



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

**Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation, de contrôle-
commande et d'alimentation électrique importants pour la sûreté – Séparation**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.120.20

ISBN 978-2-8322-5582-7

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

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	10
1.1 General.....	10
1.2 Application: new and pre-existing plants	10
2 Normative references	11
3 Terms and definitions	12
4 Abbreviated terms	15
5 Principles and requirements for separation	16
5.1 Principles.....	16
5.1.1 General	16
5.1.2 Separation reasoning and boundaries.....	16
5.1.3 Plant safety principles and requirements	17
5.2 Safety class separation requirements.....	17
5.3 Associated circuits	18
5.3.1 General	18
5.3.2 Criteria	19
5.4 Separation issues at existing plants	20
5.4.1 General	20
5.4.2 Criteria	20
6 Separation design basis	20
6.1 Design inputs.....	20
6.2 Environmental conditions and hazards	21
6.2.1 General	21
6.2.2 Environmental conditions.....	21
6.2.3 External hazards.....	21
6.2.4 Internal hazards.....	21
6.2.5 Fire protection	22
6.3 EMI/EMC	22
6.4 Electrical fault.....	22
6.5 Requirements from non-nuclear technical standards	22
6.6 Requirements from special operating conditions	22
7 Electrical isolation	23
7.1 Principles.....	23
7.1.1 General	23
7.1.2 Overvoltage barrier.....	23
7.1.3 Short circuit / Overcurrent protection	23
7.1.4 Electrical nonreactive (retroaction free)	24
7.1.5 Galvanic isolation (electrical insulation).....	24
7.2 Isolation devices	24
7.2.1 General	24
7.2.2 Isolation characteristics	25
7.2.3 Actuation priority	25
8 Physical separation	26
8.1 Principles.....	26

8.1.1	General	26
8.1.2	Separation by distance	26
8.1.3	Structural separation	26
8.2	Separation of cables and cable support structures	26
8.2.1	General	26
8.2.2	Divisional separation of redundant cables and cable support structures	27
8.2.3	Separation of system cables and cable supporting structures of different safety classes	27
8.2.4	Separation of signal cables from power cables	28
8.2.5	Reduced separation distances	28
8.2.6	Associated circuits	28
8.2.7	Separation of cables from tubes or pipes	28
8.2.8	General routing considerations	28
8.2.9	Identification	28
8.3	Separation of components inside the I&C and electrical system important to safety	28
8.3.1	Divisional separation of redundant components inside the I&C and electrical system important to safety	28
8.3.2	Separation of components of different safety classes	29
8.3.3	Installation of equipment of different voltage levels	29
8.3.4	Reduced separation distances	29
8.3.5	Associated circuits	30
8.3.6	Separation of components from sources of hazards	30
8.4	Control room cabinets, desks, panels and related cables	30
9	Verification	31
Annex A (normative)	Relation to IAEA guidelines and IEC 61226	32
A.1	Object of this Annex	32
A.2	Applicability of this document	32
A.3	IAEA Guidelines, applicable for this document	32
A.4	IEC standards, applicable for the safety categorization and classification	32
A.5	Defence in Depth levels, simplified definitions	33
Annex B (informative)	Examples of separation realizations	34
B.1	Object of this Annex	34
B.2	Example of physical separation	34
B.2.1	General	34
B.2.2	Examples of physical separation by distance	34
B.2.3	Examples of physical separation by structure	36
B.3	Example of electrical isolation	37
B.3.1	General	37
B.3.2	Examples of overvoltage barriers	37
B.3.3	Examples of short circuit / overcurrent protection	38
B.3.4	Examples of galvanic isolation	39
B.4	Example of EMC protection	40
B.5	Associated circuits	41
Annex C (informative)	Examples of design errors and I&C and electrical failure events	43
C.1	Object of this Annex	43
C.2	Design errors	43
C.3	I&C and electrical system failure events	43
C.3.1	General	43

