# IEC 60965

Edition 2.0 2009-07

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

## Nuclear power plants – Control rooms – Supplementary control points for reactor shutdown without access to the main control room

## Centrales nucléaires de puissance – Salles de commande – Points de commande supplémentaires pour l'arrêt des réacteurs sans accès à la salle de commande principale (salle de commande de repli)

IEC 60965:2009

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

## About the IEC

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

## About IEC publications

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

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub
The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,…). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.
- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub
Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.
- Electropedia: www.electropedia.org
The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.
- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv
If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:
Email: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

---

## A propos de la CEI

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

## A propos des publications CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm
Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,…). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.
- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub
Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.
- Electropedia: www.electropedia.org
Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.
- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm
Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:
Email: csc@iec.ch
Tél.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

# IEC 60965

Edition 2.0 2009-07

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

## Nuclear power plants – Control rooms – Supplementary control points for reactor shutdown without access to the main control room

## Centrales nucléaires de puissance – Salles de commande – Points de commande supplémentaires pour l'arrêt des réacteurs sans accès à la salle de commande principale (salle de commande de repli)

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

Q

ICS 27.120.20

ISBN 2-8318-1053-0

# CONTENTS

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

# NUCLEAR POWER PLANTS – CONTROL ROOMS – SUPPLEMENTARY CONTROL POINTS FOR REACTOR SHUTDOWN WITHOUT ACCESS TO THE MAIN CONTROL ROOM

## 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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
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 60965 has been prepared by subcommittee 45A: Instrumentation and control of nuclear facilities, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

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

| FDIS | Report on voting |
|---|---|
| 45A/749/FDIS | 45A/769/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 second edition cancels and replaces the first edition published in 1989. This edition constitutes a technical revision.

The main technical changes with regard to the previous edition are as follows:

- to clarify the definitions and review the requirements.
- to update the reference to new standards published since the first issue, including IEC 61227, IEC 61771, IEC 61772, IEC 61839, and IEC 62241.
- to align the Standard with the new revisions of IAEA documents NS-R-1 and NS-G-1.3.

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

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

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

# INTRODUCTION

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

IEC 60965:1989 was developed to provide requirements relevant to the design of NPP supplementary control points for reactor shutdown without access to the main control room. The first edition of IEC 60965 has been used extensively within the nuclear industry. It was however recognized that recent technical developments especially those which are based on software technology should be incorporated. It was also recognized that the relationships with the standard for the main control room (i.e. IEC 60964) and the derivative standards to that standard (i.e. IEC 61227, IEC 61771, IEC 61772, IEC 61839, and IEC 62241) should be clarified and conditioned.

This IEC standard specifically focuses on the functional design process of the supplementary control points of an NPP. It is intended that the standard is used by NPP designers, design authorities, vendors, utilities, and by licensors.

At the end of the current revision, at the FDIS stage, two further points were identified. These are: (a) requirements should be included associated with regular testing of the SCP, and (b) a theoretical assessment is needed of the time available during which the reactor will be safe but unattended, in order to move from the MCR to the SCP and for the SCP to become operational. However, since these points were not raised formally by any National Committee, they are recorded in this introduction for development in the next revision.

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

IEC 60965 is the third level IEC SC 45A document tackling the issue of the design of supplementary control points.

IEC 60965 is to be read in association with IEC 60964 for the design of the main control room (including the derivative standards mentioned above) which is the appropriate IEC SC 45A document providing guidance on operator controls, verification and validation of design, application of visual display units, functional analysis and assignment, and alarm functions and presentation.

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

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

The purpose of this standard is to provide functional design requirements to be used in the design of the supplementary control points of a nuclear power plant to meet safety requirements.

This standard is intended for application to supplementary control points whose conceptual design is initiated after the publication of this standard. The recommendations of the standard may be used for refits, upgrades and modifications.

Aspects for which special recommendations have been provided in this Standard, in accordance with Clauses 6.15 to 6.30 of IAEA NS-G-1.3, are:

- The definition of the MCR and plant design bases for which the supplementary control points are to be used.
- Access by station staff to the supplementary control points in such emergencies.
- Assurance for the station staff that the environment at the supplementary control points is safe when they are to be used.

- Provision of information at the supplementary control points on the state of the reactor critical functions.
- Transfer of control and indication functions from the main control room to the supplementary control points in emergencies.
- Independence and separation of the cabling used by the supplementary control points from that used by the main control room.
- Assurance that a safe shutdown state has been reached using the supplementary control points.
- Communication facilities between the supplementary control points and to the station management.

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

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

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

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

IEC 61513 has adopted a presentation format similar to the basic safety publication IEC 61508 with an overall safety life-cycle framework and a system life-cycle framework and provides an interpretation of the general requirements of IEC 61508-1, IEC 61508-2 and IEC 61508-4, for the nuclear application sector. Compliance with IEC 61513 will facilitate consistency with the requirements of IEC 61508 as they have been interpreted for the nuclear industry. In this framework IEC 60880 and IEC 62138 correspond to IEC 61508-3 for the nuclear application sector.

IEC 61513 refers to ISO as well as to IAEA 50-C-QA (now replaced by IAEA GS-R-3) for topics related to quality assurance (QA).

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

# NUCLEAR POWER PLANTS – CONTROL ROOMS – SUPPLEMENTARY CONTROL POINTS FOR REACTOR SHUTDOWN WITHOUT ACCESS TO THE MAIN CONTROL ROOM

## 1 Scope

This International Standard establishes requirements for the supplementary control points provided to enable the operating staff of nuclear power plants to shut down the reactor and maintain the plant in a safe shut-down state in the event that control of the safety functions can no longer be exercised from the main control room, due to unavailability of the main control room or its facilities.

The standard also establishes requirements for the selection of functions, the design and organisation of the human-machine interface, and the procedures which shall be used systematically to verify and validate the functional design of the supplementary control points.

It is assumed that supplementary control points provided for shutdown operations from outside the main control room would be unattended during normal plant conditions other than for periodic testing. The requirements reflect the application of human engineering principles as they apply to the human-machine interface during such periodic testing and during abnormal plant conditions.

This standard does not cover special emergency response facilities (e.g. a technical support centre) or facilities provided for radioactive waste handling. Detailed equipment design is also outside the scope of the standard.

This standard follows the principles of IAEA Requirements NS-R-1 “Safety of Nuclear Power Plants: Design” and IAEA Safety Guide NS-G-1.3 “Instrumentation and Control Systems Important to Safety in Nuclear Power Plants”.

The purpose of this standard is to provide functional design requirements to be used in the design of the supplementary control points of a nuclear power plant to meet safety requirements.

This standard is intended for application to supplementary control points whose conceptual design is initiated after the publication of this standard. If it is desired to apply it to existing plants or designs, special care must be taken to ensure a consistent design basis. This relates, for example, to factors such as the consistency between the supplementary control points and the main control room, the ergonomic approach, the automation level and the information technology.

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

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

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

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

IEC 61771, *Nuclear power plants – Main control room – Verification and validation of design*

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

IAEA NS-G-1.3:2002, *Instrumentation and Control Systems Important to Safety in Nuclear Power Plants*

## 3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply. For other terms, refer to the general terminology defined in IEC 60964, IEC 61513 and in the IAEA NUSS programme, such as Safety Guide NS-G-1.3 or the safety glossary.

**3.1**
**control room staff**
a group of plant personnel stationed in the control room, which is responsible for achieving the plant operational goals by controlling plant through the human-machine interface. Typically, the control room staff consists of supervisory operators, and operators who actually monitor plant and plant conditions and manipulate controls, but may also include those staff members and experts who are authorised to be present in the control room, e.g. during long lasting event sequences.

