

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Nuclear power plants – Control rooms – Application of visual display units (VDUs)

Centrales nucléaires de puissance – Salles de commande – Utilisation des unités de visualisation

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61772:2009



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2009 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Nuclear power plants – Control rooms – Application of visual display units (VDUs)

Centrales nucléaires de puissance – Salles de commande – Utilisation des unités de visualisation

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

X

ICS 27.120.20

ISBN 978-2-88910-573-1

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope and object.....	8
2 Normative references	9
3 Terms, definitions and abbreviations	9
4 Design requirements	10
4.1 Intended purpose and application.....	10
4.1.1 General	10
4.1.2 Number and location of displays	11
4.1.3 Placement to avoid daylight and lighting problems.....	12
4.2 Principal users	13
4.3 Failure criteria	14
4.4 System requirements.....	14
4.5 Information needs and application procedures.....	15
4.5.1 General	15
4.5.2 Back-fitting applications.....	16
4.5.3 New MCR design	16
5 Design and implementation of VDU formats.....	17
5.1 Design.....	17
5.2 General requirements.....	18
5.2.1 Presentation	18
5.2.2 Availability	18
5.2.3 Legibility.....	18
5.3 Accuracy	19
5.3.1 Understandability.....	19
5.3.2 Compatibility of VDU-formats with other man-machine interfaces	19
5.3.3 Consistency between VDU formats	19
5.4 Form of presentation	20
5.4.1 Principles	20
5.4.2 Use of symbols and graphics	21
5.4.3 Schematic and mimic displays	21
5.4.4 Formatting of information.....	21
6 Design and implementation of large screen displays.....	22
6.1 Purpose of LSD systems	22
6.2 Overview of LSD design issues	23
6.3 Placement of LSDs in the MCR	23
6.3.1 General	23
6.3.2 Placement relative to operators' viewing areas	24
6.4 Information-content of LSD formats	25
6.4.1 General	25
6.4.2 Screen and display performance.....	26
6.4.3 Screen format design for LSDs	26
6.4.4 Special colour issues for LSD formats	27
6.5 Control of change of display-content on LSDs	28
7 Verification	29
8 Validation	29

Annex A (informative) Advantages and disadvantages of VDU-based display	30
Annex B (informative) Examples of formats, typical use and some characteristics	32
Annex C (informative) Format design and implementation basis	34
Annex D (informative) Examples of access methods	35
Annex E (informative) Verification and validation of VDU	36
Annex F (informative) Method of VDU format design presenting information on plant conditions and equipment state	39
Figure E.1 – Format creation and verification	38

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61772:2009

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

NUCLEAR POWER PLANTS – CONTROL ROOMS – APPLICATION OF VISUAL DISPLAY UNITS (VDUs)

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 61772 has been prepared by subcommittee 45A: Instrumentation and control of nuclear facilities, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1995 and constitutes a technical revision.

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

- Expand the previous text to cover the use of Large Screen Displays (LSDs), to provide improved recommendations on the use of colour, and to improve the coverage of back-fit or upgrade applications.
- Provide references to relevant normative standards.
- Harmonise terminology according to SC 45A guidance.
- Cover experience of VDU systems design and use.
- Present examples of good practice, including methods of access to displays of current interest.

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

FDIS	Report on voting
45A/728/FDIS	45A/740/RVD

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

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61772:2009

INTRODUCTION

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

During the work to create a standard for the design of control rooms of nuclear power plants, it became obvious that the volume of such a standard would become very large. Therefore the standard was split into one main standard (IEC 60964 with an annex) and some supplementary standards. This standard is one of the supplementary standards.

It is intended that the Standard be used by operators of NPPs (utilities), designers, systems evaluators and by licensors.

b) Situation of this Standard in the structure of the IEC SC 45A standard series

IEC 61772 is the third level IEC SC 45A document tackling the generic issue of use of VDUs in NPPs Main Control Room.

IEC 61772 is to be read in conjunction with IEC 60964 which is the appropriate IEC SC 45A document which provides general requirements concerning the design of Nuclear Power Plants main control rooms. IEC 61227, IEC 61771, IEC 62241 and IEC 61839 should also be read with this standard.

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

c) Recommendations and limitations regarding the application of this Standard

It is important to note that this Standard establishes no additional functional requirements for safety systems.

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 45 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61772:2009

NUCLEAR POWER PLANTS – CONTROL ROOMS – APPLICATION OF VISUAL DISPLAY UNITS (VDUs)

1 Scope and object

This International Standard supplements IEC 60964. It presents design requirements for the application of VDUs in main control rooms of nuclear power plants.

For the main control room of a nuclear power plant, IEC 60964 includes general requirements for layout, user needs and verification and validation methods and these aspects are not repeated in this standard. IEC 61227, IEC 61771, IEC 62241 and IEC 61839 should also be read with this standard.

This standard assists the designer in specifying VDU applications (including displays on individual workstations and larger displays for group-working or distant viewing) together with or instead of conventional (panel) displays by:

- stating principles to take advantage of VDU capability;
- giving examples of good practice and guiding the designer to avoid deficiencies of design.

This standard contains:

a) requirements for information needs:

- according to information goals e.g. operation, maintenance, protection,
- allowing for the necessary amount of space, e.g. location, arrangement,
- using a hierarchy and/or relationships,
- avoiding unnecessary information,
- ensuring that information is relevant,

b) requirements for good presentation such as:

- clear and flicker-free display with suitable updating frequency,
- enough display space and an optimal arrangement,
- adequate format and symbol sizes,
- pictorial, symbolic display in addition to alpha-numeric capacity,
- standardized, common symbols and names,
- arrangements oriented to human factor needs, e.g. population stereotypes,
- use of grouping and coding methods,
- use of consistent flow directions,
- appropriate abstraction levels according to the needs of the different presumed users,

c) methods for easy and quick access to the specific information of current interest:

- by simple selection of single formats or format-sets according to information goals,
- by using different kinds of menus (icons of neighbouring information) or other access techniques (last display, selection on screen, etc.) by soft keys on or off the VDU screens or cursors,
- by using programmed presentation (triggered by any binary signal, such as an alarm),

d) design criteria to obtain appropriate reliability of all functions necessary to achieve the specified information goals.

This standard is intended for application to the design of new main control rooms in nuclear power plants designed to IEC 60964 and where this is initiated after the publication of this standard. If it is to be applied to existing control rooms or control areas designs, care should be taken as some assumptions made (such as automation level) may not apply.

Where a deviation from this standard is necessary in a back-fitting application the reasons should be documented.

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 60964:2009, *Nuclear power plants – Control rooms - Design*

IEC 61226:2005, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Classification of instrumentation and control functions*

IEC 61227:2008, *Nuclear power plants – Control rooms – Operator controls*

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*

IEC 61839:2000, *Nuclear power plants – Design of control rooms – Functional analysis and assignment*

IEC 62241:2004, *Nuclear power plants – Main control room – Alarm functions and presentation*

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

IAEA Safety Guide NS-G-1.3:2002, *Instrumentation and control systems important to safety in Nuclear Power Plants*

3 Terms, definitions and abbreviations

For the purposes of this document, the terms, definitions and abbreviations given in IEC 60964 apply as well as the following:

3.1

associated information

additional, or helpful information complementary to the main display content of a single format or a format-set. The existence of this additional capability of display may be indicated by certain icons (navigation targets, as integrated parts of the displayed information) and their selection will lead to the display of single formats or pictorial menus or, where suitable, alpha-numeric menus

3.2

Large Screen Display (LSD)

any form of larger display intended for group viewing, shared tasks, monitoring at a distance, etc.

3.3

navigation targets

areas on the display screens that provide access to other displays, when a cursor or pointer is placed on the area and a suitable control action is taken

3.4

primary display

VDU display intended as the main (or one of the main) displays to facilitate the operator's main monitoring and control tasks. Primary displays need to be located more restrictively so that the operator is able to use them effectively from the working position

3.5

secondary display

VDU display filling a supportive role, such as to promote general situation awareness, group cooperation, casual monitoring when moving around the MCR, overall monitoring when not occupied with more specific tasks

3.6

touch panel

soft control which uses a position detector to detect the operator's finger pointing at the label on the VDU. Alternatively, a light pen may be used or a cursor may be moved over the VDU format to identify a label. The label may describe an item of plant or a control action.

3.7

Visual Display Unit (VDU)

type of display incorporating a screen for presenting computer-driven images

[IEC 60964]

3.8 Abbreviations

CRT: cathode ray tube

DLP: digital light processing

LCD: liquid crystal display

LSD: large-screen display

MCR: main control room

NPP: nuclear power plant

V&V: verification and validation

VDU: visual display unit

4 Design requirements

4.1 Intended purpose and application

4.1.1 General

The design process of the VDU system shall reflect the requirements of IEC 60964.

The design process shall identify the goals of the display system, e.g. safety, availability, operability.

Where a system is back-fitted to an existing plant, the extent of application of the requirements of IEC 60964 and of this standard shall be identified.

The availability requirements shall be determined from the classification of the system in accordance with IEC 61226 and IEC 61513.

The VDU system shall be designed so that operators can perform their tasks correctly and promptly. Account should be taken of the relationship between the information to be presented and any associated controls.

Consideration shall be given to control/display integration and the type of operating procedure (event based, symptom-based or state-based).

The presentation of the relevant information shall be taken into account in the choice of the kind of display to be used.

The design shall be based on ergonomic principles to ensure ease of operation and to minimize operator errors, both of intention and execution.

As the information displayed on VDUs is a major information source and contributes to the total operator workload, the display design shall minimize the workload contribution from monitoring, operation and problem solving to avoid information overload.

The design of the VDU system shall develop and document a clear definition of the intended purpose of the displays, their safety role and their basic performance requirements.

The following factors have great influence on the necessary extent, structure and capabilities of the entire system:

- new design or back-fitting application,
- safety, non-safety or legal licensing relevance,
- extent of plant automation,
- capabilities and needs of the main users,
- display only, or integrated soft controls.

The system may be provided in one step or in several steps according to funding, time limits, increased experience or changes in the state of the art of hardware and software, and changes in philosophies which might affect the role of the operators.

Some aspects of enhanced VDU-based displays are given in Annex A of this standard.

This standard offers broad guidance, but when the project needs to go into more detail, a set of specific design and style guides shall be established. To do so, this standard also provides directions to ensure that the project specific guidance can provide a consistent design across displays, systems and old/new equipment.

4.1.2 Number and location of displays

Typically, one of the first design decisions is the overall control-room configuration, i.e.:

- number and location of computer workstations and their hardware such as VDUs, keyboards,
- number and location of other hardware items such as alarms and controls.

In order to minimize late changes of the design, an early analysis of operator tasks should include the following tasks:

- analysing the information to be presented to the operators,
- obtaining input from operating crews.

For new plant designs the following should be included in the design team:

- staff with operating experience from previous plants,
- staff with operating experience from similar designs,
- representative future operators.

Determining the appropriate amount of display area should include consideration of:

- the information that will be needed at one time by the operators,
- the arrangement of information within display pages,
- the arrangement of pages within the display network,
- the means used to access the information.

The coordination of activities among crew members should be taken into account.

4.1.3 Placement to avoid daylight and lighting problems

The overall requirements and guidance given in the general control room design basis are relevant.

The major lighting problem is to supply enough light to illuminate printed and written material without illuminating the display screens (and LSDs) and undesirably reducing screen contrast.

In general, the overall lighting in the control room should be indirect and somewhat diffuse.

The room décor and colours of furnishing are important in determining the overall appearance of the workspace.

Architectural-surface reflectance should support diffuse lighting while not creating too much reduction of contrast on VDUs and LSDs.

The lighting scheme and choice of luminaires should be integrated with the rest of the design process.

The lighting scheme and choice of luminaires should not be handled piecemeal or in isolation.

Each new light-source or bright surface that is added into a control-room can potentially cause a variety of problems. For example:

- unplanned supplementary illumination can cause glare or reflections from VDU screens;
- unplanned general lighting can cast “waste light” or scattered light onto LSDs, reducing:
 - contrast,
 - colour-saturation,
 - readability.

Note that projection-screens with lower gain are more prone to cause the above problems than screens with higher gain.

Windows that admit daylight are especially problematic for LSDs.

Light distribution may need to be carefully controlled.

Front-projectors should be positioned so that they do not cause glare or reflections on operator workstation displays.

Care should be taken with colours in relation to room lighting conditions. Note that:

- unsaturated colours are difficult to discriminate in bright room light,
- similar colours are hard to distinguish in dim room-lighting.

Luminaires should have neutral colour rendering.

Coloured ambient illumination should not be used if colour-coding is used in the control-room.

Lamp-types with poor colour-rendering should not be used.

If the control-room has emergency lighting that may be used while operators continue to use displays, then this also should have good colour-rendering

4.2 Principal users

The principal users of each group of VDUs shall be identified as part of the definition of design requirements. These may be the reactor or other plant operators, the operation supervisor, maintenance staff or management. In the case of LSDs, there may be different users or groups of users situated in different areas of the MCR.

The level of understanding of the displayed information shall be primarily related to main control room operators' mental capabilities and the formats shall be produced with their fullest co-operation from the outset. This is because operators in the main control room normally are the principal users of the information system at NPPs in normal, disturbed and accident situations. They are the only personnel always present and in charge.

In addition to the basic information, a more concentrated and abstract display of information shall be given to shift leaders, safety engineers and, according to utility practice, other on-site and off-site advisors to the control room staff. These may be concerned with the analysis and strategic decision-making in longer lasting, complex situations. Such a display format is also a suitable candidate for LSD when one of its identified functions is to maintain situation awareness and promote group cooperation.

The design targets should be to enhance the operators' role towards that of a safety and performance optimizer, by exploiting and supporting the mental capacity and expert knowledge of the operator.

Experience of display use on nuclear plants shows that operating and maintenance staff need access to all plant information, both direct and derived, within the workstation's VDU display system, and that this should include specific facilities to allow display of information on:

- logic control algorithms,
- trip setpoints,
- alarm thresholds,
- signal scale factors,
- input assignment,

and other characteristics of the system used to define the performance of the display application. This facility is of specific value during plant commissioning and for the confirmation of modifications.

4.3 Failure criteria

The reliability requirements and failure criteria should be identified from the safety categorization process of IEC 61226 and from plant safety requirements, emerged from, among others, regulatory bodies. A failure of an information system means that the information is degraded and not sufficient and precise enough to understand or perform a safety task properly. A single failure within a system is any failure of a component, e.g., a sensor, a processor or a display unit.

Applications of VDUs may include:

- a) Individual screens and LSDs with no safety relevance and other instruments, used to enhance the understanding of certain situations or to facilitate early detection of abnormalities such as those which inform about actions of automatic systems, energy or fluid flows and balances and small radioactivity releases or leakage.
- b) LSDs and screens for information and control which may have safety relevance such as those necessary to perform actions according to safety-related procedures for plant conditions within and beyond the design bases.
- c) Screens for safety such as those of a dedicated safety panel.
- d) Soft controls in an integrated information and control system.

Such applications may be used for new designs or back-fitting of control rooms.

For case a),

- Redundancy is generally not essential and an occasional failure of the information function may be acceptable.