C.3.2	Single random failure.....	43
C.3.3	Multiple failures from a single common cause	43
Annex D (informative)	Functional independence and independence of communication.....	44
D.1	Object of this Annex.....	44
D.2	Functional independence	44
D.2.1	General	44
D.2.2	Independence from control system	44
D.3	Independence of communication	45
Bibliography.....		46
Figure 1	– Physical separation by structure or distance	17
Figure 2	– Separation by electrical isolation.....	17
Figure 3	– Electrical Isolation measures and selection of components	23
Figure B.1	– Separation of cable supporting structures by distance	35
Figure B.2	– Separation of cable trays by distance.....	35
Figure B.3	– Separation by structures	36
Figure B.4	– Overvoltage barriers in I&C systems	37
Figure B.5	– Overvoltage protection in electrical systems	38
Figure B.6	– Short circuit protection in case of a cross-connection.....	39
Figure B.7	– Galvanic isolation in I&C systems	39
Figure B.8	– Galvanic isolation in electrical systems	40
Figure B.9	– EMC protection of I&C cables	41
Figure B.10	– Examples of associated circuits	42

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

NUCLEAR POWER PLANTS – INSTRUMENTATION, CONTROL AND ELECTRICAL POWER SYSTEMS IMPORTANT TO SAFETY – SEPARATION

FOREWORD

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

International Standard IEC 60709 has been prepared by subcommittee 45A: Instrumentation, control and electrical power systems of nuclear facilities, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2004. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) include requirements referring to the separation principle in electrical systems important to safety;
- b) define separation criteria for I&C and electrical systems in a generic way;
- c) restructure the standard following the criteria;
- d) consider interferences between I&C and electrical equipment from different safety classes;

- e) align with the new revisions of IAEA documents and broaden the scope to include other aspects of separation;
- f) cover new technologies that either present unique separation issues or provide new means of achieving separation;
- g) enhance requirements and guidance for areas of cable congestion, e.g. control room, cable spreading galleries, etc;
- h) introduce the concept of “associated circuits” (from US practice) to deal with equipment not important to safety and cables that are not separated from safety equipment and cables;
- i) address the implications of low energy circuits, such as the possible use of analysis to reduce the minimum separation distance;
- j) review existing requirements, update terminology and definitions;
- k) provide guidance for the application of the standard to existing plants.

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

FDIS	Report on voting
45A/1185/FDIS	45A/1195/RVD

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

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

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

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

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

INTRODUCTION

a) Background, main issues and organization of the standard

I&C and electrical systems important to safety in nuclear power plants need to tolerate the effects of plant / equipment faults as well as internal and external hazards. Various techniques are available to increase the level of tolerability of I&C and electrical systems to such effects, including the provision of independent systems, subsystems and equipment. For claims to be made of independence between such systems and equipment, adequate separation should be provided and maintained. This standard provides generic technical requirements and recommendations for the implementation of separation in the design of I&C and electrical systems.

The object of this standard is as follows:

- in Clause 5 to present the principles for separation of I&C and/or electrical systems. Subclause 5.4 focuses on modernization of existing nuclear power plants;
- in Clause 6, to define the separation design basis, including inputs, and to identify a certain number of possible causes of internal and external hazards;
- in Clause 7, to establish the electrical isolation measures for I&C and electrical systems important to safety and also requirements referring isolation devices;
- in Clause 8, to give requirements to be fulfilled for cabling and component separation within an I&C and electrical system important to safety.

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

IEC 60709 is a document of the second level, directly referenced by IEC 61513 and IEC 63046 in regard to physical separation and electrical isolation being required between subsystems of different safety trains of I&C and electrical systems important to safety, and between I&C and electrical systems important to safety and those that are not important to safety and between different defence in depth levels.

IEC 61226, that is consistent with IAEA SSG-30, establishes the principles of categorization of I&C and electrical functions and the classification of structures, systems and components (SSC) according to their level of importance to safety. IEC 61226 refers to IEC 60709 as the normative standard regarding requirements for separation.

For more details on the relation of this standard to IAEA guidelines and IEC 61226, see Annex A to this standard.

c) Recommendations and limitations regarding the application of the Standard

IEC 60709 applies to I&C and electrical systems and equipment important to safety. It establishes requirements for physical and electrical separation as one means to provide independence between the functions performed in those systems and equipment. Other aspects of independence that may be required to address concerns of common cause failure are not included in this standard. Furthermore, separation criteria due to security requirements are also not considered.

