standard will 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 62887 is a third level IEC SC 45A document covering pressure transmitters.

IEC 62887 is to be read in conjunction with IEC 61513 which establishes requirements for instrumentation systems important to safety.

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 the Standard

This Standard provides more particularly recommendations for the following aspects.

- selection,
- characteristics,
- manufacture and control,
- qualification,
- obsolescence.

To ensure that the 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 documents of the IEC SC 45A standard series are IEC 61513 and IEC 63046. IEC 61513 provides general requirements for I&C systems and equipment that are used to perform functions important to safety in NPPs. IEC 63046 provides general requirements for electrical power systems of NPPs; it covers power supply systems including the supply systems of the I&C systems. IEC 61513 and IEC 63046 are to be considered in conjunction and at the same level. IEC 61513 and IEC 63046 structure the IEC SC 45A standard series and shape a complete framework establishing general requirements for instrumentation, control and electrical systems for nuclear power plants.

IEC 61513 and IEC 63046 refer directly to other IEC SC 45A standards for general topics related to categorization of functions and classification of systems, qualification, separation, defense against common cause failure, control room design, electromagnetic compatibility, cybersecurity, software and hardware aspects for programmable digital systems, coordination of safety and security requirements and management of ageing. The standards referenced directly at this second level should be considered together with IEC 61513 and IEC 63046 as a consistent document set.

At a third level, IEC SC 45A standards not directly referenced by IEC 61513 or by IEC 63046 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.

The IEC SC 45A standards series consistently implements and details the safety and security principles and basic aspects provided in the relevant IAEA safety standards and in the relevant documents of the IAEA nuclear security series (NSS). In particular this includes the IAEA requirements SSR-2/1, establishing safety requirements related to the design of nuclear power plants (NPPs), the IAEA safety guide SSG-30 dealing with the safety classification of structures, systems and components in NPPs, the IAEA safety guide SSG-39 dealing with the design of instrumentation and control systems for NPPs, the IAEA safety guide SSG-34 dealing with the design of electrical power systems for NPPs and the implementation guide NSS17 for computer security at nuclear facilities. The safety and security terminology and definitions used by SC 45A standards are consistent with those used by the IAEA.

IEC 61513 and IEC 63046 have adopted a presentation format similar to the basic safety publication IEC 61508 with an overall life-cycle framework and a system life-cycle framework. Regarding nuclear safety, IEC 61513 and IEC 63046 provide 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, IEC 62138 and IEC 62566 correspond to IEC 61508-3 for the nuclear application sector. IEC 61513 and IEC 63046 refer 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). At level 2, regarding nuclear security, IEC 62645 is the entry document for the IEC SC 45A security standards. It builds upon the valid high level principles and main concepts of the generic security standards, in particular ISO/IEC 27001 and ISO/IEC 27002; it adapts them and completes them to fit the nuclear context and coordinates with the IEC 62443 series. At level 2, IEC 60964 is the entry document for the IEC SC 45A control rooms standards and IEC 62342 is the entry document for the IEC SC 45A ageing management standards.

NOTE 1 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.

NOTE 2 IEC SC 45A domain was extended in 2013 to cover electrical systems. In 2014 and 2015 discussions were held in IEC SC 45A to decide how and where general requirement for the design of electrical systems were to be considered. IEC SC 45A experts recommended that an independent standard be developed at the same level as IEC 61513 to establish general requirements for electrical systems. Project IEC 63046 is now launched to cover this objective. When IEC 63046 is published this NOTE 2 of the introduction of IEC SC 45A standards will be suppressed.

NUCLEAR POWER PLANTS – INSTRUMENTATION SYSTEMS IMPORTANT TO SAFETY – PRESSURE TRANSMITTERS: CHARACTERISTICS AND TEST METHODS

1 Scope

This document is applicable to general aspects of design, manufacturing and test methods for pressure transmitters used in instrumentation systems important to safety in all nuclear power plants (PWR, BWR, FBR, etc.). The conditions imposed by reactor use are often different from those which occur in non-nuclear applications. Exposure to radiations (mainly neutron, gamma, even beta) is liable to cause alterations in the measurements. Mechanical and electrical properties of transmitters can be affected by nuclear transformations, heating and structural changes. Particular attention is paid to the adoption of standards for the choice of materials and installation. Furthermore, design consideration is given to the effects of high environmental pressure, high temperature, chemical spray, temperature gradients and temperature cycling as well as to the way in which the temperature and pressure measuring system could influence the safety or economic performance of the reactor.

The consequences of nuclear conditions for pressure transmitters lead to onerous requirements regarding qualification.

This document deals with specific requirements for nuclear applications of pressure transmitters including design, materials, manufacturing, testing, calibration and inspection.

For applications in non-nuclear areas of a NPP, IEC standards used for industrial products apply.

This document deals only with transmitters, the boundaries are:

- Sensing elements.
- Electronics converters.
- Electrical connection.
- Process connection.
- Sealed systems.

Instrumentation systems using pressure transmitters as components (such as flowmeter, level measurement) or other components connecting to transmitters (such as sensing lines, valves) are not in the scope of this document.

Remote seals are considered as components of transmitters and are treated.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

IEC/IEEE 60780-323, *Nuclear facilities – Electrical equipment important to safety – Qualification*

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

IEC 61298-1, *Process measurement and control devices – General methods and procedures for evaluating performance – Part 1: General considerations*

IEC 62402:2007, *Obsolescence management – Application guide*

IEC 62566, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Development of HDL-programmed integrated circuits for systems performing category A functions*

IEC 62566-2, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Development of HDL-programmed integrated circuits for systems performing category B or C functions*

IEC 62765-1, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Management of ageing of sensors and transmitters – Part 1: Pressure transmitters*

IEC Guide 115, *Application of uncertainty of measurement to conformity assessment activities in the electrotechnical sector*

3 Terms and definitions

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

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1

absolute pressure sensor

sensor which makes the measurement with vacuum as reference

EXAMPLE: Examples of associated units: kPa abs, MPa abs, bar abs.

3.2

accident conditions

deviations from normal operation that are less frequent and more severe than anticipated operational occurrences

EXAMPLE: Examples of such deviations include a major fuel failure or a loss of coolant accident (LOCA).

Note 1 to entry: Accident conditions comprise design basis accidents and design extension conditions.

[SOURCE: IAEA safety glossary, 2016 edition]

3.3

accident management

the taking of a set of actions during the evolution of a beyond design basis accident:

- a) to prevent the escalation of the event into a severe accident;
- b) to mitigate the consequences of a severe accident;
- c) to achieve a long term safe stable state.

Note 1 to entry: The second aspect of accident management (to mitigate the consequences of a severe accident) is also termed severe accident management.

[SOURCE: IAEA safety glossary, 2016 edition]

3.4

accuracy <of a measuring instrument>

quality which characterizes the ability of a measuring instrument to provide an indicated value close to a true value of the measurand

Note 1 to entry: This term is used in the "true value" approach.

Note 2 to entry: Uncertainty is all the better when the indicated value is closer to the corresponding true value.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-08]

3.5

anticipated operational occurrence

deviation of an operational process from normal operation that is expected to occur at least once during the operating lifetime of a facility but which, in view of appropriate design provisions, does not cause any significant damage to items important to safety or lead to accident conditions

EXAMPLE: Examples of anticipated operational occurrences are loss of normal electrical power and faults such as a turbine trip, malfunction of individual items of a normally running plant, failure to function of individual items of control equipment, and loss of power to the main coolant pump.

[SOURCE: IAEA safety glossary, 2016 edition]

3.6

beyond design basis accident

postulated accident with accident conditions more severe than those of a design basis accident

[SOURCE: IAEA safety glossary, 2016 edition]

3.7

calibration

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

Note 1 to entry: A calibration may be expressed by a statement, calibration function, calibration diagram, calibration curve, or calibration table. In some cases, it may consist of an additive or multiplicative correction of the indication with associated measurement uncertainty.

[SOURCE: IAEA Safety Glossary, edition 2016]

3.8

capillary

thin pipe filled with a fluid which transfers the pressure information from the separator to the sensor

3.9

component

one of the parts that make up a system. A component may be a hardware component (e.g. wires, transistors, integrated circuits, motors, relays, solenoids, pipes, fittings, pumps, tanks and valves) or a software component (e.g. modules, routines, programmes, software functions). A component may be made up of other components

[SOURCE: IAEA Safety Glossary, edition 2016]

3.10

converter

electronic part which processes the electrical quantities of the sensor to provide a conditioned signal conforming to the required format

3.11

design basis accident

postulated accident leading to accident conditions for which a facility is designed in accordance with established design criteria and conservative methodology, and for which releases of radioactive material are kept within acceptable limits

[SOURCE: IAEA safety glossary, 2016 edition]

3.12

diaphragm seal

device equipped with diaphragm seal to isolate the process circuit from the measurement channel

Note 1 to entry: Equivalent to “separator”.

3.13

differential pressure sensor

sensor which gives a signal proportional to the pressure difference between HP/LP chambers

EXAMPLE: Examples of associated units: kPa, MPa, bar.

3.14

drift

change in the indication of a measuring instrument, generally slow, continuous, not necessarily in the same direction and not related to a change in the measurand

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-13]

3.15

integrated transmitter

transmitter where the electronic converter is mounted as an integral part of an assembly containing the sensing element

Note 1 to entry: Integrated transmitter can be named monobloc transmitter.

3.16

normal operation

operation within specified operational limits and conditions

[SOURCE: IAEA safety glossary, 2016 edition]

3.17

obsolescence

transition from availability from the original manufacturer to unavailability

[SOURCE: IEC 62402:2007, 3.1.16.1]

3.18

obsolescence management

coordinated activities to direct and control an organization with regard to obsolescence

[SOURCE: IEC 62402:2007, 3.1.17]

3.19

operational states

states defined under normal operation and anticipated operational occurrences

Note 1 to entry: Some States and organizations use the term operating conditions (for contrast with accident conditions) for this concept.

