

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61888

Première édition
First edition
2002-08

**Centrales nucléaires de puissance –
Instrumentation importante pour la sûreté –
Détermination et maintenance des points
de consigne**

**Nuclear power plants –
Instrumentation important to safety –
Determination and maintenance
of trip setpoints**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61888:2002

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61888

Première édition
First edition
2002-08

**Centrales nucléaires de puissance –
Instrumentation importante pour la sûreté –
Détermination et maintenance des points
de consigne**

**Nuclear power plants –
Instrumentation important to safety –
Determination and maintenance
of trip setpoints**

© IEC 2002 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

R

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
1 Domaine d'application.....	8
2 Références normatives	8
3 Définitions	8
4 Abréviations.....	14
5 Détermination des points de consigne.....	14
5.1 Sûreté	14
5.2 Analyse de sûreté.....	14
5.3 Réglage de point de consigne de système de sûreté (RPCSS)	16
5.3.1 Incertitude de la chaîne et seuil de déclenchement	16
5.3.2 Détermination de l'incertitude de la chaîne.....	22
5.3.3 Seuil de déclenchement.....	22
5.3.4 Valeur admissible	22
5.4 Combinaison d'incertitudes	24
5.4.1 Méthode de la somme quadratique (SQ)	24
5.4.2 Méthode algébrique	24
5.5 Conditions d'exploitation	24
5.6 Plage de fonctionnement de la chaîne d'instrumentation.....	24
6 Documentation.....	24
7 Maintenance des points de consigne des systèmes de sûreté.....	26
7.1 Essais	26
7.2 Remplacement.....	28
Annexe A (informative) Exemple de détermination d'un point de consigne.....	34
Bibliographie	38
Figure 1 – Rapports des points de consigne en relation avec la sûreté nucléaire	30
Figure 2 – Incertitudes des instruments de mesure et de procédé	32
Figure A.1 – Rapports du point de consigne réacteur sous haute pression	36

CONTENTS

FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
1 Scope	9
2 Normative references.....	9
3 Definitions	9
4 Abbreviations.....	15
5 Determination of setpoints	15
5.1 Safety.....	15
5.2 Safety analysis	15
5.3 Limiting safety system setting (LSSS).....	17
5.3.1 Channel uncertainty and trip setpoint.....	17
5.3.2 Channel uncertainty determination.....	23
5.3.3 Trip setpoint.....	23
5.3.4 Allowable value.....	23
5.4 Combination of uncertainties	25
5.4.1 Square-root-sum-of-squares method (SRSS)	25
5.4.2 Algebraic method.....	25
5.5 Operational considerations	25
5.6 Instrument channel range	25
6 Documentation.....	25
7 Maintenance of safety system setpoints.....	27
7.1 Testing	27
7.2 Replacement	29
Annex A (informative) Example of setpoint determination	35
Bibliography.....	39
Figure 1 – Nuclear safety-related setpoint relationships	31
Figure 2 – Process and measurement instrument uncertainties	33
Figure A.1 – High reactor pressure setpoint relationships.....	37

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – INSTRUMENTATION IMPORTANTE POUR LA SÛRETÉ – DÉTERMINATION ET MAINTENANCE DES POINTS DE CONSIGNE

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 61888 a été établie par le sous-comité 45A: Instrumentation des réacteurs, du comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45A/444/FDIS	45A/464/RVD

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

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

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2008. A cette date, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**NUCLEAR POWER PLANTS –
INSTRUMENTATION IMPORTANT TO SAFETY –
DETERMINATION AND MAINTENANCE OF TRIP SETPOINTS**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61888 has been prepared by subcommittee 45A: Reactor instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

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

FDIS	Report on voting
45A/444/FDIS	45A/464/RVD

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

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

Annex A is for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2008. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

Cette Norme internationale est destinée à fournir des descriptions et recommandations quant à la manière dont les calculs des points de consigne des instruments doivent être déterminés et maintenus, ceci en relation avec la norme CEI 61513. Cette norme vise à identifier et à lister les sources d'erreurs qui interviennent dans la chaîne, du procédé (élément primaire et capteur inclus), jusqu'au dispositif de consigne final. Cette norme concerne la détermination des points de consigne utilisés dans le cadre des actions automatiques. Ces recommandations peuvent également être utilisées lors de la détermination du niveau d'incertitude pour des essais ou pour des prises de décisions opérateur.

Lorsqu'un point de consigne important est spécifié pour une grandeur sur laquelle une limite de sûreté a été placée, le code NS-R-1 de l'IAEA et les directives gouvernementales des pays membres exigent généralement que son réglage soit choisi de façon à ce que l'action de protection automatique corrige la situation anormale la plus critique prévue avant que la limite de sûreté ne soit dépassée. Un point de consigne mal choisi, c'est-à-dire un point de consigne qui ne laisse pas de marge suffisante pour tenir compte de la précision de l'instrument, de l'environnement prévu et des variations mineures d'étalonnage peut empêcher que l'arrêt d'urgence ne se déclenche avant le franchissement d'une limite de sûreté. Les instruments de protection munis de points de consigne, déclenchent, arrêtent ou interdisent certaines actions spécifiques. Conformément aux licences d'exploitation, les points de consigne doivent être maintenus dans le cadre des limites définies, par vérification périodique de la capacité des chaînes à assurer leurs fonctions.

Le choix d'un point de consigne qui ne laisse pas de marge suffisante entre la limite indiquée par la licence ou les spécifications techniques et le réglage effectif pour tenir compte de la précision de l'instrument, de l'environnement prévu et des variations mineures d'étalonnage a constitué le cas de figure conduisant le plus fréquemment à la dérive d'un point de consigne hors des prescriptions d'une licence ou des spécifications techniques. Dans certains cas, le point de consigne choisi était numériquement égal à la limite indiquée par la licence ou les spécifications techniques et a été fixé comme valeur absolue, ne laissant donc aucune marge d'erreur manifeste. Dans d'autres cas, le point de consigne était si proche des limites hautes ou basses de la plage de fonctionnement de l'instrument que la dérive de l'instrument a placé ce point de consigne hors de ces limites, annulant de ce fait la fonction de déclenchement. Une mauvaise conception de l'instrument ou des procédures d'étalonnage incertaines ont également provoqué la dérive d'un point de consigne hors des limites fixées par la licence ou les spécifications techniques.

INTRODUCTION

The purpose of this International Standard is to provide descriptions and recommendations on how to determine and maintain calculations for instrument setpoints associated with IEC 61513. This standard addresses known contributing errors in the channel from the process (including the primary element and sensor) through to and including the final setpoint device. This standard applies to the determination of setpoints used for automatic actions. The recommendations may also be used to determine indicator uncertainties for testing or operator decisions.

In general, IAEA NS-R-1 and member country government regulations require that, where an important setpoint is specified for a variable on which a safety limit has been placed, the setting is so chosen that automatic protective action will correct the most severe abnormal situation anticipated before a safety limit is exceeded. Inappropriate selection of a setpoint that does not leave a sufficient margin to account for instrument accuracy, the expected environment, and minor calibration variations can result in failure to trip before a safety limit is exceeded. Protective instruments are provided with setpoints where specific actions are either initiated, terminated or prohibited. Setpoints must be maintained within prescribed limits as defined by the operating licenses through periodic checks of the ability of the channel to perform its function.

The single most prevalent reason for the drift of a setpoint out of compliance with a license requirement or technical specification has been the selection of a setpoint that does not allow a sufficient margin between the license or technical specification limit and the actual setting to account for instrument accuracy, the expected environment and minor calibration variations. In some cases, the setpoint selected was numerically equal to the license or technical specification limit and stated as an absolute value, thus leaving no apparent margin for uncertainties. In other cases, the setpoint was so close to the upper or lower limit of the instrument's range that instrument drift placed the setpoint beyond the instrument's range, thus nullifying the trip function. Other causes for drift of a setpoint out of conformity with the license or technical specifications have been instrument design inadequacies and questionable calibration procedures.