The requirements given in this standard for the separation of safety classes can be applied to separation for other design constraints, such as the defence in depth concept. These rules shall be defined at the beginning of a project by a separation concept.

The separation of safety class 1 from other classes, as used in this standard, is only an example of the application of the requirements of the standard.

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

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

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

At a third level, IEC SC 45A standards not directly referenced by IEC 61513 or by IEC 63046 are standards related to specific equipment, technical methods, or specific activities. Usually these documents, which make reference to second-level documents for general topics, can be used on their own.

A fourth level extending the IEC SC45A standard series, corresponds to the Technical Reports which are not normative.

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

IEC 61513 and IEC 63046 have adopted a presentation format similar to the basic safety publication IEC 61508 with an overall life-cycle framework and a system life-cycle framework. Regarding nuclear safety, IEC 61513 and IEC 63046 provide the interpretation of the general requirements of IEC 61508-1, IEC 61508-2 and IEC 61508-4, for the nuclear application sector. In this framework IEC 60880, IEC 62138 and IEC 62566 correspond to IEC 61508-3 for the nuclear application sector. IEC 61513 and IEC 63046 refer to ISO as well as to IAEA GS-R part 2 and IAEA GS-G-3.1 and IAEA GS-G-3.5 for topics related to quality assurance (QA). At level 2, regarding nuclear security, IEC 62645 is the entry document for the IEC SC 45A security standards. It builds upon the valid high level principles and main concepts of the generic security standards, in particular ISO/IEC 27001 and ISO/IEC 27002; it adapts them and completes them to fit the nuclear context and coordinates with the IEC 62443 series. At level 2, IEC 60964 is the entry document for the IEC SC 45A control rooms standards and IEC 62342 is the entry document for the ageing management standards.

NOTE 1 It is assumed that for the design of I&C systems in NPPs that implement conventional safety functions (e.g. to address worker safety, asset protection, chemical hazards, process energy hazards) international or national standards would be applied.

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

NUCLEAR POWER PLANTS – INSTRUMENTATION, CONTROL AND ELECTRICAL POWER SYSTEMS IMPORTANT TO SAFETY – SEPARATION

1 Scope

1.1 General

This document is applicable to nuclear power plant instrumentation and control (I&C) and electrical systems and equipment, whose functions are required to be independent due to their contribution to:

- a redundant or diverse safety group;
- different defence in depth levels;
- different safety classes and also with non-classified (NC) systems.

It is also applicable to temporary installations which are part of those I&C and electrical systems important to safety (for example, auxiliary equipment for commissioning tests and experiments or mobile power supply systems). Clause 7 is intended particularly for electrical isolation, Clause 8 is intended particularly for the cabling and the arrangement of equipment of I&C and electrical systems important to safety.

This document applies to I&C and electrical systems of new nuclear power plants and to I&C and electrical upgrading or back-fitting of existing plants. For existing plants see 1.2 and 5.4.

Where independence is required by general safety standards such as IAEA safety guides, IEC 61513 (for I&C), IEC 63046 (for electrical systems) and other project constraints, one aspect of achieving this independence is physical separation and electrical isolation between the systems and their equipment that perform safety functions. This document defines the assessments needed and the technical requirements to be met for I&C and electrical systems, equipment or cables for which separation is required. Those means are to achieve adequate physical separation and electrical isolation between redundant sections of a system and between a higher and lower class systems. This separation is needed to prevent or minimise the impact on safety that could result from faults and failures which could be propagated or affect several sections of a system or several systems.

The requirements for functions, and their associated systems and equipment, to be independent are normally defined in detail in the project documentation; the method of determining and defining these requirements is not the subject of this document.

Following IAEA SSR-2/1 Requirement 21, separation means by physical separation, electrical isolation, functional independence and independence of communication are considered. In this document physical separation and electrical isolation are treated. Functional independence and independence of communication are not considered in this document. More details referring to functional independence, independence from control systems and independence of communication are given in Annex D.

1.2 Application: new and pre-existing plants

This document applies to the I&C and electrical of new nuclear power plants as well as to upgrading or back-fitting of existing plants.

For existing plants, only a subset of requirements is applicable and this subset is normally specified and argued at the beginning of any project.