[IEC 60964, 3.4]

**3.2**
**local control points (or facilities)**
points (or facilities) located outside the control room where local operators perform control activities

[IEC 60964, 3.17]

**3.3**
**local operators**
the operating staff that perform tasks outside the control room

[IEC 60964, 3.18]

**3.4**
**operating staff**
plant personnel working on shift to operate the plant. The operating staff includes the control room staff, maintenance engineers, etc.

[IEC 60964, 3.20]

**3.5**
**supplementary control point**
a location from which limited plant control and/or monitoring can be carried out to accomplish the safety functions identified by the safety analysis as required in the event of a loss of ability to perform those functions from the main control room. The supplementary control point may be a special control room, but in many cases comprises a set of control panels and displays in switchgear rooms or similar areas.

## 4 Abbreviations

I&C Instrumentation and Control

LCP Local Control Point

MCR Main Control Room

NPP Nuclear Power Plant

PIE Postulated Initiating Event

SCP Supplementary Control Points, Supplementary Control Point

V&V Verification and Validation

## 5 Design principles

### 5.1 General

Clause 6.75 of IAEA NS-R-1 states “Sufficient instrumentation and control equipment shall be available, preferably at a single location (supplementary control room) that is physically and electrically separate from the control room, so that the reactor can be placed and maintained in a shut down state, residual heat can be removed, and the essential plant variables can be monitored should there be a loss of ability to perform these essential safety functions in the control room”.

Clauses 6.15 to 6.30 of IAEA NS-G-1.3 provide guidance on the requirements for supplementary control rooms (‘SCP’ in this standard), including requirements associated with the following:

- definition of the plant design bases that require use of the SCP (Clauses 6.17, 6.19, 6.20);
- location and configuration of the SCP to promote prompt mobilisation (Clause 6.29);
- qualified access path to the SCP, with hazard indication and suitable countermeasures along this path (Clauses 6.27, 6.28);
- prevention of unauthorised access to or use of the SCP (Clause 6.21);
- safety functions of the MCR and SCP not affected by the same PIE, and independence of the circuits associated with the SCP from those of the MCR (Clauses 6.20, 6.23);
- priority of control between the MCR and SCP, and transfer of control from the MCR to the SCP (Clauses 6.18, 6.20, 6.24);
- manual control in the SCP accomplished by simple actions (Clause 6.22);
- displays and controls in the SCP similar to those in the MCR, to the extent possible (Clause 6.22);
- consideration of the difference of purpose between the MCR and the SCP (Clause 6.25);
- if long-term use is envisaged, suitable facilities for habitability and workspace for tasks (Clause 6.30).

### 5.2 Main objectives

The SCP shall be provided with the means to trip the reactor and bring the plant to a safe shutdown state and maintain it in that state without access to the MCR. However, the SCP are not required to perform all the other plant control and monitoring functions which are typically performed in the MCR. According to the type of NPP and the detailed safety arguments, provisions to cope with a predefined set of PIE could be integrated in the SCP.

The SCP are required if the conditions within the MCR are no longer within its operational design bases, and in consequence are such that the MCR is no longer available. Possible causes include a control room fire, the entry of excess smoke or a dangerous atmosphere to the MCR, severe damage to the MCR or its cables such that safety functions cannot be performed, major damage to the control room area, or major failure of control room facilities.

The design basis PIE and sequences of events for which the SCP are necessary and intended to be used shall be identified. This shall include identification and justification of the assumed duration for which the SCP may be required.

Since events leading to unavailability of the MCR are very infrequent, it is anticipated that the plant safety analysis will demonstrate that such events can only coincide with another independent event in the plant at an acceptably low frequency; in particular, it is anticipated that the primary coolant circuit will be intact. However, due account shall be taken of any plant fault that may occur as a consequence of reactor trip and of any plant faults at shutdown that are of sufficient frequency to coincide with use of the SCP. In particular, the design of the SCP shall take account of the possible long-term unavailability of the MCR due to fire or other reasons.

The criteria for use of the SCP shall be clearly stated in the plant operating procedures.

It shall be possible to determine the complete safety state of the plant from outside the MCR. This should preferably be from the SCP.

From an operational viewpoint (e.g. to simplify operation and avoid misunderstanding), it is preferable to have only one SCP. Care shall be taken, however, to meet safety requirements, particularly requirements for redundancy and independence.

There should be full presentation ability at all SCP of any computer-based information display and alarm system.

There shall be adequate time to reach the SCP before necessary actions are required as well as sufficient equipment to provide necessary communication between all operating staff involved in these actions and with on-site and off-site locations. Requirements are given in 7.7.

The layout of the instrumentation and the mode of presentation at the SCP shall provide the operating staff with adequate information to assess the plant state and to supervise the shutdown (and subsequent hold down) of the reactor, the long term cooling of the reactor core and confinement of all radioactive substances.

The plant systems controlled from the SCP may be limited to those providing the safety functions.

The SCP shall provide sufficient control over the safety functions to reach and maintain a safe shutdown state, for the defined set of PIEs and conditions for which the MCR cannot be used. The supervision and control provided at the SCP shall include the state of the safety functions concerned and control of their initiation and termination, and the state of the related fundamental safety functions (see IAEA NS-R-1, Clause 4.6).

Facilities for site security monitoring, plant access control and fire alarms which are normally provided in the MCR shall also be provided in an independent location. This independent location may be the SCP or may be a location that would not be affected by the same event that causes the SCP to be used.

The design of SCP shall be consistent with the MCR design. The identification and design process for the relevant controls and indications needed for the SCP shall follow the requirements of IEC 60964, as summarised in Clause 6 of this standard.

### 5.3 Safety principles

The design basis of an NPP normally specifies the internal and external hazards to be taken into account. The design shall ensure that such events are not able to make those functions of the MCR and SCP (and local control points) required for safe shutdown, monitoring to

ensure safe shutdown and critical functions control and monitoring, unusable or ineffective simultaneously.

The functions of the SCP shall be classified in accordance with IEC 61226, with due account being taken of the criteria described in 5.2 for the use of the SCP.

Equipment and systems shall be designed with a degree of redundancy in accordance with their safety classification. Account shall also be taken of the need for functional isolation and physical separation where safety and non-safety systems and redundant systems are brought into close proximity (see IEC 60709).

Taking into account the postulated causes of unavailability of the MCR functions, the SCP functions shall be so designed (and, if necessary, the SCP so located) that, even under emergency conditions, the SCP are accessible by safe routes.

The design shall allow adequate time for control room staff to reach the SCP after the MCR becomes unavailable. The actions and duration of unattended automatic operation of the safety functions, after initiation at the MCR, up to the time when the SCP becomes operational, should be shown to be satisfactory for this transfer. This shall allow time for access control and time to assess the plant state at the SCP.

Facilities to disable MCR control and transfer control to the SCP shall be provided. These facilities shall be classified according to the highest category of safety functions for which control from the MCR could be disabled. They shall be demonstrated as highly reliable and, if required, demonstrated to comply with the single failure criterion.

The control transfer facilities shall disable the MCR controls in order to ensure that a fire or damage affecting the MCR cannot cause spurious control actions. The facilities shall also be such as to avoid or minimize transients of the controlled variables during the transfer of control, in both directions: from MCR to SCP and from SCP to MCR.

The control transfer facilities may be on the route from the MCR to the SCP, or at the SCP, or in the MCR itself if analysis shows that this cannot lead to failure to accomplish the control transfer or failure of control from the SCP. Where the facilities are located in the MCR, additional means that do not involve the MCR should also be provided.

The SCP should include a means to identify the control status of the SCP and of the MCR controls.

I&C systems shall be so designed to prevent simultaneous control of plant systems from both the MCR and SCP.