[SOURCE: IAEA safety glossary, 2016 edition]

3.20

plant states

Operational states		Accident conditions		
Normal operation	Anticipated operational occurrences	Design basis accidents	Design extension conditions	
			Without significant fuel degradation	With core melting

[SOURCE: IAEA safety glossary, 2016 edition]

3.21

receiver

electronic device connected to the output of the converter which treats the transmitter signal

3.22

relative pressure sensor

sensor which makes the measurement with ambient pressure as reference

EXAMPLE: Examples of associated units: kPa g, MPa g, bar g.

Note 1 to entry: Equivalent to "gauge pressure sensor".

3.23

remote seal

part composed of separator, capillary, sensor and filled with fluid

Note 1 to entry: The term sealed system can be used to designate remote seal.

3.24

response time <of a component>

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 state

Note 1 to entry: IEC 61298-2 defines the methodology to proceed to the measurement.

[SOURCE: IAEA safety glossary, 2016 edition]

3.25

sensor

measuring element, part of a measuring instrument, or measuring chain, which is directly affected by the measurand and which generates a signal related to the value of the measurand

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-05-01]

3.26**separate transmitter**

transmitter mounted at a location removed (locally or remotely) from an assembly containing the sensing element but connected to it by signal line

Note 1 to entry: A head-mounted transmitter is a separate transmitter mounted in a connection head.

Note 2 to entry: Separate transmitters can be named bibloc transmitters.

[SOURCE: IEC 61987-11:2016, 3.1.9]

3.27**severe accident**

accident conditions more severe than a design basis accident and involving significant core degradation

[SOURCE: IAEA safety glossary, 2016 edition]

3.28**span**

algebraic difference between the values of the upper and lower limits of the measuring range corresponding respectively to 0 % and 100 % signals

Note 1 to entry: The span is contained in URL.

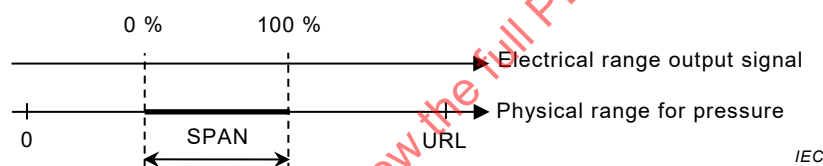


Figure 1 – Span and URL

3.29**system**

set of components which interact according to a design, where an element of a system can be another system, called a subsystem.

[SOURCE: IEC 61513:2011, 3.56]

3.30**time constant**

in the case of a first order system, the time required for the output signal of a system to reach 63,2 % of its final variation after a step change of its input signal. If the system is not a first order system, the term "time constant" is not appropriate. For a system of a higher order, the term "response time" should be used

[SOURCE: IEC 62397:2007, 3.9]

3.31**transducer**

device which accepts information in the form of a physical quantity and converts it into information in the form of the same or another physical quantity according to a definite law

3.32**transmitter**

device measuring a physical quantity (for example: pressure) and converts it into a conditioned and calibrated electric signal

The transmitter consists of 2 parts:

- the sensor (mechanical part)
- the converter (electronic part)

3.33

turndown factor

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

[SOURCE: ISA67.04.02: 2010]

3.34

uncertainty of measurement

parameter, associated with the result of a measurement, that characterizes the dispersion of the values that could reasonably be attributed to the measurand

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-01-02]

3.35

Upper Range Limit

URL

maximum physical range of the sensor

4 Abbreviated terms

BWR	Boiling Water Reactor
DBE	Design Basis Event
DBC	Design Basis Conditions
DEC	Design Extension Conditions
FAT	Factory Acceptance Test
FBR	Fast Breeder Reactor
HP	High Pressure
LOCA	Loss Of Coolant Accident

NOTE 1 This term is used to define the accident with specific pressure and temperature profile and radiation dose.

LP	Low Pressure
LVDT	Linear Variable Differential Transformer
OMI	Operating and Maintenance Instructions
PWR	Pressurized Water Reactor
URL	Upper Range Limit: maximum physical range of the sensor
SA	Severe Accident

NOTE 2 This term is used to define the accident with specific pressure and temperature profile and radiation dose (more severe than LOCA).

5 Types of pressure transmitters for nuclear applications

5.1 Principle of a pressure transmitter

Pressure is a scalar which characterizes the intensity the per unit area force required to stop a fluid from expanding between two volumes. It is stated in terms of force per unit area. When no force exists between the two volumes, they are at the same pressure. The resultant force caused by pressure difference induces a mechanical effect on sensing elements which subsequently converts the mechanical effect into an electrical quantity. This is the measuring principle of a differential pressure transmitter. As one of the volumes may be either the perfect vacuum or the atmospheric pressure, this leads to two other types of transmitters, respectively absolute pressure transmitter and relative pressure transmitter.

All types of pressure transmitters have two fundamental functional components:

- a sensing element: deflection of a membrane, diaphragm, bellows or piston under pressure,
- a device to produce an electrical signal: LVDT, capacitance variation, Hall effect, eddy current, piezo-resistive strain gauge, piezoelectric or potentiometric or optical signal.

This document considers all the pressure transmitters with electronic modules separated or integrated to the sensing element to withstand the nuclear conditions.

Pressure transmitters are used on various systems within a NPP depending on their range, performance and ability to operate safely in normal, anticipated operational occurrence and accident conditions. As a supplement to the IAEA description, the definitions for normal / accident conditions have to refer also to nuclear plant definition (examples of environmental conditions are listed in Table 1).

Table 1 – Examples of environmental conditions

Conditions	Example
Normal	Ambient temperature
	Ambient radiation
	Static pressure
	Mechanical constraint (vibration)
	Ultra-violet
Accident	Anticipated operational occurrences
	Over-pressure
	Radiation peak
	Seismic
	Accident radiation
	Chemical spray
	LOCA / Severe accident
	Radiation
	Thermodynamic shock
	High ambient pressure and temperature
	Chemical spray

5.2 Pressure transmitter structure

The two structure types of pressure transmitters are:

- integrated structure (see 3.15),
- separated structure (see 3.26).

Some sensing technologies which can be used for functions important to safety are listed hereunder:

- Silicon crystal
- Capacitive
- LVDT (Linear Variable Differential Transformer)
- Strain gauge
- Piezoelectric
- Magnetostrictive

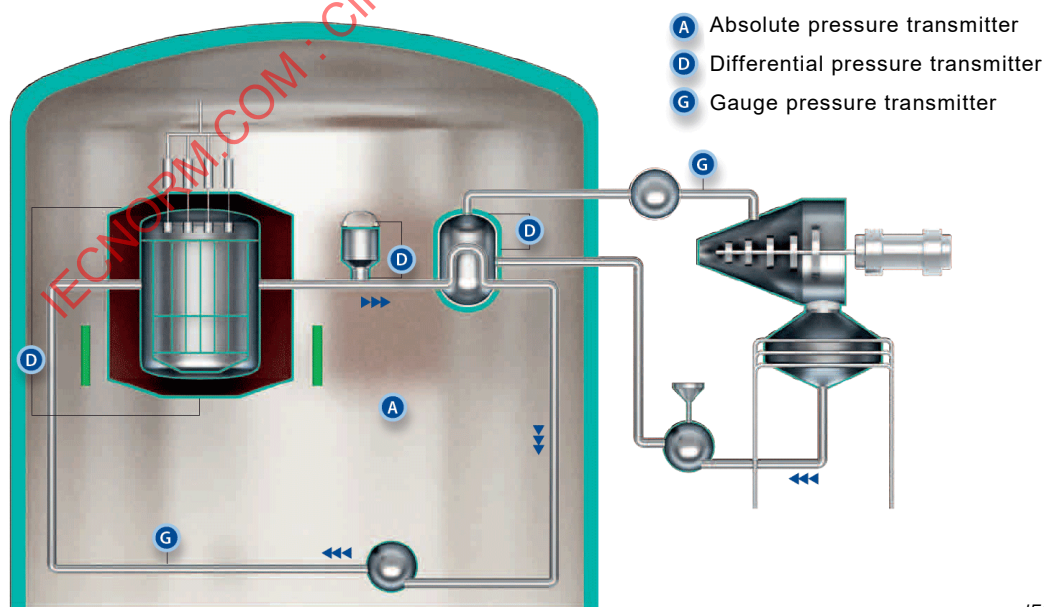
The designer will choose the structure depending on environmental conditions analysis and the plant design rules.

A typical installation of separated transmitters is with the sensor located in the reactor building and the electronic converter in the electrical building.

5.3 Pressure transmitter types

Pressure transmitters are designed to measure:

- Absolute pressure => absolute pressure transmitter;
- Relative pressure => relative pressure transmitter also named gauge pressure transmitter;
- Differential pressure => differential pressure transmitter.



IEC

Figure 2 – Example of location of pressure transmitters in PWR unit

In the example of location of pressure transmitters given in Figure 1:

- Absolute pressure transmitters are used to measure the ambient pressure in the reactor building.
- Gauge pressure transmitters are used to control the pressure of the primary and secondary circuit fluid.
- Differential pressure transmitters are dedicated to:
 - water level measurements in the vessel, the pressurizer and the steam generator;
 - flow rate measurements;
 - other differential measurements.

5.4 Transmitter and its installation

Typically, the sensing element is connected to the measurement location by tubing or piping, commonly termed the sensing or impulse line. The process fluid may be pneumatic (gas or steam), hydraulic (liquid) or mixed. Depending on the application, the filling fluid of sensing line can be liquid (water, liquid process, oil, etc.) or gas (air, nitrogen, steam, other gases, etc.).

To provide leak protection and enable the sensing element to be maintained and calibrated, provision shall be made to:

- isolate and bypass the transmitter (manifold or valve);
- vent and drain the transmitter.

Complementary parts that enable maintenance or to guarantee the measurement condition and process change (liquid in some cases and gaseous other cases) are:

- condensation pot;
- bellows or diaphragm.