2 Normative references

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

IEC 60071 (all parts), *Insulation co-ordination*

IEC 60332 (all parts), *Tests on electric cables under fire conditions*

IEC 60364-4-41, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-5-52, *Low-voltage electrical installations – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems*

IEC 60364-5-56, *Low-voltage electrical installations – Part 5-56: Selection and erection of electrical equipment – Safety services*

IEC 60909 (all parts), *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems*

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

IEC 61000 (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC)*

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

IEC 61439-1, *Low voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: General rules*

IEC 61500, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Data communication in systems performing category A functions*

IEC 61513:2011, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – General requirements for systems*

IEC 61660 (all parts), *Short-circuit currents in d.c. auxiliary installations in power plants and substations*

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

IEC TR 62096, *Nuclear power plants – Instrumentation and control – Guidance for the decision on modernisation*

IEC 62808, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Design and qualification of isolation devices*

IEC 63046, *Nuclear power plants – Electrical systems – General requirements*¹

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

¹ To be published.

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

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

IAEA Safety Guide SSG-39:2016, *Design of instrumentation and control systems in Nuclear Power Plants*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	51
INTRODUCTION	53
1 Domaine d'application	56
1.1 Généralités	56
1.2 Application: nouvelles centrales et centrales préexistantes	57
2 Références normatives	57
3 Termes et définitions	58
4 Termes abrégés	62
5 Principes et exigences relatifs à la séparation	62
5.1 Principes.....	62
5.1.1 Généralités	62
5.1.2 Raisonnement et limites de la séparation.....	63
5.1.3 Principes et exigences de sûreté des centrales	64
5.2 Exigences relatives à la séparation des classes de sûreté	64
5.3 Circuits associés.....	65
5.3.1 Généralités	65
5.3.2 Critères	66
5.4 Problème de la séparation dans les installations existantes	67
5.4.1 Généralités	67
5.4.2 Critères	67
6 Base de conception de la séparation	67
6.1 Entrées de conception	67
6.2 Conditions environnementales et événements dangereux	68
6.2.1 Généralités	68
6.2.2 Conditions environnementales	68
6.2.3 Événements dangereux externes	68
6.2.4 Événements dangereux internes	68
6.2.5 Protection contre les incendies	69
6.3 Brouillage électromagnétique/CEM	69
6.4 Défaut électrique	69
6.5 Exigences issues de normes techniques non nucléaires	70
6.6 Exigences issues de conditions particulières de fonctionnement	70
7 Isolement électrique	70
7.1 Principes.....	70
7.1.1 Généralités	70
7.1.2 Barrière contre les surtensions	70
7.1.3 Protection contre les courts-circuits/surintensités	71
7.1.4 Isolation électrique non réactive (sans rétroaction)	71
7.1.5 Isolation galvanique (isolation électrique)	71
7.2 Appareils d'isolement.....	72
7.2.1 Généralités	72
7.2.2 Caractéristiques d'isolement.....	72
7.2.3 Priorité actionneur	73
8 Séparation physique	73
8.1 Principes.....	73