I&C systems shall be so designed that there is an acceptably low probability of false signals from the MCR elements of the systems affecting plant safety. I&C systems shall be so designed that there is an acceptably low probability of false signals from the SCP elements of the systems interfering with the supervision and control of plant from the MCR under normal or abnormal conditions. Examples of design techniques to achieve these objectives are the use of: transfer switches, coded signals, optical isolation links.

When an SCP is in use, actions taken from it shall have priority over any other manual control actions, except when control has to be taken at a local control point.

The design of the SCP shall include provisions to prevent unauthorised access or use. The means of control transfer shall also include provisions to prevent unauthorised transfer of control from the MCR to the SCP and vice versa. Access to the SCP, and any attempt at control transfer to the SCP, shall be indicated in the MCR.

The SCP shall be designed to minimise operator errors.

The design shall include the provision of written instructions at the SCP for operation of:

- Plant systems and control devices.
- Information and recording systems.
- Communication equipment.
- Any other equipment to be operated from the SCP.

The operating procedures for actions to be taken from the SCP shall be simple and clear.

The SCP equipment shall be qualified for the environmental conditions applicable to the design basis PIE and sequence of events for which the SCP are necessary and intended to be used.

The designer shall specify the regular testing and inspection of the SCP equipment required to meet the design principles.

The design shall permit regular training and practice in the use of the SCP without affecting plant availability.

### 5.4 Human factors engineering principles

In order to provide an optimal assignment of functions which ensures maximum utilisation of operator and system capabilities and to achieve the maximum plant safety, the design shall pay particular attention to the human factors engineering principles and human characteristics of personnel under emergency conditions, especially for immediate actions, i.e. actions to be performed within a short time after mobilisation at the SCP.

If the safety analysis shows that long term occupation of the SCP may be necessary, means shall be provided to ensure habitability (for example ventilation). Such provisions may not need to meet the same requirements as specified for the MCR.

The human-machine interface in the SCP shall follow the same design rules as that for the MCR.

Where multiple SCP and/or LCP are necessary, clear guidance shall be developed for the use, staffing and co-ordination of activities involving these facilities. In addition, human factors analysis shall be undertaken to demonstrate that the required tasks can be achieved reliably and within the timescale assumed in the safety analysis.

If more than one SCP is necessary, for redundancy and separation alone (for example for two similar plant trains, separated by a principal fire barrier), they should have matching layouts, with clear identification of the plant items concerned, and should not be mirrored (see IEC 60964).

## 6 Design process

A system approach shall be used for developing the SCP specification. This process should parallel the design process for the MCR and should use similar procedures, criteria and methods. More specifically, the following elements shall be applied to the SCP design and documentation objectives and principles.

a) Define the design basis scenarios, their goals and failure criteria (see 5.2).

b) Develop the plant specific SCP functions consistent with the overall design basis.

c) Assign basic functions to operating staff or I&C systems and allocate them to operating locations.

d) Classify the SCP functions with respect to their importance to safety, and define the corresponding design and qualification requirements.

e) Design the plant specific SCP consistent with the general principles given in Clause 5 of IEC 60964.

f) Conduct a design concept verification (i.e. control room staff, SCP training and procedures) and validation of the entire system (see Clause 8).

g) Finalise the SCP design specification based on the above (see Clause 7).

h) Complete the detailed design and conduct a final verification and validation on plant after completion (see Clause 8).

NOTE The process described above should establish the list of the systems to be controlled from the SCP, and their configuration, and the list of plant parameters to be monitored from the SCP.

## 7 Functional design

### 7.1 General

Because of the low frequency of use and the relatively small number of tasks which need to be performed in the SCP, the design shall aim to achieve a minimum extent of equipment, high reliability of functions and a configuration for easy and quick understanding.

### 7.2 Human factors

Anthropometric considerations, population stereotypes, intensity of audible signals, visual and viewing angles as well as preference for analogue or digital indications shall be chosen consistently with those for the MCR.

An adequate level of illumination shall be provided to ensure that visibility is sufficient for task performance on a continuous basis without undue fatigue.

The auditory environment shall enable clear verbal communication to be held.

If working areas are provided for use over an extended time, means for adequate seated operation, writing and document reference and document lay down should be provided.

If computer based information or control is used at the SCP, these shall function in a manner closely matching and preferably in an identical way to that of similar controls and indications in the MCR. Reliability and environmental considerations may require different equipment, but corresponding and compatible operating sequences to those in the MCR shall be used.

### 7.3 Location and access route

The location of the SCP shall be chosen and the protection shall be designed so that no sequence of events of any PIE can simultaneously affect the functions of both the SCP and the MCR. This should include consideration of events that might affect them either directly or by affecting the service systems that support the SCP and MCR, respectively.

Fire is an important hazard following which use of the SCP may be required, and an assessment of the fire protection of the SCP and the human routes to them should be made and should show accessibility to the SCP location. Similar assessments of all service systems, with special reference to heating, ventilation and air conditioning systems, access routes and cables, should be made for other design basis conditions for which the SCPs are to be used. The assessment of the cable routes should demonstrate independence of the SCP cables from the MCR cables.

It shall be possible to reach the SCP easily, safely and within the time allowed, notwithstanding the need for access control. This shall be possible both from the MCR upon

its evacuation and by routes avoiding the MCR and avoiding any other areas potentially affected by hazards following which use of the SCP is required.

An indication of the potential hazards (e.g. fire) and suitable countermeasures (e.g. breathing equipment) should be provided along the access route from the MCR to the SCP. Before an SCP is to be accessed, it shall be possible for the operating staff to be assured that the environment is safe for their access.

In order to alert all operating staff, particularly those who were off site when the MCR was abandoned, it shall be clearly indicated that the MCR is unavailable and shall not be accessed for control purposes until it is available again.

### 7.4 SCP environment

The environmental conditions at the SCP shall meet the requirements derived from the safety analysis for normal and emergency conditions and shall take into account national rules, including the security plan in the respective country.

For the design basis conditions requiring use of the SCP, the environmental conditions shown by the safety analysis for the intended location of an SCP shall not exceed those for normal unprotected human access. Where an SCP may be required for use in a beyond design basis or severe accident condition, involving the national security plan, the location should be shown to be suitable for normal human access in those conditions.

A battery powered emergency lighting system shall be continuously available even upon failure of the normal system. The emergency system should provide sufficient illumination for task performance on the basis of a limited operational period, which should be shown to meet the requirements of the plant emergency plan.

### 7.5 Space and configuration

The SCP shall have sufficient space for:

- All necessary information and control equipment in a well-structured arrangement.
- Writing and laying down documents and procedures.
- Storage of documents and procedures.
- Communication equipment.

Spare space shall be included for additions and modifications.

The SCP configuration shall enable prompt mobilisation by the operating staff upon their arrival at the SCP.

### 7.6 Information and control equipment

All information, displays, recording and control equipment shall be arranged and structured according to their functions and priority in order to minimise the possibility of human errors and shall operate in the same way as the related MCR interface.

Mimic diagrams may be used to improve the presentation of information.

Coding, labelling and grouping principles shall be consistent with those for the MCR.

Displays and controls shall be provided for safety functions as defined in 5.2. These displays and controls shall be provided with a degree of redundancy in accordance with their safety classification and design requirements.

Where a single SCP does not provide the redundancy needed within itself, and redundancy is not otherwise provided by an alternative SCP, use of a local control point can, for some plant designs, provide the necessary indication or control to mitigate a failure of the SCP functionality. For exceptional conditions, if this is required by the safety arguments, this should be considered as an engineering solution rather than extending the SCP facilities. For such exceptional conditions, accessibility to the LCP and time restraints for access to the LCP shall be shown to be acceptable.