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – INSTRUMENTATION IMPORTANTE POUR LA SÛRETÉ – DÉTERMINATION ET MAINTENANCE DES POINTS DE CONSIGNE

1 Domaine d'application

Cette Norme internationale définit les prescriptions destinées à garantir que les points de consigne automatiques de l'instrumentation du système de sûreté nucléaire (voir article 3) dans les centrales nucléaires de puissance et les installations à réacteurs nucléaires sont établis et maintenus à l'intérieur des limites spécifiées.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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).

CEI 60050-394:1995, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 394: Instrumentation nucléaire: Instruments*

CEI 60671, *Essais périodiques et surveillance du système de protection des réacteurs nucléaires*

CEI 61513:2001, *Centrales nucléaires – Instrumentation et contrôle commande des systèmes importants pour la sûreté – Prescriptions générales pour les systèmes*

IAEA NS-R-1: 2000, *Safety of nuclear power plants: Design*

3 Définitions

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

NOTE D'autres définitions en rapport avec la terminologie de l'instrumentation se trouvent dans la CEI 60050-394.

3.1

valeur admissible

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

3.2

limite analytique (du point de consigne)

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

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

NUCLEAR POWER PLANTS – INSTRUMENTATION IMPORTANT TO SAFETY – DETERMINATION AND MAINTENANCE OF TRIP SETPOINTS

1 Scope

This standard defines the requirements for assuring that automatic setpoints for nuclear safety system instrumentation (as defined in clause 3), are established and maintained within specified limits in nuclear power plants and nuclear reactor facilities.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application 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 60050-394:1995, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 394: Nuclear instrumentation: Instruments*

IEC 60671, *Periodic testing and monitoring of the protective system of nuclear reactors*

IEC 61513:2001, *Nuclear power plants – Instrumentation and control for system important to safety – General requirements for systems*

IAEA NS-R-1: 2000, *Safety of nuclear power plants: Design*

3 Definitions

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

NOTE Additional definitions related to instrumentation terminology may be found in IEC 60050-394.

3.1

allowable value

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

3.2

analytical limit (of setpoint)

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

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

3.3

tel-que-mesuré

état dans lequel une chaîne de mesure ou une partie de chaîne est trouvée après une période d'exploitation et avant réétalonnage (si nécessaire)

3.4

tel-qu'étalonné

état dans lequel une chaîne de mesure ou une partie de chaîne est laissée après étalonnage ou après vérification du point de consigne du dispositif de consigne final

3.5

dérive

modification non souhaitée de la sortie sur un certain laps de temps, indépendante de l'entrée, de l'environnement ou de la charge

3.6

erreur

différence algébrique entre la valeur affichée et la valeur idéale du signal mesuré

3.7

dispositif de consigne final

composant ou ensemble de composants fournissant l'entrée de la logique de vote pour des équipements manœuvrés

NOTE Les bistables, les relais, les pressostats et les contacteurs de niveau sont des exemples de dispositifs de consigne finals.

3.8

repli

caractéristique d'un appareil qui apparaît lorsqu'une nouvelle modification de l'entrée produit une variation du signal de sortie inverse au sens spécifié qui lie entrée-sortie

3.9

incertitude indépendante

les incertitudes des composants sont indépendantes les unes des autres si leurs ordres de grandeur ou leurs signes algébriques ne sont pas corrélés de manière significative

3.10

chaîne de protection

ensemble de composants et de modules comprenant un ou plusieurs capteurs et destiné à générer un signal unique d'action de protection lorsque l'état d'une centrale le nécessite

3.11

plage de fonctionnement de la chaîne d'instrumentation

zone située entre les limites dans lesquelles une quantité est mesurée, reçue ou transmise. S'exprime en donnant la valeur la plus haute et la valeur la plus basse de la plage de fonctionnement.

3.12

réglage des points de consigne de système de sûreté (RPCSS)

les réglages des points de consigne du système de protection des réacteurs nucléaires sont les réglages pour des dispositifs de protection automatique correspondant aux grandeurs significatives pour les fonctions de sûreté

3.13

système d'instrumentation de sûreté nucléaire

équipement ou instruments électriques ou électroniques destinés à assurer un contrôle et une surveillance appropriés du réacteur nucléaire, comprenant toute l'instrumentation des systèmes de sûreté et de contrôle

3.3**as found**

the condition in which a channel, or portion of a channel, is found after a period of operation and before recalibration (if necessary)

3.4**as left**

the condition in which a channel, or portion of a channel, is left after calibration or final setpoint device setpoint verification

3.5**drift**

an undesired change in output over a period of time where change is unrelated to the input, environment, or load

3.6**error**

the algebraic difference between the indication and the ideal value of the measured signal

3.7**final setpoint device**

a component, or assembly of components, that provides input to the process voting logic for actuated equipment

NOTE Examples of final setpoint devices are bistables, relays, pressure switches, and level switches.

3.8**foldover**

a device characteristic exhibited when a further change in the input produces an output signal that reverses its direction from the specified input-output relationship

3.9**independent uncertainty**

uncertainty components are independent of each other if their magnitudes or algebraic signs are not significantly correlated

3.10**instrument channel**

an arrangement of components and modules, including sensor(s), as required to generate a single protective action signal when required by a plant condition

3.11**instrument channel range**

the region between the limits within which a quantity is measured, received, or transmitted. Is expressed by stating the lower and upper instrument channel range values.

3.12**limiting safety system setting (LSSS)**

limiting safety system settings for nuclear reactors are settings for automatic protective devices related to those variables having significant safety functions

3.13**nuclear safety system instrumentation**

electronic and electrical equipment or instruments for ensuring the proper control and monitoring of a nuclear reactor, including all control and safety system instrumentation

3.14

élément primaire

élément du système qui convertit de manière quantitative l'énergie variable mesurée en une forme pouvant être mesurée

3.15

aléatoire

qualifie une grandeur dont la valeur à un point précis dans le futur ne peut être exactement prédite, mais seulement estimée grâce à une fonction de distribution des probabilités

3.16

précision de référence

nombre ou quantité qui définit une limite ne pouvant être dépassée par les erreurs lorsqu'un appareil est utilisé dans des conditions d'exploitation spécifiées

3.17

limite de sûreté

limite associée à une importante grandeur du procédé, nécessaire à une protection raisonnable de l'intégrité des barrières physiques contre les fuites incontrôlées de radioactivité

3.18

système de sûreté

système important en matière de sûreté, destiné à garantir en toutes circonstances un arrêt sûr du réacteur et une bonne évacuation de la chaleur du cœur et/ou à limiter les conséquences d'incidents d'exploitation envisagés et de situations accidentelles de dimensionnement (voir la CEI 61513)

3.19

saturation

caractéristique d'un appareil qui apparaît lorsqu'une modification du signal d'entrée ne produit pas ou de moins en moins de modifications en sortie

3.20

capteur

partie d'une chaîne qui réagit aux modifications d'une grandeur ou de l'état de la centrale et convertit la grandeur de procédé mesurée en un signal, par exemple électrique ou pneumatique

3.21

intervalle de test

temps écoulé depuis le déclenchement (ou la fin) d'essais consécutifs sur le même capteur, chaîne, groupe de chargement, groupe de sûreté, système de sûreté ou sur d'autres systèmes ou appareils spécifiés

3.22

seuil de déclenchement

valeur prédéterminée pour mettre en action le dispositif de consigne final destiné à déclencher une action de protection

3.23

incertitude de la chaîne

niveau d'incertitude au niveau de la sortie d'une chaîne d'instrumentation (ou tolérance prévue pour en tenir compte) due aux erreurs éventuelles, aléatoires ou systématiques, n'ayant pas été corrigées. L'incertitude d'une chaîne est généralement donnée avec une probabilité et un intervalle de confiance.