8.1.1	Généralités	73
8.1.2	Séparation par la distance	74
8.1.3	Séparation structurelle.....	74
8.2	Séparation des câbles et des structures supports de câbles	74
8.2.1	Généralités	74
8.2.2	Séparation par division des câbles redondants et des structures supports de câbles	74
8.2.3	Séparation des câbles des systèmes et des structures supports de câbles de différentes classes de sûreté	75
8.2.4	Séparation entre les câbles de signalisation et les câbles de puissance	76
8.2.5	Distances de séparation réduites	76
8.2.6	Circuits associés	76
8.2.7	Séparation entre le câblage et les canalisations ou la tuyauterie	76
8.2.8	Généralités sur le cheminement des câbles	76
8.2.9	Identification	76
8.3	Séparation des composants à l'intérieur du système d'I&C et électrique important pour la sûreté	76
8.3.1	Séparation par division des composants redondants à l'intérieur du système d'I&C et électrique important pour la sûreté	76
8.3.2	Séparation des composants de différentes classes de sûreté	77
8.3.3	Installation d'équipements de différents niveaux de tension	77
8.3.4	Distances de séparation réduites	78
8.3.5	Circuits associés	78
8.3.6	Séparation entre les composants et les sources d'événements dangereux	78
8.4	Armoires de commande, pupitres, panneaux et câbles attachés.....	78
9	Vérification	79
Annexe A (normative) Relation avec les lignes directrices de l'AIEA et l'IEC 61226		81
A.1	Objet de la présente Annexe	81
A.2	Applicabilité du présent document.....	81
A.3	Lignes directrices de l'AIEA applicables au présent document	81
A.4	Normes IEC applicables à la catégorisation et au classement de sûreté	81
A.5	Niveaux de défense en profondeur, définitions simplifiées	82
Annexe B (informative) Exemples de séparations		83
B.1	Objet de la présente Annexe	83
B.2	Exemple de séparation physique.....	83
B.2.1	Généralités	83
B.2.2	Exemples de séparations physiques par une distance	83
B.2.3	Exemples de séparations physiques par une structure	85
B.3	Exemple d'isolement électrique.....	86
B.3.1	Généralités	86
B.3.2	Exemples de barrières contre les surtensions	86
B.3.3	Exemples de protections contre les courts-circuits/surintensités	87
B.3.4	Exemples d'isolations galvaniques.....	88
B.4	Exemple de protection CEM.....	89
B.5	Circuits associés.....	90
Annexe C (informative) Exemples d'erreurs de conception et de défaillances de systèmes d'I&C et électriques.....		92
C.1	Objet de la présente Annexe	92
C.2	Erreurs de conception	92

C.3	Défaillances de systèmes d'I&C et électriques	92
C.3.1	Généralités	92
C.3.2	Défaillance aléatoire unique	92
C.3.3	Défaillances multiples issues d'une cause unique commune	92
Annexe D (informative) Indépendance fonctionnelle et indépendance en matière de communication.....		93
D.1	Objet de la présente Annexe	93
D.2	Indépendance fonctionnelle	93
D.2.1	Généralités	93
D.2.2	Indépendance du système de contrôle-commande.....	93
D.3	Indépendance en matière de communication.....	94
Bibliographie.....		96
Figure 1	– Séparation physique par structure ou par distance	63
Figure 2	– Séparation par isolement électrique	64
Figure 3	– Mesures d'isolement électrique et sélection des composants	70
Figure B.1	– Séparation des structures de support de câbles par une distance	84
Figure B.2	– Séparation des tablettes par une distance	84
Figure B.3	– Séparation par des structures	85
Figure B.4	– Barrières contre les surtensions dans les systèmes d'I&C.....	86
Figure B.5	– Protection contre les surtensions dans les systèmes électriques.....	87
Figure B.6	– Protection contre les courts-circuits en cas d'interconnexion.....	88
Figure B.7	– Isolation galvanique dans les systèmes d'I&C	88
Figure B.8	– Isolation galvanique dans les systèmes électriques	89
Figure B.9	– Protection CEM des câbles d'I&C	90
Figure B.10	– Exemples de circuits associés	91

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – SYSTÈMES D'INSTRUMENTATION, DE CONTRÔLE-COMMANDE ET D'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE IMPORTANTS POUR LA SÛRETÉ – SÉPARATION

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 60709 a été établie par le sous-comité 45A: Systèmes d'instrumentation, de contrôle-commande et d'alimentation électrique des installations nucléaires, du comité d'études 45 de l'IEC: Instrumentation nucléaire.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2004. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) intégration d'exigences relatives au principe de séparation dans les systèmes électriques importants pour la sûreté;

- b) définition de critères de séparation pour les systèmes d'I&C et électriques de manière générale;
- c) restructuration de la norme selon les critères;
- d) prise en considération des interférences entre les équipements d'I&C et électriques de différentes classes de sûreté;
- e) mise en cohérence de la norme avec les nouvelles révisions des documents de l'AIEA et extension du domaine d'application pour inclure de nouveaux aspects de séparation;
- f) couverture de nouvelles technologies qui soit présentent des questions particulières de séparation, soit fournissent un moyen nouveau pour l'assurer;
- g) amélioration des exigences et des préconisations relatives aux zones de câblage congestionnées, par exemple salle de commande, passages des chemins de câbles, etc.;
- h) introduction du concept de «circuits associés» (issu de la pratique américaine) pour prendre en compte les équipements non importants pour la sûreté et les câbles qui ne sont pas séparés des équipements et des câbles classés de sûreté;
- i) traitement des implications des circuits basse énergie, telles que l'utilisation possible de l'analyse pour réduire les distances minimales de séparation;
- j) revue des exigences existantes, mise à jour de la terminologie et des définitions;
- k) préconisations pour l'application de la présente norme aux centrales existantes.