### 7.7 Communication systems

SCP communication should be provided with station management and the technical support centre, if there is one. There shall be normal internal plant telephone communication and other communication facilities, such as for paging, as required by the plant emergency plan. Assured communication facilities shall be provided between the SCP and local control points. If more than one SCP is necessary, communication between these SCPs shall be provided.

Redundant communication equipment using different transmission routes shall be available for operational purposes, management of the shutdown procedures and to communicate with the emergency response centres or their equivalent. Such redundant equipment shall be available for communication between SCP and/or local control points.

The normal plant communication equipment may be used for communication with the MCR for training, testing or other purposes.

### 7.8 Other equipment

Other equipment which should be either located in the SCP or readily accessible from the SCP includes:

- Medical equipment for first aid.
- Equipment to be used during local emergency situations, as required by the plant emergency plan.
- Documentation on the plant emergency plan.
- Portable lighting, radiation detectors and fire fighting equipment.
- Protective clothing and breathing air sets.

The plant operating utility should develop operating principles to be followed when the MCR conditions require the use of SCP, concerning access control, site security and actions in response to fires. If not provided elsewhere, the SCP design shall include any facilities for these functions, such that they can continue during the period that the MCR cannot be used.

## 8 System verification and validation

The system verification and validation process for the SCP is closely related to the MCR verification and validation process. The human-machine functional assignment shall be done for the SCP and MCR at the same time.

Due to the requirement for simplification of tasks and therefore also of information and actions, the V&V of the SCP may be made simpler than that for the MCR. The V&V of the SCP should be planned, with suitable criteria, based on the requirements of IEC 60964 and IEC 61771.

During the final review, it shall be verified that the events which could lead to loss of the MCR safety functions have no effect on the SCP or its functions. During the on-site commissioning tests, the availability and reliability of the SCP shall be verified.

## Bibliography

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

IEC 60980, *Recommended practices for seismic qualification of electrical equipment of the safety system for nuclear generating stations*

IEC 61227, *Nuclear power plants – Control rooms – Operator controls*

IEC 61772, *Nuclear power plants – Main control room – Application of visual display units (VDU)*

IEC 61839, *Nuclear power plants – Design of control rooms – Functional analysis and assignment*

IEC 62241, *Nuclear power plants – Main control room – Alarm functions and presentation*

ISO 11064 (all parts), *Ergonomic design of control centres*

# SOMMAIRE

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

# CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – SALLES DE COMMANDE – POINTS DE COMMANDE SUPPLÉMENTAIRES POUR L'ARRÊT DES RÉACTEURS SANS ACCÈS À LA SALLE DE COMMANDE PRINCIPALE (SALLE DE COMMANDE DE REPLI)

## AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI 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 60965 a été établie par le sous-comité 45A: Instrumentation et contrôle-commande des installations nucléaires, 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/749/FDIS | 45A/769/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 deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1989 et constitue une révision technique. Les modifications techniques majeures par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- Clarification des définitions et revue technique des exigences.
- Mise à jour des références avec celles des nouvelles normes publiées depuis la première édition, y compris celles des CEI 61227, CEI 61771, CEI 61772, CEI 61839, et CEI 62241.
- Mise en cohérence de la norme avec les nouvelles révisions des documents de l'AIEA NS-R-1 et NS-G-1.3.

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

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

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

# INTRODUCTION

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

La première édition (1989) de la CEI 60965 fut développée pour établir des exigences pertinentes pour la conception des points de commande supplémentaires pour l'arrêt des réacteurs sans accès à la salle de commande principale. Cette première édition de la CEI 60965 a été largement utilisée par l'industrie nucléaire. Il a été néanmoins reconnu qu'il serait souhaitable d'intégrer les récents développements techniques, particulièrement ceux basés sur le logiciel. Il a été aussi admis que les relations avec la norme portant sur la salle de commande principale (à savoir la CEI 60964) et les normes filles en dépendant (à savoir la CEI 61227, la CEI 61771, la CEI 61772, la CEI 61839 et la CEI 62241) devraient être clarifiées et structurées.

La présente norme CEI s'intéresse principalement au processus de conception fonctionnelle des points de commande supplémentaires des centrales nucléaires. Il est conçu pour l'usage des concepteurs de centrales nucléaires, des maîtres d'œuvre et d'ouvrage, des constructeurs, des exploitants et des autorités d'accréditation.

Au terme de la présente révision, à l'étape FDIS, deux points supplémentaires ont été identifiés. A savoir: a) il convient d'ajouter des exigences relatives aux essais classiques du PCS et b) il est nécessaire d'avoir une évaluation du temps disponible durant lequel le réacteur est en état sûr mais non surveillé, de façon à pouvoir se rendre de la SCP au PCS et à ce que ce le PCS devienne opérationnel. Néanmoins comme ces questions n'ont été formellement évoquées par aucun Comité National, elles sont notées dans cette introduction pour être prises en compte lors de la prochaine révision.

## b) Position de la présente norme dans la collection de normes du SC 45A de la CEI

La CEI 60965 est le document du SC 45A de la CEI de troisième niveau qui traite de la question de la conception des points de commande supplémentaires.

La CEI 60965 doit être lue avec la CEI 60964 du SC 45A de la CEI, portant sur la conception de la salle de commande principale (y compris ses normes filles), qui fournit des recommandations pour les commandes opérateurs, la vérification et la validation de la conception, l'utilisation d'unités d'affichage, l'analyse fonctionnelle et l'affectation des fonctions et les fonctions et présentation des alarmes.

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

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

Le but de cette norme est de fournir des exigences de conception fonctionnelle applicables à la conception des points de commande supplémentaires des centrales nucléaires afin de satisfaire aux exigences de sûreté pertinentes.

Cette norme s'applique à la conception des points de commande supplémentaires dont la conception débutera après sa publication. Les recommandations de cette norme peuvent être utilisées pour des rénovations, des mises à niveau et des modifications.

Les aspects pour lesquels des recommandations particulières ont été établies dans cette norme, conformément aux Articles 6.15 à 6.30 du document IAEA NS-G-1.3, sont les suivants:

- Définition des bases de conception de la salle de commande principale et de l'installation pour lesquelles les points de commande supplémentaires doivent être utilisés.

- Accès du personnel de l'installation aux points de commande supplémentaires en cas de telles urgences.
- Garantie pour le personnel de l'installation que l'environnement d'ambiance des points de commande supplémentaires est sûr lorsqu'on doit les utiliser.
- Mise à disposition aux points de commande supplémentaires d'information sur l'état des fonctions critiques du réacteur.
- Fonctions de basculement et d'indication des commandes de la salle de commande principale vers les points de commande supplémentaires en cas d'urgence.
- Indépendance et séparation du câblage des points de commande supplémentaires de celui de la salle de commande principale.
- Garantie que l'état d'arrêt sûr a été atteint en utilisant les points de commande supplémentaires.
- Dispositifs de communication entre les points de commande supplémentaires et l'équipe de direction de l'installation.

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

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

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

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

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

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

La CEI 61513 a adopté une présentation similaire à celle de la CEI 61508, avec un cycle de vie et de sûreté global, un cycle de vie et de sûreté des systèmes, et une interprétation des exigences générales de la CEI 61508-1, de la CEI 61508-2 et de la CEI 61508-4 pour le secteur nucléaire. La conformité à la CEI 61513 facilite la compatibilité avec les exigences de la CEI 61508 telles qu'elles ont été interprétées dans l'industrie nucléaire. Dans ce cadre, la CEI 60880 et la CEI 62138 correspondent à la CEI 61508-3 pour le secteur nucléaire.

La CEI 61513 fait référence aux normes ISO ainsi qu'au document AIEA 50-C-QA (remplacé depuis par le document AIEA GS-R-3) pour ce qui concerne l'assurance qualité.