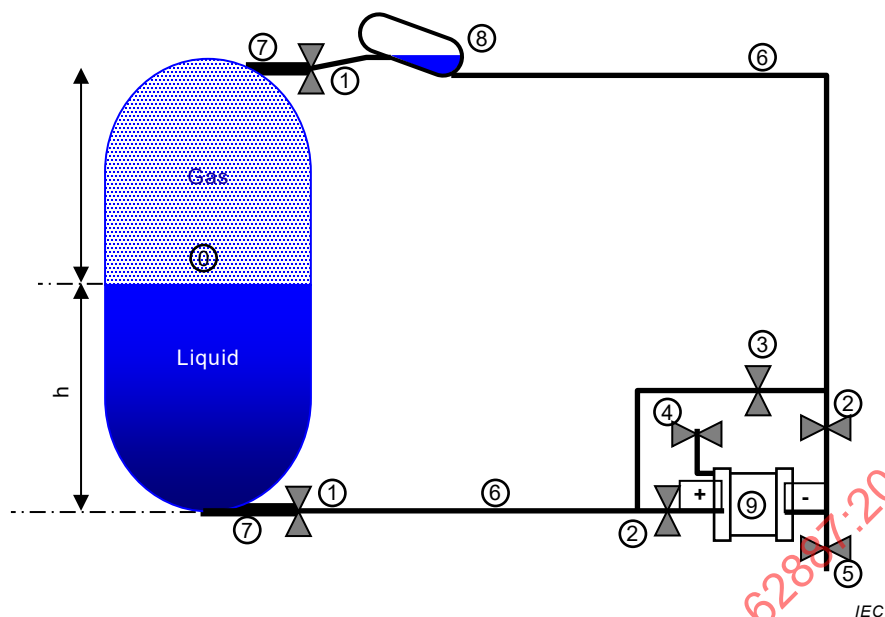
The sensing lines may have an impact on the performance of measurements. They shall respect the design and qualification requirements.

6 Pressure measurement requirements

6.1 Pressure measurement functions

The pressure transmitter can be used to measure the plant parameters as follows:

- Pressure
By direct measurement
- Fluid level
Through differential pressure measurement:
 - between a low level in a vessel where there is liquid, such as water, and an higher level where there is gas, such as steam or air or some cover gas;
 - where the fluid is boiling and has turbulent or two-phase flow in a steam generator or in the reactor vessel itself, when the level is then not defined but the fluid content of the vessel may be determined by differential pressure measurement;
 - in the reactor vessel normally full with water submitted at a high pressure which can drop (in case of leakage) at a lower pressure;
 - in a reactor being refuelled;
 - measurement of level when a dynamic head compensation is necessary (for PWR reactor vessel coolant level measurement as given in Figure 3);



Key

- 0 Device to be controlled
- 1 Main isolation valve
- 2 Sensor isolation valve
- 3 Bypass valve
- 4 Vent valve
- 5 Drain valve
- 6 Sensing line (tubing)
- 7 Process pipe
- 8 Condensation pot
- 9 Sensor

Figure 3 – Example of sensing line (fluid level)

• Flow rate

Through depressurising (diaphragm plate, nozzle, Venturi) device and differential pressure measurement:

The differential pressure (ΔP) and flow (Q) are linked by square root function: $Q \sim \sqrt{\Delta P}$.

6.2 Specificity of transmitters equipped with remote seal

A remote seal includes a pipe equipped with a diaphragm seal and filled with an incompressible fluid. It allows:

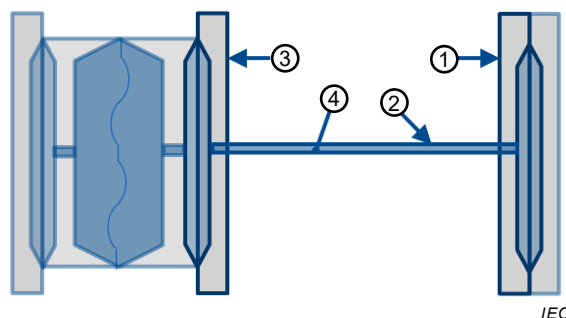
- transfer the pressure from the process fluid to sensor;
- isolation the sensing part from the process fluid.

Transmitters shall be equipped with one or two sealed systems (for differential ones) in the following cases:

- In case of harsh environment, to locate the sensor or transmitter away from environmental constraint.
- In accident conditions:
 - to contain contaminated liquids in dedicated areas;
 - in case access to sensor is limited;
 - To keep reference column in any condition (normal and accident).

A remote seal as given by Figure 4 is composed of:

- the HP or LP transmitter chamber (for differential transmitter only);
- a capillary;
- a HP or LP separator (for differential transmitter only);
- filling fluid.



Key

- 1 Diaphragm seal
- 2 Capillary
- 3 Pressure chamber of transmitter
- 4 Filling fluid

Figure 4 – Remote seal description

6.3 Selection of a transmitter

6.3.1 General

The selection of a pressure transmitter shall be accomplished according to the following criteria.

NOTE IEC 61298, IEC 60770, IEC 61226, IEC 61508, IEC 61326 give guidance to designers on functional and safety aspects.

6.3.2 Conventional process requirements

Firstly, the environmental constraints shall be considered:

- nature and composition of fluid (liquid, gaseous, chemical) and its possible evolutions,
- nominal operating pressure,
- design pressure and the maximal hydrostatic test pressure. For transmitters located in the containment, the building pressure tests shall be taken into account,
- ambient and storage temperature. Particularly, the risk of freezing shall be taken into account. In some cases, heaters shall be recommended,
- ambient and storage relative humidity,
- mechanical vibrations to which the transmitter will be submitted,
- ambient conditions for out-of-service or operation (physic-chemical composition, dust, risk of explosion) shall be distinguished,
- EMI/RFI electromagnetic environment (to be compliant with grounding rules of the project),
- drift or stability required.

Secondly, the functional parameters shall be considered:

- the maximum circuit pressure range that shall be covered by sensor URL,
- the pressure measurement range (span) of the transmitter,
- circuit pressure static for differential,
- uncertainty of the measurement,
- response time of the transmitter (alone and equipped with sealed system).

6.3.3 Nuclear requirements

Designers shall take into account the specific nuclear requirements that result from using pressure transmitters in NPPs. This includes requirements from normal and accident conditions, as appropriate to the required function and performance of the pressure transmitter.

For each parameter specified in 6.3.2, the nominal and extreme values shall be taken into account. These extreme values depend on the accident ambient conditions.

- Ambient radiation level in normal and accident conditions.
- The seismic spectra (horizontal and vertical) the transmitter may be exposed to, in case of earthquake.
- The potential thermodynamic accident conditions (DBE and DEC) or severe accident conditions, that consist in specific temperature and pressure conditions / profiles.
- The uncertainty of the measurement shall take into account degraded ambient conditions such as earthquake, humidity or accident (LOCA – radiation and thermodynamic shock).
- The response time of the transmitter shall take into account degraded ambient conditions such as earthquake or accident (LOCA).
- The electronics technology of the transmitter shall be selected in accordance with the considered environment and requirements (seismic, radiation, LOCA, SA).

6.3.4 Selection of remote seal

Capillaries geometry and filling fluid shall be designed to consider:

- the required uncertainty and response time;
- the length between the separator (with the plant fluid) and the sensing element;
- the filling fluid shall be stable against the expected radiological and thermal load during normal operation and accident;
- the potential failure mode of the sealed system.

Typical filling fluid is demineralized water or specific oil suitable for operation in a nuclear environment (e.g. thermal, radiation, etc.).

NOTE The filling of the capillary system is performed in factory or on-site after installation.

6.4 Characteristics of pressure transmitters

6.4.1 General

Pressure transmitters shall be at least described by the following characteristics:

- the measurement range (URL and span),
- uncertainty,
- response time.
- the calibration,

- the zero and span adjustment,
- characteristics in accident conditions.

6.4.2 Description of required characteristics

6.4.2.1 Span

Definition of span is given in 3.28.

6.4.2.2 Upper Range Limit (URL)

Definition of URL is given in 3.35.

The URL shall be selected so that the ratio URL/SPAN guarantees the required performance in normal and accident conditions.

6.4.2.3 Uncertainty

Uncertainty computation is based on a combination of elementary uncertainties (IEC Guide 115). If elementary standard uncertainties are not correlated the combined standard uncertainty is calculated by the square root sum of the squares. In case of correlated effect, the calculation is an algebraic sum.

For calculation of the global uncertainty, a coverage factor (according to confidence level) is applied to statistic parts and the systematic effects (bias) have to be taken into account.

The uncertainty shall be estimated for normal and accident conditions.

Uncertainty is expressed as a percent of span. It is composed of elementary accuracies, whose maximum values shall be estimated:

- Reference accuracy: it takes into account effects such as hysteresis, repeatability, linearity and adjustments (lower range value, span and damping).
- Temperature effect. This is the quantification of the effect of the temperature on the accuracy.
- Radiation effect. Radiation has an effect on the accuracy. This parameter shall be taken into account during the sensor design.
- Static pressure effect for differential pressure sensor.
- Drift versus time.
- Sealed system effect.

In accident conditions the uncertainty is determined on the basis of normal condition uncertainties augmented by "accident" ones (e.g. accident radiation effect, thermal or thermodynamic effect, seism impact; etc.).

Overpressure: The sensor is in overpressure condition when the applied pressure is over the Span range. This situation may be temporary (short time) or quasi permanent in the case of narrow range for example, where the sensor is mainly saturated.

The drift of uncertainty in case of overpressure (> URL) or over-ranging (span) shall be determined. For differential transmitters, two cases are to be considered: overpressure applied on both sides HP and LP, or on one side only (LP or HP).

Static pressure effect could be tested periodically on site if required by plant maintenance procedure or manufacturer recommendations.

6.4.2.4 Response time

The response time may be determined for normal and degraded conditions (over / under range temperature, seism, accident, etc.).

6.4.2.5 Calibration

Pressure transmitter shall have means to adjust the zero and span for calibration (e.g. to compensate for drift).