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

FDIS	Rapport de vote
45A/1185/FDIS	45A/1195/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.

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

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

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

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

INTRODUCTION

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

Il est nécessaire que les systèmes d'I&C (instrumentation et contrôle-commande) et électriques importants pour la sûreté des centrales nucléaires de puissance tolèrent les effets liés aux pannes des équipements/de la centrale comme ceux liés aux événements dangereux internes et externes. Différentes techniques sont disponibles pour augmenter le niveau de tolérance des systèmes d'I&C et électriques à de tels effets, comprenant les dispositions d'indépendance prises au niveau des systèmes, des sous-systèmes et des équipements. Pour prétendre à l'indépendance de systèmes ou d'équipements, il convient de prévoir et de maintenir une séparation appropriée. La présente norme fournit des exigences techniques et des recommandations générales pour la mise en œuvre de la séparation lors de la conception des systèmes d'I&C et électriques.

L'objet de la présente norme est le suivant:

- l'Article 5 présente les principes de séparation des systèmes d'I&C et/ou électriques. Le paragraphe 5.4 porte sur la modernisation des centrales nucléaires de puissance existantes;
- l'Article 6 définit la base de conception de la séparation, y compris les entrées, et identifie un certain nombre de causes possibles d'événements dangereux internes et externes;
- l'Article 7 établit des mesures d'isolement électrique pour les systèmes d'I&C et électriques importants pour la sûreté ainsi que des exigences relatives aux appareils d'isolement;
- l'Article 8 fournit des exigences à satisfaire pour la séparation du câblage et des composants dans un système d'I&C et électrique important pour la sûreté.

b) Position de la présente norme dans la série de normes du SC 45A

L'IEC 60709 est un document du deuxième niveau qui est directement référencé par l'IEC 61513 et l'IEC 63046 pour ce qui concerne la séparation physique et l'isolement électrique exigées entre les sous-systèmes des différents trains de sûreté des systèmes d'I&C et électriques importants pour la sûreté et entre les systèmes d'I&C et électriques importants pour la sûreté et ceux qui ne sont pas importants pour la sûreté et entre les différents niveaux de défense en profondeur.

L'IEC 61226 qui est cohérente avec le guide de sûreté SSG-30 de l'AIEA établit les principes de catégorisation des fonctions d'I&C et électriques et le classement des structures, des systèmes et des composants (SSC) suivant leur niveau d'importance pour la sûreté. L'IEC 61226 fait référence à l'IEC 60709 comme la norme traitant des exigences de séparation.

Pour plus de détails sur la relation de la présente norme avec les lignes directrices de l'AIEA et l'IEC 61226, voir l'Annexe A de la présente norme.

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

L'IEC 60709 est applicable aux équipements et systèmes d'I&C et électriques importants pour la sûreté. Elle donne les exigences de séparation physique et électrique qui constituent un moyen permettant d'assurer l'indépendance entre les fonctions implantées dans ces équipements et ces systèmes. Les autres aspects relatifs à l'indépendance qui peuvent être exigés pour répondre aux préoccupations concernant les défaillances de cause commune ne sont pas couverts par la présente norme. En outre, les critères de séparation dus aux exigences de sûreté ne sont pas non plus pris en considération.

Les exigences énoncées dans la présente norme concernant la séparation des classes de sûreté peuvent être appliquées à la séparation pour d'autres contraintes de conception, telles

que le concept de défense en profondeur. Ces règles doivent être définies au début d'un projet par un concept de séparation.

La séparation entre la classe de sûreté 1 et les autres classes, telle qu'utilisée dans la présente norme, ne constitue qu'un exemple de l'application des exigences de la norme.