Les normes produites par le SC 45A de la CEI sont élaborées de façon à être en accord avec les principes de sûreté fondamentaux du Code AIEA sur la sûreté des centrales nucléaires, ainsi qu'avec les guides de sûreté de l'AIEA, en particulier avec le document d'exigences NS-

R-1 qui établit les exigences de sûreté relatives à la conception des centrales nucléaires et avec le guide de sûreté NS-G-1.3 qui traite de l'instrumentation et du contrôle commande importants pour la sûreté des centrales nucléaires. La terminologie et les définitions utilisées dans les normes produites par le SC 45A sont conformes à celles utilisées par l'AIEA.

# CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – SALLES DE COMMANDE – POINTS DE COMMANDE SUPPLÉMENTAIRES POUR L'ARRÊT DES RÉACTEURS SANS ACCÈS À LA SALLE DE COMMANDE PRINCIPALE (SALLE DE COMMANDE DE REPLI)

## 1 Domaine d'application

La présente norme établit des exigences applicables aux points de commande supplémentaires permettant au personnel d'exploitation des centrales nucléaires d'arrêter le réacteur et de maintenir l'installation dans un état d'arrêt sûr, pour le cas où les fonctions de sûreté ne pourraient plus être commandées de la salle de commande principale, en cas d'indisponibilité de celle-ci ou de ses équipements.

Cette norme fournit aussi des exigences pour les fonctions de sélection, la conception et l'organisation de l'interface homme-machine, ainsi que des procédures qui doivent être utilisées systématiquement pour vérifier et valider la conception fonctionnelle des points de commande supplémentaires.

On suppose qu'en condition de fonctionnement normal de la centrale, hormis lors de la réalisation d'essais périodiques, aucun personnel n'est présent aux points de commande supplémentaires prévus pour réaliser les opérations d'arrêt à partir de l'extérieur de la salle de commande principale. Les exigences sont conformes aux principes d'ergonomie, tels qu'appliqués à l'interface homme-machine utilisée pour les essais périodiques ou en présence de conditions anormales de fonctionnement de la centrale.

Les installations pour les situations d'urgence, comme le centre de support technique, ou les installations destinées à la manipulation des déchets radioactifs ne font pas partie du domaine de cette norme. La conception détaillée des matériels n'est pas couverte par cette norme.

Cette norme est conforme aux principes établis par les documents AIEA NS-R-1 Prescriptions "Sûreté des centrales nucléaires: Conception" et AIEA Guide de sûreté NS-G-1.3 "Systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande importants pour la sûreté des centrales nucléaires".

L'objectif de cette norme est de fournir des exigences de conception fonctionnelle pouvant être utilisées lors de la conception des points de commande supplémentaires des centrales nucléaires afin de satisfaire aux exigences de sûreté.

Cette norme est destinée à être appliquée aux points de commande supplémentaires dont la conception fonctionnelle débutera après la publication de la norme. Si on souhaite appliquer la norme à des centrales ou à des types de conceptions existantes, il faut prendre soin de s'assurer de sa cohérence avec les bases de conception. Ceci correspond, par exemple, à des points particuliers tels que la cohérence des points de commande supplémentaires avec la salle de commande principale, l'approche ergonomique, le niveau d'automatisation et la technologie d'information utilisée.

## 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 60709, *Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation et de contrôle commande importants pour la sûreté – Séparation*

CEI 60964, *Centrales nucléaires de puissance – Salles de commande – Conception*

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

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

CEI 61771, *Centrales nucléaires de puissance – Salle de commande principale – Vérification et validation de la conception*

AIEA NS-R-1:2005, *Sûreté des centrales nucléaires: Conception*

AIEA NS-G-1.3: 2005, *Systèmes d'instrumentation et de contrôle commande importants pour la sûreté des centrales nucléaires*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent. Concernant d'autres termes, se référer à la terminologie générale définie dans la CEI 60964, la CEI 61513 et dans les documents relevant du programme NUSS de l'AIEA, tels que le Guide de sûreté NS-G-1.3 ou le glossaire de sûreté.

**3.1**
**équipe de salle de commande**
personnel présent en salle de commande, responsable de l'atteinte des objectifs opérationnels de la centrale, en conduisant celle-ci au moyen des interfaces homme-machine. L'équipe de salle de commande comprend en général, des opérateurs supervisant et des opérateurs manipulant effectivement les commandes; elle peut inclure le personnel d'exploitation et les experts autorisés à être présents en salle de commande, par exemple durant de longues séquences d'évènements.

[CEI 60964, 3.4]

**3.2**
**points de commande locaux (ou installations)**
points (ou installations) situés à l'extérieur de la salle de commande où des opérateurs locaux réalisent des activités de commande

[CEI 60964, 3.17]

**3.3**
**opérateur local**
membre de l'équipe de conduite qui remplit des tâches à l'extérieur de la salle de commande

[CEI 60964, 3.18]

**3.4**
**équipe de conduite**
personnel de la centrale travaillant en poste pour conduire la centrale. L'équipe de conduite comprend l'équipe de la salle de commande, les techniciens de maintenance, etc.

[CEI 60964, 3.20]

**3.5**
**point de commande supplémentaire**
emplacement à partir duquel la commande limitée de la centrale et/ou sa surveillance peuvent être assurées pour réaliser les fonctions de sûreté identifiées dans l'analyse de sûreté comme prescrit en cas de perte de la possibilité de réaliser ces fonctions à partir de la salle de commande principale. Le point de commande supplémentaire peut être une salle de commande particulière, mais dans la plupart des cas celui-ci correspond à un ensemble de panneaux de commande et d'affichage dans des locaux électriques ou dans des zones similaires.

## 4 Abréviations

I&C Instrumentation et Contrôle-commande

PCL Point de Commande Local

SCP Salle de Commande Principale

CNP Centrale Nucléaire de Puissance

EIH Evènement Initiateur Hypothétique

PCS Point(s) de Commande Supplémentaire(s)

V&V Vérification et Validation

## 5 Principes de conception

### 5.1 Généralités

L'Article 6.75 du document NS-R-1 de l'AIEA indique qu'"Une instrumentation et un matériel de commande suffisants doivent être disponibles, de préférence en un point unique (salle de commande supplémentaire) physiquement et électriquement séparé de la salle de commande, afin que l'on puisse mettre et maintenir le réacteur à l'arrêt, évacuer la chaleur résiduelle et surveiller les variables essentielles de la centrale au cas où il ne serait plus possible d'assurer ces fonctions de sûreté essentielles dans la salle de commande.".

Les Articles 6.15 à 6.30 du document NS-G-1.3 de l'AIEA fournissent des exigences pertinentes pour les salles de commande supplémentaires ("PCS" dans cette norme), ceci comprenant des exigences applicables pour les points suivants:

- Définition des bases de conception de la centrale qui prescrivent l'utilisation de PCS (Articles 6.17, 6.19, 6.20).
- Emplacement et configuration des PCS favorisant une mobilisation rapide (Article 6.29).
- Chemin d'accès au PCS qualifié, avec signalisation des dangers et mesures de protection adaptées le long de ce chemin (Articles 6.27, 6.28).
- Protection contre les accès et les utilisations non autorisés du PCS (Article 6.21).
- Fonctions de sûreté de la SCP et des PCS qui ne soient pas impactées par les mêmes EIH, et indépendance des circuits associés au PCS et à la SCP (Articles 6.20, 6.23).
- Commandes prioritaires entre la SCP et les PCS et transfert de la SCP au PCS (Articles 6.18, 6.20, 6.24).
- Commandes manuelles réalisées aux PCS par des actions simples (Article 6.22).
- Affichage et commandes aux PCS similaires à ceux de la SCP, autant que possible (Article 6.22).
- Prise en compte de la différence des objectifs assignés à la SCP et aux PCS (Article 6.25).
- Si une utilisation longue durée est envisagée, adaptation de l'installation au niveau habitabilité et espace de travail en fonction des tâches à réaliser (Article 6.30).