3.14**primary element**

the system element that quantitatively converts the measured variable energy into a form suitable for measurement

3.15**random**

variable whose value at a particular future instant cannot be predicted exactly but can only be estimated by a probability distribution function

3.16**reference accuracy**

number or quantity that defines a limit that errors will not exceed when a device is used under specified operating conditions

3.17**safety limit**

a limit on an important process variable, necessary to reasonably protect the integrity of physical barriers that guard against the uncontrolled release of radioactivity

3.18**safety system**

system important to safety provided to ensure that in any condition, the safe shutdown of the reactor and the heat removal from the core and/or to limit the consequences of anticipated operational occurrences and design basis accident conditions (see IEC 61513)

3.19**saturation**

device characteristic exhibited when a further change in the input signal produces no additional change, or progressively less change, in the output

3.20**sensor**

portion of a channel that responds to changes in a plant variable or condition and converts the measured process variable into a signal, for example, electric or pneumatic

3.21**test interval**

elapsed time between the initiation (or successful completion) of tests on the same sensor, channel, load group, safety group, safety system, or other specified system or device

3.22**trip setpoint**

predetermined value for actuation of the final setpoint device to initiate a protective action

3.23**channel uncertainty**

the amount to which an instrument channel's output is in doubt (or the allowance made therefore) due to possible errors, either random or systematic, that have not been corrected. The channel uncertainty is generally identified within a probability and confidence level.

4 Abréviations

SQ	Somme Quadratique
IC	Incertitude de la Chaîne
LA	Limite Analytique
SDD	Seuil De Déclenchement
RPCSS	Réglage des Points de Consigne de Système de Sûreté

5 Détermination des points de consigne

Les seuils de déclenchement des instruments des systèmes de sûreté nucléaire doivent être sélectionnés de telle manière que la tolérance entre le seuil de déclenchement et la limite analytique soit suffisante pour que les incertitudes soient prises en compte. Les prescriptions détaillées concernant les rapports des points de consigne des instruments des systèmes de sûreté sont données dans les articles suivants, comme illustré par la figure 1.

Les différents types de points de consigne des systèmes de sûreté n'ont pas la même importance, et il peut être donc plus judicieux d'appliquer différentes prescriptions pour la détermination des points de consigne. Il convient qu'une méthodologie rigoureuse en matière de points de consigne concernant l'arrêt d'urgence automatique ou les points de consigne actionneurs associés à des systèmes importants pour la sûreté prenne en compte tous les éléments énumérés en 5.1 à 5.4.2. Ces systèmes importants pour la sûreté comprennent par exemple les systèmes nécessaires aux analyses de sûreté de la centrale et en rapport direct avec la protection du réacteur, le refroidissement d'urgence du cœur, l'isolement de l'enceinte et l'évacuation de la chaleur dans l'enceinte. Toutefois, pour les points de consigne qui peuvent ne pas avoir le même niveau strict d'exigence, par exemple pour les points de consigne non considérés dans les analyses de sûreté ou pour ceux sans valeurs limites, la méthodologie de détermination des points de consigne pourrait être moins rigoureuse. En général, tous les termes d'incertitude d'une méthodologie d'établissement des points de consigne peuvent ne pas être nécessaires pour tous les calculs des points de consigne. Les méthodologies utilisées doivent être documentées et doivent être accompagnées de justifications appropriées.

5.1 Sûreté

Les barrières physiques sont conçues pour empêcher les relâchements incontrôlés de radioactivité. Les limites de sûreté sont choisies afin de maintenir l'intégrité de ces barrières physiques. Dans le cas de cette norme, les limites de conception techniques des dispositifs de sûreté sont traitées comme des limites de sûreté. Les limites de sûreté peuvent être définies en termes de grandeurs procédées directement mesurées telles que la pression ou la température. Les limites de sûreté peuvent également être définies en termes de grandeurs calculées mettant en jeu deux grandeurs de procédé mesurées ou plus. Le rapport d'ébullition critique est un exemple de grandeur calculée.

5.2 Analyse de sûreté

L'analyse de sûreté établit

- a) une limite analytique en termes de grandeur mesurée ou calculée, et
- b) un instant précis de déclenchement de l'action de protection après l'atteinte de la valeur.

Si ces deux contraintes sont respectées, la limite de sûreté définie en 3.17 ne sera pas franchie en cas d'incidents d'exploitation envisagés et d'accident de référence.

4 Abbreviations

SRSS	Square-Root-Sum-of-Squares
CU	Channel Uncertainty
AL	Analytical Limit
TS	Trip Setpoint
LSSS	Limiting Safety System Setting

5 Determination of setpoints

Trip setpoints in nuclear safety system instruments shall be selected to provide sufficient allowance between the trip setpoint and the analytical limit to account for uncertainties. Detailed requirements for safety system instrument setpoint relationships are given in the following clauses, as illustrated in figure 1.

The importance of the various types of safety system setpoints differ, and as such it may be appropriate to apply different setpoint determination requirements. For automatic trip or actuation setpoints associated with systems important to safety, for example, those required by the plant safety analyses and directly related to reactor protection, emergency core-cooling, containment isolation, and containment heat removal, a stringent setpoint methodology should consider all of the items noted in 5.1 to 5.4.2. However, for setpoints that may not have the same level of stringent requirements, for example, those that are not credited in the safety analyses or that do not have limiting values, the setpoint determination methodology could be less rigorous. In general, all uncertainty terms for a particular setpoint methodology may not be required for all setpoint calculations. The methodologies utilised shall be documented and appropriate justification shall be provided.

5.1 Safety

Physical barriers are designed to prevent the uncontrolled release of radioactivity. Safety limits are chosen to maintain the integrity of these physical barriers. For this standard, design limits for engineered safety features are treated in the same way as safety limits. Safety limits can be defined in terms of directly measured process variables such as pressure or temperature. Safety limits can also be defined in terms of a calculated variable involving two or more measured process variables. An example of a calculated variable is the departure from the nucleate boiling ratio.

5.2 Safety analysis

The safety analysis establishes

- a) an analytical limit in terms of a measured or calculated variable, and
- b) a specific time after that value is reached to begin protective action.

Satisfying these two constraints will ensure that the safety limit of definition 3.17 will not be exceeded during anticipated operational occurrences and design-basis events.

Les limites analytiques dérivent des limites de sûreté au travers des scénarii accidentels. La marge entre ces deux valeurs permet de prendre en compte la relation temporelle qu'il existe entre le procédé et l'ensemble de la chaîne d'instrumentation de protection (capteur, traitement du signal, actionneur, etc.). Les limites analytiques (LA) représentent une valeur qu'il convient de ne pas dépasser avant que l'action définie ne soit réalisée. Lors de l'établissement de la limite analytique pour un point de consigne, la fonction générale initiée par activation du point de consigne doit être soigneusement considérée. En général, la limite analytique est définie en s'appuyant sur la documentation de conception ou sur d'autres calculs. Si aucune limite analytique n'est disponible, alors il convient d'évaluer sérieusement s'il est vraiment nécessaire de préparer un calcul du point de consigne.

5.3 Réglage de point de consigne de système de sûreté (RPCSS)

Un RPCSS est destiné à garantir que l'action de protection se déclenchera avant que l'état du procédé n'atteigne la limite analytique, limitant ainsi les conséquences d'un accident de référence à celles prévues par les analyses de sûreté. Le RPCSS dérive de la limite analytique d'une manière déterminée par la méthodologie de calcul des points de consigne. Selon la méthodologie employée, le RPCSS peut correspondre à la valeur admissible, au seuil de déclenchement ou à ces deux éléments. La maintenance du RPCSS est définie soit dans les spécifications techniques, soit dans les procédures d'exploitation de la centrale. La figure 1 montre les rapports entre la limite analytique et le RPCSS. Les prescriptions détaillées concernant le développement des seuils de déclenchement et des valeurs admissibles sont indiquées dans les paragraphes 5.3.1 à 5.3.3.

5.3.1 Incertitude de la chaîne et seuil de déclenchement

Le seuil de déclenchement doit être établi pour la chaîne. Les données utilisées lors du choix du seuil de déclenchement peuvent provenir de l'une des sources suivantes: retour d'expérience, essais de qualification d'équipement, cahier des charges du fournisseur, analyses techniques, essais en laboratoire et schémas techniques.

Une tolérance doit être prévue entre le seuil de déclenchement et la limite analytique afin de garantir le déclenchement d'un arrêt d'urgence ou d'une action de sauvegarde avant que la limite analytique ne soit atteinte. Cette tolérance doit tenir compte de tous les accidents de référence pertinents ainsi que des incertitudes des instruments de procédé cumulées, sauf si elles ont été incluses dans la détermination de la limite analytique. La figure 1 montre les rapports entre le seuil de déclenchement et les autres paramètres. La zone A représente les incertitudes autorisées entre la limite analytique et le seuil de déclenchement, elle correspond à une combinaison statistique des incertitudes décrites dans ce paragraphe et en 5.3.2. L'application de la méthodologie reconnue pour les points de consigne identifie quelles incertitudes doivent être considérées et comment on doit les combiner. C'est l'incertitude de la chaîne. La zone B indique la différence entre la valeur admissible (voir la définition en 5.3.4) et le seuil de déclenchement. La zone C indique la différence entre la limite analytique et admissible et prend en compte les composants non soumis aux essais périodiques ainsi que les effets de conditions accidentelles. La zone D illustre la différence entre la valeur attendue de la grandeur de procédé en fonctionnement normal et le seuil de déclenchement. La zone E montre une prise en compte de la tolérance d'étalonnage autour du seuil de déclenchement. Cette tolérance acceptable inclut l'incertitude de calibration de la partie de la chaîne d'instrumentation à tester (appelée aussi erreur d'ajustement) et l'incertitude de l'instrumentation elle-même (modules de traitement électroniques) en conditions opérationnelles (voir rubrique b) ci-après). La zone F est la marge de sûreté décrite à la rubrique i).

La figure 2 constitue un exemple pour lequel il convient de prendre en compte les incertitudes liées au procédé, de même que les incertitudes de mesure. Ces deux éléments sont décrits ci-dessous et s'appliquent à différentes parties de la chaîne.

Analytical limits are derived from the safety limits through the study of accident cases. The margin between these two values allows to take into account the time dependency of the process itself and the response time of the whole instrument channel protection (sensor, signal process, actuator, etc.). Analytical limits (AL) represent a value that should not be exceeded prior to accomplishing the prescribed action. In establishing the analytical limit for a setpoint the overall function initiated by setpoint action shall be carefully considered. Generally, the analytical limit is provided through design documentation or other calculations. If an analytical limit is not available, the need to prepare a setpoint calculation should be carefully considered.

5.3 Limiting safety system setting (LSSS)

The purpose of an LSSS is to assure that protective action is initiated before the process conditions reach the analytical limit, thereby limiting the consequences of a design-basis event to those predicted by the safety analyses. The LSSS is derived from the analytical limit in a manner determined by the setpoint calculation methodology. The LSSS is maintained by either the technical specifications or the plant-operating procedures. Figure 1 illustrates the relationships between an analytical limit and an LSSS. Detailed requirements for developing trip setpoints are given in subclauses 5.3.1 to 5.3.3.

5.3.1 Channel uncertainty and trip setpoint

The trip setpoint shall be established for the channel. Data used to select the trip setpoint may be taken from any of the following sources: operating experience, equipment qualification tests, vendor design specifications, engineering analysis, laboratory tests, and engineering drawings.

An allowance shall be provided between the trip setpoint and the analytical limit to ensure a trip or a safeguard action before the analytical limit is reached. The allowance used shall account for all applicable design-basis events and process instrument uncertainties which follow unless they were included in the determination of the analytical limit. Figure 1 illustrates the relationships between the trip setpoint and other parameters. Region A represents the uncertainties allowed between the analytical limit and the trip setpoint and is made up of a statistical combination of the uncertainties described in this clause and in 5.3.2. The approved setpoint methodology for the application identifies which uncertainties are to be included and how they are to be combined. This is called the channel uncertainty. Region B denotes the difference between the allowable value (see the definition in 5.3.4) and the trip setpoint. Region C denotes the difference between the analytical limit and the allowable limit and takes into account components not tested during periodic tests and accident condition effects. Region D illustrates the difference between the expected value of the process variable during normal operation and the trip setpoint. Region E shows how the allowance around the trip setpoint is taken into account during the periodic checks. This acceptable allowance includes the calibration uncertainty of the part of the instrument channel being tested (also called adjustment error) and the uncertainty of the instruments themselves (electronic processing modules) in operating conditions (see item b) hereafter. Region F is the safety margin described by item i).

Figure 2 shows an example where process related uncertainties should be considered as well as measurement uncertainties. Both are described below and apply to different portions of the channel.

Les incertitudes suivantes doivent être prises en compte – cette liste n'est pas nécessairement exhaustive:

(D'autres incertitudes pouvant être liées à une chaîne d'instrumentation particulière doivent être prises en compte lors de la détermination de la tolérance du seuil de déclenchement. Toutes les incertitudes énumérées ne s'appliquent pas forcément à chaque chaîne de mesure.)

a) Incertitudes d'étalonnage des instruments dues

- 1) à la norme d'étalonnage;
- 2) au matériel d'étalonnage; ou
- 3) à la méthode d'étalonnage.

b) Incertitudes des instruments en fonctionnement normal dues à

- 1) la précision de référence, qui comprend:
 - a) la conformité (linéarité);
 - b) l'hystérésis;
 - c) la bande morte;
 - d) la répétabilité;
 - e) le repli;
 - f) la saturation;
- 2) des changements de tension d'alimentation;
- 3) des changements de fréquence d'alimentation;
- 4) des changements de température;
- 5) des changements du taux d'humidité;
- 6) des changements de pression;
- 7) des vibrations (en service);
- 8) une exposition aux radiations;
- 9) une conversion analogique-numérique (CAN);
- 10) une conversion numérique-analogique (CNA);
- 11) des interférences électromagnétiques;
- 12) des effets de vieillissement;
- 13) la méthodologie d'essais périodiques et son implémentation qui peuvent amener à prendre en compte des termes additionnels d'incertitude.

c) Dérive des instruments

Tous les instruments n'ont pas forcément le même intervalle d'étalonnage. La dérive utilisée doit être basée sur les intervalles d'étalonnage spécifiques aux instruments.

d) Incertitudes des instruments dues à des événements de référence

Il convient d'utiliser seules les incertitudes propres à l'événement ou celles liées à la dérive due au vieillissement durant la période de service demandée. L'utilisation de composantes d'incertitude différentes pour le même équipement de procédé et pour des événements différents est autorisée. Tout effet résiduel d'un événement de référence doit être inclus. Voici quelques exemples (non exhaustifs) de ces effets:

1) Effets de température

Les incertitudes associées à des profils de température propres à chaque événement doivent être utilisées lorsque ce sera possible. Si ces éléments ne sont pas disponibles, il faut alors utiliser l'incertitude associée à la température limite.

The following uncertainties shall be considered but are not necessarily all-inclusive:

(Additional uncertainties that may apply to a particular instrument channel shall be accounted for in determining the trip setpoint allowance. Not all of the uncertainties listed apply to every measurement channel.)