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

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

Les normes IEC 61513 et IEC 63046 font directement référence aux autres normes du SC 45A de l'IEC traitant de sujets génériques, tels que la catégorisation des fonctions et le classement des systèmes, la qualification, la séparation des systèmes, la défense contre les défaillances de cause commune, la conception des salles de commande, compatibilité électromagnétique, la cybersécurité, les aspects logiciels et matériels relatifs aux systèmes programmés numériques, la coordination des exigences de sûreté et de sécurité et la gestion du vieillissement. Il convient de considérer que ces normes, de second niveau, forment, avec les normes IEC 61513 et IEC 63046, un ensemble documentaire cohérent.

Au troisième niveau, les normes du SC 45A de l'IEC, qui ne sont généralement pas référencées directement par les normes IEC 61513 ou IEC 63046, sont relatives à des matériels particuliers, à des méthodes ou à des activités spécifiques. Généralement ces documents, qui font référence aux documents de deuxième niveau pour les activités génériques, peuvent être utilisés de façon isolée.

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

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

Les normes IEC 61513 et IEC 63046 ont adopté une présentation similaire à celle de l'IEC 61508, avec un cycle de vie d'ensemble et un cycle de vie des systèmes. Au niveau sûreté nucléaire, les normes IEC 61513 et IEC 63046 sont l'interprétation des exigences générales de l'IEC 61508-1, de l'IEC 61508-2 et de l'IEC 61508-4 pour le secteur nucléaire. Dans ce domaine, l'IEC 60880, l'IEC 62138 et l'IEC 62566 correspondent à l'IEC 61508-3 pour le secteur nucléaire. Les normes IEC 61513 et IEC 63046 font référence aux normes

ISO ainsi qu'aux documents AIEA GS-R partie 2 et AIEA GS-G-3.1 et AIEA GS-G-3.5 pour ce qui concerne l'assurance qualité. Au second niveau, la norme IEC 62645 est le document chapeau des normes du SC 45A de l'IEC portant sur la cybersécurité. Elle est élaborée sur les principes pertinents de haut niveau des normes ISO/IEC 27001 et ISO/IEC 27002; elle les adapte et les complète pour qu'ils deviennent pertinents pour le secteur nucléaire; elle est coordonnée étroitement avec la norme IEC 62443. Au second niveau, la norme IEC 60964 est le document chapeau des normes du SC 45A de l'IEC portant sur les salles de commande et la norme IEC 62342 est le document chapeau des normes du SC 45A de l'IEC portant sur la gestion du vieillissement.

NOTE 1 Il est fait l'hypothèse que pour la conception des systèmes d'I&C qui sont supports de fonctions de sûreté conventionnelle (par exemple pour garantir la sécurité des travailleurs, la protection des biens, la prévention contre les risques chimiques, la prévention contre les risques liés au procédé énergétique) on applique des normes nationales ou internationales.

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

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – SYSTÈMES D'INSTRUMENTATION, DE CONTRÔLE-COMMANDE ET D'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE IMPORTANTS POUR LA SÛRETÉ – SÉPARATION

1 Domaine d'application

1.1 Généralités

Le présent document est applicable aux systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande (I&C) des centrales nucléaires de puissance ainsi qu'aux systèmes et équipements électriques, dont il est exigé que les fonctions soient indépendantes en raison de leur contribution à:

- un groupe de sûreté redondant ou varié;
- différents niveaux de défense en profondeur;
- différentes classes de sûreté et avec les systèmes non classés (NC).

Il est aussi applicable aux installations temporaires qui font partie de ces systèmes d'I&C et électriques importants pour la sûreté (par exemple, les équipements auxiliaires pour les essais de mise en service et l'expérimentation ou pour les systèmes mobiles d'alimentation électrique). L'Article 7 traite plus particulièrement de l'isolement électrique et l'Article 8 du câblage et de la disposition des équipements des systèmes d'I&C et électriques importants pour la sûreté.

Le présent document s'applique aux systèmes d'I&C et électriques des nouvelles centrales nucléaires de puissance et aux systèmes d'I&C et électriques améliorés ou rénovés de centrales existantes. Pour les centrales existantes, voir 1.2 et 5.4.

Lorsque l'indépendance est exigée par une norme générale de sûreté telle que les guides sûreté AIEA, l'IEC 61513 (pour les systèmes d'I&C), l'IEC 63046 (pour les systèmes électriques) ou par d'autres contraintes de projets, un des moyens pour atteindre cette indépendance est la séparation physique et l'isolement électrique des systèmes et des équipements qui réalisent des fonctions de sûreté. Le présent document définit les évaluations nécessaires et les exigences techniques qui doivent être satisfaites par les systèmes d'I&C et électriques, les équipements ou les câbles pour lesquels la séparation est exigée. Ces moyens permettent d'obtenir une séparation physique et un isolement électrique appropriés entre les parties redondantes d'un système ou entre un système de classe supérieure et un système de classe inférieure. Cette séparation est nécessaire pour prévenir ou réduire le plus possible l'impact sur la sûreté qui pourrait résulter de pannes ou de défaillances qui pourraient être propagées ou qui pourraient affecter plusieurs parties d'un système ou de plusieurs systèmes.

Les exigences relatives aux fonctions à rendre indépendantes sont normalement définies en détail dans la documentation relative au projet, ainsi que leurs systèmes et équipements associés. La méthode de détermination et de définition de ces exigences ne relève pas du présent document.

Selon la Prescription 21 du SSR-2/1 de l'AIEA, les moyens de séparation tels que la séparation physique, l'isolement électrique, l'indépendance fonctionnelle et l'indépendance en matière de communication sont normalement pris en considération. Le présent document traite de la séparation physique et de l'isolement électrique tandis que l'indépendance fonctionnelle et l'indépendance en matière de communication ne sont pas traitées dans le présent document. Des informations plus détaillées concernant l'indépendance fonctionnelle,

l'indépendance des systèmes de contrôle-commande et l'indépendance en matière de communication sont fournies à l'Annexe D.

1.2 Application: nouvelles centrales et centrales préexistantes

Le présent document s'applique aux systèmes d'I&C et électriques des nouvelles centrales nucléaires de puissance ainsi qu'à l'amélioration et à la rénovation des centrales existantes.

Pour les centrales existantes, seul un sous-ensemble des exigences est applicable. Ce sous-ensemble est normalement spécifié et discuté au début de chaque projet.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60071 (toutes les parties), *Coordination de l'isolement*

IEC 60332 (toutes les parties), *Essais des câbles électriques et à fibres optiques soumis au feu*

IEC 60364-4-41, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

IEC 60364-5-52, *Installations électriques à basse-tension – Partie 5-52: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques – Canalisations*

IEC 60364-5-56, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-56: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques – Services de sécurité*

IEC 60909 (toutes les parties), *Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif*

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

IEC 61000 (toutes les parties), *Compatibilité électromagnétique (CEM)*

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

IEC 61439-1, *Ensembles d'appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

IEC 61500, *Centrales nucléaires de puissance – Système d'instrumentation et de contrôle-commande importants pour la sûreté – Communication de données dans les systèmes réalisant des fonctions de catégorie A*

IEC 61513:2011, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Exigences générales pour les systèmes*

IEC 61660 (toutes les parties), *Courants de court-circuit dans les installations auxiliaires alimentées en courant continu dans les centrales et les postes*

IEC 62003, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Exigences relatives aux essais de compatibilité électromagnétique*

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

IEC 62808, *Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande importants pour la sûreté – Conception et qualification des appareils d'isolement*

IEC 63046, *Nuclear power plants – Electrical systems – General requirements* (disponible en anglais seulement)¹

Normes de sûreté de l'AIEA N° SSR-2/1:2016, *Sûreté des centrales nucléaires: Conception*

IAEA Safety Guide SSG-30, *Safety classification of structures, systems and components in Nuclear Power Plants* (disponible en anglais seulement)

IAEA Safety Guide SSG-34, *Design of electrical power systems for Nuclear Power Plants* (disponible en anglais seulement)

IAEA Safety Guide SSG-39:2016, *Design of instrumentation and control systems for Nuclear Power Plants* (disponible en anglais seulement)

¹ À publier.