### 5.2 Objectifs principaux

Les PCS doivent être pourvus de moyens pour déclencher l'arrêt du réacteur et mettre la centrale en état d'arrêt sûr et la maintenir dans cet état sans avoir à accéder à la SCP. Cependant, il n'est pas demandé que les PCS permettent de réaliser toutes les autres fonctions commande et de surveillance qui sont traditionnellement assurées en SCP. Suivant le type de CNP et les arguments de sûreté détaillés, il convient de pouvoir intégrer aux PCS des moyens permettant de faire face à un ensemble prédéfini d'EIH.

Les PCS sont requis lorsque les conditions régnant en SCP se situent hors des limites des bases de conception pour l'exploitation, et en conséquence sont telles que la SCP n'est plus disponible. Les causes possibles d'une telle situation comprennent l'incendie en SCP, des entrées importantes de fumée ou une atmosphère ambiante de la SCP dangereuse, des dégâts importants au niveau de la SCP ou de son câblage tels que les fonctions de sûreté ne puissent plus être assurées, des dégâts majeurs dans la zone de la salle de commande ou sur les équipements de la salle de commande.

Les EIH de dimensionnement et les séquences évènementielles pour lesquels les PCS sont nécessaires et doivent être utilisés, doivent être identifiés. Ceci doit comprendre le calcul et la justification de la durée pour laquelle les PCS peuvent être nécessaires.

Comme la fréquence des évènements entraînant l'indisponibilité de la SCP est très faible, on admet que l'analyse de sûreté de la centrale puisse démontrer que de tels évènements ne puissent coïncider avec d'autres évènements indépendants dans la centrale qu'à une fréquence faible acceptable, en particulier il est admis que le circuit de réfrigérant primaire est intact. Cependant on doit prendre en compte l'occurrence possible de n'importe quelle défaillance dans la centrale qui peut résulter d'un déclenchement du réacteur et de défaillances liées à la centrale à l'arrêt auxquelles sont associées des fréquences suffisamment significatives pour coïncider avec l'utilisation des PCS. En particulier, la conception des PCS doit prendre en compte une indisponibilité à long terme de la SCP due à un incendie ou à d'autres raisons.

Les critères pour l'utilisation de la SCP doivent être clairement définis dans les procédures de conduite de la centrale.

On doit pouvoir déterminer l'état de sûreté d'ensemble de la centrale de l'extérieur de la SCP. De préférence, il convient que ce soit possible à partir des PCS.

Du point de vue de l'exploitation (par exemple pour simplifier le fonctionnement et éviter les incompréhensions), il est préférable d'avoir seulement un PCS. On doit faire attention, néanmoins, à la satisfaction des exigences de sûreté et en particulier aux exigences de redondance et d'indépendance.

Il convient de prévoir à chaque PCS l'ensemble des moyens de présentation de tous les systèmes informatisés d'alarme et d'affichage de l'information.

On doit avoir suffisamment de temps pour atteindre les PCS avant que de devoir y lancer des actions, de même que l'on doit y avoir suffisamment de matériel pour assurer les communications nécessaires entre les personnels de conduite concernés par ces actions ainsi qu'avec l'intérieur et l'extérieur du site. Des exigences sont fournies en 7.7.

La disposition de l'instrumentation et les modes de présentation dans les PCS doivent assurer à l'équipe de conduite la présentation de l'information nécessaire pour pouvoir évaluer l'état de la centrale et diriger les opérations d'arrêt (et le maintien en l'état qui s'en suit) du réacteur, du refroidissement à long terme du cœur du réacteur et du confinement des matières radioactives.

Les systèmes de tranche commandés à partir des PCS peuvent être limités à ceux assurant des fonctions de sûreté.

Les PCS doivent offrir des moyens de commande suffisant liés aux fonctions de sûreté pour atteindre et se maintenir en état d'arrêt sûr, pour l'ensemble prédéfini des EIH et des conditions pour lesquels la SCP ne peut pas être utilisée. Le domaine de commande et de surveillance des PCS doit couvrir l'état des fonctions de sûreté concernées ainsi que les commandes pour les lancer et les arrêter, en plus de l'état des fonctions de sûreté fondamentales associées (voir l'Article 4.6 du document AIEA NS-R-1).

Les équipements pour la surveillance de la sécurité du site, des contrôles d'accès à la centrale et d'alarme incendie qui se trouvent normalement en SCP doivent aussi être implantés dans une zone indépendante. Cette zone indépendante peut être un PCS ou une zone non impactée par l'évènement qui a entraîné l'utilisation du PCS.

La conception des PCS doit être cohérente avec la conception de la SCP. Le processus d'identification et de conception des commandes et indications pertinentes nécessaires dans les PCS doit être conforme aux exigences de la CEI 60964, telles que résumées à l'Article 6 de cette norme.

### 5.3 Principes de sûreté

Le dimensionnement de base de la centrale indique normalement les risques internes et externes qui doivent être pris en compte. La conception doit garantir que de tels évènements ne sont pas susceptibles de rendre inutilisables ou inefficaces simultanément les fonctions des PCS et de la SCP (et des points de commande locaux), nécessaires pour assurer l'arrêt sûr, la surveillance garantissant l'arrêt sûr et les commandes des fonctions critiques.

Les fonctions du PCS doivent être classées conformément à la CEI 61226, en tenant compte des critères concernant l'utilisation du PCS décrits en 5.2.

Les équipements et systèmes doivent être conçus avec un degré de redondance conforme à leur classement de sûreté. On doit aussi prendre en compte le besoin d'isolement fonctionnel et de séparation physique, lorsque des systèmes classés de sûreté et non classés de sûreté ainsi que des systèmes redondants sont proches (voir la CEI 60709).

Prenant en compte les causes d'indisponibilité prévues des fonctions de la SCP, les fonctions des PCS doivent être conçues (et si nécessaire, les PCS doivent être situés) pour que, même en situation d'urgence, les PCS soient accessibles par des chemins sûrs.

La conception doit s'assurer que le personnel de la salle de commande a le temps nécessaire pour atteindre les PCS après que la SCP soit devenue indisponible. Il convient de montrer que les actions et durées associées au fonctionnement en automatique sans assistance des fonctions de sûreté, après lancement en SCP, jusqu'au moment où les PCS sont opérationnels, sont compatibles avec ce basculement. Ceci doit prendre en compte le temps pour accéder aux commandes et le temps pour évaluer l'état de la centrale à partir des PCS.

Les dispositifs d'inhibition des commandes de la SCP et de basculement des commandes vers les PCS doivent être prévus. Ces dispositifs doivent être classés suivant la catégorie la plus élevée des fonctions de sûreté dont les commandes peuvent être inhibées à partir de la SCP. Il doit être prouvé qu'ils sont très fiables, et si nécessaire qu'ils satisfont au critère de défaillance unique.

Les dispositifs de transfert de commandes doivent inhiber les commandes de la SCP en garantissant qu'un incendie ou que des dégâts affectant la SCP ne déclenchent pas d'actions de commande intempestives. Les dispositifs doivent aussi être conçus pour éviter ou pour minimiser les transitoires des variables commandées lors du basculement des commandes, dans les deux sens, de la SCP vers les PCS et des PCS vers la SCP.

Les dispositifs de transfert de commande peuvent être situés sur le trajet entre la SCP et le PCS, ou dans la SCP si l'analyse montre que cela ne peut entraîner des défaillances au niveau de la réalisation du transfert des commande ou au niveau des commandes à partir de

la SCP. Lorsque les dispositifs sont situés en SCP, il convient de mettre à disposition des moyens supplémentaires indépendants de la SCP.