- a) Instrument calibration uncertainties caused by the
 - 1) calibration standard;
 - 2) calibration equipment; or
 - 3) calibration method.
- b) Instrument uncertainties during normal operation caused by
 - 1) reference accuracy, including:
 - a) conformity (linearity);
 - b) hysteresis;
 - c) dead band;
 - d) repeatability;
 - e) foldover;
 - f) saturation;
 - 2) power supply voltage changes;
 - 3) power supply frequency changes;
 - 4) temperature changes;
 - 5) humidity changes;
 - 6) pressure changes;
 - 7) vibration (in service);
 - 8) radiation exposure;
 - 9) analog-to-digital (A-D) conversion;
 - 10) digital-to-analog (D-A) conversion;
 - 11) electromagnetic interference;
 - 12) ageing effects;
 - 13) the methodology of periodic tests and its implementation which may lead to taking into account additional items of uncertainty.
- c) Instrument drift

All instruments may not have the same calibration interval. The drift used shall be based on instrument-specific calibration intervals.
- d) Instrument uncertainties caused by design-basis events

Only uncertainties specific to the event or due to the drift due to the ageing during the required service period should be used. The use of different uncertainty components for the same process equipment for different events is permitted. Any residual effects of a design-basis event shall also be included. The following are examples of these effects (but are not limited to them):

 - 1) Temperature effects

The uncertainties associated with event-specific temperature profiles shall be used where possible. If these are not available, use the uncertainty associated with a limiting temperature.

2) Effets de radiation

Les incertitudes associées à des expositions aux radiations propres à chaque événement doivent être utilisées lorsque ce sera possible. Si ces éléments ne sont pas disponibles, il faut alors utiliser l'incertitude associée à l'exposition limite aux radiations (qui comprend la dose totale intégrée et les effets de débit).

3) Effets sismiques/vibratoires

Les incertitudes associées à un séisme majoré de sûreté ou à un séisme normal admissible doivent être utilisées selon le cas.

4) Effets des conditions d'ambiance accidentelles sur les parties de la chaîne d'instrumentation située dans l'enceinte de confinement.

e) Effets liés au procédé

Lors de la détermination de la tolérance du seuil de déclenchement, les incertitudes associées à la grandeur de procédé doivent être prises en compte. Les effets de la stratification des fluides sur les mesures de température, les effets de la modification de la densité des fluides sur les mesures de niveau et les oscillations de procédé ou les bruits en sont des exemples (non exhaustifs). La figure 2 montre un exemple pour lequel les incertitudes de procédé doivent être prises en compte lors de la détermination de l'incertitude de la chaîne.

f) Effets de calcul

Lors de la détermination de la tolérance du seuil de déclenchement, les incertitudes résultant de l'utilisation d'un modèle mathématique dans le calcul d'une grandeur à partir des grandeurs de procédé mesurées doivent être prises en compte. La détermination de la puissance du primaire à l'aide de la puissance du secondaire en est un exemple (non exhaustif).

g) Effets dynamiques

Le fait que la sortie d'une chaîne se comporte comme une fonction de son entrée, capteur compris, par rapport au temps, doit être soit pris en compte lors de la détermination du seuil de déclenchement, soit inclus dans les analyses de sûreté. Ces effets sont normalement pris en compte dans les analyses de sûreté.

h) Etalonnage et prise en compte du biais de l'installation

Tout biais d'ordre de grandeur fixe et de sens connu généré par l'installation du matériel ou par la méthode d'étalonnage doit être soit éliminé lors de l'étalonnage, soit pris en compte lors du calcul du point de consigne. De façon pratique cette incertitude (ou biais) correspond au risque que ce décalage de la chaîne d'instrumentation ne soit pas détecté après calibration. Du au fait de la méconnaissance de la température des locaux électriques durant la calibration des modules électroniques composant la chaîne d'instrumentation de protection (ou lors d'une recalibration après un résultat non conforme des essais périodiques) un décalage (une erreur systématique aussi appelée biais) peut apparaître et doit être pris en compte (le calcul du biais repose sur les données techniques concernant les modules électroniques et les variations de température dans les locaux électriques).

i) Marge de sûreté

Cette marge de sûreté qui correspond à l'intervalle entre la valeur admissible et la limite supérieure de la zone E, doit inclure un mauvais ajustement des modules électroniques qui n'aurait pas été détecté pendant les essais périodiques (typiquement une erreur systématique compensée fortuitement par une erreur aléatoire durant les essais périodiques). La marge de sûreté est établie de façon à garantir que le seuil de déclenchement ne dépasse pas la valeur admissible entre deux essais périodiques.

2) Radiation effects

The uncertainties associated with event-specific radiation exposure shall be used where possible. If these are not available, use the uncertainty associated with a limiting radiation exposure (including total integrated dose and rate effects).

3) Seismic/vibratory effects

The uncertainties associated with a safe shutdown or operating basis earthquake shall be used, as appropriate.

4) Effects of accidental ambient conditions on parts of the instrument channel located within the confinement enclosure.

e) Process-dependent effects

The determination of the trip setpoint allowance shall account for uncertainties associated with the process variable. Examples are (but are not limited to) the effect of fluid stratification on temperature measurement, the effect of changing fluid density on level measurements, and process oscillations or noise. Figure 2 shows an example where process uncertainties need to be considered in the determination of channel uncertainty.

f) Calculation effects

The determination of the trip setpoint allowance shall account for uncertainties resulting from the use of a mathematical model to calculate a variable from measured process variables. An example is (but is not limited to) the determination of primary side power via the secondary side power calorimetric.

g) Dynamic effects

The behaviour of a channel's output as a function of the input, including sensor, with respect to time shall be accounted for, either in the determination of the trip setpoint or included in the safety analyses. Normally, these effects are accounted for in the safety analyses.

h) Calibration and installation bias accounting

Any bias of fixed magnitude and known direction due to equipment installation or calibration method shall be either eliminated during calibration or accounted for in the setpoint calculation. Practically, this uncertainty (or bias) corresponds to the risk that a decentration of the instrument channel is not detected after calibration. Due to the fact that the temperature inside electrical rooms is not known during the calibration phase of the electronic modules which are part of the protection instrument channel (or due to re-calibration after a non-conformance during periodic tests), a decentration (a systematic error also called bias) may appear and shall be taken into account (the computation of the bias is based on the technical datasheets of electronic modules and temperature variations which the electronic rooms).

i) Safety margin

This safety margin, which corresponds to the gap between the allowable value and the upper limit of range E, shall include the wrong adjustment of electronic modules which have not been detected during the periodic test (typically a systematic error compensated by a fortuitous random error occurring during the periodic tests). The safety margin is established in such a way as to warrant that the trip setpoint does not exceed the allowable value during the lapse in time between two periodic checks.

5.3.2 Détermination de l'incertitude de la chaîne

Il convient d'abord d'identifier les termes remplissant les conditions nécessaires à leur combinaison à l'aide de la SQ. La combinaison peut s'effectuer comme décrit dans l'exemple ci-dessous pour les termes «a» et «b».

$$IC = (a^2 + b^2)^{1/2} + c$$

où «a» et «b» sont des incertitudes aléatoires, indépendantes et normalement distribuées et «c» est un biais ou une incertitude dépendante. Les incertitudes des instruments annoncées par le fabricant comme possédant un ordre de grandeur $\pm$ sont habituellement des incertitudes aléatoires. Toutefois, cette information doit toujours être vérifiée ou justifiée. Les incertitudes doivent être combinées algébriquement dans le sens conservatif, sauf si le sens de l'incertitude est vérifié ou justifié.

Les conditions prises dans les calculs doivent être justifiées. Ces conditions englobent les valeurs utilisées pour l'incertitude et la manière dont les éléments de l'incertitude de l'appareil et de la boucle sont combinés. Le paragraphe 5.4 fournit des directives concernant les méthodes de combinaison.

L'incertitude de la chaîne est parfois appelée incertitude de la boucle ou incertitude totale de la boucle. Tous ces termes se rapportent à la même valeur de calcul. Le terme «incertitude de la chaîne» a été choisi car il représente la terminologie la plus fréquemment utilisée par le plus grand nombre de pays.

5.3.3 Seuil de déclenchement

Le seuil de déclenchement se détermine par:

- SDD = LA – IC pour un point de consigne croissant,
- SDD = LA + IC pour un point de consigne décroissant.

L'incertitude de la chaîne inclut la marge de sûreté telle que définie en 5.3.1 i).

5.3.4 Valeur admissible

La valeur admissible est destinée à identifier une valeur qui, si elle est dépassée, peut signifier que l'instrument ne s'est pas comporté conformément aux hypothèses avancées lors du calcul du point de consigne. Il est recommandé de vérifier l'efficacité opérationnelle d'une chaîne dont l'état «tel-que-mesuré» du seuil de déclenchement dépasse la valeur admissible, en tenant compte de la méthodologie de calcul du point de consigne. Les incertitudes comprises dans la tolérance entre la valeur admissible et le seuil de déclenchement (voir zone B de la figure 1) prennent en compte pour la partie de la chaîne d'instrumentation testée (généralement les essais périodiques consistent à simuler le signal capteur en entrée de la chaîne d'instrumentation de façon à produire un signal électrique qui représente les situations dans lesquelles des actions de protection sont attendues) les éléments suivants:

- a) les incertitudes d'étalonnage des instruments 5.3.1 a),
- b) les incertitudes des instruments en fonctionnement normal 5.3.1 b),
- c) la dérive des instruments 5.3.1 c).

Les hypothèses, données et méthodes utilisées lors de la détermination de la valeur admissible doivent être documentées et cohérentes par rapport à celles utilisées dans la détermination du seuil de déclenchement. La détermination d'une valeur admissible est seulement pertinente pour les points de consigne soumis à des exigences de surveillance périodique spécifiées dans les accords de licence de base de la centrale.

5.3.2 Channel uncertainty determination

The terms which meet the conditions for being combined using SRSS should first be identified. These may be combined in the manner shown for terms “a” and “b” in the example below.

$$CU = (a^2 + b^2)^{1/2} + c$$

where: “a” and “b” are random, independent and normally distributed uncertainties and “c” is a bias or dependent uncertainty. It is usually expected that those instrument uncertainties that a manufacturer specifies as having a $\pm$ magnitude are random uncertainties. However, this must be verified or justified in each case. Uncertainties shall be combined algebraically in the conservative direction unless the direction of the uncertainty is verified or justified.

The conditions assumed in the calculation shall be justified. This includes the values used for the uncertainty and the manner in which the elements of device and loop uncertainty are combined. Subclause 5.4 provides guidance on the methods of combination.

Channel uncertainty is sometimes referred to as loop uncertainty or total loop uncertainty. All of these terms apply to the same calculation value. The term “channel uncertainty” has been selected to represent the most common terminology used by the majority of countries.

5.3.3 Trip setpoint

The trip setpoint is determined by:

- TS = AL – CU for an increasing setpoint,
- TS = AL + CU for a decreasing setpoint.

The channel uncertainty includes the safety margin as defined in 5.3.1 i).

5.3.4 Allowable value

The purpose of the allowable value is to identify a value that, if exceeded, may mean that the instrument has not performed within the assumptions of the setpoint calculation. A channel whose trip setpoint as-found condition exceeds the allowable value should be evaluated for operability, taking into account the setpoint calculation methodology. The uncertainties included in the allowance between the allowable value and the trip setpoint (see Region B of figure 1) take into account the following, for the portion of the instrument channel being tested (generally the periodic test consists of simulating the sensor signal at the input of the instrument channel in order to produce an electrical signal which represents the situations where a protective action is expected):

- a) instrument calibration uncertainties 5.3.1 a),
- b) instrument uncertainties during normal operation 5.3.1 b),
- c) instrument drift 5.3.1 c).

The assumptions, data, and methods used to determine the allowable value shall be documented and consistent with those used to determine the trip setpoint. The determination of an allowable value is only applicable to setpoints subjected to periodic surveillance requirements specified by the plant's licensing basis.

5.4 Combinaison d'incertitudes

Les méthodes suivantes peuvent être utilisées pour la combinaison d'incertitudes: somme quadratique (SQ) et méthode algébrique. D'autres méthodes telles que les modèles probabilistes ou stochastiques ou une combinaison de la méthode SQ et de la méthode algébrique peuvent également être utilisées.

5.4.1 Méthode de la somme quadratique (SQ)

Lorsque les incertitudes sont aléatoires, normalement distribuées et indépendantes, elle peuvent se combiner à l'aide de la méthode SQ. Lorsque deux incertitudes indépendantes, $(\pm a)$ et $(\pm b)$, sont combinées avec cette méthode, l'incertitude qui en résulte est $(\pm c)$, où:

$$\pm c = \pm (a^2 + b^2)^{1/2}$$

5.4.2 Méthode algébrique

Lorsque des incertitudes ne se sont pas révélées aléatoires, normalement distribuées et indépendantes, elles doivent être combinées avec la méthode algébrique. Ces incertitudes doivent être combinées algébriquement (c'est-à-dire de manière conservatrice), sauf si le sens de l'incertitude est justifié. Dans cette méthode, la combinaison de deux incertitudes indépendantes, $(+a, -0)$ et $(+b, -b)$, donne une troisième distribution d'incertitudes dont les limites sont $(+a+b, -b)$.

5.5 Conditions d'exploitation

Dans certains cas, il peut être nécessaire d'ajuster les points de consigne en fonction des conditions d'exploitation de la centrale. Par exemple, si des points de consigne doivent être réglés plus bas que la normale lorsque la centrale se trouve arrêtée ou fonctionne à faible puissance. Il convient d'effectuer les contrôles adéquats au moment du basculement et de transmettre les consignes afin de garantir que les contrôles de configuration nécessaires sont réalisés à tous moments.

5.6 Plage de fonctionnement de la chaîne d'instrumentation

Une marge appropriée doit être conservée entre le seuil de déclenchement calculé et la limite haute (et basse) de la plage de fonctionnement de la chaîne d'instrumentation. Pour cela, à titre indicatif pour la conception, le point de consigne ne devrait pas être situé à moins d'une valeur d'incertitude de la chaîne à partir de la limite haute (ou basse) de la plage de fonctionnement de la chaîne d'instrumentation.

6 Documentation

Les différents aspects du calcul d'incertitude (par exemple les incertitudes des instruments, les effets du procédé, les méthodes de calcul, les sources des données et les hypothèses) doivent être documentés.

- a) La ou les méthodes permettant de calculer les points de consigne doivent être consignées dans des documents. La documentation doit inclure les éléments suivants lorsque nécessaire:
 - 1) La relation entre la limite analytique, la valeur admissible, le point de consigne, la limite tel-que-mesurée et la limite tel-qu'étalonnée.
 - 2) Les termes de l'incertitude dont il est question.
 - 3) La méthode utilisée pour la combinaison des termes des incertitudes et la justification de la pertinence de l'emploi de ces méthodes.
 - 4) La justification des méthodes de combinaison statistiques (autres que la SQ ou la combinaison algébrique).

5.4 Combination of uncertainties

The following methods are acceptable for combining uncertainties: square-root-sum-of-squares (SRSS) and algebraic. Alternate methods, including probabilistic or stochastic modelling, or a combination of SRSS and algebraic methods may also be used.

5.4.1 Square-root-sum-of-squares method (SRSS)

Where uncertainties are random, normally distributed and independent, they may be combined using the SRSS method. When two independent uncertainties, $(\pm a)$ and $(\pm b)$, are combined by this method, the resulting uncertainty is $(\pm c)$, where:

$$\pm c = \pm (a^2 + b^2)^{1/2}$$

5.4.2 Algebraic method

Where uncertainties have not been shown to be random, normally distributed and independent, they shall be combined using the algebraic method. These uncertainties shall be combined algebraically (i.e. conservatively) unless the direction of the uncertainty is justified. In this method, the combination of two dependent uncertainties, $(+a, -0)$ and $(+b, -b)$, results in a third uncertainty distribution with limits $(+a+b, -b)$.

5.5 Operational considerations

In some cases, setpoints may need to be adjusted based on plant operating conditions. An example would be where setpoints are required to be set to a lower value than normal when the plant is in a shutdown or low power condition. Appropriate controls should be applied to the changeover and considerations given to ensuring that appropriate configuration controls are applied at all times.

5.6 Instrument channel range

An adequate margin shall be maintained between the calculated trip setpoint value and the upper (and lower) limit of the instrument channel range. To achieve this, as a design guide, the setpoint should not be within one channel uncertainty value from the upper (or lower) end of the instrument channel range.

6 Documentation

The various aspects of the uncertainty calculation, (for example, instrument uncertainties, process effects, calculation methods, data sources, and assumptions) shall be documented.

- a) The method(s) by which setpoints are calculated shall be documented. The documentation shall include the following where appropriate:
 - 1) The relationship between the analytical limit, the allowable value, the setpoint, the as-found limit, and the as-left limit.
 - 2) The uncertainty terms that are addressed.
 - 3) The method used to combine uncertainty terms and justification of the appropriateness of the methods used.
 - 4) Justification of statistical combination methods (other than SRSS or algebraic combination).

- b) Les calculs des points de consigne doivent être documentés. La documentation doit inclure les éléments suivants lorsque nécessaire:
 - 1) Une description de la chaîne d'instrumentation comprenant les numéros de fabricant et de modèle de tous les appareils contribuant à l'incertitude de la chaîne.
 - 2) Le rapport entre les unités de l'instrument et les unités de mesure du procédé.
 - 3) La limite de sûreté.
 - 4) La base sur laquelle le choix du seuil de déclenchement a été effectué.
 - 5) Les calculs de précision de chaîne d'instrumentation, y compris les données utilisées et la source de ces données.
 - 6) Les hypothèses ayant motivé le choix du seuil de déclenchement, par exemple les limites de température ambiante pour l'étalonnage et le fonctionnement du matériel.
 - 7) Les valeurs connues des biais d'installation et d'étalonnage qui pourraient avoir une incidence sur le point de consigne.
 - 8) Les facteurs de correction employés pour déterminer le point de consigne, par exemple la compensation de pression devant être pris en compte considérant la différence d'élévation entre le point de mesure de l'arrêt d'urgence et l'emplacement physique du capteur.
- c) Les données collectées au cours d'essais périodiques de la chaîne doivent être consignées dans des documents. Il convient d'inclure dans la documentation les données telles-que-mesurées et les données telles-qu'étalonnées.

7 Maintenance des points de consigne des systèmes de sûreté

Les paragraphes suivants traitent des aspects nécessaires d'appui à la maintenance des seuils de déclenchement des systèmes de sûreté, comme décrit à l'article 5. Les informations contenues dans ce paragraphe viennent s'ajouter aux autres normes industrielles indiquant la manière dont les points de consigne importants pour la sûreté doivent être entretenus. (Voir article 2 et bibliographie).

7.1 Essais

Des essais périodiques de la chaîne doivent être réalisés à des intervalles de test appropriés afin de garantir que la chaîne d'instrumentation est en mesure de remplir le rôle en matière de sûreté qui lui aura été attribué dans les limites de l'analyse de sûreté. Pour cela, le fait que les seuils de déclenchement ne s'écartent pas des limites établies (la valeur admissible) en fonctionnement normal doit être confirmé. Des informations et directives supplémentaires sont fournies par la CEI 60671. Des documents formels doivent appuyer l'enquête liée à tout incident au cours duquel la limite haute ou basse aura été dépassée, ainsi que sa consignation. Cette vérification doit être réalisée par l'enregistrement, avant tout ajustement, de suffisamment de données «telles-que-mesurées» pour déterminer le point de consigne en termes de grandeurs mesurées ou de grandeurs de procédé dérivées. Les données «telles-que-mesurées» doivent être les données relevées pendant le premier franchissement de seuil dans le sens concerné lors du test.

Si les données «telles-que-mesurées» indiquent qu'il n'est pas nécessaire de réajuster l'instrument, les documents liés au test et les données «telles-que-mesurées» sont les seuls éléments demandés. Aucun réajustement d'instrumentation n'est demandé dans la zone E de la figure 1. S'il faut effectuer un ajustement, les documents comportant les données «telles-que-mesurées» et «telles-qu'étalonnées» sont demandés. Une attention spéciale est exigée pour les chaînes intégrant des parties nécessitant une calibration spéciale prenant en compte les conditions opérationnelles normales de la centrale (par exemple qui prennent en compte les caractéristiques du circuit primaire). Ceci de façon à ne pas dégrader la calibration pendant les étapes de calibration qui sont nécessaires durant les essais périodiques. Une analyse de risque peut être nécessaire.

- b) The setpoint calculations shall be documented. The documentation shall include the following where appropriate:
- 1) A description of the instrument channel, including the manufacturer and model number of all devices that contribute to the channel uncertainty.
 - 2) The relationship between instrument and process measurement units.
 - 3) The safety limit.
 - 4) The basis for selection of the trip setpoint.
 - 5) Instrument channel accuracy calculations including data used and the source of the data.
 - 6) Assumptions used to select the trip setpoint, for example, ambient temperature limits for equipment calibration and operation.
 - 7) Known installation and calibration bias values that could affect the setpoint.
 - 8) Correction factors used to determine the setpoint, for example, pressure compensation to account for elevation difference between the trip measurement point and the sensor physical location.
- c) Test data from periodic channel tests shall be documented. The documentation should include as-left data and as-found data.

7 Maintenance of safety system setpoints

The following clauses address those aspects necessary to support maintenance of the safety system trip setpoints as described in clause 5. Information in this clause is supplemental to other industry standards that give guidance in maintenance of safety-related setpoints. (See clause 2 and bibliography.)

7.1 Testing

Periodic channel tests shall be performed at an appropriate test interval to ensure that the instrument channel is capable of performing the claimed safety role within the limits of the safety analysis. This requires confirmation that trip setpoints remain within their established limits (the allowable value) during normal operation. IEC 60671 provides additional information and guidance. Formal documentation is necessary to support the investigation and documentation of any occurrence where a limit is exceeded, in the high or low direction as applicable. This verification shall be achieved by recording sufficient as-found data to determine the setpoint in terms of the measured or derived process variables, prior to any adjustment. As-found data shall be the data taken during the first traverse in the direction of concern during the test.

If as-found data indicates that no instrument adjustment is necessary, documentation of the testing and as-found data is all that is required. No instrument adjustment is required within region E of figure 1. If there is a need for adjustment, documentation of the as-found and as-left data is required. Special care is requested for instrument channels which include portions that need a special power plant calibration (for instance, which take into account the thermohydraulic characteristics of the primary circuit) at the nominal operating point. This is in order not to degrade this specific calibration during the calibration step which is requested during the periodic checks. A risk analysis may be necessary.

Si les données «telles-que-mesurées» indiquent qu'une valeur admissible a été dépassée, les mesures appropriées doivent être prises. Ces mesures doivent consister en des recherches destinées à déterminer la cause du résultat trouvé, une évaluation de l'efficacité opérationnelle et la correction nécessaire afin d'empêcher que la situation ne se reproduise. Les différentes mesures correctives possibles sont:

- a) l'ajustement de la fréquence des essais;
- b) la révision du point de consigne (dans le sens conservatif);
- c) la réévaluation du seuil de déclenchement ou de la valeur admissible (le cas échéant);
- d) l'évaluation de l'installation et de l'environnement du matériel;
- e) l'évaluation de l'étalonnage (matériel et technique); ou
- f) la réparation ou le remplacement de l'appareil.

7.2 Remplacement

L'efficacité des matériels, pièces et composants de remplacement doit être évaluée en fonction des incertitudes des instruments et de la pérennité de la validité du seuil de déclenchement.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61888:2002

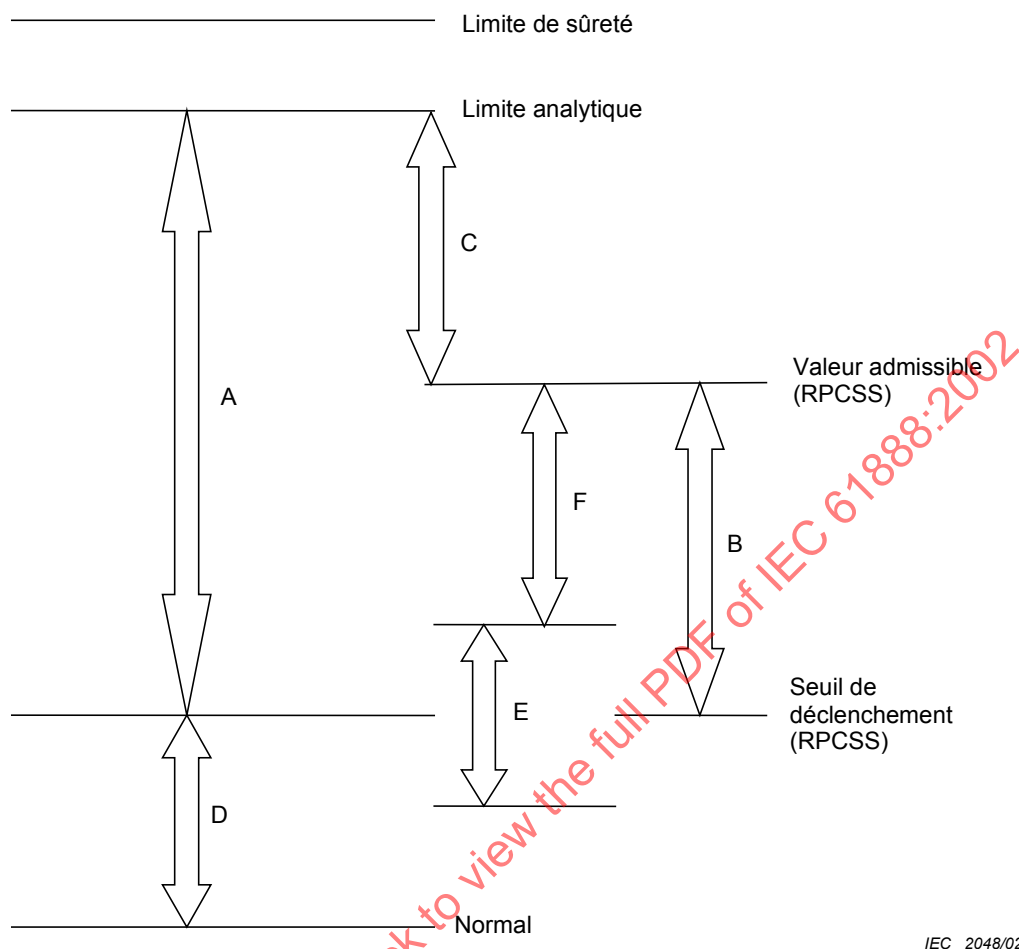
If as-found data indicates that an allowable value was exceeded, appropriate action shall be taken. This action shall include investigation to determine the cause, evaluation of operability, and appropriate corrective action to prevent a re-occurrence. Possible corrective actions for consideration are:

- a) adjustment of testing frequency;
- b) setpoint revision (in the conservative direction);
- c) reevaluation of the trip setpoint or allowable value (as applicable);
- d) evaluation of equipment installation and environment;
- e) evaluation of calibration (equipment and technique); or
- f) repair or replacement of the device.

7.2 Replacement

The performance of replacement materials, parts, and components shall be evaluated with respect to instrument uncertainties and the continued validity of the trip setpoint.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61888:2002

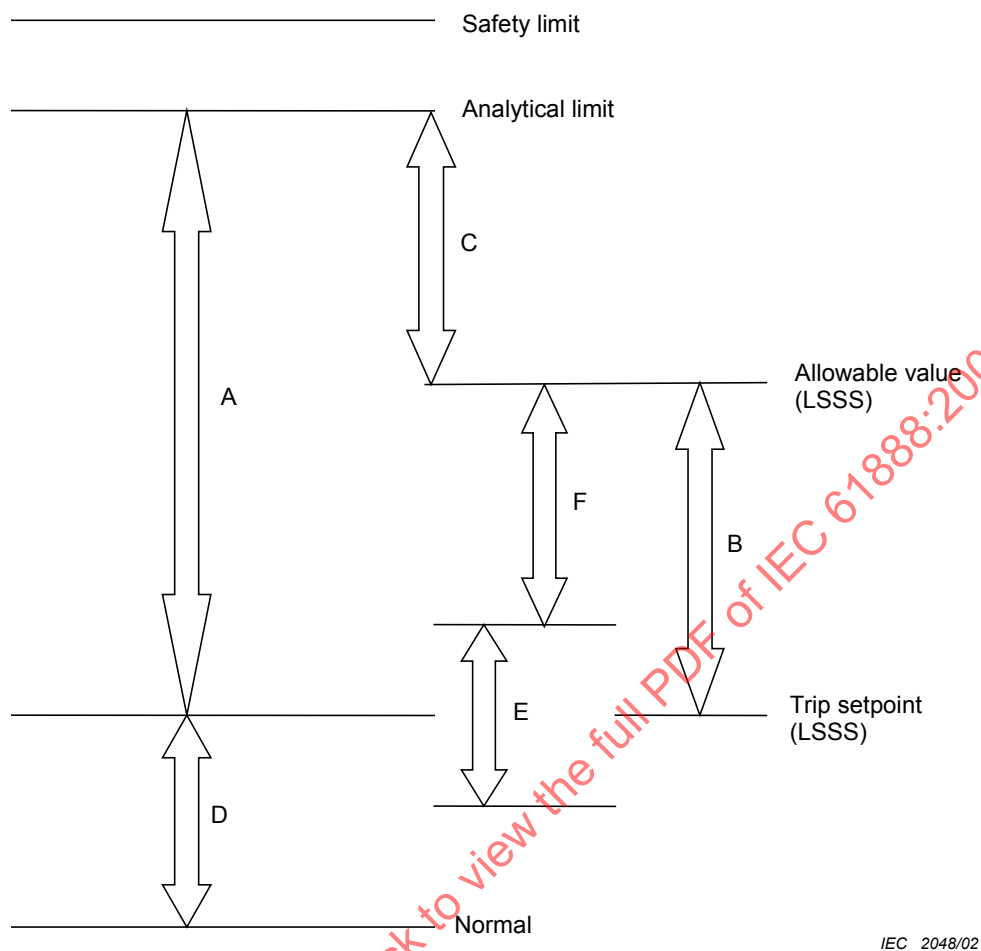


IEC 2048/02

- A Tolérance décrite en 5.3.1
- B Tolérance décrite en 5.3.4
- C Zone où la chaîne est non opérationnelle
- D Marge d'exploitation de la tranche
- E Zone de tolérance d'étalonnage (condition d'acceptabilité pour «tel-qu'étalonné») décrite en 5.3.1
- F Marge de sûreté décrite en 5.3.1

NOTE Cette figure représente un point de consigne croissant. Un point de consigne décroissant conserverait les mêmes rapports, mais dans le sens contraire.

Figure 1 – Rapports des points de consigne en relation avec la sûreté nucléaire



- A Allowance described in 5.3.1
- B Allowance described in 5.3.4
- C Region where channel can be inoperable
- D Plant operating margin
- E Region of calibration tolerance (acceptable as left) described in 5.3.1
- F Safety margin described in 5.3.1

NOTE This figure depicts an increasing setpoint. A decreasing setpoint would maintain the same relationships but in the opposing direction.

Figure 1 – Nuclear safety-related setpoint relationships