Zero and span adjustment are needed for adapting measurement range to the specific process requirements and for periodic checks.

7 Manufacturing

7.1 Mechanical design requirements

The transmitter shall be designed to ensure the integrity of the plant fluid system to which it is attached (no leakage in operating and accident conditions).

The design shall:

- take into account the environmental conditions (storage, normal and accident) such as:
 - ambient and process temperature;
 - vibration, earthquake;
 - static pressure;
 - and radiation level;
- meet the requirements of the relevant national boiler and pressure vessel code.

7.2 Design of the transducer (sensing element)

The measuring range as well as the design temperature, the response time and the maximal hydrostatic test pressure shall be taken into account in the design of the transducer.

The process circuit design temperature is generally not considered for transmitters that are located in sensing lines with un-circulating fluid.

7.3 Materials

The materials (both internal and external) shall be selected in compliance with normal and accident conditions.

The environmental ambient conditions shall also be considered for the choice of the fluid filling the measuring cell of the sensor.

7.4 Cleanliness

The cleanliness of the sensor shall be considered, depending on the parts that are in contact or not with the fluid to be monitored.

7.5 Electrical characteristics

The electrical output signal from the transmitter is normally proportional to the pressure. Nonlinear transfer function may be acceptable, in particular if the transmitter is a component of a measurement chain (e.g. in flowmeter, flow is linked with root mean square of differential pressure). The output signal should be a current, voltage or digital data.

The output signal shall be galvanically isolated from the transmitter earth connection (connected to the mechanical casing and cable shield).

For transmitters with a separate power supply connection (4 wire interface) the power supply connections shall be galvanically isolated from both the output signal and the transmitter earth connection.

The influence of the receiver's input parameters on the output signal shall be compliant with functional requirements.

The sensor (body / mechanical part) shall comprise a mean for grounding. If specified in the project, the electrical / housing connection shall be provided.

Signal line should be isolated from the transmitter enclosure / housing. It may be specified that the electrical shield has to be connected to a separate grounding system.

NOTE According to IEC 62671, using programmable digital equipment might be difficult in harsh environment conditions (mainly to be compliant with radiation and temperature resistance requirement).

7.6 Hydraulic and electric interface

The impulse line connections shall be female and in accordance with engineering mechanical standard.

NOTE Refer to local and international standards for thread.

The transmitter shall be installed in conformance with the type of fluid to be measured. The installation of purge (drain or vent) shall be possible.

The housing of the transmitter shall allow the possibility to install an easily disconnect connector type (electrical and hydraulic) keeping the integrity and the ability to operate in accident conditions.

This connector shall ensure its functionality (signal transmission, dielectric and insulation) as well as the shielding continuity in the required conditions.

The mechanical interface shall be defined depending on the installation conditions. The sensor shall be operational whatever its orientation. It should be easily disconnected.

7.7 Smart transmitters

Some transmitters are equipped with electronic converter which allows making some advanced treatment (as computing, compensation / correction functions, communication and setting option, etc.).

These smart options are based on digital electronic and the design has to refer to:

- IEC 62566 for systems performing category A functions;
- IEC 62566-2 for systems performing category B or C functions.

These transmitters are mainly used outside of containment.

7.8 Identification

The qualification documents shall be identifiable from a unique identification as the serial number.

Each product shall be identified with the following information on tags properly fastened to the sensor:

- manufacturer's name or identity;
- manufacturer's model;
- serial number;
- the main features (such as span range);
- functional tag.

The identification label material shall be compatible with environmental constraints and project rules.

7.9 Lifetime and maintenance

The lifetime of the transmitter in normal conditions and the necessary maintenance (preventative and curative) operations to reach this lifetime shall be specified by the manufacturer (in accordance with IEC 62402 and IEC 62765-1 ageing management, maintenance and obsolescence).

The operating manual shall describe all the conditions of use and the adjustment process and maintenance operations.

7.10 Interchangeability

Every sensor produced under the same specification shall be interchangeable with any other of the same type, within the tolerances.

7.11 Manufacturing and testing requirements

The manufacturer shall apply a quality management system (quality plan / survey) compliant with nuclear requirements.

Cleanliness operations (pickling, passivation and painting, e.g. use of decontaminating paint) shall be compliant with nuclear requirements.

8 Qualification

8.1 Qualification description

Pressure transmitters important to safety shall be qualified to prove their operation in normal and accident conditions according to qualification references acknowledged by nuclear safety authorities (conventional qualification: IEC 60770 and nuclear qualification IEC/IEEE 60780-323 general qualification standard).

The main industrial qualification tests are:

- environmental test conditions;
- supply conditions;
- load conditions;
- mounting position;
- externally induced vibrations;
- external mechanical constraints;
- stability of the operating conditions and settings;
- input variable quality;
- delivery of the transmitter.

Tests shall adhere to IEC 61298-1 requirements.

Additional tests may be required to demonstrate compliance with application specific requirements (e.g. special chemical resistance).

Complementary to industrial qualification, for nuclear applications, transmitters should take into account some specific topics, for example:

- cleanliness level;
- possibility of decontamination;
- seismic resistance;
- radiation (ageing and accident) resistance;
- accident pressure and temperature profile;
- humidity;
- chemical resistance;
- post-accident conditions (for example the following non-exhaustive list):
 - radiation,
 - humidity,
 - temperature,
 - chemical load.

NOTE Analogue components have generally a radiation resistance higher than programmable digital equipment.

8.2 Demonstration of conformance to qualification model

Different tests shall prove the compliance with qualification model and nuclear requirements:

- Production tests, realized and recorded during manufacture of transmitters (e.g. welding, tightening torque assembly, etc.).
- Factory tests, realized once the manufacture of transmitter is complete to verify the performances.
- Type tests, realized on some samples, and but not for at each batch. These tests are performed:
 - when some performances are guaranteed with a large margin by design (probability to not achieve the requirement is almost zero);
 - when test cannot be made routinely (e.g. destructive ones);
 - periodically (e.g. each year) or after a main event on the process (e.g. change of process, replacement of specific tools, etc.).

9 Production tests

The manufacturer shall demonstrate by type tests or serial tests (IEC 60770, IEC 61298) that the performances comply with the transmitter's specifications. A factory acceptance test (with tests that could be different from serial tests) shall be performed according to the customer requirements.

Hereunder an example of non-exhaustive list of tests that may be required for end factory check or FAT.

- calibration and accuracy examination,
- dimensional check,
- inspection of connection material conformity (electrical and mechanical),
- verification of the response time,
- dielectric inspection,

- insulation resistance measurement,
- hydrostatic test,
- effect of static overpressure,
- effect of over-ranging,
- influence of voltage,
- influence of loading resistance,
- influence of line length,
- functional accuracy calculation,
- cleanliness examination,
- effect of an overpressure applied to either side of measuring element (for differential pressure transmitter),
- transmitter drift under the effect of temperature.

Generally, for a FAT only the most relevant parts of the standard manufacturing processes are repeated.

10 Documentation

10.1 Purchasing specification

The manufacturer shall issue all the documentation required per the customer request and that required by the qualification.

10.2 Modification traceability

The impact of any modification conducted on the sensor shall be determined. In particular, it shall be justified (argument report, computing, modelling, tests, etc.) to maintain the qualification integrity.

10.3 Manufacturing traceability

The manufacturing traceability sums up the documentation delivery to the customer. It will be issued according to a nuclear quality management program. It should contain at minimum:

- the statement of conformity;
- the equipment list;
- the quality plan filled;
- the control reports datasheet;
- the conformity of main procurements;
- the non-conformity (and treatment associated).

Qualification reference should be recorded in the statement of conformity.

10.4 Operating and maintenance instructions (OMI)

The goal of the OMI is to sum up the use and maintenance instructions of a dedicated device. The necessary data to realize a correct operating and maintenance (with exhaustive description in required delay) of devices is described according to supplier's information.

The list hereunder describes an example of typical topics included in an OMI:

- Goal and utility of the material concerned by this OMI

- Transmitter description
 - Main characteristics
 - Material definition
 - Material use and operation parameters (power supplies – electric / hydraulic / etc., temperature; humidity; mechanical vibration, etc.)
 - Specific design disposition (decontaminable paint; use of specific component for radiative ambience, etc.)
- Use
 - Precaution to take into account before commissioning (first time or after work)
 - Normal use procedures (during switch on/off; survey; storage; etc.)
 - Incidental use procedure
 - Periodic tests
- Maintenance
 - List of parts which could be replaced
 - Specific tools
 - Test bench and procedure for maintenance
 - Predictive maintenance (periodic)
 - Curative maintenance
 - Mandatory maintenance (by law / standard)
- Documentation applicable list (drawing, nomenclature).

Some complementary records according to local rules or customer requirements may be added.

11 Obsolescence management

Nuclear activity needs long-term cycle life products.

This requirement implies an obsolescence management procedure, see IEC 62402, to guarantee at least the same qualified functions and performances for the entire lifetime of the unit (even after a few decades after initial qualification).