Il convient que les PCS comprennent un moyen d'identification de l'état des commandes des PCS et des commandes de la SCP.

Les systèmes d'I&C doivent être conçus afin d'interdire la commande simultanée des systèmes de tranche de la SCP et des PCS.

Les systèmes d'I&C doivent être conçus pour que la probabilité d'occurrence de faux signaux émis par des composants de la SCP liés à des systèmes ayant un impact sur la sûreté de l'installation, soit faible et acceptable. Les systèmes d'I&C doivent être conçus pour que la probabilité d'occurrence de faux signaux émis par des composants des PCS liés à des systèmes pouvant interférer avec la conduite et la surveillance de l'installation en SCP, en conditions normales et anormales, soit faible et acceptable. Les commutateurs de basculement, les signaux codés, les relais d'isolement optiques sont des exemples de techniques de conception qui permettent d'atteindre ces objectifs.

Lorsqu'un PCS est utilisé, les actions initiées à partir de celui-ci doivent avoir priorité sur toutes autres actions de commande manuelles, sauf si la commande doit être réalisée à partir d'un point de commande local.

La conception des PCS doit prévoir des dispositions empêchant les accès ou les utilisations non autorisés. Les moyens de basculement des commandes doivent aussi prévoir des dispositions empêchant le basculement non autorisé de la SCP vers les PCS et vice versa. L'accès aux PCS ainsi que toute tentative de basculement des commandes aux PCS doivent être signalés en SCP.

Les PCS doivent être conçus afin de minimiser les erreurs opérateur.

La conception doit prévoir que des instructions écrites soient disponibles dans les PCS pour l'exploitation:

- des systèmes de tranche et des équipements de commande,
- des systèmes d'information et d'enregistrement,
- des dispositifs de communication,
- et de tout autre matériel devant être commandé des PCS.

Les procédures de conduite correspondant aux actions devant être initiées à partir des PCS doivent être simples et claires.

Les matériels des PCS doivent être qualifiés aux conditions d'ambiance correspondant aux EIH de dimensionnement et pour les séquences évènementielles pour lesquelles les PCS sont nécessaires et doivent être utilisés.

Le concepteur doit spécifier les essais réguliers ainsi que les revues d'inspection à effectuer sur les matériels des PCS nécessaires à l'application des principes de conception.

La conception doit permettre la formation et un entraînement régulier à l'utilisation des PCS sans affecter la disponibilité de l'installation.

### 5.4 Principes d'ingénierie des facteurs humains

Pour réaliser la meilleure répartition des fonctions garantissant la meilleure utilisation des capacités de l'opérateur et du système et pour assurer la sûreté maximale de la centrale, la conception doit apporter une attention particulière aux principes d'ingénierie des facteurs humains et aux caractéristiques humaines du personnel dans les conditions d'urgence,

particulièrement pour les actions rapides, c'est-à-dire pour les actions devant être réalisées dans un laps de temps réduit après activation opérationnelle des PCS.

Lorsque l'analyse de sûreté indique qu'il peut être nécessaire d'occuper à long terme les PCS, des mesures doivent être prises pour assurer de bonnes conditions de confort (par exemple la ventilation). Ces mesures ne sont pas nécessairement conformes aux exigences applicables à la SCP.

L'interface homme-machine des PCS doit suivre les règles de conception de la SCP.

En cas de nécessité d'utilisation de plusieurs PCS et/ou PCL, des recommandations claires doivent être fournies sur l'utilisation, le personnel et la coordination des activités relatifs à ces installations. De plus, une analyse des facteurs humains doit être réalisée pour montrer que les tâches nécessaires peuvent être réalisées de façon fiable et dans le laps de temps indiqué dans l'analyse de sûreté.

Si, uniquement pour des raisons de redondance et de séparation (par exemple pour deux trains identiques de l'installation séparés par une barrière incendie principale), plusieurs PCS sont nécessaires, ceux-ci doivent respecter un modèle de présentation, permettant de clairement identifier les éléments de l'installation concernés, et il convient que cela ne soit pas une simple présentation miroir (voir la CEI 60964).

## 6 Processus de conception

Une approche système doit être utilisée pour spécifier les PCS. Il convient que ce processus se déroule parallèlement à celui de conception de la SCP et qu'il utilise des procédures, des critères et des méthodes similaires. Plus particulièrement, les éléments suivants doivent être pris en compte au niveau des principes et des objectifs de conception et dans la documentation des PCS.

a) Définition des hypothèses conceptuelles de base, de leurs buts et des critères de défaillance (voir 5.2).

b) Développement des fonctions spécifiques à la centrale, compatibles avec le dimensionnement d'ensemble.

c) Attribution de fonctions de base à l'équipe de conduite ou aux systèmes d'I&C et affectation de ces fonctions à des emplacements d'exploitation.

d) Classement des fonctions des PCS suivant leur importance par rapport à la sûreté et définition des exigences de conception et de qualification correspondantes.

e) Conception des PCS spécifiques à l'installation conforme aux principes généraux indiqués à l'Article 5 de la CEI 60964.

f) Vérification d'une « théorie de conception » (c'est-à-dire équipe de conduite, PCS, entraînement et procédures) et validation du « système » complet (voir Article 8).

g) Finalisation des spécifications de conception des PCS fondée sur ce qui précède (voir Article 7).

h) Finalisation de la conception de détail et réalisation d'une vérification et d'une validation finales sur l'installation en final (voir Article 8).

NOTE Il convient que le processus décrit ci-dessus dresse la liste des systèmes qui devront être commandés à partir des PCS, ainsi que leurs configurations, et la liste des paramètres de l'installation devant être surveillés à partir des PCS.

# 7 Conception fonctionnelle

## 7.1 Généralités

Du fait de la faible fréquence d'utilisation des PCS et du petit nombre de tâches qui y sont accomplies, la conception doit viser à la réduction du matériel, à une haute fiabilité des fonctions et à une configuration facilitant une compréhension aisée et rapide.

## 7.2 Facteurs humains

Les choix concernant les considérations anthropométriques, les stéréotypes de population, l'intensité des signaux sonores, les angles visuels et de visualisation, de même que les choix d'indications analogiques ou numériques doivent être cohérents avec ceux faits pour la SCP.

Un niveau d'éclairage suffisant doit être assuré pour garantir une visibilité suffisante pour réaliser les tâches de façon continue sans une fatigue inutile.

L'ambiance sonore doit permettre de communiquer verbalement facilement.

Si les zones de travail sont prévues pour un usage en continu, il convient de prévoir de bonnes conditions de travail en position assise, permettant d'écrire et de disposer des documents.

Si des moyens numériques d'information et de commande sont utilisés dans les PCS, ceux-ci doivent fonctionner d'une façon proche ou de façon identique aux moyens d'information ou de commande équivalents de la SCP. Des considérations liées à l'environnement ou à la fiabilité peuvent nécessiter l'utilisation de matériels différents, néanmoins on doit suivre des séquences de fonctionnement cohérentes avec celles correspondantes de la SCP.

## 7.3 Emplacement et chemin d'accès

Le choix de l'emplacement des PCS et la conception de la protection doivent être effectués de façon à ce qu'aucune séquence évènementielle d'aucun EIH ne puisse simultanément affecter les fonctions des PCS et de la SCP. Il convient pour cela de prendre en compte les événements qui peuvent les affecter directement ou affecter les systèmes support des PCS et de la SCP, respectivement.