For case b),

- Redundancy shall be provided to ensure that a single component failure in the system does not prevent operation of its general function.
- Display functions (consisting of already concentrated information) should have an availability which meets the relevant documented safety needs.

For case c),

- A failure of a single display shall not prevent operator actions required for safety. Redundancy and diversity of information and control means may be used for this.
- Information necessary for handling accidents shall rely only on safety qualified measurements of sufficient redundancy but may be supplemented by other information.
- The probability of a failure of the information function shall be considered in relation to the relevant and documented safety needs.

For case d),

- A failure of a single display shall be considered according to the safety and availability criteria of a), b) or c), for which the control actions concerned are taken.

4.4 System requirements

Subclauses 4.1 to 4.3 enable the designer to determine requirements for the VDUs. This document states the high level requirements.

A style guide should give detailed guidance on specific response time, viewing angle limits etc.

The following areas shall have detailed requirements developed:

- the amount and structure of computing and storage capability,
- the necessary redundancy, diversity and complexity of information,
- the environmental conditions and requirements for the VDU or LSD.

Requirements intended primarily for workstation VDU-system design shall be established for the following:

- the character and symbol sizes provided by the VDU equipment,
- the number of sufficient pixels to differentiate the symbols employed where a character matrix is used,
- specific requirements for the maximum viewing angle for a primary or a secondary display (between the line of sight and the perpendicular to the plane of the display),
- specific requirements for the contrast of characters and symbols to background with possible control of luminance,
- the update frequency of information in digital form.

In addition the following requirements are fixed for workstation VDU-system design:

- The call-up time of any element of a format (set) shall meet the needs for display presentation arising from task analysis.
- The call-up time of any element of a format (set) shall meet the operator's human factor needs for display.
- The update frequency of information in digital form should be one that ensures that data is easily and accurately read by the operator, whether the plant is at steady-state or in a transient, and without rapidly changing lowest digits being displayed.
- The character and symbol sizes provided by the VDU equipment should be sufficient for human factors recommendations on legibility.

Requirements for the VDUs themselves shall be established and include:

- the colours used to code information,
- the screens refresh frequency,
- the spectrum of installed room lighting,
- the phosphor persistence of CRT-type VDUs. Special considerations may apply for other technologies, such as LCD, DLP.

In addition the following requirements are fixed for the VDUs themselves:

- Flashing of text or variables shall be avoided.
- Suitable measures shall be provided to ensure the reflection of other light sources on the screens are kept to a level that does not interfere with task performance or cause discomfort.
- Soft controls shall have a feedback mechanism providing information on whether the action called for has been executed or not. Critical actions shall be protected from accidental activation.

Further details about soft controls are given in IEC 61227.

4.5 Information needs and application procedures

4.5.1 General

The information to be displayed shall be defined in principle and then in detail by analysis of the operators' and other users' needs for information in different operating conditions.

The design process should include review and comment by experienced operators.

Screen formats should “use the user’s model”. The industry and even sub-populations in it will have their own associations and well-learned meanings for e.g.:

- piping,
- fluids,
- alarm status.

User’s models may also depend on the plant’s and operators history with previous equipment and traditional panels. There is therefore no automatic need to completely redesign displays from effective conventional panels simply because the displays will now be realised with LSD technology.

The user’s “model” is built up from:

- education,
- training, and
- operational experience.

The user’s “model” includes knowledge of:

- the connections between plant systems, allowing deductions of how fluids can get from one system to another;
- mass and energy changes in a system, allowing the prediction of the effect on a second system.

4.5.2 Back-fitting applications

The addition of VDUs or substitution of conventional instrumentation by VDUs may enable information to be presented that cannot easily and simply be displayed by conventional instruments, particularly where flexibility is required in a display, for example:

- the output of computer calculations and comparisons,
- overview displays based on derived values, grouped alarms, trends, synthesized variables to summarise plant state, etc.,
- x-y diagrams (graphs of a value against another value), e.g. safety parameters or critical functions display,
- x-t diagrams (graphs of value against time),
- trend logs with flexible scaling (also for long-term history),
- system mimic diagrams with real time status information,
- combinations of different information, e.g. a core map on four screens,
- operating procedures with real time status information.

4.5.3 New MCR design

An iterative procedure should be followed that encompasses:

- a) investigation and specification of the main objectives (top-down approach), such as:
 - information goals for monitoring of the plant and the automatic actions,
 - information for decision-making (for manual actions),
- b) collation of display requirements for status and trend information of plant conditions and automatic control systems including protection systems (bottom-up approach);
- c) determination of the relationship between display formats.

This should take into account:

- associated formats,

- related information,
- different views formats;

d) refinement of the design by repeating these design steps and adding more details.

Examples of different formats, their typical use and some of their characteristics are given in Annex B.

5 Design and implementation of VDU formats

5.1 Design

A system based approach to functional design of the control room shall be used to determine the information and control needs of the assumed users (see IEC 60964, clause 6 and IEC 61839).

A new design for a general control suite arrangement should identify:

- a list of system functions in the MCR,
- information on work-tasks in the MCR,
- information on the tasks to be undertaken by those outside the MCR who can easily see into the MCR,
- a preliminary description of the equipment to be installed in the MCR.

In the case of a retrofit, redesign, or upgrade a review of current work-tasks and an analysis of the constraints to be observed shall be done when proposing changes to the way work is done.

The requirements for a display-unit or suite of displays shall be determined with a thorough and systematic analysis of the proposed use of the data being displayed.

For each proposed item of information the designer shall take into account the following attributes:

- for how many users the display is required;
- for what purpose or purposes (e.g. monitoring, control action or maintenance) the data are required and how reliable they should be;
- whether comparisons with other data on VDU formats or other displays are required;
- when and how often and how quickly the data is required, e. g. relevance to operator actions;
- the accuracy with which the data shall be read (e.g., from a distance for overall monitoring, close up for accurate and detailed tasks);
- the characteristics of the data in terms of rate of change, noise, etc.;
- errors of interpretation by the operator:
 - Are elementary items of information or information calculated from several values adequate for the operator tasks?
 - Is analogue or binary information more adequate?
 - Is unambiguous interpretation of the proposed information ensured?
- the degree of detail or abstraction which is required (e.g., overview display, individual workstation display);
- the time of an event which causes an important transient.

Data that is relevant to the operator should not be mixed with data primarily for other users; only data needed by the operator for monitoring, decision-making or execution shall be provided in the main hierarchy of displays. Examples are:

- overview, status and ongoing control actions of systems and controls,
- prime cause and transient status of incidents,
- operator guide information.

Other data which is specific to maintenance or analysis should be available through the display system, but may be accessed outside the display hierarchy using special facilities. Examples are:

- active or passive malfunctions noted during automatic actions,
- fatigue monitoring data,
- number and duration of operation of components,
- data related to computer-maintenance, e.g., detailed error messages from a computerized display system.

The location of data display facilities should take into account the intended operational staffing levels, the assignment of operational responsibilities and functions and the need to optimize the number of VDUs consistent with the manning of each operator work-station. The latter consideration shall be dependent on anthropometrical factors such as:

- viewing angle,
- viewing distance,
- proximity to associated controls and indications,
- the amount of data to be referred to.

The determination of the number of workstations shall take account of task sharing and repair, breakdown and equipment faults, to ensure an acceptable number is available at all times.

5.2 General requirements

5.2.1 Presentation

Displays should be as simple, clear and comprehensible as possible.

Where complex or highly detailed displays are necessary, good organization and structure are required.

Where safety criteria require raw, unprocessed or safety quality data to be presented in addition to the processed information, the display organization and identification shall differentiate between these types of information.

5.2.2 Availability

Necessary information shall be displayed to the operator whenever it is required and with necessary redundancy, e.g., alarms may be shown on mimic formats in addition to other forms of display (see IEC 62241). For specific failure criteria, see 4.3.

5.2.3 Legibility

Information shown on VDUs shall be clearly understood in any operating condition. Appropriate use should be made of text and graphical items.

To obtain the necessary legibility of the VDU, the format specification shall be based on a human factor data base such as that shown in 7.2 of IEC 60964.

5.3 Accuracy

5.3.1 Understandability

The display shall communicate the intended information to the operator without ambiguity or loss of meaning.

The scaling of graphs and histograms shall enable the operator to read and understand adequately indications, and the maximum or current value should be annotated with the numerical value.

For digital displays, the resolution of the presentation of measurements should be chosen so that sufficient accuracy is achieved whilst ensuring that the number of digits which change at each update under steady-state conditions is small.

Digits of changing values shall not be updated faster than at three-tenths of a second interval.

5.3.2 Compatibility of VDU-formats with other man-machine interfaces

See 4.4.8 of IEC 61227.

Compatibility shall be provided between VDU formats at individual workstations and any displays on LSDs.

5.3.3 Consistency between VDU formats

Standardization of displays can be beneficial but it shall not take precedence over more important criteria given herein.

If consistency of information presentation is not preserved, the rationale for variation shall be documented.

All items within a suite of displays which represent the same information should be similarly named.

When using the same items on different displays they should be, where appropriate, in consistent positions for each display.

Grouping techniques should be consistently applied with standardized headings and style.

There should be consistency between VDU formats at individual workstations and any displays on LSDs.

Presentation and interaction of LSDs should not conflict with individual workstations and other design aspects. This is to reduce interference with things previously learnt, and to make it easier to find information quickly.

Note that consistency and compatibility of LSD formats with other systems:

- will help with learning and acceptance;
- does not preclude the development of special additional features for overview purposes, such as abstract overview graphs, special overview symbols, overall alarm cues, etc.

5.4 Form of presentation

5.4.1 Principles

5.4.1.1 General

Human beings are capable of visually comparing information and detecting contradictions. Therefore, displays shall be designed so as to benefit from this ability. It may be beneficial to display a certain information goal as a set on several screens at the same time or different views of the same information on different screens.

In selecting the form of a display, due account shall be taken of the advantages of a particular presentation in relation to the information being displayed. Analogue coding such as bar graphs, trends and symbols in addition to numerical representation should be used preferably.

The need for text-labels is reduced if graphical means such as mimics and symbols are used.

5.4.1.2 Colours

Where colour is used with safety significance, other kinds of coding, e.g. position, symbol shape or text shall be used ("redundant" coding) to ensure that safety significance can be clearly noticed by the operators without sole or unsupported reliance on colour.

A neutral background colour should be used if colour-coded objects are used.

The decision to use colour-coding should be based on an understanding of what the user wants to do.

Objects can also be coded by other methods than colour-coding, such as:

- shape,
- position,
- intensity,
- blinking,
- etc.,

The choice of colour should be conscious.

The choice of colour should not be the default coding method even though it is easiest to implement.

Aesthetic use of colour should come secondary to, and should complement, the colour-coding or formatting. Note that:

- it is possible to make displays look unattractive and garish with just a handful of unsuitably chosen colours;
- unsuitably chosen colours can detract from the functional effectiveness of other colours (colour pollution) used, even if the display looks more attractive to casual visitors;
- one argument for using colour displays is to encourage long-term user-acceptance.

Saturated colours should be used to indicate the important, categorical nature of information if the overview display is to contain important qualitative information.

Smaller differences in hue, saturation or intensity can code ordered or quantified information.

Less important information that is constantly present or not dynamic, such as flow lines and types of fluid, may still be coloured but should not be as saturated. This is to preserve the

usefulness of layering and the effectiveness of colours for really important categories or status changes.

5.4.2 Use of symbols and graphics

Symbols should be standardized.

The risk of interpreting a symbol in more ways than only one must be zero, unless the new interpretation is due to the use of the symbol in combination with other specific symbols, where this use is uniquely addressed in the display requirements.

The range of symbol sizes should be limited to a progression which allows easy recognition of the various sizes.

5.4.3 Schematic and mimic displays

Related items of the power plant should be organized in such a way that reflects their relationships with an appropriate degree of abstraction to avoid complication of the display.

Process flow paths and the sequence of events should generally progress:

- from left-to-right, or
- from top-to-bottom, or
- in accordance with population stereotypes.

Additional guidance for layout of mimic diagrams is given in 4.4.5 of IEC 61227.

5.4.4 Formatting of information

Sentence and message construction should present good syntax.

Sentence and message construction should not be worded cryptically.

Where possible a standardized hierarchical message structure should be employed.

The layout of information should reflect the sequence, if any, in which it is used.

Rows of tabular information should normally be divided into groups of not more than five.

The presentation should be compatible with other related forms of information display within the same location.

Grouping and coding techniques shall be used for enhancement of the perceptions of displayed information. These grouping and coding criteria are shown in 7.5 of IEC 60964.

All information stored in and processed by the information system shall be able to be displayed in the appropriate manner, arrangement, and time.

Most information should be requested and arranged by the operating staff.

Some information may be automatically displayed or may be recommended by automatically displayed menu proposals.

It shall be clearly stated in the design documentation and may require optimized format selection mechanisms (e.g. dedicated access push buttons) if there are individual formats, or information of event- or symptom-oriented format-sets that are requested to be displayed a very short time after being selected.

Depending on the variety of information needs and the diagnosis strategies, multiple accesses to the relevant displays and their flexible handling shall be provided.

Displays shall be designed to minimise the number of moves to access the information.

Some examples of access methods are shown in Annex D.

6 Design and implementation of large screen displays

6.1 Purpose of LSD systems

The most common purpose of LSDs is to support joint situation awareness and interaction through facilitating simultaneous viewing of the same information by several individuals. With regard to control room design at NPPs, the main purpose of LSDs is therefore to increase team performance. A secondary advantage of LSDs is that they provide overall plant knowledge to cleared individuals other than the control room operators, so that the operators do not have to be disturbed. The LSDs might also contribute to increasing individual performance, although they are not intended to replace the operators' primary display (which is taken care of by individual workstation design).

Large screens can also be used to compensate for some of the drawbacks of VDUs compared with the older but larger wall panels. Some of the disadvantages of individual VDUs without wall panel or complementary LSDs, which retro-fitted LSDs can resolve, include:

- difficulty in maintaining awareness of overall plant status,
- difficulty and time-delay in accessing computer based controls and displays,
- difficulty in maintaining awareness of the actions of other team members,
- difficulty in communicating.

VDUs and LSDs should of course be designed according to ergonomic principles, which in many cases will need adapting. The overall goals and requirements for the LSDs shall be identified by the designer.

Typical goals of the display design are:

- The display should enhance situation awareness and overall understanding of the status of the plant.
- LSD formats should be interpretable at a distance, at least at an overall level, without having to read detailed text.
- LSDs should be suitable for one operator alone to use.
- LSDs should support situation awareness, for the MCR crew as a whole.
- LSDs should also function as a “walk-up” display for briefing or group-work purposes.
- Presentation of information and status-changes should have negligible processing delays.
- Unnecessary information should be omitted; operators are expected to use their personal workstation for detailed actions.
- The LSD should effectively display current status to multiple team members simultaneously.
- The LSD should allow team members to see the effects of their actions on the tasks of other operators.
- The LSD should make monitoring easier for the team-leader or supervisor.

If it is decided that LSDs are appropriate by the plant or an upgrade project, then the most critical issues to resolve before implementation are:

- the number of displays, configuration and placement of LSDs,

- the information presented on the LSDs,
- the control of the information content on the screens,
- the control or adaptation of lighting in relation to display type. (This issue is more dependent on the particular technologies chosen than others.)

These aspects are addressed inclusively in 6.2 to 6.5.

6.2 Overview of LSD design issues

For display management and control of LSDs it shall be decided:

- Who has authority to change the information being displayed ? and
- How those changes should be implemented (manually or automatically) ?

The design of the LSD format should address particular problems that have been identified, for example, from:

- operating experience, or
- a situation analysis of an existing installation.

In each project it should be identified which specific problems the designer should address.

Typical problems found in control room review could include:

- unplanned stoppages due to untimely intervention by control room staff,
- difficulty in maintaining awareness of plant states,
- human errors due to inadequate control room design for monitoring, situation awareness and detection,
- safety-related situations, for example, due to mutually conflicting situation interpretations by the operators,
- difficulty in integrating and accessing information speedily from existing systems,
- wishes from operating staff for improvements on ways of staff communication.

The LSD system should include an on-screen display pointer under operator control. This is to facilitate group work, discussion and collaboration.

Operators should be able to control the display pointer from their normal seated positions.

LSDs should be used when their presence has a concrete positive contribution to joint situation awareness and interaction among control room operators or cleared individuals using the overall information presented by the LSDs.

In all cases, the application of LSDs should be validated with regard to cost-benefit factors and in comparison with other available solutions.

6.3 Placement of LSDs in the MCR

6.3.1 General

Before starting detailed design of information presentation the project should consider:

- the number of LSDs, and
- the configuration of LSDs.

Human factors issues such as visibility and the reaction of the operators should be considered before deciding on the configuration.

The designers should consider what kind of detailed information that users need to see. Therefore, the design should consider:

- Do the users need to resolve all details ?
- Will some or all of the LSD information also be available on other displays ?

Users should be able to resolve all detail that is important to them at their maximum viewing distance.

6.3.2 Placement relative to operators viewing areas

The designer should decide which areas of the control-room are included in the LSDs intended viewing area so that guidelines for maximum viewing distance are not exceeded.

The determination of the maximum viewing distance can be based on:

- Who the user is ?
- What the user's information requirements are ?
- What type of information is displayed ?
- In what way the users use the information ?

The viewing angle for the LSD relative to an operator's normal position in a control room should not be too large.

The normal work area for any principal user of an LSD should be within the acceptable off-centre viewing area of that LSD.

LSDs should be located relative to critical users so that they are not obscured by other people.

LSDs should be located so that the need for frequent head rotation in order to look at the LSDs is avoided.

Guidelines on placement of LSDs relative to operators should not be too rigid, since operators occasionally move around and sit casually.

If it is difficult to find a suitable placement of LSDs, this may indicate that a better solution could be established through other options, such as:

- display of less information,
- use of larger or more LSDs,
- replication of display-units, or
- multiple copies of display-formats.

For assessment of visual angles for secondary displays, a range of horizontal placements within $\pm 80^\circ$ of the normal line of sight is acceptable.

For assessment of visual angles for secondary displays, a range of vertical placements should be within $\pm 45^\circ$ of the normal line.

If two users' normal working positions are offset to either side of a LSD, then information important to both of them may need to be placed in or near the overlap between the visual zones of the operators to be seen and understood by both of them. The designer should consider the combined effects of:

- off-centre viewing,

- loss of brightness due to non-uniform screen reflectance, and
- any loss of off-centre colour rendition, brightness or contrast due to the display-type.

The display for a particular user should not be closer than half the display's width or height, whichever is greater. This criterion sets the minimum viewing distance.

Visibility assessment of LSDs should take into account the capabilities and limitations of the operators. This includes issues such as:

- head rotation,
- viewing angle,
- obstruction,
- shared use, and
- character height.

Shared displays should be visible when looking over workstation equipment.

The upper limit of the shared display is determined by the line of sight of a small person at the position closest to the display.

The closer users should be able to see the whole picture and should not be able to see the construction of the picture (dots, lines, inter-pixel gap on LCD projectors).

Refer to ISO 11064 for more detailed requirements.

6.4 Information content of LSD formats

6.4.1 General

The LSD pictures should be specially developed to be complementary to primary workstation pictures.

The LSD pictures should not be copies of primary workstation pictures even if these workstations already have overview pictures available on them, tailored to individual operators.

Displays for standard VDUs should not be copied to LSD systems without there first being an evaluation for acceptability.

When LSDs are introduced operators should continue to have access to all information necessary to complete their tasks in their immediate work area, because LSDs should be supplementing rather than replacing individual computer displays.

The information on the LSDs should largely be for the benefit of multiple users of the space simultaneously.

The maximum viewing distance is permitted to be different for different types of information in the display. For example, high-level status indications may be intended for viewing from larger distances, across the control-room.

The determination of acceptable text size should consider the type of information and the context in which the information will be used. The minimum size criteria does not necessarily need to be applied to all areas of the display in the same way.

Users should be able to resolve all important display details at maximum viewing distance.

6.4.2 Screen and display performance

The LSD should appear continuous. Users should not be able to distinguish:

- scan lines,
- pixel boundaries,
- character-matrices,
- boundaries between multiple projection surfaces, or
- areas of overlap between projectors.

The screen designer should “anti-alias” curved or sloping edges with colour-scales or grey-scales. Depending on the viewing distance, this may make certain older projectors and projector technologies less suitable (e.g., “screen-door effect”, lower-resolution projectors).

The displayed image should not have appreciable geometric distortion.

The size of a symbol of unit area projected anywhere on the LSD should not vary by more than 10 % in height or width, from ergonomics criteria. (Aesthetic standards may be higher still.)

6.4.3 Screen format design for LSDs

The main elements of overview displays should as far as possible avoid the need for mental calculations and processing of numerical data. Information that cannot be taken in at a glance should be avoided.

Secondary numerical data may be present on the main elements of overview displays if it does not clash with other guidance, but these data should not be the primary means by which the overview works.

The display should not primarily allow quantitative overview.

The display should allow rapid comparative overview, i.e. visual comparisons with:

- normal,
- presets,
- alarm limits,
- components that should have similar values.

Information detail should be avoided on LSDs.

Detail should be left to individual operator displays.

Clutter and patterning in display elements that do not carry information should be minimised. Clutter and garishness can be reduced by using less saturated colours and by removing unnecessary lines around format areas.

The LSD should give clear and quickly usable links to where further information can be found, e.g., a picture number or link.

Different groups and classes of information should be separated, and put into separate layers of presentation, where adequate. In this way the most important task information is visually prominent, whereas features and objects that indicate less important information are placed on perceptually more distant or ‘lower’ levels.

Layering can be used where there is a map-like basis for the information being presented, such as an overview mimic diagram of a plant. Layering can be achieved with:

- spatial separation,
- graphical border elements,
- intensity differences,
- contrast, and
- colour.

For example:

- saturated colours only for alerts such as alarms,
- operating systems in semi-saturated, natural looking colours, and
- shut down systems in a totally unsaturated colour (shade of grey).

Layering lets people find what they want faster on an overview display, as opposed to the older principle of using a set of maximally discriminable colours.

Text labels for graphical or symbolic elements tend to clutter LSD formats and are less necessary than with detailed formats on individual workstations.

The need for text labels is reduced using LSDs, because LSD formats tend to be always present and therefore very well learnt.

The use of text labels which are to be read at a distance should be minimised. However, there may be less salient labels for displayed quantities that are designed to be read from closer range. A key or other control operation to show or hide detail may be used with advantage.

Note that:

- lighter backgrounds are less prone to having their contrast reduced by scattered light;
- unsaturated colours at longer viewing distances can create problems on the wrong background.

All luminance that is supposed to be the same should appear the same. This means that:

- luminance towards the edges of a LSD should not be less than 50 % of the centre luminance of the line of projection. That is not usually a problem for modern projectors;
- the luminance of the screen centre at maximum viewing angle should be at least half the maximum luminance. This should be true from the operating position of all staff intended to use the LSD regularly or constantly.

The above places restrictions on the amount of positive gain the projection screen material can have.

6.4.4 Special colour issues for LSD formats

Colour may be used if it is necessary to:

- emphasize a specific target in an overview (saturated colours),
- provide warning signals that are attention-getting on an overview,
- imply physical states of components or trains summarised on the LSD,
- segment broad areas of a LSD format (unsaturated colours),
- group and bring together information within the overall information presentation area of the LSD,

- be aesthetically pleasing, and easy on the eye, for prolonged viewing and even for casual users of the control-room's LSDs.

Colour codes should be as few as possible to meet the needs of the LSD-related task.

The design should avoid the need to discriminate any categorical difference in meaning of colours close in hue if they will be far apart on the LSD.

In the context of LSDs, the user is not expecting to make a quantitative reading of a quantity from the colour or saturation. (The workstation is used to investigate instead.)

Colours far apart in the spectrum that fall in the centre of vision provoke continuous refocusing, and this can lead to visual fatigue with a constant display like an LSD.

The design should be especially cautious when using colour for emphasis on LSD formats. If too much salient colour is used, then this detracts from the effectiveness of the LSD as a rapid overview and users begin to complain of clutter or garishness. No one colour is better than another for attracting attention in peripheral vision—contrast is at least as important. Note that:

- for small targets, colours away from the pure blue part of colour-space should be used;
- small targets are more easily detected using “warm” colours than “cool” colours;
- coloured symbols and icons on a background of similar brightness (e.g., blue or green on a red background) will be very problematic;
- when shape discrimination is important, foreground and background should have different brightness. (The eye distinguishes shapes by brightness contours rather than colour alone.);
- poor colour choices that lack contrast may lead to errors;
- luminance contrast for text is very important, over and above colour;
- broadly speaking, the hue and saturation of text foreground and background can be ignored (with a few qualifications);
- there should be a luminance contrast of at least 3:1 between text and background as the standard suggests. (A luminance difference is needed to detect edges; colour difference is not enough.)

6.5 Control of change of display-content on LSDs

The project should define the degree to which selection of an appropriate large screen display is automated (if several will be provided) based on:

- task analysis, and
- requirements.

During the task described above the designer shall be aware of the following:

- automatic control can reduce personnel response time and “interface workload”,
- operators are not so enthusiastic if the choice of display by the system is not correct,
- full manual control gives operators their choice, but it increases workload and may distract operators from their primary displays (those on their workstations).

One solution might be to have automatic selection with manual over-ride, the decision being allocated to the team leader. Multiple presets depending on situation or plant state could also be implemented. Note that:

- any critical information that is shown on the LSD should not be modifiable or erasable,
- control of changes to the display should be allocated to chosen users who operate according to established procedures or in accordance with a supervisor,

- if a user wants to make changes that are of interest primarily only to that user, a separate display, e.g., the user's workstation, should be used. (This does not preclude workstation-based LSD from functioning as a secondary display for other users.)

7 Verification

The verification of a VDU-based information system shall be carried out for a well-specified set of operational state data including abnormal states and fault conditions.

Tests to be performed in a stand alone test environment or in the context of the I&C integration testing should be included.

Tests in the integration phase of the full scope training simulator should be considered.

The verification process and the general verification criteria shall follow the relevant requirements given in 6.4 and Clause 8 of IEC 60964, and in IEC 61771.

Special attention shall be given to ensure consistency in situations where variables are displayed at several locations at the same time.

Time delays caused by different scanning or considerable pre-processing shall be reviewed and assessed with respect to consequences and clearly documented.

It may be beneficial to use special tools for the verification process. A practical example of verification is given in Annex E of this standard.

Experience has shown that some information or even some display formats are most helpful in any situation. Such information and display formats may be displayed continuously, for example, on overview displays or LSDs, or included as constituents of the most important format sets.

The key formats and key format sets shall be verified and validated carefully, since they by definition contain only summarising information that an operator may come to rely on for initial alerting in a plant disturbance.

8 Validation

The validation of a VDU-based information system shall be carried out defining representative scenarios of operation, disturbed situations or accident conditions and information goals for different users of the system.

Possible test environments include:

- paper drafts,
- stand alone work stations,
- part scope simulation,
- full scope simulation.

The validation process and the general validation criteria shall follow the relevant requirements given in 6.5 and Clause 8 of IEC 60964 and in IEC 61771 (see also Annex E of this standard).

Annex A (informative)

Advantages and disadvantages of VDU-based display

A.1 Advantages

- a) VDU application enables new types of information display to be used. It leads to new possibilities for information condensation and abstraction which could not be achieved with the conventional instrumentation of the past.
- b) The relatively small size of VDUs allows for easy situation dependent presentation of information. Accordingly, the size of a modern MCR can be minimized (normal operation, disturbed situations, refuelling, tests, etc.).
- c) For a complete display of all information of a certain information goal, one screen only may be sufficient, but arrangements of multiple VDUs enable more sophisticated information to be assembled together with an optimal overview and the possibility of showing the same situation from different viewpoints.
- d) The tailored composition of the entity of primary information for one information goal enables the display of unnecessary information to be avoided.
- e) A VDU system of adequate capabilities enables fruitful dialogue activities which may be performed from one working position (no need to move around in the MCR).
- f) Multiple VDU-formats can be related to each other in an optimal way according to the specific situation; all arrangements can be rearranged at any time by easy shifting capability. Also that of most interest can be brought to the centre.
- g) An arrangement of well-designed formats on multiple screens can be monitored by several users at the same time so that they can all think and discuss on the basis of the same information (and can be guided by cursor).
- h) The content of one format may be presented in several layers. Using the approach of a background and some foreground layers, the higher levels of information concentration and abstraction can easily be applied.
- i) Not all information which can be displayed in one format needs to be displayed at any one time. This may be triggered manually by means of hard or soft keys or according to well-specified conditions.
- j) Trend logs of different scaling and diagrams with a history display assist the review of the past for diagnosis. Reverse reading of histories in trend curves and in diagrams may lead to the prime cause of a disturbance. Extrapolation of history information may serve as a simple method of assessing the future behaviour of the process.
- k) Repeating the display of a transient in slow motion (at once or after stabilizing the plant's behaviour) may enable the operating crew and advising and supporting personnel to get a better understanding of its development.
- l) The great flexibility and capability of a VDU-based system enables an operator to both obtain an overall view of the present situation and browse through different views of the plant (from the operators (fixed) location) which in turn leads to early detection of even small deviations of variables. This may also apply in cases of time or load or situation-dependent variables.
- m) These advantages can be used especially to implement enhanced operator support systems (see 7.7 of IEC 60964).

In order to enhance plant safety, availability and operability, operator support functions such as safety parameter display and surveillance functions, plant diagnosis functions, symptom-based or event-based operator guide functions, functions for automatic on power-test should be provided. As far as practicable such functions should be fully integrated into the overall design of the control room.

They may be based on the knowledge of experts in the fields of nuclear engineering and computer techniques and may range from:

- signal validation and pre-processing (filtering, comparison, computation);
- intelligent picture design:
 - main goal and advice for relevant additions;
 - sequenced display of the operation manual; other diagram versions;
 - display of all possible, graded countermeasures;
 - division into foreground, main and background information;

to simple, easy and flexible access and recording.

- n) The use of VDUs allows for efficient integration with soft controls (see IEC 61227 for further details).

A.2 Disadvantages

- a) All information will not always be presented at the same location. “Key hole” effect.
- b) Understanding of VDU-based intelligent information needs a certain level of training and a reasonable knowledge base (e.g. formats designed for trained shift operators may not be suitable for visitors).
- c) VDU-based information does not support the human capabilities of spatial information coding and “information catching” to the same extent as conventional panels.
- d) The lifetime of a screen is more limited than that of conventional instrumentation.

Annex B (informative)

Examples of formats, typical use and some characteristics

Applications

Advantages/disadvantages

B.1 Alpha-numerical displays

Alarm displays	Require only little interpretation
Messages for guidance	Give rather complete information
Text of procedures	Need extended space for the display and long time to read and comprehend
Operation information	
Maintenance information	Valuable for signal validation and testing

B.2 Bar-graphs

Normalized indications for comparison	Enable standardized scaling to be used
Indication of actual values together with limit values (colour changes at limit)	Simplifies comparisons; good for easy and quick limit recognition

B.3 Trend curves

With different standardized time scales (s - min - h - d - w - m the last ones with long history display in time steps)	Good for assessment of time dependence (especially of correlated variables; slow and fast time scale; high resolution; repetitive; stable)
With per cent of units scaling	
With windowing and zooming capability	
Similar trend curves for comparison Correlated variables together (e.g. flow in/level/ flow out)	Easy comparison of similar behaviours and early detection of deviations (comparison of actual curves to reference)
Predetermined groups directly accessible for the user	Permit looking at the past and prediction of future behaviour
Free composition arrangements	Permit comparison with pre-computed or experienced behaviour

Applications**Advantages/disadvantages****B.4 Logic displays**

Preferable as overviews (overview of simple labelled boxes)	Good for understanding: what initiation has caused what actuation Good for detailed detection of failures Exceptional for detail display
--	---

B.5 Mimic diagrams: structure and status displays of systems

Structure and all components of process systems	Good plant overview
Actual status of systems and plant components (open/closed-on/off-running/standing) (ready, disturbed, in/out operation, in/out of service, removed) Status of control systems (including protective functions)	Good for showing "success paths"
Indication of variables/diagrams	Detailed information such as margins, thresholds and boundaries
Results of automatic or manual actuations	Fast feed-back information

B.6 X – Y Diagrams

Two-dimensional dependencies Multi-dimensional dependencies	Good for understanding of functional dependencies in depth: e.g. margins, thresholds and boundaries, anticipation of evolution of variables; which causes what, why at what time, and how long and often
--	--

Multiple plane compositions:

- in the main plane: actual values of variables (some with history),
- in the background plane: diagrams with design areas and lines,
- in the foreground: balance indications
(e.g. horizontal/vertical, flashing, bar-graphs, etc.).

Dynamic area as: functional status of controls.

B.7 Overview displays (LSDs)

Status of process and control systems	Good for maintaining common situation awareness, high level information and early problem detection
---------------------------------------	---

B.8 Screen selection

As menus, preferably with icon tables	Good for quick special access to different formats or format-sets; may be tailored to each special information goal, situation or special formats
---------------------------------------	---

Annex C (informative)

Format design and implementation basis

The design of a format should be based on the operators' needs and should take account of:

- the design description of the plant systems;
- all plant operational states, such as normal operation, disturbances, refuelling, maintenance, accidents and emergency conditions;
- simulation experience for normal operation and disturbances;
- the feed-back from commissioning and operation of similar plants already in operation (both with stored data, e.g. on tapes).

The implementation basis should include:

- a short description of the purpose of the formats (text);
- a proposal for its layout (picture);
- a specification of necessary signals (listing);
- a specification of signal pre-processing, functions of indications and the relevant time dependencies (functional diagram), refreshing time;
- a specification of the up-date rate of each signal;
- a specification of tests.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61772:2009

Annex D (informative)

Examples of access methods

Some examples of access methods are the following:

D.1 Access to single formats

Single formats can be selected in different ways:

- a) by pressing a dedicated push-button;
- b) by dialling a certain number;
- c) by calling an alpha-numeric menu and marking a certain line by tracker-ball, or paging forward and backward by push-buttons;
- d) by selecting in any format a special navigation target, which leads to associated information on a single format or by selecting in special formats, showing icons of all those formats which together form a complete set of information about a certain "information goal";
- e) by asking for one format from the list of the previous formats on the screen;
- f) by selecting an "associated format" to a special format just displayed:
 - diagram to system;
 - curve to diagram;
 - logic to schemes or system.

D.2 Access to format-sets

Format-sets may be selected by pressing one push-button identifying the set and another marking the VDU for the display in the upper left format of the format-set.

The sets may be compositions of single formats according to:

- operation, maintenance, disturbance or accident goals;
- overview formats of the main plant, auxiliary systems or situations of all kinds of operation;
- mixed information and text of all kinds of procedures for event and symptom oriented behaviour.

D.3 Access to information for transient analysis

Information about transients may be displayed by using:

- back and forth tracking of trend curves with different time scales;
- alarm lists (and paging);
- diagram display which also shows changes with time and the course of movement of operating points of variables.

D.4 Other possibilities of access

These may be windowing or zooming, but care shall be taken to ensure legibility.

Annex E (informative)

Verification and validation of VDU

E.1 Verification

E.1.1 General

A VDU-based information system differs in principle from a conventional system in system structure as well as in information processing and display. Therefore, the verification procedures also need to be quite different. V&V of VDU systems by definition includes any LSD systems whether integral to or supplementary to workstation VDU systems.

Verification of a VDU-based system where stationary and transient information display is brought close together in any format, and especially in the highly sophisticated ones, needs both aspects to be monitored and checked with respect to suitable relationships between different sets of information, particularly bearing in mind the great variability of process dynamics and the effects of scan intervals on processing time delays.

Each advanced VDU-based system which has been developed on the basis of extended computer-based, experimental or operational knowledge, offers supplementary associated information to the main topic of a format. This is done inside the frame of the same format or on neighbouring VDUs. This enables the designers to provide complete information for a goal-oriented display but needs special additional assessment.

Repeated tests should preferably be carried out over a full range of conditions on a full scope simulator during the construction stage if available, but it may be necessary to defer some tests until the commissioning stage.

E.1.2 A proven verification of VDU formats

The verification of a highly sophisticated format may consist of several sequential tests (see Figure E.1).

a) In a computer centre:

- specified test sequences during implementation;
- knowledge-based laboratory tests by the designer;
- the use of a full-scope simulator.

b) On-site:

- tests of all signal lines to the system, for both single signals and "integral signals" for redundant or combined display (with different signal values);
- supervising tests by the commissioning engineers of the plant and/or by the designer;
- documentation of commissioning tests such as:
 - load changes, load rejections;
 - failures of plant items and trips;
 - loss of power supplies to systems;

using:

- computer storage on discs (for long-term transients);
- hard copies (at certain stationary conditions);
- screen capture or photo series (for transients);

- computed additions (to assess non-measurable variables).

E.2 Validation

The proposed design shall be validated according to the general evaluation criteria for validation (see 6.5.3 of IEC 60964 and IEC 61771). A validation procedure shall be concentrated on well-specified goals of the partial process of top-down design and to the key formats of highest information and concentration abstraction.

This validation shall take into account the results of the verification, especially assessing the completeness of required functions, signals, formats and format-sets.

This shall be done with respect to the main and also to the associated information of a format. Attention shall especially be given to detect unacceptable contradictions.

It may also be of great benefit to use a full-scope simulator for the relevant plant as the main validation tool.

Running the formats dynamically by use of recordings with data produced on a simulator or even stored during commissioning of a similar plant can lead to the same quality.

The final validation shall be done during the plant commissioning by:

- testing the key-displays during some/all main transient tests;
- checking all displays at several stationary conditions.

In case of back-fitting, only a relevant set of formats and format-sets may be applied, for example, to:

- one goal a format-set
- one sub-goal one format

The above mentioned requirements shall therefore be applied with restrictions.

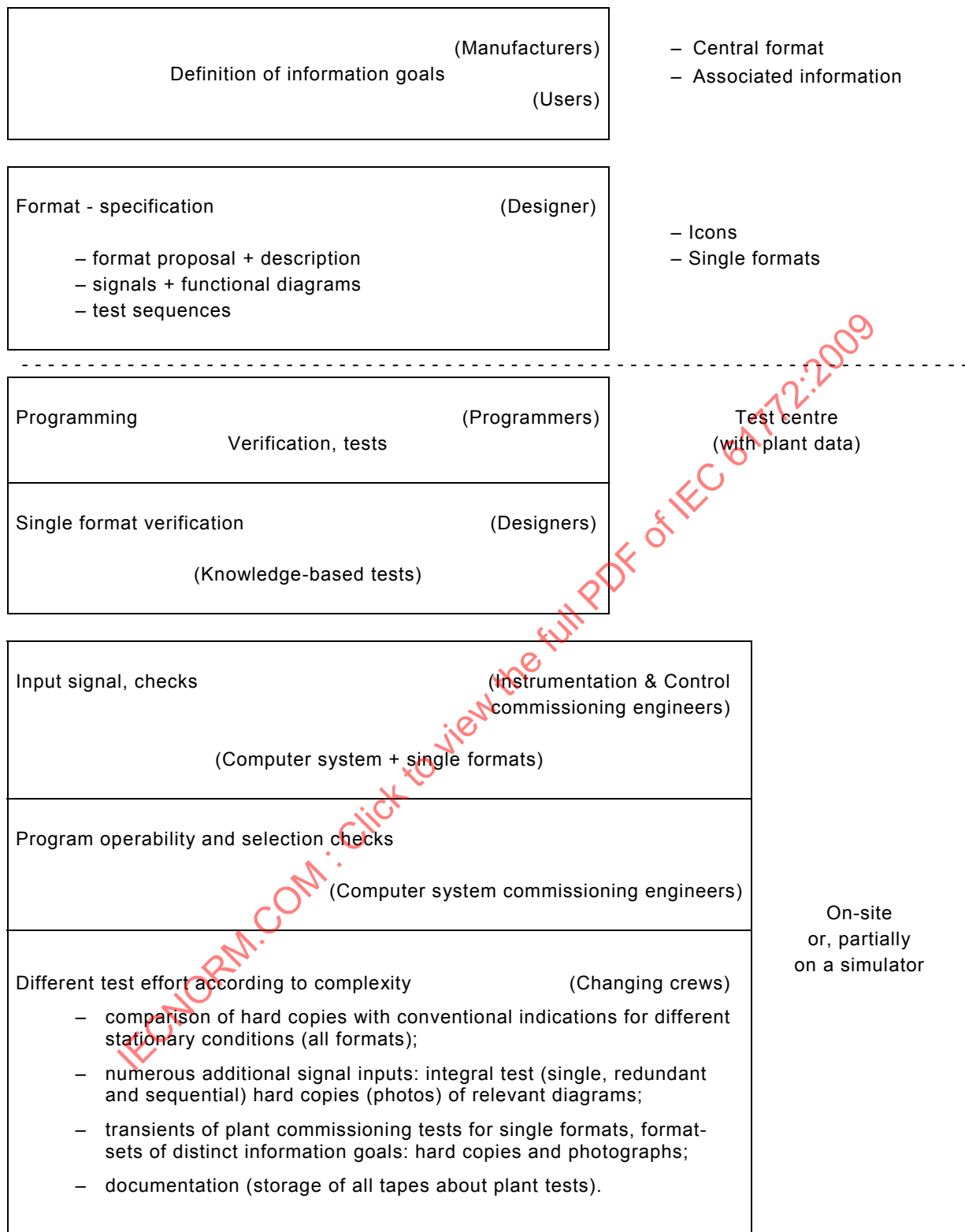


Figure E.1 – Format creation and verification

Annex F (informative)

Method of VDU format design presenting information on plant conditions and equipment state

VDU displays are used widely for presenting information on plant conditions and equipment state. Often a mimic layout of the plant or equipment is shown, with inserted values and states, time-based graphs, alarm markers and titles.

The following guidelines are offered for this special display design.

Make a hierarchy comprising: overview - main plant - detail plant - signal details.

Put in navigation guides to get from one display to the next at its level, and up and down the hierarchy.

Workstation-based VDUs show a "keyhole" view of plant (relative to panel meters on traditional panels or LSDs); design the display formats knowing this.

Have at least two methods of selecting each picture, e.g. mouse and keyboard, keys and navigation targets - operators' tastes differ, and one method may fail.

Include soft navigation targets, think the navigation tree through.

Match the mimic layouts the operator will be used to, consistently.

Design the displays in relation to the operating instructions if possible.

Identify the signals for each display before trying to design the display layouts in detail.

Include in any format only the information necessary for users' needs.

Write a guidance document for display designers, to ensure consistent titles, formatting, character sizes, colours, symbols. Use it, and then update it.

Use standard large, medium and small character size consistently for main titles, captions and details.

Centred titles are read quicker than left or right justified titles.

Do not use CAPITALS, use lower case letters, which are easier to read.

Use colour for clarity, and use it consistently. Moreover, in order to make the user aware of a display colour failure, the three main colours (red, green, blue) should be continuously displayed in a dedicated area of the VDU.

Ensure that colour vision impaired people can still get all the necessary information.

Do not use a colour code alone, use symbols, shape, position, strings of characters.

It has been proved unsafe to use mirrored left-handed and right-handed layouts - stick to one orientation.

Keep to a consistent naming scheme for plant items - do not say "Boilers A, B, C" in one place and "Steam generators 1, 2, 3" in another.

Define standard dynamic symbols for valve states, pump on/off, etc., and standard layouts for digit strings for measurements, with standard positions for alarm symbols, alarm reset, etc.

A detail/declutter toggle for signal tag identification can be valuable.

Operators may only want an overview and one or two main items most of the time; do them really well.

Operators like time-based graphs of process variables.

The operators and commissioning staff need the full detail on signals, somewhere, so provide it.

Show titles and values of measurements, plant unit scaling, alarm settings, etc., with their instrument tag identification, in full, at a lowest display level.

Show titles and states of contacts and alarms, with tag identification, in full, at the lowest display level.

Prepare the picture designs on a magnetic medium or computer aided design (CAD) tool, put all the signal identification and dynamic information on it too and not only on paper.

Get the picture design magnetic information translated automatically to make the data for the on-line computer to use.

Use a version management scheme.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61772:2009

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	44
INTRODUCTION.....	46
1 Domaine d'application et objet.....	48
2 Références normatives.....	49
3 Termes, définitions et abréviations	49
4 Exigences pour la conception	51
4.1 But recherché et application	51
4.1.1 Généralités.....	51
4.1.2 Nombre et emplacement des affichages	52
4.1.3 Disposition pour éviter les problèmes liés à la lumière du jour et à l'éclairage.....	52
4.2 Utilisateurs principaux	53
4.3 Critères de défaillance	54
4.4 Exigences système.....	55
4.5 Besoins en informations et procédures d'application	56
4.5.1 Généralités.....	56
4.5.2 Renovations	57
4.5.3 Nouvelles conceptions de salles de commande principales	57
5 Conception et réalisation des images écran.....	58
5.1 Conception.....	58
5.2 Exigences générales	59
5.2.1 Présentation.....	59
5.2.2 Disponibilité.....	59
5.2.3 Lisibilité.....	60
5.3 Précision	60
5.3.1 Compréhension.....	60
5.3.2 Compatibilité entre images écran et d'autres interfaces homme-machine	60
5.3.3 Cohérence entre les formats d'unité de visualisation	60
5.4 Forme de présentation	61
5.4.1 Principes	61
5.4.2 Utilisation de symboles et de graphiques	62
5.4.3 Synoptiques	62
5.4.4 Formatage des informations	62
6 Conception et mise en œuvre des systèmes intégrant de grands écrans	63
6.1 Objectifs des systèmes d'affichage utilisant de grands écrans.....	63
6.2 Vue d'ensemble des problèmes de conception liés aux grands écrans	64
6.3 Emplacement des grands écrans en salle de commande	65
6.3.1 Généralités.....	65
6.3.2 Emplacement par rapport aux zones de vue des opérateurs	66
6.4 Contenu informatif des images des grands écrans.....	67
6.4.1 Généralités.....	67
6.4.2 Performances des affichages et des écrans.....	68
6.4.3 Conception des images pour les grands écrans	68
6.4.4 Problèmes particuliers liés aux couleurs pour les images des grands écrans	70
6.5 Commandes de modification du contenu d'affichage des grands écrans.....	71

7	Vérification	71
8	Validation	72
Annexe A (informative) Avantages et inconvénients de l'affichage sur unités de visualisation.....		73
Annexe B (informative) Exemples d'images, de leur utilisation typique et quelques caractéristiques		75
Annexe C (informative) Bases de conception des images et de leur réalisation.....		78
Annexe D (informative) Exemples de méthodes d'accès		79
Annexe E (informative) Vérification et validation des unités de visualisation		81
Annexe F (informative) Méthode de conception des images présentant des informations sur l'état de fonctionnement de la centrale et l'état des matériels		84
Figure E.1 – Création et vérification d'image.....		83

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61772:2009

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – SALLES DE COMMANDE – UTILISATION DES UNITÉS DE VISUALISATION

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 61772 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.

Cette seconde édition annule et remplace la première édition publiée en 1995, dont elle constitue une révision technique.

Les principaux changements techniques par rapport à l'édition précédente sont les suivants:

- Etendre le domaine pour couvrir l'utilisation des grands écrans, et pour améliorer les recommandations concernant l'utilisation des couleurs ainsi que la couverture des applications de rénovation ou de mise à niveau.
- Fournir des références aux normes applicables.
- Harmoniser la terminologie de la norme conformément aux recommandations du SC 45A.
- Prendre en compte le retour d'expérience sur la conception et l'utilisation des systèmes d'unités de visualisation.

- Présenter des exemples de bonnes pratiques, y compris de méthodes pour accéder aux affichages pertinents suivant le contexte prévalent.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45A/728/FDIS	45A/740/RVD

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61772:2009

INTRODUCTION

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

Lors de l'élaboration de la norme sur la conception des salles de commande des centrales nucléaires il est apparu que le volume d'une telle norme deviendrait très important. Par conséquent la norme a été divisée en une norme principale (la CEI 60964 avec une annexe) et des normes complémentaires. La présente norme est une de ces normes complémentaires.

L'objectif de cette norme est d'être utilisée par les exploitants de centrales nucléaires, les concepteurs, les évaluateurs de systèmes et par les régulateurs.

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

La CEI 61772 est le document du SC 45A de la CEI de troisième niveau qui traite du problème générique de l'utilisation des unités de visualisation dans la salle de commande principale des centrales nucléaires.

La CEI 61772 doit être lue avec la CEI 60964 du SC 45A de la CEI qui fournit des exigences générales pour la conception des salles de commande principales des centrales nucléaires. Il convient aussi de lire en même temps que cette norme les CEI 61227, CEI 61771, CEI 62241 et CEI 61839.

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 la présente norme

Il est important de noter que cette norme n'établit pas d'exigence fonctionnelle supplémentaire pour les systèmes de sûreté.

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 les 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, la CEI 61508-2 et 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61772:2009

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – SALLES DE COMMANDE – UTILISATION DES UNITÉS DE VISUALISATION

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale complète la CEI 60964. Elle présente des exigences de conception pour l'application des unités de visualisation dans les salles de commande principales des centrales nucléaires de puissance.

Pour la salle de commande principale d'une centrale nucléaire, la CEI 60964 comprend des exigences générales pour la disposition, les besoins de l'utilisateur, et les méthodes de vérification et de validation; ces aspects ne seront pas repris dans la présente norme. Il convient de consulter la CEI 61227, la CEI 61771, CEI 62241 et CEI 61839, en même temps que la présente norme.

La présente norme aide le concepteur à spécifier les applications relatives aux unités de visualisation (y compris les affichages sur les stations de travail individuelles ou sur de plus grands dispositifs d'affichage destinés au travail de groupe ou à la visualisation à distance) combinées avec des affichages conventionnels ou en les remplaçant:

- en énonçant des principes pour tirer les avantages de l'utilisation d'unités de visualisation;
- en donnant des exemples de bonne pratique et en guidant le concepteur pour éviter des déficiences de conception.

La présente norme contient:

- a) des exigences concernant les besoins en information en fonction:
 - des buts de l'information, par exemple pour la conduite, la maintenance, la protection;
 - de l'espace nécessaire, par exemple, emplacement, agencement;
 - de la hiérarchie et/ou des relations;
 - de l'élimination des informations inutiles;
 - de l'assurance que les informations sont pertinentes;
- b) des exigences pour une bonne présentation des informations telles que:
 - l'affichage clair et sans scintillement avec fréquence de mise à jour appropriée;
 - l'espace d'affichage suffisant et l'agencement optimal;
 - la taille adéquate des images et des symboles;
 - l'affichage des graphiques et des symboles en plus des affichages alphanumériques;
 - les symboles et les noms usuels normalisés;
 - l'agencement défini pour satisfaire les besoins en matière de facteurs humains par exemple les stéréotypes de la population;
 - l'utilisation de méthodes de regroupement et de codification;
 - l'utilisation de sens d'écoulements uniformes;
 - le niveau d'abstraction appropriée aux besoins des différents utilisateurs prévus;
- c) des méthodes pour l'accès facile et rapide aux informations spécifiques d'intérêt courant:
 - par une simple sélection d'image ou d'ensemble d'images selon les buts de l'information;
 - en utilisant différents types de menus (icônes permettant l'accès à des informations voisines) ou d'autres techniques d'accès (rappel du dernier affichage, sélection sur

- écran, etc.) par clés logicielles sur ou à l'extérieur des écrans de visualisation ou par curseurs;
- en utilisant une présentation programmée (déclenchée par un signal binaire tel qu'une alarme);
- d) des critères de conception pour obtenir une fiabilité appropriée de toutes les fonctions nécessaires pour atteindre les buts spécifiés de l'information.

La présente norme s'applique à la conception de nouvelles salles de commande principales de centrales nucléaires conçues suivant la CEI 60964, engagée après la publication de la présente norme. Si elle doit être appliquée à des conceptions de salles de commande ou de zones de commande existantes, il convient d'être prudent car certaines hypothèses faites (par exemple concernant le niveau d'automatismes) peuvent ne pas être valables.

Lorsque, lors d'une rénovation d'installation, une dérogation est nécessaire par rapport à la présente norme, il convient que les raisons de celle-ci soient documentées.

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 60964:2009, *Centrales nucléaires de puissance – Salles de commande – Conception*

CEI 61226:2005, *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 61227:2008, *Centrales nucléaires de puissance – Salles de commande – Commandes opérateurs*

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*

CEI 61839:2000, *Centrales nucléaires de puissance – Conception des salles de commande – Analyse fonctionnelle et affectation des fonctions*

CEI 62241:2004, *Centrales nucléaires de puissance – Salle de commande principale – Fonctions et présentation des alarmes*

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

IAEA Safety Guide NS-G1-3:2002, *Systèmes d'instrumentation et de contrôle commande importants pour la sûreté dans les centrales nucléaires de puissance*

3 Termes, définitions et abréviations

Pour les besoins du présent document, les termes, définitions et abréviations donnés dans la CEI 60964 s'appliquent ainsi que les suivants.

3.1

informations associées

informations additionnelles, ou utiles complétant la partie principale d'une image simple ou d'un ensemble d'images. L'existence de cette capacité supplémentaire d'affichage peut être indiquée par certaines icônes (points de navigation, en tant que parties intégrées aux informations affichées) et leur sélection permet l'affichage d'images simples ou de menus graphiques, ou si nécessaire de menus alphanumériques

3.2

grand écran

toute forme de grand affichage prévu pour fournir une vue commune au groupe, pour réaliser des tâches partagées, pour la surveillance à distance, etc.

3.3

points de navigation

zone de l'écran d'affichage qui permet d'accéder à d'autres affichages lorsque le curseur ou le pointeur est placé dans cette zone et que la commande appropriée est passée

3.4

affichage primaire

unité de visualisation devant supporter les principaux ou un des principaux affichages pour faciliter les principales surveillances et tâches de commande de l'opérateur. Les affichages primaires ont besoin d'être plus rassemblés pour que l'opérateur les utilise efficacement à partir de sa station de travail.

3.5

affichage secondaire

unité de visualisation assurant un rôle d'appui, tel que renforcer la perception de la situation générale, la coopération au sein du groupe, la surveillance de points particuliers au hasard lors des déplacements de l'opérateur dans la salle de commande principale, la surveillance générale lorsque l'opérateur n'est pas occupé à une tâche plus particulière

3.6

panneau sensitif

commande informatisée utilisant un capteur de position pour détecter la position du doigt de l'opérateur sur l'étiquette de l'écran de visualisation. Alternativement, un crayon lumineux peut être utilisé ou un curseur déplacé sur l'image écran pour identifier une étiquette. L'étiquette peut décrire un élément de la centrale ou une commande.

3.7

unité de visualisation

type d'affichage incorporant un écran pour présenter des images pilotées par ordinateur

[CEI 60964]

3.8 Abréviations

CRT: tube cathodique

DLP: projecteur numérique

LCD: écran à cristaux liquides

LSD: grand écran

MCR: salle de commande principale

NPP: centrale nucléaire de puissance

V&V: vérification et validation

VDU: unité de visualisation

4 Exigences pour la conception

4.1 But recherché et application

4.1.1 Généralités

La conception du système de visualisation sur écran doit refléter les exigences de la CEI 60964.

La conception doit identifier les objectifs du système de visualisation, par exemple, la sûreté, la disponibilité, l'opérabilité.

Quand un système est rénové pour une centrale existante, l'étendue de l'application des exigences de la CEI 60964 et de cette norme doit être identifiée.

Les exigences de disponibilité doivent être déterminées à partir de la classification du système en accord avec la CEI 61226 et la CEI 61513.

Le système utilisant des écrans de visualisation doit être conçu de telle sorte que les opérateurs puissent accomplir leurs tâches correctement et rapidement. Il convient de tenir compte des liens entre les informations à présenter et de toutes les commandes associées.

On doit considérer l'intégration commande/affichage et le type de consigne de conduite (basée sur des événements, basée sur des symptômes, basée sur des états).

La présentation de l'information pertinente doit être prise en compte dans le choix du type d'affichage à utiliser.

La conception doit être basée sur des principes ergonomiques pour assurer la facilité de conduite et pour minimiser les erreurs des opérateurs, à la fois d'intention et d'exécution.

Comme les éléments affichés sur les unités de visualisation constituent une source majeure d'information qui contribuent à la charge de travail totale de l'opérateur, la conception de l'affichage doit limiter cette contribution, lors de la surveillance, de l'exploitation et de la résolution de problème, pour éviter la surcharge d'information.

Lors de la conception du système de visualisation, une définition claire du but des affichages, de leur rôle de sûreté et de leurs exigences fonctionnelles de base doit être élaborée et documentée.

Les facteurs suivants ont une grande influence sur l'étendue nécessaire, la structure et les capacités du système complet:

- nouvelle conception ou rénovation d'installation,
- sûreté, non-sûreté, ou dépendant d'une autorisation légale,
- étendue de l'automatisation,
- capacités et besoins des utilisateurs principaux,
- affichage uniquement, ou commandes informatisées intégrées.

Le système peut être fourni en une étape ou en plusieurs, selon la capacité financière, les délais, l'expérience acquise ou les évolutions de l'état de l'art du matériel et du logiciel, et les changements de philosophie qui peuvent affecter le rôle des opérateurs.

Quelques avantages associés aux écrans de visualisation sont donnés à l'Annexe A de la présente norme.

Cette norme fournit des recommandations générales, lorsque les projets nécessitent de passer à un niveau plus détaillé, un ensemble de guides de type conception et style spécifiques doivent être rédigés. Dans ce but, cette norme fournit aussi les orientations assurant que les recommandations propres au projet sont aptes à garantir la cohérence pour les affichages, les systèmes et les matériels anciens ou nouveaux.

4.1.2 Nombre et emplacement des affichages

Généralement une des premières décisions de conception concerne la configuration d'ensemble de la salle de commande, par exemple:

- le nombre et l'emplacement des stations de travail informatisées, du matériel correspondant, par exemple: des unités de visualisation, des claviers,
- le nombre et l'emplacement d'autres équipements matériels comme les alarmes et les commutateurs.

De façon à minimiser les modifications de conception tardives, il convient qu'une analyse précoce des tâches opérateurs prenne en compte les activités suivantes:

- analyse de l'information devant être présentée aux opérateurs,
- obtention des données d'entrée de la part des équipes de conduite.

Pour ce qui concerne les conceptions d'installation nouvelle, il convient que les personnes suivantes fassent partie de l'équipe de conception:

- personnel avec expérience de conduite sur une installation plus ancienne,
- personnel avec expérience de conduite sur une installation de niveau de conception similaire,
- représentant de la future équipe de conduite.

Pour déterminer le volume d'affichage approprié il convient:

- de déterminer l'information qui sera nécessaire simultanément aux opérateurs,
- de disposer l'information dans des pages à afficher,
- de disposer les pages dans l'arborescence d'affichage,
- d'avoir connaissance des moyens utilisés pour accéder à l'information.

Il convient de prendre en compte les activités de coordination au sein de l'équipe de conduite.

4.1.3 Disposition pour éviter les problèmes liés à la lumière du jour et à l'éclairage

Les exigences et les recommandations d'ensemble portant en général sur la conception de salle de commande s'appliquent.

Le principal défi pour l'éclairage consiste à fournir suffisamment d'énergie pour éclairer les éléments imprimés ou écrits, sans éclairer les écrans d'affichage (et les grands écrans) réduisant ainsi de façon non souhaitable les contrastes sur ces écrans.

En général, il convient que l'éclairage d'ensemble de la salle de commande soit indirect et en quelque sorte diffus.

Le décor de la salle ainsi que les couleurs des meubles sont importants, ils déterminent l'apparence générale de l'espace de travail.

Il convient que la réflexion sur la surface des éléments d'architecture permette d'utiliser une lumière diffuse sans trop réduire les contrastes au niveau des unités de visualisation et des grands écrans.

Il convient que le schéma de conception d'éclairage ainsi que les appareils soient intégrés au reste du processus de conception.

Il convient que le schéma de conception d'éclairage ainsi que les appareils soient considérés de façon globale et non isolée.

Chaque nouvelle source de lumière ou surface réfléchissante ajoutée en salle de commande peut potentiellement créer un certain nombre de problèmes, comme:

- un éclairage supplémentaire non prévu peut éblouir ou bien se refléter sur les écrans de visualisation;
- un éclairage d'ensemble mal conçu peut produire de la lumière parasite ou éclairer les grands écrans en réduisant ainsi:
 - les contrastes,
 - la saturation des couleurs,
 - la lisibilité.

On peut noter que les écrans de projection avec un gain plus faible sont plus susceptibles d'entraîner des problèmes que des écrans avec un gain plus élevé.

Ce sont les fenêtres par lesquelles entrent la lumière du jour qui posent le plus de problèmes, et particulièrement pour les grands écrans.

Il peut être nécessaire de contrôler avec attention la répartition de l'éclairage.

Il convient de positionner les projecteurs de façon à éviter les éblouissements ou les reflets sur les affichages des stations de travail des opérateurs.

Il convient de prêter attention aux relations existantes entre les couleurs et l'éclairage de la salle. On note que:

- la discrimination des couleurs non saturées dans une salle fortement éclairée est difficile;
- la distinction de couleurs proches dans une salle faiblement éclairée est difficile.

Il convient que l'effet des appareils d'éclairage sur les couleurs soit neutre.

Il convient de ne pas utiliser des éclairages de couleur si un code couleur est utilisé dans la salle de commande.

Il convient de ne pas utiliser des types d'ampoule offrant un faible rendu au niveau des couleurs.

Si la salle de commande est équipée d'un éclairage de secours qui peut être mis en service alors que les opérateurs se servent encore des affichages, alors il convient que celui-ci ait un bon rendu au niveau des couleurs.

4.2 Utilisateurs principaux

Les utilisateurs principaux de chaque groupe d'unités de visualisation doivent être identifiés comme partie prenante dans la définition des exigences de conception. Ce peut être les opérateurs réacteur ou d'autres opérateurs, le superviseur, le personnel de maintenance ou la direction. Dans le cas d'utilisation de grands écrans, on peut avoir différents utilisateurs ou groupes d'utilisateurs qui se trouvent en différents endroits de la salle de commande.

Le niveau de compréhension des informations affichées doit être principalement lié aux capacités mentales des opérateurs et les images écran doivent être produites dès l'origine avec leur entière coopération. Ceci est lié au fait que les opérateurs en salle de commande sont les principaux utilisateurs du système d'information de la centrale nucléaire de puissance en conditions normales, incidentelles et accidentelles. Ce sont en effet les seuls membres du personnel à être toujours présents et responsables.

Par conséquent, outre les informations de base, des informations plus synthétiques et plus abstraites doivent être présentées aux chefs d'équipe, aux ingénieurs de sécurité, et suivant les pratiques de l'exploitant, à des conseillers (sur site ou à l'extérieur du site) de l'équipe de salle de commande. Ces derniers peuvent être concernés par l'analyse et la prise de décision stratégique lors de situations complexes durant de longues périodes. Un tel format d'affichage peut être aussi retenu pour une présentation sur grand écran, si une de ses fonctions identifiées doit maintenir une situation de vigilance et renforcer la coopération du groupe.

Il convient que les objectifs de conception soient tels que le rôle des opérateurs soit accru dans le sens d'une optimisation des performances et de la sûreté, en exploitant les capacités mentales de l'opérateur et ses connaissances techniques.

L'expérience de l'utilisation d'écrans dans les centrales nucléaires montre que le personnel d'exploitation et de maintenance a besoin d'avoir accès à toutes les informations de la centrale, à la fois directes et indirectes à travers le système de visualisation du poste de travail, et que cela peut comprendre des dispositions spécifiques pour permettre l'affichage d'informations concernant:

- les algorithmes de commandes logiques,
- les seuils d'arrêt d'urgence,
- les seuils d'alarme,
- les facteurs d'échelle,
- l'affectation des entrées,

et d'autres caractéristiques du système utilisées pour définir les caractéristiques de fonctionnement de la visualisation. Cette disposition est d'une importance particulière pendant la mise en service de la centrale et pour la confirmation des modifications.

4.3 Critères de défaillance

Il convient d'identifier les exigences de fiabilité et les critères de défaillance à partir de la classification de la CEI 61226 et des exigences relatives à l'installation, provenant de, ou extraites de corpus réglementaires. La défaillance d'un système d'information signifie que les informations sont dégradées et ne sont plus suffisantes, ni précises pour comprendre ou accomplir correctement une tâche de sûreté. Une défaillance unique à l'intérieur d'un système représente n'importe quelle défaillance de composant, comme par exemple un capteur, un calculateur ou une unité de visualisation.

Les systèmes d'unités de visualisation peuvent comprendre:

- a) des écrans individuels et de grands écrans sans lien avec la sûreté, ainsi que d'autres appareillages, employés pour améliorer la compréhension de certaines situations ou pour faciliter une détection rapide des anomalies, tels que ceux qui donnent des informations sur les actions des systèmes automatiques, les bilans d'énergie ou de fluide et les petits rejets radioactifs ou fuites;
- b) les grands écrans et les écrans utilisés pour l'information et la commande qui peuvent avoir un lien avec la sûreté, comme ceux nécessaires à l'exécution d'actions suivant des procédures liées à la sûreté considérés dans le cadre de la conception de l'installation ou hors dimensionnement;
- c) des écrans nécessaires à la sûreté, tels que ceux d'un panneau de sûreté dédié;
- d) des commandes informatisées d'un système de commande et d'information intégré.

De tels systèmes peuvent être utilisés pour de nouvelles conceptions ou pour des rénovations des salles de commande.

Pour le cas a),

- La redondance n'est généralement pas essentielle et une défaillance occasionnelle de la fonction d'information peut être acceptable.

Pour le cas b),

- La redondance doit être prévue pour assurer qu'une défaillance unique d'un composant dans le système n'empêche pas son fonctionnement global.
- Il convient que les fonctions d'affichage (se composant d'informations déjà concentrées) aient une disponibilité répondant aux besoins de sûreté documentés associés.

Pour le cas c),

- Une défaillance d'un seul affichage ne doit pas empêcher de réaliser les actions opérateur exigées par la sûreté. La redondance et la diversité des moyens d'information et de commande peuvent être utilisées pour cela.
- Les informations nécessaires pour traiter les accidents doivent uniquement se fonder sur des mesures qualifiées de sûreté, ayant une redondance suffisante, mais elles peuvent être complétées par d'autres informations.
- La probabilité d'une défaillance d'une fonction d'information doit être considérée par rapport aux besoins de sûreté documentés associés.

Pour le cas d),

- La défaillance d'un seul affichage doit être prise en compte conformément au critère de sûreté et de disponibilité de a), b) ou c) pour laquelle l'action de commande en question doit être lancée.

4.4 Exigences système

Les paragraphes 4.1 à 4.3 permettent au concepteur de déterminer les exigences applicables aux unités de visualisation. Ce document indique le haut niveau d'exigences.

Il convient qu'un guide fournisse des recommandations de conception détaillées, pour le temps de réponse spécifique, les limites angulaires de vue, etc.

On doit développer des exigences détaillées pour les points suivants:

- la quantité et la structure de la capacité de traitement et de mémoire,
- la redondance, la diversité et la complexité nécessaires de l'information,
- les conditions et les exigences liées à l'environnement pour les écrans de visualisation et les grands écrans.

On doit établir plus particulièrement pour la conception des unités de visualisation des postes de travail, des exigences portant sur les points suivants:

- la taille des caractères et des symboles fournis par les unités de visualisation;
- lorsqu'une matrice de caractères est utilisée, le nombre de pixels suffisant pour différencier les symboles utilisés;
- les exigences particulières concernant l'angle maximal de vision sur l'affichage principal et secondaire (entre la ligne de vue et la perpendiculaire au plan d'affichage);
- les exigences particulières pour le contraste des caractères et des symboles par rapport à l'arrière-plan, avec une commande possible de la luminance;
- la fréquence de mise à jour des données numériques.

De plus, les exigences suivantes sont à appliquer pour la conception des systèmes de visualisation des stations de travail:

- Le temps d'affichage de tout élément d'une image (ou ensemble) doit être conforme aux besoins de présentation de l'affichage issu de l'analyse des tâches.
- Le temps d'affichage de tout élément d'une image (ou ensemble) doit être conforme aux besoins de l'opérateur en termes de facteurs humains liés à la visualisation.
- Il convient que la fréquence de mise à jour des données numériques garantisse que les données puissent être lue facilement et avec précision par l'opérateur, que l'installation soit dans un état stable ou transitoire, ceci sans que les plus petites décimales changeant rapidement soient affichées.
- Il convient que la taille des caractères et des symboles fournis par les unités de visualisation soit suffisante pour respecter les recommandations de lisibilité liées aux facteurs humains.

Des exigences doivent être élaborées pour les unités de visualisation et elles doivent couvrir:

- les couleurs utilisées pour coder l'information,
- la fréquence de rafraîchissement des écrans,
- le spectre de l'éclairage installé en salle,
- la persistance du phosphore des unités de visualisation à tube cathodique. Des considérations particulières peuvent être applicables pour d'autres technologie telles que les écrans à cristaux liquides, les projecteurs numériques.

De plus, les exigences suivantes sont à appliquer aux unités de visualisation:

- Les clignotements de texte ou de variables doivent être évités.
- Des mesures appropriées doivent être prises pour assurer que la réverbération d'autres sources de lumière sur les écrans reste à un niveau qui ne dégrade pas le niveau de performances ou n'entraîne pas d'inconfort.
- Les commandes informatisées doivent être munies de mécanisme de retour informant si l'action a été exécutée ou non. Les actions critiques doivent être protégées d'une activation intempestive.

Des informations détaillées complémentaires sur les commandes informatisées sont fournies par la CEI 61227.

4.5 Besoins en informations et procédures d'application

4.5.1 Généralités

L'information à visualiser doit être définie dans ses principes et ensuite en détail par l'analyse des besoins en information des opérateurs et des autres utilisateurs dans les différentes conditions de fonctionnement.

Il convient que le processus de conception comprenne des revues et prenne en compte les commentaires formulés par des opérateurs expérimentés.

Il convient que les formats d'écran « emploient le modèle utilisateur ». L'industrie, et même des groupes au sein de celle-ci, utilisent leur propre système d'associations et de significations pour par exemple:

- les tuyauteries,
- les schémas fluide,
- les états d'alarme.

Les modèles utilisateur peuvent aussi dépendre de l'historique de l'installation ou de l'expérience des opérateurs sur d'autre matériels et avec des pupitres traditionnels. Ainsi il

n'y pas automatiquement besoin de reconcevoir complètement les affichages qui sont efficacement utilisés sur un pupitre traditionnel, simplement parce que le support des affichages sera dorénavant un grand écran.

Le modèle utilisateur se construit à partir de:

- l'éducation,
- la formation,
- l'expérience opérationnelle.

Le modèle de l'utilisateur comprend:

- les connexions entre les systèmes de l'installation, qui permettent de déduire comment un fluide peut passer de l'un à l'autre;
- les bilans de masse et d'énergie dans un système qui permettent de prédire les effets sur un autre système.

4.5.2 Rénovations

L'ajout d'écrans de visualisation ou le remplacement de moyens conventionnels par des unités de visualisation peut permettre de représenter des informations qui ne peuvent être facilement et simplement affichées avec des appareils conventionnels, en particulier lorsque la flexibilité est exigée pour un affichage, par exemple:

- la sortie des variables calculées et des comparaisons,
- les affichages d'ensemble réalisés sur la base de grandeurs dérivées, d'alarmes groupées, des tendances d'évolution, de variables synthétisées pour résumer l'état de la centrale, etc.,
- les diagrammes x-y (représentation graphique d'une variable par rapport à une autre), par exemple des paramètres de sûreté ou un affichage lié à des fonctions critiques,
- les diagrammes x-t (représentation graphique d'une variable par rapport au temps),
- les courbes de tendance avec échelle configurable (également pour l'historique à long terme),
- les synoptiques de systèmes comprenant des informations d'état en temps réel,
- les combinaisons de différentes informations, par exemple carte du cœur sur quatre écrans,
- les procédures de conduite comprenant des informations d'état en temps réel.

4.5.3 Nouvelles conceptions de salles de commande principales

Il convient d'appliquer d'adopter une approche itérative incluant:

- a) la recherche et la spécification des objectifs principaux (approche descendante), par exemple:
 - les buts associés aux informations pour la surveillance de la centrale et des actions automatiques,
 - les informations pour la prise de décision (pour des actions manuelles),
- b) le rassemblement des exigences d'affichage pour les informations d'état et de tendance des conditions de la centrale et des systèmes de contrôle automatique, y compris les systèmes de protection (approche ascendante);
- c) la détermination des relations entre les images écran.

Il convient que ceci tienne compte:

- des images associées,
- des informations associées,

- des images de différentes vues.

d) l'affinement de la conception par répétition de ces étapes de conception en ajoutant plus de détails.

Des exemples de différentes images, de leur utilisation habituelle et de certaines de leurs caractéristiques sont donnés dans l'Annexe B.

5 Conception et réalisation des images écran

5.1 Conception

Une approche système doit être utilisée pour la conception fonctionnelle de la salle de commande pour déterminer les besoins en information et en commande des utilisateurs éventuels (voir la CEI 60964, Article 6 et la CEI 61839).

Il convient que la conception nouvelle d'un ensemble de commandes de niveau élevé donne:

- la liste des fonctions système à réaliser en salle de commande principale;
- l'information relative aux tâches à réaliser en salle de commande principale;
- l'information relative aux tâches devant être réalisées par des intervenants à l'extérieur de la salle de commande principale qui peuvent facilement voir ce qui se passe dans celle-ci;
- une description préliminaire des matériels qui seront installés en salle de commande principale.

Lors des rénovations, des reconceptions ou des mises à niveau, on doit faire une revue des tâches courantes réalisées et une analyse des contraintes observables lorsqu'on propose de modifier les façons de travailler.

Les exigences pour un affichage unique ou une suite d'affichages doivent être déterminées par une analyse approfondie et systématique de l'utilisation proposée des données affichées. Pour chaque élément d'information proposé, le concepteur doit tenir compte des attributs suivants:

- nombre d'utilisateurs ayant besoin de l'affichage;
- but(s) associés aux données (par exemple, pour la surveillance, la commande ou la maintenance), ainsi que leur fiabilité;
- nécessité de comparaisons avec d'autres données sur images écran ou sur d'autres affichages;
- temps de réponse associés aux données (rapidité, fréquence et rapidité, par exemple, en fonction des actions de l'opérateur);
- précision avec laquelle les données doivent être lues (par exemple à la distance correspondant à la surveillance d'ensemble, de près pour les tâches précises et détaillées);
- caractéristiques des données en termes de taux d'évolution, de bruit, etc.;
- erreurs d'interprétation de la part de l'opérateur:
 - meilleure adaptation des informations élémentaires ou des informations calculées à partir de plusieurs variables aux tâches opérateur;
 - meilleure adaptation des informations analogiques ou des informations binaires;
 - garantie d'une interprétation non ambiguë de l'information proposée;
- niveau de détail ou d'abstraction exigé (par exemple, affichage d'ensemble, affichage de poste de travail individuel);
- durée d'un événement entraînant un transitoire important.

Il convient de ne pas mélanger les données intéressant l'opérateur avec des données principalement destinées à d'autres utilisateurs, seules les données nécessaires à l'opérateur pour la surveillance, la prise de décision ou l'exécution doivent lui être fournies dans la hiérarchie principale des affichages, comme:

- la vue d'ensemble, les états stables et en cours de manœuvre des systèmes et des commandes individuelles,
- la cause première et l'état transitoire des incidents,
- l'information de guide opérateur.

Il convient que les autres données, spécifiques à la maintenance ou à l'analyse, soient disponibles sur le système d'affichage, mais elles peuvent être accessibles en dehors de la hiérarchie des écrans en utilisant des équipements spécialisés. Exemples:

- les fonctionnements actifs ou passifs constatés pendant des actions automatiques;
- les données de surveillance de fatigue;
- le nombre et la durée de fonctionnement des composants;
- les données relatives à la maintenance, par exemple les messages d'erreur détaillés d'un système d'affichage numérique.

Il convient que l'emplacement des équipements d'affichage de données tienne compte des niveaux d'expérience du personnel supposé utiliser les appareils, de l'attribution des responsabilités et des fonctions de conduite et de la nécessité d'optimiser le nombre d'écrans de visualisation pour le rendre compatible avec la prise en main de chaque poste de travail opérateur. Cette dernière considération doit dépendre des facteurs anthropométriques tels que:

- l'angle de visualisation,
- la distance de visualisation,
- la proximité des commandes et indications associées,
- la quantité de données que l'on doit associer.

La détermination du nombre de stations de travail doit tenir compte du partage des tâches, des pannes et des défaillances matériel et des réparations et garantir qu'un nombre suffisant de stations de travail sont disponibles tout le temps.

5.2 Exigences générales

5.2.1 Présentation

Il convient que les affichages soient aussi simples, clairs et compréhensibles que possible. Lorsque des affichages complexes ou très détaillés sont nécessaires, une bonne organisation et une bonne structuration sont exigées.

Lorsque les critères de sûreté exigent que des données brutes, non traitées ou devant être qualifiées de sûreté, soient présentées en plus des informations traitées, l'identification et l'organisation de l'affichage doivent faire la différence entre ces types d'informations.

5.2.2 Disponibilité

Les informations nécessaires doivent être affichées à l'opérateur chaque fois que cela est exigé et avec la redondance nécessaire, par exemple les alarmes peuvent être présentées sur des images synoptiques en complément à d'autres formes d'affichage, voir la CEI 62241. Pour les critères spécifiques de défaillances, voir 4.3.

5.2.3 Lisibilité

Les informations affichées sur les écrans de visualisation doivent être clairement comprises dans toutes les conditions de fonctionnement. Il convient de faire une utilisation appropriée des représentations textuelles et graphiques. Afin d'obtenir la lisibilité nécessaire de l'écran de visualisation, la spécification des images doit reposer sur une base de données des facteurs humains, telle que celle indiquée en 7.2 de la CEI 60964.

5.3 Précision

5.3.1 Compréhension

L'affichage doit communiquer les informations destinées à l'opérateur sans ambiguïté ou perte de signification.

L'échelle des graphiques et des histogrammes doit permettre à l'opérateur de lire et de comprendre convenablement les indications et il convient d'annoter la valeur maximale ou courante avec la valeur numérique. Pour les affichages numériques, il convient de choisir la résolution de la présentation des mesures de sorte que la précision soit suffisante tout en assurant que le nombre de chiffres qui change à chaque mise à jour, dans des conditions stables, soit limité.

L'intervalle minimum entre deux mises à jour des chiffres composant une valeur variable ne doit pas être inférieur à trois dixièmes de seconde.

5.3.2 Compatibilité entre images écran et d'autres interfaces homme-machine

Voir 4.4.8 de la CEI 61227.

La compatibilité entre les images des unités de visualisation doit être garantie pour les postes de travail individuels et pour tout affichage sur les grands écrans.

5.3.3 Cohérence entre les formats d'unité de visualisation

La normalisation des affichages peut être bénéfique, mais elle ne doit pas avoir la priorité sur des critères plus importants donnés ici.

Si la cohérence de la présentation de l'information n'est pas assurée, les raisons des écarts doivent être documentées.

Il convient de nommer d'une manière similaire tous les éléments d'une suite d'écrans représentant les mêmes informations.

En cas d'utilisation d'éléments identiques sur des écrans différents, il convient que ces éléments soient, le cas échéant, placés de manière cohérente pour chaque écran.

Il convient que des techniques de regroupement soient utilisées en cohérence avec des entêtes et un style normalisés.

La cohérence entre les images des unités de visualisation doit être garantie pour les postes de travail individuels et pour tout affichage sur les grands écrans.

La présentation et l'interaction avec les grands écrans ne doit pas entrer en conflit avec les stations de travail individuelles et les autres aspects de conception. Ceci pour réduire les interférences avec les éléments déjà connus et rendre la recherche de l'information plus rapide.

On note que la cohérence et la compatibilité des images des grands écrans avec les autres systèmes:

- favorise l'apprentissage et l'acceptation;
- n'empêche pas, pour obtenir une vue d'ensemble, le développement de fonctionnalités particulières complémentaires telles que des graphiques d'ensemble simplifiés, des symboles particuliers relatifs à la vue d'ensemble, des éléments d'alarme globaux, etc.

5.4 Forme de présentation

5.4.1 Principes

5.4.1.1 Généralités

L'être humain est capable de comparer visuellement de l'information et de détecter des contradictions. Aussi, les affichages doivent-ils être conçus pour tirer parti de cette capacité. Il peut être bénéfique d'afficher une certaine information importante sur une zone particulière sur plusieurs écrans simultanément ou sur différentes vues correspondant à la même information sur plusieurs écrans.

En sélectionnant une forme d'affichage, on doit tenir compte des avantages propres à la forme de présentation par rapport à l'information à afficher. Il convient d'utiliser de préférence, des codes analogiques, tels que les barre-graphes, les courbes de tendance et les symboles en plus des représentations numériques.

Le besoin d'étiquette alphanumérique est limité lorsqu'on utilise des moyens graphiques tels que les symboles ou les signes.

5.4.1.2 Couleurs

Lorsque la couleur a une signification en rapport avec la sûreté, d'autres sortes de codage, par exemple, la position, la forme des symboles ou le texte doivent être utilisés (codage redondant) pour assurer que la signification de sûreté puisse être clairement remarquée par les opérateurs sans la seule référence à la couleur.

Lorsqu'un code-couleur est associé aux objets, il convient d'utiliser une couleur neutre pour l'arrière plan.

Il convient de prendre la décision d'utiliser un code-couleur en ayant compris quels sont les buts de l'utilisateur.

La codification des objets peut aussi utiliser une autre méthode que le code-couleur, telle que:

- la forme,
- l'emplacement,
- l'intensité,
- le clignotement,
- etc.

Il convient que le choix des couleurs soit délibéré.

Il convient que le choix des couleurs ne soit pas un choix de méthode de codification par défaut, même si elle est plus aisée à mettre en œuvre.

Il convient que l'utilisation des couleurs dans un but esthétique soit secondaire, et que cela complète le format ou le code-couleur. On note que:

- il est possible de rendre rebutant et criard des affichages en choisissant quelques couleurs inadaptées;
- des couleurs inadaptées peuvent porter atteinte à l'efficacité fonctionnelle d'autres couleurs (pollution colorée), même si les affichages paraissent plus attractifs pour les visiteurs occasionnels;
- l'utilisation des affichages en couleur favorisant l'acceptation long terme par les utilisateurs de ceux-ci constitue un argument en leur faveur.

Il convient d'utiliser les couleurs saturées pour indiquer l'importance de la nature catégorielle de l'information, si l'affichage d'ensemble doit contenir des informations qualitatives d'importance.

Des nuances de teinte, de saturation ou d'intensité peuvent permettre de coder de l'information ordonnée ou quantifiée.

Les informations de moindre importance qui sont présentes en permanence ou qui sont figées, telles que les circuits ou les types de fluide, peuvent être colorées mais il convient qu'elles ne soient pas saturées. Ceci pour réserver l'utilité des niveaux et l'efficacité de la couleur pour les catégories d'information réellement importantes ou pour les changements d'état.

5.4.2 Utilisation de symboles et de graphiques

Il convient de normaliser les symboles.

Le risque d'interpréter un symbole de différentes façon doit être nul, sauf si la nouvelle interprétation est due à l'utilisation combinée du symbole avec d'autres symboles particuliers, et que cet usage est décrit de manière explicite dans les exigences associées à l'affichage.

Il convient de limiter la gamme des tailles de symboles de façon à pouvoir distinguer facilement leurs différentes tailles.

5.4.3 Synthétiques

Il convient d'organiser les éléments associés de la centrale de manière à refléter leurs relations avec un certain degré d'abstraction évitant de compliquer le synoptique.

Il convient généralement que le cheminement des flux du processus et la séquence d'événements progressent:

- de gauche à droite,
- de haut en bas,
- selon les stéréotypes de population.

Des indications supplémentaires pour la disposition des synoptiques sont données en 4.4.5 de la CEI 61227.

5.4.4 Formatage des informations

Il convient que les constructions de phrases et de messages présentent une bonne syntaxe.

Il convient que les constructions de phrases et de messages ne soient pas énigmatiques.

Il convient d'utiliser, si possible, des structures de messages hiérarchiques normalisées.

Il convient que la disposition des informations indique, le cas échéant, la séquence de leur utilisation.

Il convient, normalement, que les rangées d'informations tabulaires soient divisées en groupes de cinq au maximum.

Il convient que la présentation soit compatible avec les autres formes d'affichage associées, affichées au même endroit.

On doit utiliser des techniques de groupement et de codification pour améliorer la perception des informations affichées. Ces critères de groupement et de codification figurent en 7.5 de la CEI 60964.

Toutes les informations stockées dans le système d'information et traitées par ce dernier doivent pouvoir être affichées dans des conditions, selon une disposition et dans un délai satisfaisants.

Il convient que la plupart des informations puissent être demandées et organisées par l'équipe de conduite.

Des informations peuvent être affichées automatiquement, ou leur affichage peut être recommandé par des propositions de menus affichés automatiquement.

S'il y a des informations d'image individuelle ou d'ensembles d'images orientées événements ou symptômes, exigeant un affichage rapide après leur sélection, ceci doit être clairement énoncé dans la documentation de conception et peut nécessiter d'avoir des mécanismes de sélection (par exemple des boutons poussoir dédiés pour l'accès à celles-ci).

En fonction de la multiplicité des besoins en matière d'information et des stratégies de diagnostic, on doit prévoir des accès multiples aux représentations graphiques appropriées et leur manipulation facile. On doit concevoir des affichages pour minimiser le nombre de mouvements pour accéder à l'information.

L'Annexe D donne des exemples de méthodes d'accès.

6 Conception et mise en œuvre des systèmes intégrant de grands écrans

6.1 Objectifs des systèmes d'affichage utilisant de grands écrans

En assurant la vue simultanée des mêmes informations à plusieurs individus, l'objectif général des grands écrans est celui de supporter un groupe pour qu'il perçoive uniformément une situation et interagisse. En ce qui concerne la conception des salles de commande principales des centrales nucléaires, le principal objectif des grands écrans est donc d'améliorer la performance des équipes de conduite. Un deuxième avantage offert par les grands écrans est de fournir aux personnes autres que les opérateurs, autorisées à entrer en salle de commande, une information d'ensemble sur l'installation sans déranger les opérateurs. L'emploi de grands écrans peut aussi contribuer à l'amélioration des performances individuelles, bien qu'ils n'aient pas pour objectif de remplacer les affichages primaires d'opérateurs (que l'on a traité lors de la conception des postes de travail individuels).

Les grands écrans peuvent aussi être utilisés pour compenser certains des inconvénients liés aux unités de visualisation comparées aux moyens plus anciens, mais aussi aux plus grands panneaux muraux. Certains inconvénients liés aux unités de visualisation individuelles utilisées sans panneau mural ou grand écran complémentaire, peuvent être supprimés lors de rénovation utilisant de grands écrans; parmi ceux-ci:

- la difficulté de maintenir l'attention sur la situation d'ensemble de la centrale,
- la difficulté et le retard liés à l'accès aux affichages et aux commandes numériques,

- la difficulté de maintenir l'attention sur les actions réalisées par les autres membres de l'équipe,
- la difficulté de communiquer.

Naturellement, il convient de concevoir les unités de visualisation et les grands écrans conformément aux principes ergonomiques qui dans de nombreux cas demanderont à être adaptés. Les objectifs et les exigences d'ensemble portant sur les grands écrans doivent être identifiés par le concepteur. La conception des affichages prend généralement en compte les objectifs suivants:

- il convient que l'affichage améliore la perception de la situation et la compréhension de l'ensemble de l'état de la tranche;
- il convient que les images des grands écrans soient interprétables à distance, au moins au niveau de l'ensemble, sans avoir à lire un texte détaillé;
- il convient que les grands écrans soient adaptés pour être utilisés par un seul opérateur;
- il convient que les grands écrans maintiennent l'attention de l'équipe sur la situation globale;
- il convient que les grands écrans assurent la fonction navigation dans les affichages d'investigation pour réaliser des travaux de préparation ou des travaux de groupe;
- il convient que la présentation de l'information ainsi que les changements d'état n'introduisent pas de retards notables à l'affichage;
- il convient d'éliminer les informations inutiles; les opérateurs sont sensés utiliser leurs postes de travail personnels pour réaliser les actions détaillées;
- il convient que les grands écrans affichent efficacement l'état courant de façon simultanée aux différents membres de l'équipe;
- il convient que les grands écrans permettent aux membres de l'équipe de juger des effets de leurs actions sur les tâches des autres opérateurs;
- il convient que les grands écrans facilitent la tâche de surveillance du chef d'équipe ou du superviseur.

Lorsqu'on a pris la décision d'utiliser sur l'installation ou pour un projet de rénovation des grands écrans, les problèmes critiques devant être résolus avant la mise en œuvre portent sur:

- le nombre d'affichages, la configuration et l'emplacement des grands écrans,
- l'information à présenter sur les grands écrans,
- la commande du contenu de l'information présente sur les grands écrans,
- la commande ou le réglage de l'éclairage en fonction du type d'affichage. (Ce problème est plus dépendant des technologies choisies que d'autres).

Ces aspects sont tous couverts de 6.2 à 6.5.

6.2 Vue d'ensemble des problèmes de conception liés aux grands écrans

Concernant la gestion et la commande des affichages et leur commande on doit décider de:

- Qui a autorité pour changer l'information affichée ? et,
- Comment convient-il de mettre en œuvre ces changements (manuel ou automatique) ?

Il convient que la conception des images des grands écrans prenne en compte les problèmes particuliers qui ont été identifiés, par exemple:

- à partir du retour d'expérience, ou
- de l'analyse de situation d'une installation existante.

Il convient pour chaque projet d'identifier les problèmes spécifiques devant être considérés par les concepteurs.

Typiquement, les problèmes que l'on peut soulever au cours d'une revue de salle de commande concernent:

- des arrêts non planifiés dus à des interventions du personnel en salle de commande,
- la difficulté à maintenir l'attention sur les états de la tranche,
- des erreurs humaines dues à une conception de salle de commande inappropriée pour la surveillance, la perception et la détection des situations,
- des situations liées à la sûreté, par exemple des interprétations contradictoires de situations par les opérateurs,
- des difficultés au niveau de l'accès et de la compréhension rapide de l'information fournie par des systèmes existants,
- les souhaits du personnel d'exploitation concernant l'amélioration au niveau de la communication interne.

Il convient que le système intégrant les grands écrans comprenne un pointeur sous contrôle des opérateurs pour les affichages présents sur les écrans. Ceci pour faciliter la collaboration, la discussion et le travail dans le groupe.

Il convient que les opérateurs puissent commander le pointeur à partir de leurs positions assises habituelles.

Il convient d'utiliser des grands écrans, lorsqu'en utilisant l'information d'ensemble qu'ils affichent, ils contribuent de façon positive et concrète à la perception partagée d'une situation et à l'interaction des opérateurs ou de personnes autorisées en salle de commande.

De toutes façons, il convient de valider l'emploi de grands écrans au niveau coût bénéfice en comparaison avec d'autres solutions possibles.

6.3 Emplacement des grands écrans en salle de commande

6.3.1 Généralités

Avant même d'aborder la conception détaillée de la présentation de l'information, il convient que le projet prenne en compte:

- le nombre de grands écrans, et
- la configuration des grands écrans.

Il convient de prendre en compte les problèmes de facteurs humains tels que la visibilité et les réactions des opérateurs avant de décider de la configuration.

Il convient que les concepteurs prennent en compte le type d'information détaillée que l'utilisateur a besoin de voir. Ainsi, il convient que le concepteur se pose les questions suivantes:

- L'utilisateur a-t-il besoin d'obtenir tous les détails ?
- Est-ce que certaines ou toutes les informations présentes sur les grands écrans seront présentes sur d'autres affichages ?

Il convient que l'utilisateur puisse obtenir tous les détails qui sont importants pour lui à la distance maximum de vision.

6.3.2 Emplacement par rapport aux zones de vue des opérateurs

Il convient que le concepteur décide de quelles zones de la salle de commande les grands écrans seront visibles pour que les recommandations relatives à la distance maximum de vision soient respectées. La détermination de la distance maximum de vision peut reposer sur:

- Qui est l'utilisateur ?
- Quelles sont les exigences de l'utilisateur concernant l'information ?
- Quel type d'information est affichée ?
- De quelle façon l'information est utilisée par les utilisateurs ?

Il convient que l'angle de vision des grands écrans par les opérateurs en position normale assise en salle de commande ne soit pas trop grand.

Il convient que la zone de travail normale de tout utilisateur principal d'un grand écran se situe dans la zone de vision désaxée acceptable de cet écran.

Il convient que les grands écrans soient placés par rapport aux utilisateurs critiques de façon à ce que personne ne puisse leur en obstruer la vue.

Il convient de positionner les grands écrans de façon à limiter le besoin de fréquemment tourner la tête pour voir ceux-ci.

Il convient néanmoins que les recommandations en matière de positionnement des grands écrans par rapport aux opérateurs, ne soient pas trop rigides, car les opérateurs peuvent à l'occasion se déplacer et s'asseoir de façon non orthodoxe.

S'il est difficile de trouver un bon emplacement pour les grands écrans, ceci peut vouloir dire qu'une meilleure solution serait de prendre une autre option, telle que:

- afficher moins d'information,
- utiliser de plus grands écrans ou en plus grand nombre,
- dupliquer les unités d'affichage, ou
- faire des copies multiples des images d'affichage.

Concernant l'évaluation des angles de vision des affichages secondaires, pour la situation horizontale l'angle acceptable doit être compris entre $\pm 80^\circ$ par rapport à l'axe de vue.

Concernant l'évaluation des angles de vision des affichages secondaires, pour la situation verticale il convient que l'angle soit compris entre $\pm 45^\circ$.

Si les positions de travail normales de deux utilisateurs sont décalées de chaque côté d'un affichage sur grand écran, alors il est peut être nécessaire de placer l'information importante pour chacun d'eux dans ou proche de l'intersection des zones de vision des deux opérateurs pour que celle-ci soit vue et comprise par les deux. Il convient que le concepteur prenne en compte les effets combinés:

- de la vision désaxée,
- de la perte de luminosité due à la réflexion non uniforme de l'écran, et
- de toutes les pertes de rendu, de luminosité ou de contraste des couleurs dues au type d'affichage.

Il convient que l'affichage destiné à un utilisateur particulier soit situé par rapport à celui-ci à une distance supérieure à la fois à la moitié de la largeur de l'affichage et à la moitié de sa hauteur. Ce critère définit la distance minimum de vision.

Il convient que l'estimation de la visibilité des grands écrans prenne en compte les capacités et les limitations des opérateurs. Ceci inclut les questions:

- de rotations de tête,
- d'angle de vue,
- d'obstacle,
- d'utilisation partagée, et
- de hauteur de caractères.

Il convient que les affichages partagés soient visibles en regardant par dessus les matériels des stations de travail.

La limite supérieure des affichages partagés est déterminée par la ligne de vue d'une personne de petite taille située au point le plus proche de l'affichage.

Il convient que les utilisateurs les plus proches puissent voir l'ensemble de l'image et qu'ils ne voient pas les éléments de structure constituant l'image (pixels, lignes, intervalles entre pixels pour les rétroprojecteurs).

Pour plus d'exigences détaillées voir l'ISO 11064.

6.4 Contenu informatif des images des grands écrans

6.4.1 Généralités

Il convient que les images affichées sur grand écran soient développées spécifiquement pour être complémentaires des images de stations de travail.

Il est recommandé que les images affichées sur les grands écrans ne soient pas des copies d'images de stations de travail primaires, même si ces stations de travail possèdent déjà des vues d'ensembles conçues pour l'usage individuel de l'opérateur.

Il convient de ne pas copier les affichages standards des unités de visualisation sur les grands écrans sans en avoir tout d'abord fait l'évaluation en vue de les accepter.

Lorsqu'on introduit de grands écrans, il convient que les opérateurs continuent à avoir l'accès à toutes les informations nécessaires pour réaliser leurs tâches dans leur environnement de travail immédiat, car il convient de considérer les grands écrans comme des moyens supplémentaires plutôt que comme des moyens de remplacement d'affichages numériques individuels.

Il est recommandé que l'information affichée sur les grands écrans profite aux nombreux utilisateurs présents simultanément au même endroit.

Il convient de permettre que la distance maximum de vision puisse être différente pour les différents types d'information contenus dans l'affichage. Par exemple, la vue des indications présentant un statut de haut niveau peut être prévue à grande distance au travers de la salle de commande.

Il convient de prendre en compte le type d'information ainsi que son contexte d'utilisation pour déterminer la taille de texte acceptable qui doit être utilisée pour cette information. On n'a pas nécessairement besoin d'appliquer le critère de taille minimum pour toutes les zones d'un affichage de la même façon.

Il convient que les utilisateurs soient capables de saisir tous les détails de l'affichage qui leur importent à la distance maximum de vision.

6.4.2 Performances des affichages et des écrans

Il convient que l'aspect des grands écrans soit uniforme et continu. Il convient que les utilisateurs ne puissent en distinguer:

- les lignes de balayage,
- les frontières de pixels,
- les matrices de caractère,
- les limites entre les surfaces de projection multiples, ou
- les zones de chevauchement entre les projecteurs.

Il convient que le concepteur neutralise les bords coupés ou courbés à l'aide d'une échelle de couleurs ou de gris. Suivant la distance de vision, ceci peut rendre certains vieux projecteurs ou techniques de projection moins adaptés (par exemple 'effet de l'écran porte projecteurs de moindre résolution).

Il convient de ne pas observer de distorsion géométrique sur les images affichées.

La taille d'une zone symbole unitaire projetée en n'importe quel endroit du grand écran ne doit pas varier de plus de 10 % en hauteur comme en largeur, vu des critères ergonomiques. Pour ce qui est des standards esthétiques cela peut être supérieur.

6.4.3 Conception des images pour les grands écrans

Il convient, pour comprendre les principaux éléments des affichages d'ensemble, que l'utilisateur ne soit pas obligé, autant que possible, de calculer mentalement et de manipuler des données numériques. Il convient d'éviter l'information qui ne peut être saisie d'un seul coup d'œil.

Des données numériques secondaires peuvent être présentées sur les principaux éléments de l'affichage d'ensemble, si ceci n'est pas en contradiction avec d'autres recommandations, par contre il est recommandé que la compréhension de la vue d'ensemble ne repose pas sur ces données.

Il convient que l'affichage ne présente pas une vue d'ensemble primaire quantitative.

Il est recommandé que l'affichage offre une vue d'ensemble comparative rapide, par exemple des comparaisons visuelles par rapport:

- à l'état normal,
- à des points de consigne,
- à des seuils d'alarmes,
- à des composants qui devraient présenter les mêmes valeurs.

Il convient d'éviter de donner des informations détaillées sur les grands écrans.

Il est recommandé que l'information détaillée soit réservée aux stations de travail individuelles.

Il convient de limiter dans les éléments d'affichage, les regroupements confus et les combinaisons qui ne véhiculent pas d'information. Les regroupements confus et distrayant l'attention peuvent être limités en utilisant des couleurs moins saturées et en retirant les lignes inutiles autour des zones d'images.

Il convient que les grands écrans fournissent un lien clair et directement utilisable pour retrouver l'information complémentaire, par exemple un numéro d'image ou de lien.

Il convient de séparer les différents groupes et classes d'information et de les mettre à différents niveaux de présentation, lorsque cela est approprié. Dans ce cas, l'information relative à la tâche la plus importante doit être visuellement proéminente, alors que les caractéristiques ou les objets liés à des informations de moindre importance sont placés de façon à être perçus en retrait ou comme appartenant à des niveaux inférieurs.

Le découpage en niveaux peut être utilisé lorsque l'information est présentée sous forme de carte, telle que par exemple une vue d'ensemble schématique de la centrale. Ce découpage est obtenu:

- en séparant dans l'espace les éléments,
- en traçant des frontières pour ceux-ci,
- en utilisant différentes intensités, ou
- contrastes, ou
- couleurs.

Par exemple, on peut utiliser:

- les couleurs saturées uniquement pour les alertes, telles que les alarmes,
- les couleurs semi-saturées et naturelles pour les systèmes d'exploitation, et
- les couleurs complètement non saturées pour les systèmes à l'arrêt (grisés).

Le découpage en niveaux doit permettre aux utilisateurs de retrouver le plus rapidement sur l'affichage d'ensemble ce qu'ils veulent, ceci contrairement au vieux principe d'utilisation d'un nombre maximum de couleurs que l'on peut distinguer.

Les étiquettes alphanumériques des éléments graphiques ou symboliques ont tendance à introduire la confusion au niveau des images des grands écrans et sont moins utiles que sur les images détaillées des stations de travail individuelles.

Le besoin d'ajouter ces étiquettes alphanumériques diminue lorsqu'on utilise de grands écrans, car les images sur les grands écrans sont affichées en permanence et sont bien connues des opérateurs.

Il convient de limiter l'utilisation des étiquettes alphanumériques à lire à distance. Néanmoins, il peut y avoir des étiquettes moins mises en valeur pour afficher des valeurs quantitatives à lire à faible distance. Une touche ou un autre moyen de commande peut être utilisé pour faire apparaître ou disparaître des détails.

On note que:

- les contrastes pour les systèmes rétro-éclairés sont moins sensibles à la lumière diffuse;
- les couleurs non saturées vues de loin peuvent créer des problèmes si l'arrière plan est inadapté.

Il convient que tous les objets lumineux qui sont supposés être semblables aient la même apparence. Ce qui signifie que:

- Il est recommandé que la luminosité au bord des grands écrans ne soit pas inférieure à 50 % de la luminosité du centre de l'écran et du faisceau de projection. Pour les projecteurs modernes il n'y a habituellement pas de problèmes.
- Il convient que la luminosité du centre de l'écran sous l'angle maximum de vision soit au moins égale à la moitié de la luminosité maximum. Il convient que ceci soit vérifié pour toutes positions de travail du personnel qui doit utiliser les grands écrans constamment ou régulièrement.

Ceci impose des limites sur le gain positif que l'on peut avoir pour l'écran de projection.

6.4.4 Problèmes particuliers liés aux couleurs pour les images des grands écrans

La couleur peut être utilisée si nécessaire pour:

- mettre en valeur un objet particulier dans une vue d'ensemble (couleurs saturées),
- fournir des signaux d'alarme qui attirent l'attention sur la vue d'ensemble,
- indiquer l'état physique de composants ou de voies sous forme de synthèse sur les grands écrans,
- découper les grandes zones de l'image du grand écran (couleurs non saturées),
- grouper et assembler l'information dans le « domaine étendu » du grand écran,
- être esthétiquement agréable et visuellement plaisant pour une consultation prolongée comme pour les utilisateurs occasionnels de la salle de commande.

Le nombre de couleurs employées dans le code doit être autant que possible réduit pour satisfaire aux besoins relatifs aux tâches liées aux grands écrans.

Au niveau conception, on doit éviter d'avoir à distinguer des différences catégorielles sur la base de nuances de couleur proches, si celles-ci doivent être distantes sur les grands écrans.

Dans le contexte des grands écrans, les utilisateurs ne sont pas supposés faire une lecture quantitative d'une valeur sur la base de la saturation des couleurs. Les stations de travail sont utilisées pour poursuivre les recherches pour cela.

Le grand écran étant en fonctionnement permanent, des couleurs distantes dans le spectre, situées au centre de la vision, obligent à un travail d'accoutumance visuelle permanent, et ceci peut amener une fatigue visuelle.

Il convient d'être extrêmement prudent au niveau conception lorsqu'on utilise les couleurs pour mettre en valeur un élément dans les images grand écran. Si trop de couleurs attirant l'attention sont utilisées, la fonction de vue d'ensemble sur grand écran perd de son efficacité et l'utilisateur se plaindra d'avoir un dispositif tapageur induisant la confusion. Aucune couleur n'est meilleure qu'une autre pour attirer l'attention en vision périphérique – le contraste est au moins aussi important pour cela.

On note que:

- pour les petits éléments, il convient d'utiliser les couleurs éloignées de la partie bleue du cercle chromatique;
- pour les petits éléments, les couleurs chaudes sont plus facilement détectées que les couleurs froides;
- les symboles ou les icônes de couleur sur un fond d'intensité équivalente (par exemple, bleu ou vert sur un fond rouge) poseront problème;
- si la discrimination sur la forme est importante, il convient que les objets de premier plan et le fond aient des intensités différentes. L'œil distingue les formes par l'intensité des contours plutôt que par leurs seules couleurs;
- un choix de couleurs pauvre qui manque de contraste peut entraîner des erreurs;
- l'intensité des contrastes est très importante pour les textes, plus que les couleurs et au-delà de celles-ci;
- généralement, la nuance et la saturation du texte de premier plan peuvent être ignorées avec un peu d'expérience;
- il convient d'avoir une intensité de contrastes de 3:1 comme cela est suggéré par la norme entre le texte et le fond. Une différence d'intensité est nécessaire pour distinguer les bords; la différence de couleur n'est pas suffisante.