Bibliography

IEC 60709, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Separation*

IEC 60880, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Software aspects for computer-based systems performing category A functions*

IEC 60964, *Nuclear power plants – Control rooms – Design*

IEC 60987, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Hardware design requirements for computer-based systems*

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

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 62003, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Requirements for electromagnetic compatibility testing*

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

IEC 62340, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Requirements for coping with common cause failure (CCF)*

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

IEC 62397, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Resistance temperature detectors*

IEC 62443 (all parts), *Security for industrial automation and control systems*

IEC 62645, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems – Requirements for security programmes for programmable digital systems*

IEC 62859, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems – Requirements for coordinating safety and cybersecurity*

IEC 63046, *Nuclear power plants – Electrical systems – General requirements*

ISO/IEC 27001, *Information technology – Security techniques – Information security management systems – Requirements*

ISO/IEC 27002, *Information technology – Security techniques – Code of practice for information security controls*

IAEA GS-R-3:2006, *The management system for facilities and activities*

IAEA Safety Guide GS-G-3.1:2006, *Application of the management system for facilities and activities*

IAEA Safety Guide GS-G-3.5:2009, *Management system for nuclear installations*

IAEA Safety Standard Series No. SSR-2/1:2016, *Safety of Nuclear Power Plants – Design*

IAEA Safety Guide SSG-30, *Safety classification of structures, systems and components in Nuclear Power Plants*

IAEA Safety Guide SSG-34, *Design of electrical power systems for Nuclear Power Plants*

IAEA Safety Guide SSG-39, *Design of instrumentation and control systems for Nuclear Power Plants*

IAEA Nuclear Security Series No. 17, Reference Manual, *Computer security at nuclear facilities*

IAEA Safety Glossary:2016, *Terminology used in nuclear safety and radiation protection*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62887:2018

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	32
INTRODUCTION	34
1 Domaine d'application	36
2 Références normatives	36
3 Termes et définitions	37
4 Termes abrégés	42
5 Types de transmetteurs de pression pour applications nucléaires	43
5.1 Principe du transmetteur de pression	43
5.2 Structure des transmetteurs de pression	44
5.3 Types de transmetteurs de pression	45
5.4 Les transmetteurs et leur installation	45
6 Exigences relatives à la mesure de la pression	46
6.1 Fonctions de mesure de la pression	46
6.2 Spécificité des transmetteurs équipés d'un système scellé	47
6.3 Sélection d'un transmetteur	48
6.3.1 Généralités	48
6.3.2 Exigences relatives au procédé conventionnel	48
6.3.3 Exigences en matière de sûreté nucléaire	49
6.3.4 Sélection du système scellé	49
6.4 Caractéristiques du transmetteur de pression	50
6.4.1 Généralités	50
6.4.2 Description des caractéristiques exigées	50
7 Fabrication	51
7.1 Exigences de conception mécanique	51
7.2 Conception du transducteur (élément de mesure)	52
7.3 Matériaux	52
7.4 Propreté	52
7.5 Caractéristiques électriques	52
7.6 Interface hydraulique et électrique	52
7.7 Transmetteurs intelligents	53
7.8 Identification	53
7.9 Durée de vie et maintenance	53
7.10 Interchangeabilité	54
7.11 Exigences relatives à la fabrication et aux essais	54
8 Qualification	54
8.1 Description de la qualification	54
8.2 Démonstration de la conformité à un modèle de qualification	55
9 Essais de production	55
10 Documentation	56
10.1 Spécification d'achat	56
10.2 Traçabilité des modifications	56
10.3 Traçabilité de fabrication	56
10.4 Instructions d'exploitation et de maintenance (IEM)	56
11 Gestion de l'obsolescence	57
Bibliographie	58

Figure 1 – Etendue de mesure (EM) et étendue et mesure réglée (EMR)	41
Figure 2 – Exemple d’emplacement de transmetteurs de pression dans un REP	45
Figure 3 – Exemple de ligne d’instrumentation (niveau de liquide)	47
Figure 4 – Description d’un système scellé	48
Tableau 1 – Exemples de conditions environnementales.....	44

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62887:2018

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – SYSTÈMES D'INSTRUMENTATION IMPORTANTS POUR LA SÛRETÉ – TRANSMETTEURS DE PRESSION: CARACTÉRISTIQUES ET MÉTHODES D'ESSAI

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique 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. À 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 62887 a été établie par le sous-comité 45A: Systèmes d'instrumentation, de contrôle-commande et d'alimentation électrique des installations nucléaires, du comité d'études 45 de l'IEC: Instrumentation nucléaire.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45A/1193/FDIS	45A/1205/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 internationale.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de ce document 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. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, or
- amendé.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62887:2018

INTRODUCTION

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

La présente Norme internationale s'intéresse plus particulièrement aux transmetteurs de pression et aux méthodes d'essai.

L'objectif de la présente Norme est d'être utilisée par les exploitants de centrales nucléaires de puissance, par les évaluateurs de systèmes et par les régulateurs.

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

L'IEC 62887 est le document du SC 45A de l'IEC de troisième niveau qui traite des transmetteurs de pression.

L'IEC 62887 doit être utilisée en association avec l'IEC 61513 qui fournit les exigences relatives aux systèmes d'instrumentation importants pour la sûreté.

Voir le point d) de la présente introduction pour de plus amples informations sur la structure des normes du SC 45A de l'IEC.

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

La présente Norme fournit des recommandations particulières pour les aspects suivants:

- la sélection,
- les caractéristiques,
- la fabrication et le contrôle-commande,
- la qualification,
- l'obsolescence.

Afin d'assurer la pertinence de la présente norme pour les années à venir, l'accent est mis sur les questions de principe 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)

Les documents de niveau supérieur de la collection de normes produites par le SC 45A de l'IEC sont les normes IEC 61513 et IEC 63046. La norme IEC 61513 traite des exigences générales 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. La norme IEC 63046 traite des exigences générales relatives aux systèmes d'alimentation électrique; elle couvre les systèmes d'alimentation électrique jusqu'à et y compris les alimentations des systèmes d'I&C. Les normes IEC 61513 et IEC 63046 doivent être considérées ensemble et au même niveau. Les normes IEC 61513 et IEC 63046 structurent la collection de normes du SC 45A de l'IEC et forment un cadre complet, cohérent et consistant établissant les exigences générales relatives aux systèmes d'I&C et électriques des centrales nucléaires de puissance.

Les normes IEC 61513 et IEC 63046 font 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, la défense contre les défaillances de cause commune, la conception des salles de commande, compatibilité électromagnétique, la cybersécurité, les aspects logiciels et matériels relatifs aux systèmes programmés numériques, la coordination des exigences de sûreté et de sécurité et la gestion

du vieillissement. Il convient de considérer que ces normes, de second niveau, forment, avec les normes IEC 61513 et IEC 63046, un ensemble documentaire cohérent.

Au troisième niveau, les normes du SC 45A de l'IEC, qui ne sont généralement pas référencées directement par les normes IEC 61513 ou IEC 63046, 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.

Les normes de la collection produite par le SC 45A de l'IEC sont élaborées de façon à être en accord avec les principes de sûreté et de sécurité de haut niveau établis par les normes de sûreté de l'AIEA pertinentes pour les centrales nucléaires, ainsi qu'avec les documents pertinents de la collection de l'AIEA pour la sécurité nucléaire (NSS), en particulier avec le document d'exigences SSR-2/1 qui établit les exigences de sûreté relatives à la conception des centrales nucléaires, avec le guide de sûreté SSG-30 qui traite du classement de sûreté des structures, systèmes et composants des centrales nucléaires, avec le guide de sûreté SSG-39 qui traite de la conception de l'instrumentation et du contrôle-commande des centrales nucléaires, avec le guide de sûreté SSG-34 qui traite de la conception des systèmes d'alimentation électrique des centrales nucléaires, et avec le guide de mise en œuvre NSS17 traitant de la sécurité informatique pour les installations nucléaires. La terminologie et les définitions utilisées pour la sûreté et la sécurité dans les normes produites par le SC 45A sont conformes à celles utilisées par l'AIEA.

Les normes IEC 61513 et IEC 63046 ont adopté une présentation similaire à celle de l'IEC 61508, avec un cycle de vie d'ensemble et un cycle de vie des systèmes. Au niveau sûreté nucléaire, les normes IEC 61513 et IEC 63046 sont 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. Dans ce domaine, l'IEC 60880, l'IEC 62138 et l'IEC 62566 correspondent à l'IEC 61508-3 pour le secteur nucléaire. Les normes IEC 61513 et IEC 63046 font 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. Au second niveau, la norme IEC 62645 est le document chapeau des normes du SC 45A de l'IEC portant sur la sécurité nucléaire. Elle est élaborée sur les principes pertinents de haut niveau des normes ISO/IEC 27001 et ISO/IEC 27002; elle les adapte et les complète pour qu'ils deviennent pertinents pour le secteur nucléaire; elle est coordonnée étroitement avec la norme IEC 62443. Au second niveau, la norme IEC 60964 est le document chapeau des normes du SC 45A de l'IEC portant sur les salles de commande et la norme IEC 62342 est le document chapeau des normes du SC 45A de l'IEC portant sur la gestion du vieillissement.

NOTE 1 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.

NOTE 2 Le domaine du SC 45A de l'IEC a été étendu en 2013 pour couvrir les systèmes électriques. En 2014 et en 2015 des discussions ont eu lieu au sein du SC 45A de l'IEC pour décider de la façon et de l'endroit pour établir les exigences générales portant sur la conception des systèmes électriques. Les experts du SC 45A de l'IEC ont recommandé que pour établir des exigences générales pour les systèmes électriques une norme indépendante soit développée au même niveau que l'IEC 61513. Le projet IEC 63046 est lancé pour atteindre cet objectif. Lorsque la norme IEC 63046 sera publiée la présente NOTE 2 de l'introduction sera supprimée.

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – SYSTÈMES D'INSTRUMENTATION IMPORTANTS POUR LA SÛRETÉ – TRANSMETTEURS DE PRESSION: CARACTÉRISTIQUES ET MÉTHODES D'ESSAI

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux aspects généraux de conception et de fabrication et aux méthodes d'essais relatifs aux transmetteurs de pression utilisés dans les systèmes d'instrumentation importants pour la sûreté dans toutes les centrales nucléaires de puissance (REP, REB, surgénérateurs, etc.). Les conditions imposées par l'utilisation dans les réacteurs sont souvent différentes de celles s'appliquant à des installations non nucléaires. L'exposition à des radiations (essentiellement neutrons, gamma et même, bêta) est susceptible de provoquer des altérations de la mesure. Les propriétés mécaniques et électriques des transmetteurs peuvent être affectées par les transformations nucléaires, le chauffage et les modifications structurales. Une attention particulière est accordée lors de l'adoption des normes en vue du choix des matériaux et de l'installation. En outre, les effets d'une pression environnementale élevée, d'une température élevée, d'une aspersion de produits chimiques, les gradients et les cycles de température, ainsi que la manière dont le système de mesure de la température et de la pression peut influencer sur les performances de sûreté ou les performances économiques du réacteur font l'objet d'une attention particulière lors de la conception.

L'emploi des transmetteurs de pression en milieu nucléaire donne lieu à de solides exigences concernant la qualification.

Le présent document traite des exigences particulières relatives aux applications nucléaires des transmetteurs de pression, y compris la conception, les matériaux, la fabrication, les essais, l'étalonnage et les contrôles.

Concernant les applications sur des zones non nucléaires d'une centrale nucléaire de puissance, les normes IEC utilisées pour les produits industriels s'appliquent. Le présent document traite uniquement des transmetteurs. Les sujets abordés se limitent aux points suivants:

- Les capteurs.
- Les convertisseurs électroniques.
- Le raccordement électrique.
- Le raccordement au procédé.
- Les systèmes scellés.

Les systèmes d'instrumentation utilisant des transmetteurs de pression comme composants (tels que les débitmètres, les mesures de niveaux) ou d'autres composants se branchant sur les transmetteurs (tels que les lignes d'instrumentation, les vannes) ne relèvent pas du domaine d'application du présent document.

Les systèmes scellés sont considérés comme des composants du transmetteur et sont couverts.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. 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 60770 (toutes les parties), *Transmetteurs utilisés dans les systèmes de conduite des processus industriels*

IEC/IEEE 60780-323, *Installations nucléaires – Équipements électriques importants pour la sûreté – Qualification*

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

IEC 61298-1, *Dispositifs de mesure et de commande de processus – Méthodes et procédures générales d'évaluation des performances – Partie 1: Généralités*

IEC 62402:2007, *Gestion de l'obsolescence – Guide d'application*

IEC 62566, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Développement des circuits intégrés programmés en HDL pour les systèmes réalisant des fonctions de catégorie A*

IEC 62566-2, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Développement des circuits intégrés programmés en HDL pour les systèmes réalisant des fonctions de catégorie B ou C*

IEC 62765-1, *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*

IEC Guide 115, *Application de l'incertitude de mesure aux activités d'évaluation de la conformité dans le secteur électrotechnique*

3 Termes et définitions

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

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1

capteur de pression absolue

capteur mesurant une pression en utilisant le vide comme référence

EXEMPLE: Exemples d'unités associées: kPa abs, MPa abs, bar abs.

3.2

conditions accidentelles

écarts par rapport au fonctionnement normal qui sont moins fréquents et plus contraignants que les incidents de fonctionnement prévus

EXEMPLE: Dégradation du combustible, accident de perte de réfrigérant primaire (APRP).

Note 1 à l'article: Les conditions accidentelles couvrent les accidents de dimensionnement et les conditions hors dimensionnement.

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2016]

3.3

gestion des accidents

action de prendre un ensemble de mesures pendant le déroulement d'un accident hors dimensionnement pour:

- a) empêcher que cet événement ne dégénère en accident grave;
- b) atténuer les conséquences d'un accident grave;
- c) parvenir à un état stable et sûr à long terme.

Note 1 à l'article: Le deuxième aspect de la gestion des accidents (atténuer les conséquences d'un accident grave) est aussi appelé gestion des accidents graves.

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2016]

3.4

précision <d'un appareil de mesure>

qualité qui caractérise l'aptitude d'un appareil de mesure à donner une valeur indiquée proche d'une valeur vraie du mesurande

Note 1 à l'article: Ce terme est utilisé dans l'approche «valeur vraie».

Note 2 à l'article: La précision est d'autant meilleure que la valeur indiquée est plus proche de la valeur vraie correspondante.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-08]

3.5

incident de fonctionnement envisageable

écart de fonctionnement par rapport au fonctionnement normal que l'on s'attend à voir survenir au moins une fois pendant la durée de vie utile de l'installation mais qui, grâce aux dispositions appropriées prises lors de la conception, ne cause pas de dommage significatif à des constituants importants pour la sûreté ou ne dégénère pas en conditions accidentelles

EXEMPLE: Exemples d'incidents de fonctionnement envisageables: perte de la puissance électrique normale et défaillances telles que panne de turbine, défaillance de fonctionnement d'un constituant particulier d'une installation fonctionnant normalement, défaut de fonctionnement d'un constituant particulier du matériel de commande, perte de puissance de l'alimentation d'une pompe du circuit de refroidissement principal.

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2016]

3.6

accident hors dimensionnement

accident hypothétique associé à des conditions accidentelles plus graves qu'un accident de dimensionnement

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2016]

3.7

étalonnage

ensemble des opérations établissant, dans des conditions spécifiées, la relation entre les valeurs de grandeurs indiquées par un appareil de mesure ou un système de mesure, ou des valeurs matérialisées par des mesures ou par des mesures de référence, et les valeurs correspondantes des grandeurs mesurées avec des étalons

Note 1 à l'article: Un étalonnage peut être exprimé sous la forme d'un énoncé, d'une fonction d'étalonnage, d'un diagramme d'étalonnage, d'une courbe d'étalonnage ou d'une table d'étalonnage. Dans certains cas, il peut consister en une correction additive ou multiplicative de l'indication avec une incertitude de mesure associée.

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2016]

3.8**capillaire**

tube fin rempli d'un fluide qui propage l'information de pression depuis le séparateur jusqu'au capteur

3.9**composant**

l'une des pièces constituant un système. Un composant peut être matériel (par exemple, fils électriques, transistor, circuits intégrés, moteurs, relais, bobines, tuyaux, raccords, pompes, réservoirs et vannes) ou logiciel (modules, routines, programmes, fonctions logiciel) et il peut être subdivisé en plusieurs autres composants

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA édition 2016]

3.10**convertisseur**

partie électronique qui traite les grandeurs électriques du capteur pour fournir un signal conditionné conforme au format requis

3.11**accident de dimensionnement**

accident hypothétique conduisant à l'apparition de conditions accidentelles auxquelles une installation est conçue pour résister conformément à des critères de conception spécifiés et dans lesquelles la dégradation du combustible et le rejet de matières radioactives sont maintenus en dessous des limites autorisées

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2016]

3.12**diaphragme**

appareil équipé d'une membrane (diaphragme) pour isoler les circuits fluide du procédé de la voie de mesure

Note 1 à l'article: Equivalent à "séparateur".

3.13**capteur de pression différentielle**

capteur donnant un signal proportionnel à la différence de pression existant entre les chambres haute et basse pressions

EXEMPLE: Exemples d'unités associées: kPa, MPa, bar.

3.14**dérive**

changement de l'indication d'un appareil de mesure, généralement lent, continu, pas nécessairement dans le même sens et non lié à un changement du mesurande

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-13]

3.15**transmetteur intégré**

transmetteur pour lequel le convertisseur électronique est intégré à l'assemblage contenant l'élément de détection

Note 1 à l'article: Le transmetteur intégré peut aussi être appelé «transmetteur monobloc».

3.16**fonctionnement normal**

fonctionnement dans des limites et conditions d'exploitation spécifiées

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2016]

3.17

obsolescence

transition entre la disponibilité chez le fabricant d'origine et l'indisponibilité

[SOURCE: IEC 62402:2007, 3.1.16.1]

3.18

gestion de l'obsolescence

activités coordonnées pour diriger et contrôler une organisation concernant l'obsolescence

[SOURCE: IEC 62402:2007, 3.1.17]

3.19

conditions opérationnelles

conditions correspondant au fonctionnement normal et aux incidents de fonctionnement envisagés

Note 1 à l'article: Certains pays ou organisations utilisent le terme "conditions opérationnelles" (par opposition aux conditions accidentelles).

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2016]

3.20

états de la centrale

Conditions de fonctionnement		Conditions accidentelles		
Fonctionnement normal	Incidents de fonctionnement prévus	Accidents de dimensionnement	Conditions hors dimensionnement	
			Sans endommagement significatif du combustible	Avec fusion du cœur

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2016]

3.21

récepteur

appareil électronique branché à la sortie du convertisseur qui traite le signal du transmetteur

3.22

capteur de pression relative

capteur mesurant une pression en utilisant la pression ambiante comme référence

EXEMPLE: Exemples d'unités associées: kPa g, MPa g, bar g.

Note 1 à l'article: Equivalent à «capteur manométrique».

3.23

système scellé

dispositif composé du séparateur, du capillaire, du capteur et rempli de fluide dégazé

Note 1 à l'article: Le terme «système scellé» peut être utilisé pour désigner des «colonnes scellées».

3.24

temps de réponse <d'un composant>

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 cet état de sortie

Note 1 à l'article: L'IEC 61298-2 définit la méthodologie pour procéder à la mesure.

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2016]

3.25

capteur

élément de mesure, partie d'un appareil de mesure ou d'une chaîne de mesure qui est directement soumise au mesurande et qui génère un signal lié à la valeur du mesurande

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-05-01]

3.26

transmetteur séparé

transmetteur monté à un emplacement distant (localement ou à distance) d'un assemblage contenant l'élément de détection, mais relié à celui-ci par une ligne de signal

Note 1 à l'article: Il répond à un stimulus physique et produit un signal résultant correspondant.

Note 2 à l'article: Les transmetteurs séparés peuvent être aussi appelés «transmetteurs blocs».

[SOURCE: IEC 61987-11:2016, 3.1.9]

3.27

accident grave

conditions accidentelles plus graves qu'un accident de dimensionnement qui donnent lieu à une dégradation importante du cœur

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2016]

3.28

étendue de mesure et étendue de mesure réglée

EM et EMR

différence algébrique entre les valeurs de la limite supérieure et de la limite inférieure de l'étendue de mesure

Note 1 à l'article: EMR correspond en anglais à SPAN, EM correspond en anglais à URL.

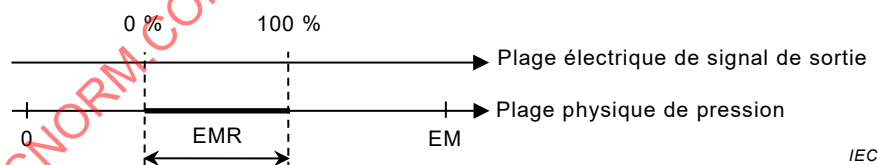


Figure 1 – Etendue de mesure (EM) et étendue de mesure réglée (EMR)

3.29

système

ensemble de composants qui interagissent conformément à une conception donnée, un élément d'un système pouvant être un autre système, appelé sous-système

[SOURCE: IEC 61513:2011, 3.56]

3.30**constante de temps**

dans le cas d'un système du premier ordre, temps nécessaire pour que le signal de sortie d'un système atteigne 63,2 % de sa variation finale après une variation en échelon du signal d'entrée. Si le système n'est pas du premier ordre, l'expression «constante de temps» n'est pas adaptée. Pour les systèmes d'un ordre supérieur il convient d'employer l'expression «temps de réponse»

[SOURCE: IEC 62397:2007, 3.9]

3.31**transducteur**

dispositif qui reçoit l'information sous la forme de quantité physique et la transforme sous la forme d'une même ou d'une autre quantité conformément à une règle définie

3.32**transmetteur**

appareil mesurant une quantité physique (par exemple la pression) et convertissant celle-ci en un signal électrique conditionné, étalonné

Le capteur comprend deux parties:

- le capteur (partie mécanique), et
- le convertisseur (partie électronique)

3.33**gain**

limite supérieure de l'étendue de mesure divisée par l'intervalle étalonné de l'appareil. Il s'agit d'un rapport, c'est-à-dire, une quantité sans unité

[SOURCE: ISA67.04.02: 2010]

3.34**incertitude de mesure**

paramètre, associé à un résultat de mesure, qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient être raisonnablement attribuées au mesurande

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-01-02]

3.35**limite supérieure de l'étendue de mesure****URL**

maximum de la plage physique du capteur

Note 1 à l'article: L'abréviation «URL» est dérivée du terme anglais développé correspondant «Upper Range Limit».

Note 2 à l'article: L'étendue de mesure (EM) se confond avec l'URL.

4 Termes abrégés

REB	Réacteur à Eau Bouillante
DBC	Design Basis Conditions (Conditions de dimensionnement)
DEC	Design Extension Conditions (Conditions hors dimensionnement)
RU	Recettes Usine
RNR	Réacteur à Neutron Rapide
HP	Haute pression
APRP	Accident de perte de réfrigérant primaire

NOTE 1 Ce terme est utilisé pour définir un accident correspondant à un profil de pression et de température et à une dose de rayonnement particulier.

BP	Basse pression
LVDT	Linear Variable Differential Transformer (Transformateur différentiel à variation linéaire)
GEE	Guide d'Exploitation et d'Entretien
REP	Réacteur à eau pressurisée
URL	Upper Range Limit (limite supérieure de l'étendue de mesure = EM)
AG	Accident grave

NOTE 2 Ce terme est utilisé pour définir un accident correspondant à un profil de pression et de température et à une dose de rayonnement particulier (plus grave que l'APRP).

5 Types de transmetteurs de pression pour applications nucléaires

5.1 Principe du transmetteur de pression

La pression est un scalaire qui caractérise l'intensité de la force par unité de surface nécessaire pour arrêter l'expansion d'un fluide entre deux volumes. Elle s'exprime en termes de force par unité de surface. Lorsqu'il n'existe aucune force entre les deux volumes, ces derniers sont à la même pression. La force subséquente provoquée par la différence de pression induit un effet mécanique sur les éléments de détection qui convertit par la suite l'effet mécanique en grandeur électrique. Il s'agit du principe de mesure d'un transmetteur de pression différentielle. L'un des volumes pouvant être soit le vide absolu soit la pression atmosphérique, cela conduit à distinguer deux types de transmetteurs selon le cas: respectivement, le transmetteur de pression absolue, et le transmetteur de pression relative.

Tous les types de transmetteurs de pression ont deux composants fonctionnels fondamentaux:

- un élément de détection: déformation sous l'effet de la pression d'une membrane, d'un diaphragme, d'un soufflet ou d'un piston
- un dispositif permettant de produire un signal électrique: LVDT, variation de capacité, effet Hall, courant de Foucault, jauge de contrainte piézo-résistive, signal piézoélectrique ou potentiométrique ou optique.

Le présent document considère tous les transmetteurs de pression comportant des modules électroniques séparés ou intégrés au capteur et soumis à des conditions environnementales nucléaires.

Les transmetteurs de pression sont utilisés sur différents systèmes des centrales nucléaires de puissance. Ils sont choisis en fonction de leur plage de de fonctionnement, leurs performances et leur capacité à fonctionner de façon sûre dans des conditions normales et accidentelles. En complément de la description de l'AIEA, les définitions des conditions normales / accidentelles doivent également faire référence à la définition de la centrale nucléaire (des exemples de conditions environnementales sont énumérés dans le Tableau 1).

Tableau 1 – Exemples de conditions environnementales

Conditions	Exemple
Normales	Température ambiante Rayonnement ambiant Pression statique Contrainte mécanique (vibration) Ultraviolets Incidents de fonctionnement prévus
Accidentelles	Surpression Pic de rayonnement
	Séisme Rayonnement accidentel Pulvérisation de produits chimiques
	APRP / Accident grave Rayonnement Choc thermodynamique Pression et température ambiantes élevées Pulvérisation de produits chimiques

5.2 Structure des transmetteurs de pression

On distingue deux types de structures pour les transmetteurs de pression:

- Les transmetteurs de type intégrés (le convertisseur est intégré à la structure du capteur (voir 3.15),
- Les transmetteurs de type séparés (le convertisseur est déporté de la structure du capteur) (voir 3.26).

Certaines technologies de détection peuvent être utilisées pour des fonctions importantes pour la sûreté, elles sont présentées ci-après:

- Le cristal de silicium
- Les technologies capacitatives
- Les LVDT (Transformateurs différentiels à variation linéaire)
- Les extensomètres
- Les technologies piézoélectriques
- Les technologies magnétostrictives

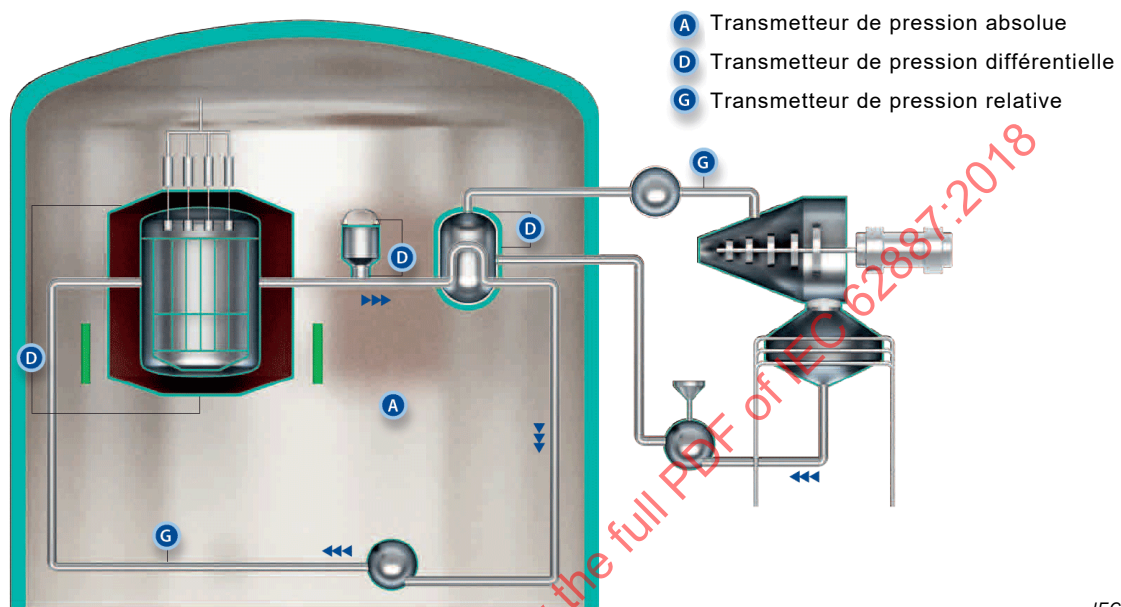
Le concepteur choisit la structure en fonction de l'analyse des conditions environnementales et des règles de conception de l'installation.

Dans une installation type utilisant des transmetteurs séparés, le capteur se situe dans le bâtiment du réacteur et le convertisseur électronique se trouve dans le bâtiment électrique.

5.3 Types de transmetteurs de pression

Les transmetteurs de pression sont conçus pour mesurer:

- La pression absolue => transmetteur de pression absolue;
- La pression relative => transmetteur de pression relative (aussi appelé transmetteur de pression manométrique);
- La pression différentielle => transmetteur de pression différentielle.



IEC

Figure 2 – Exemple d'emplacement de transmetteurs de pression dans un REP

Dans l'exemple de la Figure 1:

- Les transmetteurs de pression absolue sont utilisés pour mesurer la pression ambiante dans le bâtiment du réacteur;
- Les transmetteurs de pression relative sont utilisés pour contrôler la pression des circuits primaire et secondaire du procédé;
- Les transmetteurs de pression différentielle sont conçus pour:
 - la mesure de niveaux (exemple: niveau d'eau dans la cuve, le pressuriseur et le générateur de vapeur)
 - la mesure de débits;
 - d'autres mesures utilisant la pression différentielle.

5.4 Les transmetteurs et leur installation

En général, le capteur est raccordé au point de mesure par des tubes ou des tuyauteries, couramment appelés lignes d'instrumentation ou d'impulsion. Le fluide du procédé peut être pneumatique (gaz ou vapeur), hydraulique (liquide) ou un mélange des deux. Selon l'application, le fluide de remplissage de la ligne d'impulsion peut être liquide (eau, liquide spécifique au procédé, huile, etc.) ou gazeux (air, azote, vapeur, autres gaz, etc.).

Afin de fournir une protection contre les fuites et permettre la maintenance et l'étalonnage de l'élément de détection, des dispositions doivent être prévues pour:

- isoler et bypasser le transmetteur (collecteur ou vanne);
- dégazer et purger le transmetteur.

Des dispositifs complémentaires qui permettent la maintenance ou le changement de l'état du fluide du procédé (dans certains cas liquide, d'autres fois gazeux) sont des:

- pots de condensation;
- soufflets ou diaphragmes.

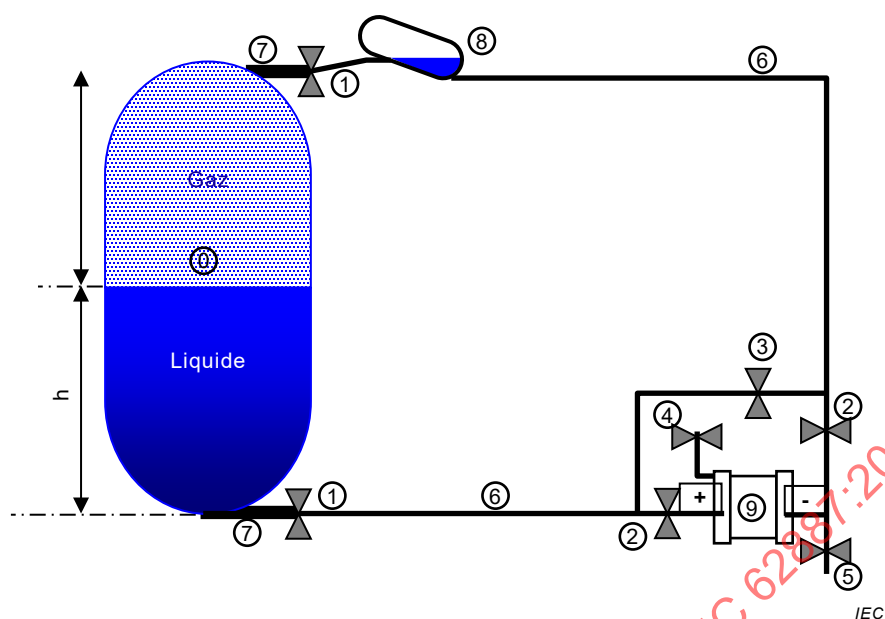
Les lignes d'impulsion peuvent avoir un impact sur les performances des mesures. Elles doivent satisfaire aux exigences de conception et de qualification.

6 Exigences relatives à la mesure de la pression

6.1 Fonctions de mesure de la pression

Le transmetteur de pression peut être utilisé pour mesurer les grandeurs du procédé de la centrale, comme par exemple:

- Pression
Par une mesure directe
- Niveau liquide
Par mesure de pression différentielle:
 - entre un niveau bas dans un réservoir contenant un liquide, comme de l'eau, et un niveau haut, en présence de gaz, comme la vapeur d'eau, l'air ou certains gaz de couverture;
 - lorsque le fluide est en ébullition et que son écoulement est turbulent ou diphasique comme dans un générateur de vapeur ou dans la cuve du réacteur, alors le niveau n'est pas défini mais la quantité de fluide contenue dans la cuve peut être déterminée par une mesure de pression différentielle;
 - dans la cuve du réacteur normalement pleine d'eau et soumise à une pression élevée qui peut chuter (en cas de fuite) à une pression beaucoup plus faible;
 - dans un réacteur pendant le rechargement;
 - lorsqu'une compensation de charge dynamique est nécessaire (pour la mesure du niveau de fluide réfrigérant dans la cuve d'un REP tel qu'indiqué dans la Figure 3);



Légende

- 0 Appareil à contrôler
- 1 Vanne principale d'isolement
- 2 Vanne d'isolement du capteur
- 3 Vanne de contournement
- 4 Vanne d'évent
- 5 Vanne de purge
- 6 Ligne d'impulsion (canalisations)
- 7 Tube du procédé
- 8 Pot de condensation
- 9 Capteur

Figure 3 – Exemple de ligne d'instrumentation (niveau de liquide)

• Débit

Par le biais d'un organe déprimogène (diaphragme, tuyère, venturi) la mesure de la pression différentielle issue de la chute de pression due à la restriction.

La pression différentielle (ΔP) et le débit (Q) sont liés par la fonction racine carrée:

$$Q \sim \sqrt{\Delta P}$$

6.2 Spécificité des transmetteurs équipés d'un système scellé

Un système scellé comporte un tube équipé d'un séparateur (membrane) rempli par un fluide incompressible. Il permet:

- la transmission de la pression entre le fluide du procédé et le capteur;
- l'isolement entre la partie détection et le fluide du procédé.

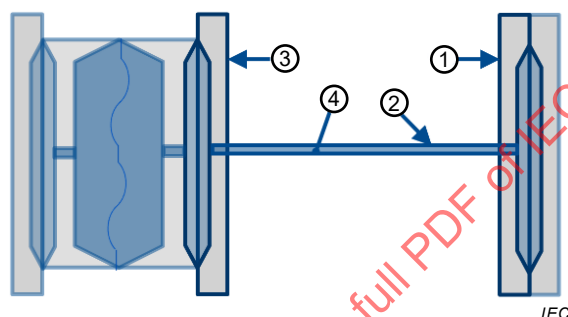
Les transmetteurs doivent être équipés d'un système scellé (ou de deux systèmes scellés dans le cas des transmetteurs de pression différentielle) dans les cas suivants:

- Environnements hostiles, pour éloigner le capteur ou le transmetteur du combustible ou des contraintes environnementales.

- Conditions accidentelles:
 - afin de contenir les liquides contaminés dans des zones dédiées;
 - lorsque l'accès au capteur est entravé;
 - afin de préserver la colonne de référence en toutes circonstances (conditions normales et accidentelles).

Un système scellé tel que celui illustré par la Figure 4 est constitué des éléments suivants:

- la chambre HP ou BP du transmetteur (pour les transmetteurs de pression différentielle uniquement);
- un capillaire;
- un séparateur HP ou BP (pour les transmetteurs de pression différentielle uniquement);
- un fluide de remplissage.



Légende

- 1 Diaphragme
- 2 Capillaire
- 3 Chambre de pression du transmetteur
- 4 Fluide de remplissage

Figure 4 – Description d'un système scellé

6.3 Sélection d'un transmetteur

6.3.1 Généralités

La sélection d'un transmetteur de pression doit être réalisée conformément aux critères décrits dans les paragraphes suivants.

NOTE Les normes IEC 61298, IEC 60770, IEC 61226, IEC 61508, IEC 61326 donnent aux concepteurs des préconisations relatives aux aspects fonctionnels et de sûreté.

6.3.2 Exigences relatives au procédé conventionnel

D'abord, les contraintes environnementales doivent être prises en considération:

- la nature et la composition du fluide (liquide, gazeux, chimique) ainsi que ses évolutions possibles,
- la pression nominale de fonctionnement,
- la pression de conception et la pression maximale d'essai hydraulique. Pour les transmetteurs situés dans l'enceinte de confinement, les essais de tenue à la pression du bâtiment doivent être pris en compte,

- la température ambiante et la température de stockage. Plus particulièrement, le risque de gel doit être pris en compte. Dans certains cas, des dispositifs de réchauffage doivent être recommandés,
- l'humidité relative ambiante et l'humidité relative de stockage,
- les vibrations mécaniques auxquelles le transmetteur est soumis,
- une distinction doit être établie entre les conditions ambiantes en situation hors service et en fonctionnement (composition physico-chimique, poussière, risque d'explosion),
- l'environnement électromagnétique (interférences électromagnétiques / radioélectriques) – prise en compte des règles de mise à la terre du projet,
- dérive ou stabilité requises.

Ensuite, les paramètres fonctionnels doivent être pris en considération:

- la plage maximale de pressions du circuit devant être couverte par l'EM du capteur,
- l'étendue de mesure réglée de la pression (EMR) du transmetteur,
- la pression statique du circuit pour les transmetteurs de pression différentielle,
- l'incertitude de mesure,
- le temps de réponse du transmetteur (seul et équipé d'un système scellé).

6.3.3 Exigences en matière de sûreté nucléaire

Les concepteurs doivent prendre en compte les exigences particulières en matière de sûreté nucléaire qui résultent de l'utilisation de transmetteurs de pression dans les centrales nucléaires de puissance. Ceci inclut les exigences en conditions normales et accidentelles, selon les fonctions et les performances exigées du transmetteur de pression.

Pour chaque paramètre spécifié en 6.3.2, les valeurs nominales et extrêmes doivent être prises en compte. Ces valeurs extrêmes dépendent des conditions accidentelles ambiantes.

- Le niveau de rayonnement ambiant en conditions normales et accidentelles.
- Les spectres sismiques (horizontaux et verticaux) auxquels le transmetteur peut être exposé, en cas de tremblement de terre.
- Les conditions thermodynamiques accidentelles potentielles (EDD et DEC) ou les conditions d'accident grave, qui sont constituées de profils / conditions de température et de pression particuliers.
- L'incertitude de mesure doit prendre en compte les conditions ambiantes dégradées, telles que les tremblements de terre, l'humidité ou les accidents (APRP – rayonnement et choc thermodynamique).
- Le temps de réponse du transmetteur doit prendre en compte les conditions ambiantes dégradées, telles que les tremblements de terre ou les accidents (APRP).
- La technologie électronique du transmetteur doit être sélectionnée en fonction de l'environnement et des exigences (séisme, rayonnement, APRP, AG).

6.3.4 Sélection du système scellé

La géométrie des capillaires et le fluide de remplissage doivent être conçus de manière à prendre en considération:

- l'incertitude et le temps de réponse exigé;
- la distance entre le séparateur (avec le fluide de la centrale) et l'élément de détection;
- la stabilité du fluide de remplissage par rapport aux contraintes radiologiques et thermiques en fonctionnement normal et durant les accidents;
- le mode de défaillance potentiel du système scellé.