L'incendie est un risque important à la suite duquel l'utilisation des PCS peut être nécessaire et il convient de réaliser une évaluation de la protection incendie des PCS et de leurs chemins d'accès pour le personnel et il convient de montrer que l'emplacement des PCS est accessible. Il convient de faire des évaluations comparables de tous les systèmes de service, en particulier des systèmes de chauffage, de ventilation, d'air conditionné pour les autres conditions de dimensionnement pour lesquelles les PCS doivent être utilisés. Il convient que la revue des chemins de câblage montre l'indépendance entre les câbles des PCS et ceux de la SCP.

On doit pouvoir accéder aux PCS facilement en toute sécurité et dans le laps de temps imparti, malgré le contrôle d'accès. Ceci doit être possible de la SCP, lors de son évacuation et par des chemins en évitant la SCP et toutes zones potentiellement affectées par des risques à la suite desquels l'utilisation de la SCP est nécessaire.

Il convient de fournir sur le chemin d'accès reliant la SCP aux PCS, une indication des risques potentiels (par exemple l'incendie) et des moyens de lutte appropriés (par exemple des équipements respiratoires). Avant d'accéder à un PCS, il doit être possible pour l'équipe de conduite de s'assurer que l'environnement est sûr pour ce qui concerne l'accès.

Pour alerter l'ensemble de l'équipe de conduite, en particulier les personnels qui se trouvent hors-site lors de l'évacuation de la SCP, on doit clairement signaler que la SCP est

indisponible et qu'on ne doit pas y accéder pour raisons de conduite jusqu'à ce qu'elle soit à nouveau disponible.

### 7.4 Environnement des PCS

Les conditions d'environnement des PCS doivent satisfaire aux exigences issues de l'analyse de sûreté pour les situations normales et les situations d'urgence et tenir compte des règles nationales, y compris les plans de sécurité en vigueur dans les pays respectifs.

Pour les situations de dimensionnement exigeant l'utilisation des PCS, les conditions d'ambiance indiquées par l'analyse de sûreté pour l'emplacement prévu des PCS ne doivent pas excéder les conditions permettant l'accès normal au personnel non protégé. Lorsque l'utilisation d'un PCS peut être nécessaire durant un accident de dimensionnement ou lors d'un accident grave, mettant en œuvre le plan de sécurité national, il convient de montrer que l'emplacement est normalement accessible au personnel dans ces conditions.

Un système d'éclairage d'urgence sur batterie doit être disponible en continu, même sur défaillance du système normal. Il convient que le système d'urgence fournisse un éclairage suffisant pour la réalisation de tâches sur la base d'un temps de conduite limité, dont il convient de montrer qu'il satisfait aux exigences du plan d'urgence de l'installation.

### 7.5 Espace et disposition

Les PCS doivent être suffisamment spacieux pour:

- disposer de manière rationnelle le matériel nécessaire d'information et de commande;
- pouvoir prendre des notes et ouvrir les documents et les procédures;
- ranger la documentation et les procédures;
- disposer de matériels de communication.

De l'espace supplémentaire doit être prévu pour des rajouts et des modifications.

La configuration des PCS doit faciliter leur occupation rapide par l'équipe de conduite lors de son arrivée aux PCS.

### 7.6 Matériel d'information et de commande

Tous les affichages d'information, les enregistreurs et les commandes doivent être disposés et structurés selon leurs fonctions et priorités respectives dans le but de réduire la possibilité d'erreur humaine et doivent fonctionner de la même façon que l'interface correspondant en SCP.

Les synoptiques peuvent être utilisés pour améliorer la présentation des informations.

Les principes régissant le codage, l'étiquetage et le regroupement doivent être cohérents avec ceux employés en SCP.

Des affichages et des commandes doivent être fournis au titre des fonctions de sûreté conformément à 5.2. On doit fournir ces affichages et ces commandes avec un niveau de redondance conforme à leur classement de sûreté et à leurs exigences de conception.

Lorsqu'un PCS ne présente pas, en lui-même, des caractères de redondance suffisants, et que cette redondance n'est pas assurée par un autre PCS, l'utilisation d'un PCL peut, dans le cas de certaines conceptions d'installation, fournir les indications ou les commandes nécessaires pour compenser la défaillance de fonctionnalité du PCS. Dans des conditions exceptionnelles, si cela est justifié sur la base d'arguments de sûreté, il convient de considérer cette solution technique plutôt que de renforcer les moyens des PCS. Dans ces

conditions exceptionnelles on doit montrer que l'accessibilité et les contraintes de temps associées à l'accès aux PCL sont acceptables.

### 7.7 Systèmes de communication

Il convient que les PCS soient en communication avec le centre de décision et le centre de support technique, le cas échéant. On doit avoir un système de téléphonie interne sur l'installation pour le fonctionnement normal, ainsi que d'autres systèmes de communication, tel que des pageurs, comme exigé par le plan d'urgence de la centrale. Des moyens garantissant la communication entre les PCS et les PCL doivent être mis à disposition. Si plusieurs PCS sont nécessaires, la communication entre PCS doit être assurée.

Des matériels redondants utilisant des voies de transmission différentes doivent être disponibles à des fins opérationnelles, pour gérer les procédures d'arrêt et pour communiquer avec les installations pour les situations d'urgence ou leur équivalent. De tels matériels redondants doivent être disponibles pour communiquer entre les PCS et/ou les PCL.

Les moyens de communication utilisés en fonctionnement normal sur l'installation peuvent être utilisés pour la communication avec la SCP durant la formation, en essais ou pour d'autres situations.

### 7.8 Autres matériels

Il convient que les autres matériels suivants soient placés dans les PCS ou facilement accessibles à partir de ceux-ci:

- Matériel médical de première urgence.
- Matériel à utiliser en situation locale d'urgence, telle que définie par le plan d'urgence de l'installation.
- Documentation relative au plan d'urgence de l'installation.
- Lampes portatives, détecteurs de rayonnements et matériel de lutte incendie.
- Vêtement de protection et appareils respiratoires.

Il convient que l'exploitant de l'installation développe des principes de conduite à suivre lorsque les conditions en SCP requièrent l'utilisation des PCS, pour ce qui est du contrôle d'accès, de la sécurité du site et des actions de lutte incendie. Si cela n'est pas assuré par ailleurs, la conception des PCS doit couvrir tous les moyens liés à ces fonctions, tels qu'elles soient assurées durant l'indisponibilité de la SCP.

## 8 Vérification et validation système

Le processus de vérification et de validation système pour les PCS est intimement lié au processus de vérification et de validation de la SCP. La répartition fonctionnelle homme-machine doit être réalisée en parallèle et simultanément pour la SCP et les PCS.

Du fait de l'exigence de simplification des tâches et donc de l'information et des actions, la V&V des PCS peut être simplifiée par rapport à celle de la SCP. Il convient de planifier la V&V des PCS, avec des critères appropriés, en se basant sur la CEI 60964 et sur la CEI 61771.

Lors de la revue finale, on doit vérifier que les événements susceptibles d'entraîner une perte des fonctions de sûreté de la SCP n'ont pas d'impact sur les PCS ou sur leurs fonctions. Lors des essais de mise en service, la disponibilité et la fiabilité des PCS doivent être vérifiées.

## Bibliographie

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

CEI 60980, *Pratiques recommandées pour la qualification sismique du matériel électrique du système de sûreté dans les centrales électronucléaires*

CEI 61227, *Centrales nucléaires de puissance – Salles de commande – Commandes opérateurs*

CEI 61772, *Centrales nucléaires de puissance – Salle de commande principale – Utilisation des unités de visualisation*

CEI 61839, *Centrales nucléaires de puissance – Conception des salles de commande – Analyse fonctionnelle et affectation des fonctions*

CEI 62241, *Centrales nucléaires de puissance – Salle de commande principale – Fonctions et présentation des alarmes*

ISO 11064 (toutes les parties), *Conception ergonomique des centres de commande*

_____

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

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

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch