

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Nuclear power plants – Control rooms – Operator controls

Centrales nucléaires de puissance – Salles de commande – Commandes opérateurs



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2008 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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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



IEC 61227

Edition 2.0 2008-04

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Nuclear power plants – Control rooms – Operator controls

Centrales nucléaires de puissance – Salles de commande – Commandes opérateurs

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

S

ICS 27.120.20

ISBN 2-8318-9732-7

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
4 Design principles	8
4.1 Basic concepts	8
4.2 Types of HMI.....	9
4.2.1 Discrete controls	9
4.2.2 Soft controls.....	9
4.3 Selection of control system.....	10
5 Design requirements	11
5.1 Individual controls and indicators	11
5.1.1 Control board layout	11
5.1.2 Positioning of groups	12
5.1.3 Device layout.....	12
5.1.4 Uniformity of orientation	13
5.1.5 Mimic diagrams	13
5.1.6 Coding.....	14
5.1.7 Protection against mal-operation of control devices	15
5.1.8 Compatibility with VDU formats.....	15
5.2 Soft controls	16
5.2.1 Display devices	16
5.2.2 Selection displays.....	17
5.2.3 Input Fields	17
5.2.4 Input formats	17
5.2.5 User-System Interaction	17
5.3 Special requirements for touch panels.....	18
Annex A (informative) Examples for the arrangement of discrete controls	20

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**NUCLEAR POWER PLANTS –
CONTROL ROOMS –
OPERATOR CONTROLS****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 61227 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 1993 and constitutes a technical revision. This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) account has been taken of the fact that computer design engineering techniques have advanced significantly in the intervening years;
- b) alignment of the standard with the new revisions of IAEA documents NS-R-1 and NS-G-1.3, which includes as far as possible an adaptation of the definitions;
- c) replacement, as far as possible, of the requirements associated with standards published since the first edition, especially, IEC 60964 (edition 2) and IEC 61772 (edition 2);
- d) review of the existing requirements and updating of the terminology and definitions.

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

FDIS	Report on voting
45A/694/FDIS	45A/702/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.

INTRODUCTION

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

This IEC standard specifically focuses on operator controls.

It is intended that this standard be used by operators of NPPs (utilities), systems evaluators and by licensors.

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

IEC 61227 is the third level IEC SC 45A document tackling the generic issue of operator controls.

IEC 61227 is to be read in association with IEC 60964 and IEC 61772. IEC 60964 is the appropriate IEC SC 45A chapeau document for control rooms which provides guidance on control room design and which references IEC 61227. IEC 61772 establishes requirements for the application of VDU (Visual Display Units).

For more details on the structure of 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 this standard will continue to be relevant in future years, the emphasis has been placed on issues of principle, rather than specific technologies.

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

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

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

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

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

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

industry. In this framework IEC 60880 and IEC 62138 correspond to IEC 61508-3 for the nuclear application sector.

IEC 61513 refers to ISO as well as to IAEA 50-C-QA (now replaced by IAEA 50-C/SG-Q) for topics related to quality assurance (QA).

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

NUCLEAR POWER PLANTS – CONTROL ROOMS – OPERATOR CONTROLS

1 Scope

This International Standard supplements IEC 60964 which applies to the design for control rooms of nuclear power plants. It identifies the Human-Machine Interface (HMI) requirements for discrete controls, multiplexed conventional systems, and soft control systems. 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. However, IEC 61772 on Visual Displays Unit (VDU) also provides some guidance on displays and indications where necessary for the correct application of the control requirements.

This standard is intended for application to the design of new main control rooms in nuclear power plants designed to IEC 60964 where this is initiated after the publication of this standard. If it is desired to apply it to supplementary control points or local control positions, or to existing control rooms or designs, special caution shall be exercised as it makes assumptions such as the automation level that may not apply.

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 60073, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Coding principles for indicators and actuators*

IEC 60964, *Nuclear power plants – Control rooms – Design of main control room*

IEC 61771, *Nuclear power plants – Control rooms – Verification and validation of design*

IEC 61772, *Nuclear power plants – Control rooms – Application of visual display units (VDU)*

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

3 Terms and definitions

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

3.1

discrepancy control and indication

binary control with state and discrepancy indication using a single control switch

3.2

discrete (individual) controls

devices to support operator control of plant components, such as pumps, valves, controllers, with one control being assigned to a single plant component or function

3.3 multiplexed

used for several purposes at different times. For example, a start-stop switch may be selected by another device associated to a number of plant items and used to start or stop the item to which it is connected at the time

3.4 operator controls

devices which the operator uses to send demand signals to control systems and plant items

3.5 semaphore

electrically driven mechanical device which displays the plant condition (e.g. open or closed switch position) by the angular position of the visible surface

3.6 soft control

control device for input of operator commands, that has connections with the control system that are mediated by software rather than direct physical connections. As a result, the functions of a soft control may be variable and context dependent rather than statically defined.

NOTE Typically, soft control devices use VDUs for displaying the input options, and pointing devices such as track ball, mouse, touch capability, or light pen for the selection of the choice.

3.7 touch panel

soft control which uses a position detector to detect the operator's finger pointing at the label on the VDU (Visual Display Unit). 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.

4 Design principles

4.1 Basic concepts

An overall systems design approach is required for the design of the HMI. IEC 60964 states the requirements for overall design of the control room system and the establishment of the principles required for safety, availability and user considerations, and the functional design of the system as a whole. The designer shall consider his goals, and the relative importance of the various design factors for his particular application.

Operator controls shall be designed so that operators can perform their tasks easily and correctly. Consideration shall be given to control-display integration and the type of operating procedure and its presentation shall be taken into account in the choice of controls to be used. Particular attention shall be given to the needs of the operator for simple error-proof systems that will optimize the operator's performance under all conditions. Their design shall be based on ergonomic principles to ensure ease of operation and to minimize operators' errors, both of omission and execution. Where conventional systems are used, mechanical characteristics of control elements, such as size, operating pressure or force, tactile feedback, etc., shall meet human capabilities and characteristics specified in the anthropometric data base.

The design of the control panels and controls shall be consistent with the overall system design and shall comply with the requirements specified in IEC 60964 and, in particular, with the following subclauses of that standard:

- a) Panel layout
- b) Location aids

- c) Information and control systems
- d) Control-display integration
- e) Communication system
- f) Other requirements

Any system shall give immediate feedback to the operator that it has received a control command, for example, by lighting a device or a mark on a VDU. Appropriate plant feedback shall indicate when the command has been implemented, for example the valve has closed.

4.2 Types of HMI

The types of operator interface available for control may be classified into two groups,

- a) discrete controls comprising dedicated systems / multiplexed conventional systems;
- b) soft controls.

The groups have the following characteristics, and the task analysis described in 4.3 is used to determine the most appropriate type to use.

4.2.1 Discrete controls

Dedicated controls have the disadvantage of being present even when not wanted, thus increasing the size of the whole control desk and providing "clutter" when other controls are in use.

Dedicated controls are particularly suitable for controls in constant use, for example electrical output, or those whose immediate accessibility and reliability are of prime importance, for example an emergency trip button. Requirements for their layout are described in 5.1.1.

Multiplexed controls, a sub-set of discrete controls, use a single control for the same function on several equipments, thus reducing the number of controls on the desk or panel so that they can be made smaller and the controls can be brought closer to the operator. However, the operator has to make a selection, so the number of operations is increased and the chances of error and the operator response time may be increased.

Multiplexed controls shall be designed with good feedback to the operator for the function selected, to permit error recovery. They are particularly suitable for the control of seldom-used systems that are not required in a hurry, for example, tank filling, and for systems where the consequences of error are not serious and where time is available for correction in the event of error.

4.2.2 Soft controls

These controls are a type of multiplexed system where they can have different functions at different times. Typically, soft controls are implemented using one (or two) VDUs together with a pointing device (such as mouse, track ball light pen or touch capability), or a combination of a VDU with a set of dedicated controls. Control actions are performed in the following way:

- selection of the object to be controlled using the pointing device;
- presentation of the command options on the VDU as menu items or icons, e.g. in a pop-up-window or on a separate VDU;
- selection and activation of the command option to be executed, again using the pointing device.

These systems have many of the characteristics of conventional multiplexed systems, but make it possible to assemble controls related to specific tasks and not offer the operator controls that are invalid or inappropriate to that task, so guiding the operator to correct

actions. All information required by the operator to perform the correct control action shall be presented to him when required, either on the touch screen or on a related adjacent format.

Selection error rates could be high if the system is not well-designed and, as a hierarchical selection of several formats may be required to recall the control set required, the process of selection of a control not already on display may be relatively lengthy. However, it may be possible to use a single format with changed windows for several control actions.

It is often difficult to optimise the position of the VDU for both monitoring and touching and two screens may be required. Off-screen pointing devices (e.g. track ball and light pen) are an alternative solution.

Soft controls can be particularly useful where the task is under the control of the operator.

For using soft controls, suitable consideration shall be needed to satisfy HMI requirements. For example: software switch selection time, human error rate in selecting the switches, or system response time. The VDU can display the mimic diagram of the system with the information required by the operator, who will identify the concerned item in the computer, and use a touch panel, soft control switch, or pointing device to achieve the desired effect.

For more information on the requirements for soft controls interfaces, see 5.2.

4.3 Selection of control system

The process to select and specify a control system should start from the consideration of the available technologies on the market and of the available feed-back from the plants.

This process shall clearly distinguish between the selection of the “main control system” and the selection of the proper control type for every plant component / plant function.

It is also to be considered that, for common cause failure reasons, two different control systems could be selected to perform the same function.

A task analysis is required as a fundamental part of the control room design and this shall be documented in a manner that indicates the requirements for the controls in terms of:

- a) frequency of use;
- b) grouping, and relationship with other controls;
- c) speed of access required (when not already in use);
- d) reliability;
- e) acceptability of common cause faults;
- f) importance of consequences of erroneous selection;
- g) complexity of system controlled;
- h) type of information display proposed (VDU or dedicated instruments);
- i) type of control equipment proposed;
- j) categorization of control functions by their importance to safety;
- k) operating procedures (e.g., normal, testing, emergency).

Bearing in mind the characteristics of the types of control system identified in 4.2, the designer shall select the most appropriate interface for each control and develop the design following the requirements of 5.1. The proposed design shall then be validated in accordance with the method given in IEC 60964 and detailed in IEC 61771. In the design and validation, it is important that all relevant inputs to the HMI design are taken into account. These will include contributions from the:

- a) plant designer;
- b) control system equipment designer;
- c) information system designer;
- d) safety and reliability specialist;
- e) topic specialist (e.g. radiation protection specialist, chemist, etc.);
- f) operations staff; maintenance staff;
- g) existing design criteria (in the case of refits or extension);
- h) human factors specialist.

In practice, detailed interface design depends upon thorough task analysis.

Representative operators should be consulted in the selection and development of formats and control actions. It is highly recommended that live tests are conducted using a simulator.

Post-commissioning operations will also provide much valuable information on design adequacy. However, the adaptability of the user population and the constraints generated by operating factors will restrict such feedback to those items which create significant operating or maintenance problems rather than subjective detail.

5 Design requirements

5.1 Individual controls and indicators

There are three main types of displays and control element combinations to be considered:

- a) individual indicators and controls;
- b) VDU and individual controls, and
- c) VDU only.

Individual indicators and controls shall be laid out as described below, and they shall be positioned close to VDU giving related information. VDU layout is covered in IEC 61772 (see also 5.1.8).

5.1.1 Control board layout

Formal rules for the layout of control and indication devices on desk and panel surfaces are described in IEC 60964 as a distributed set of requirements associated with components. Layout of control panels and desks with individual controls and individual indicators shall follow a consistent design concept.

It is not possible to postulate unique design rules which will meet every possible design and operational circumstance. Certain rules will require conditional application depending on the exact balance of objectives for any given part of the operator interface. The priority given to the various principles will be situation dependent. The order given below has been found to cope with the majority of applications.

The primary classification of control and indication devices on a desk or panel is based on who has responsibility for use of the device. (Where more than one user requires a piece of information, consideration shall be given to duplication of displays.) Considered in conjunction with function and frequency of use, this will determine the general location for a device.

Control room layout will determine the controls and indication functions allocated to the desk or panel. The layout of devices shall follow a logical sequence. The most general sequence is that of the plant, i.e. mimic diagram of the plant, but other sequences such as sequence of use should be considered.

Within a given structure (either desk or panel), control devices shall be arranged to form functional groups irrespective of the nature of the information presented. A functional group should be specified in terms of the achievement of a given function or process operation. For certain plant items, for example pumps, the "functional" grouping may equate to a group of mechanical plant components. The groupings shall take account of "systems" as a series of plant components which are linked in some functional way e.g. a piped or ducted fluid system, electrically connected system, or a set of components which are installed to achieve or maintain a defined plant function, for example, primary and secondary shut-down devices. (These two sets of plant devices may be functionally independent but are provided to achieve the same end result, i.e. subcritically.)

Panel layout of one group shall be done consistent with the layout of adjacent functional groups.

The groups of controls and indications so formed shall normally be laid out logically in the sequence of use, but if superimposed on a mimic, should be placed in appropriate positions in relation to the mimic.

5.1.2 Positioning of groups

The position of a group within a desk or panel shall be optimized taking into account the following factors:

- a) the order of use should follow some simple principle, such as left to right in start-up or power raise, or following the order of energy flow from source on the left to sink on the right. It should accord with accepted population stereotypes;
- b) the order should not be biased in favour of infrequent operating conditions;
- c) the devices required for safety and normal minute-to-minute operation should be close to the operator's monitoring position, and this factor may be an exception to the overall pattern derived from a);
- d) there may be displays which shall be visible from a number of operating positions, such as an overview, or which require to be easily and reliably located in a fault situation. If desk mounted they should be located in the near-vertical surface in preference to the near-horizontal;
- e) where more than one functional group contains similar plant items, for example the main boilers, the groups should be identically laid out and follow in an alpha-numeric order.

5.1.3 Device layout

Within a group there shall be a detailed analysis of the relationships between devices and the sequences of use, and the layout shall be optimized for the following factors:

- a) for those groups where there is a unique sequence of use the devices should be arranged left to right in sequence of use, taking into account the general requirements for safety and visibility referred to in 5.1.2;
- b) controls should be placed below indications, or where not practicable, on the right of the indication. This does not apply to a control common to many devices, such as "lamp test";
- c) where there is no unique sequence of use, devices should be arranged left to right in order of plant identification or energy flow.

Component layouts shall not be "mirror-imaged" ('handed') unless this is justified by HFE (Human Factors Engineering) specialist. Also the layout should not be compromised simply to save space.

A mimic layout may not permit the application of all these requirements.

5.1.4 Uniformity of orientation

Similar looking control elements or arrangements shall be operated in a similar manner and provide similar choice selection. Control movements shall conform with population stereotypes, but typical examples are given in Annex A.

5.1.5 Mimic diagrams

In cases where indication and control devices are arranged in a diagrammatic or schematic display (commonly referred to as a mimic diagram), the above layout principles apply to the functional clusters of controls and displays, but there are a number of additional considerations.

The schematic should conform to a representational model of the plant that can be used by an operator. This will have been conditioned by the physical appearance and layout of the plant, by the layout of controls and indications in the control room and local panels, and by the drawings most frequently used. All three factors shall be considered. As an example, if only the physical layout of quadrantized plant around a reactor were taken into account, it would result in a diagram of these quadrants containing mirror-imaged elements. As a general rule, mirror imaging is undesirable and should be avoided. Controls and indications should be positioned to relate to the physical position of the related plant item.

Corresponding information should be placed in the same relative position in all similar instances. This is the approach taken on control desks, and so the elements showing the quadrants would be designed identically, being differentiated by titles and labelling or colour. This standardized layout, for example for a pump set, facilitates recognition by the operator.

Flow paths should be arranged to be as simple as possible and generally should be left-to-right, and top-to-bottom. In the case of a closed system, the designer shall judge whether a clockwise or anti-clockwise flow is appropriate, although the former is recommended. Direction of flow shall be consistent between diagrams. Usually, the most involved part or the most significant part of the flow path should be arranged to be left-to-right. Flow direction should be maintained within functional plant areas.

Certain physical aspects of a system shall be taken into account. For instance, in a system where gravity plays a significant part, for example a low-pressure water system, the diagram should reflect this in the position of vessels and pumps, etc. Similarly, large physical objects such as boilers and turbo-generators should be represented in a way which is consistent with their physical appearance.

The normal rules of graphic design apply, in that the display should lead the user's eye around the mimic in a continuous manner. Angled lines can lead the user's eye to a particular point on the display, but in general mimics should be based on a rectilinear framework as used for single-line flow diagrams. Junctions should be reduced to show flow direction and cross-overs should be minimized. If flow lines do not join, they shall not touch; the minor flow line should be broken to give a small separation from the major line. If both are of equal significance, the vertical line should be broken to give the separation.

The organization of the diagram as a whole should enable the user to identify with the plant and quickly relate the data on the diagram to give him a clear understanding of what is happening on the plant and the location of touch panels and controlled items. Where several plant items operate in parallel, for example a set of boilers or pumps, comparison of their performance is facilitated if key variables from each are displayed in adjacent positions in lines or columns.

5.1.5.1 Mimic panels for electrical systems

All circuit-breaker representations should be placed in vertical representations of circuits and the control or indication device should be placed close to the relevant switchboard symbol.

Feeders into switchboards should enter into the top of the switchboard representation.

Circuits fed from a switchboard should descend from the switchboard symbol.

Switchboard inter-connectors should form horizontal lines, broken as necessary to give precedence to vertical representations. Inter-connector circuit breakers should obey the general rule for breakers. The order of breakers on a mimic panel need not follow the physical arrangements in the electrical rooms. Precedence should be given to considerations of diagram clarity. However, it should be noted that this rule cannot be applied for representations within the same room as the actual switchboard. Adequate inter-circuit spacing is required and this will depend upon the physical size of the largest component used. This could be a control switch or an in-line current display for example. Adequate space is required between adjacent switchboards to provide the necessary degree of visual discrimination between non-related circuits.

5.1.6 Coding

Coding techniques shall be applied to the design of controls and shall be consistent for all related systems and equipment.

The forms of visual coding used in the control room interface include (in order of significance to the designer):

a) Text

Device functions are marked either on the device or adjacent to it (the relative position of the text being standardized) using coded forms of text. The formation and application of nomenclature and abbreviations lies outside the scope of this standard but the consequent positioning rules are discussed below.

b) Position

Control desk and panel designs may be based on the "dark-board" philosophy, where normal running conditions produce a completely dark panel. Plant states are indicated by the position of devices such as the discrepancy indicator and semaphore indicator.

c) Illumination

The need to achieve greater throughput of information across the interface and the need to enhance the operator's monitoring capacity have led to the use of lit-board systems. Generally lit-board and dark-board techniques shall not be mixed on the same panel or desk. Lit-board systems and the use of increased automation have led to increased use of illuminated push-button systems rather than rotary switch devices.

Abnormal conditions may be indicated by steady lights, for example a change to manual by illuminating the manual push-button, and flashing lights may be used to denote the need for operator attention to an alarm or change of plant state.

d) Shape coding

For dedicated rotary controls, shape coding should be specified to take advantage of feedback to the operator that he has identified the correct control. Selectors could have an arrow-shaped handle clearly pointing to the item selected, whereas raise-lower controls could use a T-shaped handle and circuit breakers a "pistol grip".

e) Colour coding

This is a useful technique, but the use of colour as a sole coding medium is fraught with problems due to colour modified vision, subjective interpretation and the plethora of "standards" relating to colour. Colour coding should be used only in a redundant mode. This is almost always achieved by the additional use of such coding techniques as shape, pattern, or size or the addition of text. Code shall be applied consistently to all controls throughout a particular NPP.

For current practice on VDU, see IEC 61772 and, for hand controls, IEC 60073 may be consulted.

Special attention shall be paid to the use of red and green colour for coding purposes, especially when red/green is used for coding switch-gear status, it shall not be used for coding other information such as equipment availability/failure.

f) Size coding

Size may be used to draw attention to frequently required items or safety items needed quickly. However, for general use, size coding is not as effective as other methods.

5.1.7 Protection against mal-operation of control devices

To prevent a human-induced event, erroneous activation of controls shall be minimized. Techniques used to guard against accidental selection or mal-operation of control devices include device positioning, device protection and inherent device features, and shall be achieved using the following methods.

- a) Proper location: controls shall be located so that the operator is not likely to strike them or move them accidentally in any sequence of control movements. Devices such as reactor trip, turbine trip, or protection vetoes which have an immediate and significant effect on plant state should be placed at the upper part of a control desk to reduce the risk of inadvertent operation.

Control devices which can have a major effect on plant operation, such as important valve controls or control rod controls, should, unless positioned to prevent inadvertent operation, be fitted with flap guards (hinged covers) which have to be lifted before the device can be accessed. Other controls should be recessed, shielded or otherwise surrounded by physical barriers. For unguarded push-buttons, to improve their resistance to inadvertent operation, raised sleeve guards should be used.

- b) Priority of actuation: safety system actuation signals shall have priority over manual actuation signals. Any exceptions shall be clearly specified.
- c) Interlocking controls: controls may be provided with interlocks, for example double action, permissive logics, or simultaneous use of two separate buttons. If one of the buttons is common for several separate controls, as a general control action release button, the contact action of this button should not be sustained but should be of the impulse type, thereby preventing unauthorized control action procedures.

Appropriate choice of device torque or force is necessary to avoid unintended operation and to provide adequate tactile feedback. The use of two-action devices or combination of devices or in critical cases keylock devices is often argued to reduce erroneous operations. Devices such as the discrepancy switch with its turn-push-turn action do reduce the chance of accidental operation, but they can do little to combat the problem of incorrect control identification.

Where there are similar controls for different systems or trains, they should be well separated or coded, for example by colour.

- d) Manual back-up: upon failure of complicated automatic systems responsibility for control may be transferred to the operator. Even with the presentation of the appropriate controls and information, human error may occur unless the required operations are simple and easily understood, and the operator has been appropriately trained. Automatic back-up or alternative systems giving appropriate indications may then be required to bring the task within the operator's abilities.
- e) Individual failures of the operator: system hardware, or software should not cause operation of a device controlled by a soft control. One way of accomplishing this is to require the operator and the controller to send two separate and valid messages (e.g., component select and component operate) to effect operation of a device by a soft control.

5.1.8 Compatibility with VDU formats

When designing a human-system interface which includes both computer-based and discrete displays, it is essential that the interface be considered as a whole. Consistency between VDU displays and discrete displays can be considered under four headings:

- a) **Layout:** the relationship between controls and indications both on the desk and panel surfaces and the VDU display shall be considered. Generally, the VDU will host indications rather than active control devices as such, but in systems containing touch-sensitive displays, it may contain controls usually directly associated with one or more items of information.

The detailed layout of information on VDU screens lies outside the scope of this standard and reference should be made to IEC 61772 on VDU format design. In general, the positional rules of this standard are valid for both discrete components, and VDU display elements.

In the case of discrete components, physical and anthropometric constraints prevail, whereas in a VDU display, details of text positioning, etc., can be a limiting factor. Emphasis should be placed on the use of schematic and tabular presentation displays in computer-based information systems, but the use of touch screen controls requires increased consideration given to the layout of control elements within a display (see also 5.2 on soft controls).

- b) **Notation:** similar use shall be made of agreed plant nomenclature and abbreviations, etc., on both discrete displays and VDU displays. The space limitations often apparent in VDU display systems may result in the need to use more concise forms in addition to those used in the discrete portions of the interface.
- c) **Symbology:** where diagrammatic representations are used, the symbology used to represent plant components should be similar. It cannot be guaranteed that identical forms will be used, due to the differing nature of the two display media, the discrete presentation being usually a reflective display whilst the VDU display is emissive. These factors will affect certain symbol shapes and line thickness ratios, etc.
- d) **Colour:** use shall be made of similar codes in both forms of the interface. The nature of display phosphors can mean that certain colours are more visible than others (e.g. orange can be more visible than red) and this may dictate a relaxation of absolute standards. The colours which can be used in a discrete component interface will be determined by considerations of colour contrast and visibility. The background colour for desks and panels shall be chosen to provide adequate colour contrast with all commonly used colours, and a light grey has often been used. Additional contrast enhancement, such as outlining, may sometimes be found necessary.

5.2 Soft controls

Soft controls provide HMIs that are mediated by software as opposed to direct physical connections. While design requirements mentioned in 5.1.5 and 5.1.8 apply also to the design of soft controls, they have unique characteristics that make them different from conventional controls. For instance, conventional controls have a dedicated spatial location while soft controls have a virtual location. All conventional controls exist in the same location at the same time. Soft controls are displayed on VDUs and often cannot be viewed all at once. The same set of soft controls may also be used for different modes, each performing different functions. Finally, soft control interfaces are flexible and reconfigurable, given that they are mediated by computer software. All these unique characteristics represent explicit design challenges, requiring specific design guidance. This guidance is provided in subclauses 5.2.1 to 5.2.5.

5.2.1 Display devices

All visual displays units have size limitations and therefore, not all components of a control system may be visible to the operator at once. Nonetheless, soft control shall allow the operator to access individual components where required, and information should be provided on the status of each component and its control relationship to other components. Sufficient display area shall be provided to ensure that short-term control tasks can be performed without interfering with longer-term ones. Otherwise, a set of several display devices can be used to support different control tasks. More information on the design requirements for display design can be found in IEC 61772.

5.2.2 Selection displays

A selection display shows a set of components or variables that may be chosen for a control task. Components and variables presented on a selection display shall be visually distinct to ensure the selection of the correct item. One common format for presentation is to use a mimic diagram (see section 5.1.5). Selection displays shall be clearly laid out and labelled to ensure operators can differentiate between components. The guidance on layout and labelling presented in this standard and in IEC 61772 should be applied in order to ensure that components and variables within selection displays are visually distinct and support operators correctly select items.

Concurrent access of operators to the same plant component has to be analysed and regulated. If the same selection display is used at several work stations, the design shall enable one operator to follow on the activities of the others.

5.2.3 Input fields

Fields for providing a control input shall be designed and labelled to ensure operators are able to determine which plant component is being controlled. In the case of input errors, an error message shall be displayed to the operator. Input may be entered through a designated function on operating dialog or through an alphanumeric code (+/– keys, arrow keys, dedicated keys, etc.).

5.2.4 Input formats

There are several types of input formats to be considered when designing soft controls, and these are described below. For all of them, the interface shall clearly indicate which setting or value has been selected.

- a) Discrete-adjustment interfaces shall be used when selecting from a set of individual settings or values. Each selection option shall be clearly labelled.
- b) Continuous-adjustment interfaces shall be used when selecting adjustments along a continuum or when a very large range of discrete values are present. Each selection option shall be clearly labelled.
- c) Soft “slider” interfaces can be used when the range of possible values and the ratio of a value to that range need to be displayed. The range of values shall be indicated on the slider in accordance with the labelling conventions described in this standard. The numerical value representing the current setting of a soft slider shall be indicated numerically on the slider.
- d) Arrow buttons can be used when settings or values can be incrementally increased or decreased. The numerical value representing the current setting shall be indicated numerically. Each press of an arrow button shall change the setting or value in an easily predictable way. Appropriate salient feedback shall be presented when arrow buttons are actuated. Each arrow button shall be clearly labelled.
- e) Boxes selection can be used by combining a checklist style page and alphanumeric codes for direct command entry (e.g., entering the Subject Index (SI) for a pump directly without navigating through a page). When selection is accomplished by command entry, a standard command entry area (window) should be provided where users enter the selected code.

NOTE Operator interfaces requiring input of alphanumeric codes should be avoided as basis solution, and only included as a complementary solution for specific cases.

5.2.5 User-system interaction

Multiple modes occur in soft control when a display or input device is designed for more than one function. Multiple modes are prone to operator errors. This happens when an operator interacts with a soft control believing that the interface is in one mode, when it is in fact in another mode. Reducing the number of control modes can reduce errors. The excessive use

of multiple modes in soft control shall be avoided. When multiple modes are unavoidable, they shall be clearly indicated, so that the operator can easily determine the current mode.

Cursors are often used to interact with soft controls. Cursors shall have distinctive visual features to ensure they are easily detectable by operators. In the case of a multi-screen workstation, the system shall indicate on which screen the selection cursor is active. The cursor shall be stable and have the possibility to move from one VDU to another in the case of a multi-screens workstation. Control actions applied on a control device (e.g., mouse) shall be compatible with cursor movements observed on the VDU. The use of multiple cursors on a single display shall be avoided.

Prompting operators for entries should be done with clear and specific information or input window. This information may include when and where to provide input as well as permissives and consequences associated with the entry. Standard symbols shall be used for input prompting.

The HMI shall give operators feedback for all selected actions. It may also allow actions to be cancelled before they are executed. The HMI shall also indicate the status of actions in progress. More information on feedback and system response time can be found in IEC 61772. Warning messages shall allow operators to obtain detailed information describing what action was performed, how it was performed, and why it was inappropriate.

Self-correcting features detect and automatically correct errors that operators make when providing input. Self-corrective actions impose additional mental burdens on operators. Therefore, automated, self-correcting features should not be employed for plant-control actions.

When dealing with sequential actions, HMIs shall allow operators to rapidly assess the status of sequential actions in progress. Confirmation steps shall require the operator to respond to a warning or advisory message (e.g., “Do you want to proceed?”). When used, confirmation steps should give details on the goal of an action, not just the action. For example, confirming a deletion action on a specific file, rather than a deletion action alone. Undo features shall be consistently available for all plant-control actions on soft control interfaces.

To avoid erroneous or spurious control (e.g., slips and mistakes) when sending a command, the following general sequence of control may be followed:

- a) selection of the control,
- b) selection of the command,
- c) validation of the command.

Commands that do not directly act on the process do not require a validation step. Some controls may also need to be addressed quickly (e.g., silencing alarm horn).

5.3 Special requirements for touch panels

Touch panels may be used where the selection delay is acceptable. They shall be located so that the ergonomic requirements for both monitoring and control are met. Where appropriate multiple screens, or the use of off-screen devices (track ball or joystick) may be considered.

The VDU formats and touch panels shall cover a work area which is complete for the intended task and guides the operator to suitable actions. There shall also be simple means to move on to other work areas likely to be required or to select new formats. Although the visible areas of touch pads may appear to cover the whole screen, the actual active areas and the space between active areas shall be so chosen that the active areas are easy to select and the risk of touching an incorrect area is very low, particularly for critical actions. There shall be suitable arrangements for setting up the positions of the finger detected by the location matrix and the pads identified on the VDU format.

The equipment shall respond reliably and consistently, and inform the operator immediately of each touch detected by a change of colour or a symbol or message, or an audible tone. Alarms and indications of invalid operations (e.g. raising a parameter to an excessive level) shall be integrated into the format system in a helpful way (e.g. giving current value/alarm level or the reason for an action being invalid). For important irrecoverable plant operations, two touch actions should be required within a specified time. Also see 5.2 for additional requirements for soft controls.

Annex A (informative)

Examples for the arrangement of discrete controls

- a) Rotary control switches: OFF/ON selections are arranged with the OFF position at 12 o'clock and the ON position at 3 o'clock. Clockwise rotation causes the device to start.
- b) Discrepancy control switches: where these switches are not mounted as part of a schematic diagram, the normal OFF/ON positional rule applies. Where they are mounted in a diagram, the OFF position is placed at right-angles to the relevant diagram line and the ON position in line with it. Similar arrangements apply to discrepancy indicators whether of the automatic semaphore type or manually dressed.
- c) Selector switches: bi-state selections other than OFF/ON are equally disposed about a vertical centre-line. Where a superior state can be identified, that is one in which the system is more active or more automated, this is placed to the right of the pair:

For example: Lower – Raise

Low-range – High-range

Tri-state selections are equally disposed about a vertical centre-line. Where a superior state can be identified, this is placed to the right of the centre-line:

For example: Down – Off – Up

Slow – Off – Fast

Multi-position selector switches are arranged with the positions equally disposed around the 12 o'clock position. Unless there is a definable "home" or "normal" position, other arrangements should be avoided.

- d) Push-button and push-button/indicators: bi-state control selections or indicators are arranged to form a horizontal pair. The superior state is placed to the right of the pair:

For example: Open – Close (circuit breaker)

Close – Open (valve)

OFF – ON

Reset – Normal

Hold – Engage

Manual – Auto

Failed – Complete

Tri-state selections or indications are occasionally required and these form an extension of the above rule. In such cases, the three devices should be aligned in relation to associated components.

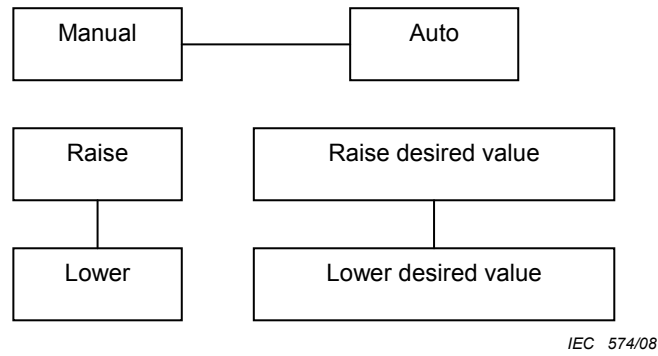
- e) Regulating functions which, for example, achieve damper or valve inching are arranged to form a vertical pair with the superior state above:

For example: Raise Open Raise desired value

Lower Close Lower desired value

Where a regulating device is latched in the operating position following operation of a push-button, and a stop function is provided, the vertical pair arrangement above is used and the stop push-button is placed to the left of the pair and on the horizontal centre-line between them.

- f) Where push-buttons are arranged in arrays of four, five or six, the stated principles of superior state and plant identification are employed to derive the layout. Selection and indication of "manual" and "automatic" control states occupy the top horizontal pair of positions. Below these there are two vertical pairs of devices. The left-hand pair is assigned to manual control while the right-hand pair is reserved for manual adjustment of the control loop desired value. In both of these cases the superior state is placed at the top of the pair (see figure below for example).



- g) In cases where plant provisions require additional actuators to be controlled or where cascade control loops are provided, these concepts are retained and additional devices are provided in consistent positions. Space constraints should not be allowed to corrupt the arrangement described. Single isolated indication or control devices are placed on an appropriate centre-line of an associated component or group of components. Where one or more devices are omitted from an array, the standard positioning is retained and the space vacated is not used. This is to maintain the position coding which is inherent in the above rules.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	23
INTRODUCTION.....	25
1 Domaine d'application	27
2 Références normatives.....	27
3 Termes et définitions	27
4 Principes de conception	28
4.1 Concepts de base	28
4.2 Types d'IHM	29
4.2.1 Commandes individuelles	29
4.2.2 Commandes numériques	30
4.3 Sélection du système de commande.....	30
5 Exigences de conception.....	32
5.1 Indicateurs et commandes individuelles.....	32
5.1.1 Agencement des panneaux de commandes	32
5.1.2 Positionnement des groupes.....	33
5.1.3 Positionnement des appareils	33
5.1.4 Uniformité de l'orientation.....	33
5.1.5 Images synoptiques.....	33
5.1.6 Codage.....	35
5.1.7 Protection contre le mauvais fonctionnement des appareils de commande.....	36
5.1.8 Compatibilité avec les images d'écrans	37
5.2 Commandes numériques	38
5.2.1 Dispositifs d'affichage.....	38
5.2.2 Affichages de sélection.....	38
5.2.3 Champs d'entrée	38
5.2.4 Formats d'entrée	39
5.2.5 Interaction utilisateur-système	39
5.3 Exigences particulières concernant les panneaux sensitifs.....	40
Annexe A (informative) Exemples d'agencement de commandes individuelles.....	41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – SALLES DE COMMANDE – COMMANDES OPÉRATEURS

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 61227 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 deuxième édition annule et remplace la première édition, parue en 1993, dont elle constitue une révision technique. Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) prise en compte du fait que les techniques de conception du matériel des systèmes informatisés ont progressé de façon significative ces dernières années;
- b) mise en cohérence de la norme avec les nouvelles révisions des documents de l'AIEA NS-R-1 et NS-G-1.3, ceci comprenant autant que possible une adaptation des définitions;
- c) remplacement, autant que faire se peut, des exigences associées aux normes publiées depuis la parution de la première édition, notamment la CEI 60964 (édition 2) et la CEI 61772 (édition 2);
- d) revue des exigences existantes et mise à jour des définitions et de la terminologie.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45A/694/FDIS	45A/702/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.

INTRODUCTION

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

Cette norme CEI s'intéresse plus particulièrement aux commandes opérateurs.

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

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

La CEI 61227 est le document du SC 45A de la CEI de troisième niveau qui traite des commandes opérateurs.

La CEI 61227 doit être lue conjointement avec la CEI 60964 et la CEI 61772. La CEI 60964 est le document chapeau pour les salles de commande qui fournit des recommandations pour la conception des salles de commande et qui référence la CEI 61227. La CEI 61772 est la norme qui porte sur l'utilisation des unités de visualisation.

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

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

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 ceux 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 des CEI 61508-1, 61508-2 et 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 50-C/SG-Q) pour ce qui concerne l'assurance qualité.

Les normes produites par le SC 45A de la CEI sont élaborées de façon à être en accord avec les principes de sûreté fondamentaux du Code AIEA sur la sûreté des centrales nucléaires, ainsi qu'avec les guides de sûreté de l'AIEA, en particulier avec le document d'exigences NS-R-1 qui établit les exigences de sûreté relatives à la conception des centrales nucléaires et avec le guide de sûreté NS-G-1.3 qui traite de l'instrumentation et du contrôle commande importants pour la sûreté des centrales nucléaires. La terminologie et les définitions utilisées dans les normes produites par le SC 45A sont conformes à celles utilisées par l'AIEA.

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – SALLES DE COMMANDE – COMMANDES OPÉRATEURS

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale vient en complément de la CEI 60964 relative à la conception des salles de commande des centrales nucléaires de puissance. Elle établit les exigences de l'interface homme-machine (IHM) pour les commandes individuelles, les systèmes conventionnels multiplexés, et les systèmes de commande numérique. Pour la salle de commande principale d'une centrale nucléaire de puissance, la CEI 60964 inclut les exigences générales concernant l'agencement, les besoins de l'utilisateur et les méthodes de vérification et de validation, et ces points ne sont pas repris dans cette norme. Par ailleurs la CEI 61772 concernant l'utilisation des unités de visualisation fournit aussi des recommandations portant sur les affichages et certaines indications pour l'application correcte des exigences de commande si nécessaire.

Cette norme est destinée à être appliquée à la conception des nouvelles salles de commande principales des centrales nucléaires conçues selon la CEI 60964, conception qui débute après la publication de cette norme. Si on souhaite l'appliquer à des points de commande supplémentaires, à des salles de commande locales, à des salles de commande ou à des conceptions existantes, on doit prendre des précautions particulières dans la mesure où elle établit des hypothèses susceptibles d'être inapplicables, telles que le niveau d'automatisation.

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 60073, *Principes fondamentaux et de sécurité pour l'interface homme-machine, le marquage et l'identification - Principes de codage pour les indicateurs et les organes de commande*

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

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

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

Guide de sûreté AIEA NS-G-1.3:2002, *Systèmes d'instrumentation et de contrôle commande de sûreté des centrales nucléaires de puissance*

3 Termes et définitions

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

3.1

commande avec indication de discordance

commande binaire avec indication d'état et de discordance utilisant un seul interrupteur de commande

3.2

commandes individuelles

dispositifs permettant à l'opérateur de commander les matériels de la centrale, tels que les pompes, les vannes, les contrôleurs, et où une commande est affectée à un seul matériel de la centrale ou à une seule fonction

3.3

multiplexé

employé pour différents buts à différents moments. Par exemple un interrupteur marche-arrêt peut être sélectionné par un autre dispositif lié à plusieurs éléments de la centrale et utilisé pour mettre en marche ou arrêter l'élément auquel il est connecté à ce moment-là

3.4

commandes opérateurs

dispositifs employés par l'opérateur pour envoyer des signaux sollicitant des systèmes de contrôle commande ou des matériels de la centrale

3.5

sémaphore

appareil mécanique commandé électriquement qui affiche l'état de la centrale (par exemple position ouverte ou fermée de l'interrupteur) par la position angulaire de la surface visible

3.6

commande numérique

dispositif de commande permettant de passer des ordres opérateur, en relation avec le système de commande basé sur du logiciel plutôt que sur des branchements physiques directs. En conséquence les commandes numériques peuvent être configurables et dépendre du contexte plutôt que d'être définies statiquement.

NOTE Habituellement les commandes numériques utilisent des unités de visualisation pour afficher les options d'entrée, et des moyens de désignation tels qu'une boule roulante, une souris, un dispositif sensible ou un crayon optique pour sélectionner un choix.

3.7

panneau sensible

commande numérique utilisant un détecteur de position pour détecter le doigt de l'opérateur désignant l'étiquette sur l'écran de visualisation. En variante, pour identifier une étiquette, on peut utiliser un crayon optique, ou déplacer un curseur sur l'image d'un écran. L'étiquette peut décrire un élément de la centrale ou une action de commande.

4 Principes de conception

4.1 Concepts de base

Une approche de conception globale des systèmes est nécessaire pour la conception de l'IHM. La CEI 60964 établit les exigences requises pour une conception globale du système de salle de commande, la mise en place des principes requis dans le domaine de la sûreté, la disponibilité et les considérations de l'utilisateur, et la conception fonctionnelle du système dans son ensemble. Le concepteur doit prendre en compte ses objectifs et l'importance relative des différents facteurs de conception pour l'application particulière qu'il veut en faire.

Les commandes opérateurs doivent être conçues de telle façon que les opérateurs puissent réaliser leurs tâches facilement et correctement. On doit tenir compte de l'intégration commandes-afficheurs et du type de procédure de conduite et sa présentation doit être prise

en considération dans le choix des commandes à utiliser. On doit porter une attention particulière à la nécessité pour l'opérateur de disposer de systèmes simples et résistants qui optimisent ses performances en réduisant les erreurs quelles que soient les conditions. Leur conception doit être basée sur des principes ergonomiques pour assurer une facilité d'utilisation et pour réduire au minimum les erreurs de l'opérateur, erreurs d'exécution et omissions. Lorsque des systèmes traditionnels sont utilisés, les caractéristiques mécaniques des éléments de commande, telles les dimensions, la pression ou la force d'appui nécessaire à leur utilisation, la réaction tactile, etc., doivent répondre aux caractéristiques et capacités humaines indiquées dans la base de données anthropométriques.

La conception des pupitres de commande et des commandes doit être conforme à la conception globale du système et se conformer aux exigences requises spécifiées dans la CEI 60964, et en particulier dans les paragraphes suivants de cette norme:

- a) Agencement des panneaux
- b) Aide à la localisation
- c) Système d'information et de commandes
- d) Intégration commandes-afficheurs
- e) Système de communication
- f) Autres exigences

Tout système doit confirmer immédiatement à l'opérateur qu'il a reçu une instruction de commande par exemple en allumant un voyant ou une signalisation sur un écran de visualisation. Une réponse appropriée de l'installation doit indiquer que la commande a été exécutée, par exemple que la vanne s'est fermée.

4.2 Types d'IHM

Les différents types d'interfaces opérateur disponibles pour les commandes peuvent être classés en deux groupes:

- a) les commandes individuelles comprenant systèmes dédiés/systèmes multiplexés conventionnels,
- b) les commandes numérique.

Les groupes présentent les caractéristiques suivantes, et l'analyse des tâches décrite en 4.3 est utilisée pour déterminer le type le plus approprié pour la commande.

4.2.1 Commandes individuelles

Les commandes dédiées ont l'inconvénient d'être présentes même lorsqu'elles ne sont pas nécessaires et, de ce fait augmentent la dimension du pupitre et ont un effet parasite lorsque d'autres commandes sont utilisées.

Les commandes dédiées conviennent particulièrement aux commandes en utilisation continue, par exemple puissance électrique, ou à celles pour lesquelles l'accès immédiat et la fiabilité sont d'une importance capitale, par exemple disjoncteur d'arrêt d'urgence. Leur agencement est décrit en 5.1.1.

Les commandes multiplexées, sous-ensemble des commandes individuelles, utilisent une même commande pour la même fonction sur plusieurs matériels, elles réduisent de cette façon le nombre de commandes présentes sur les pupitres ou sur les panneaux, ainsi ceux-ci sont de taille plus réduite et les commandes peuvent être rapprochées de l'opérateur. Cependant l'opérateur doit effectuer une sélection, donc le nombre de manœuvres augmente et les risques d'erreur et le temps de réponse opérateur peuvent aussi augmenter.

Les commandes multiplexées doivent être conçues de manière que le retour à l'opérateur de la fonction sélectionnée soit bien visualisé, pour permettre la correction d'erreurs. Elles

conviennent particulièrement à la commande des systèmes rarement utilisés qui ne sont pas nécessaires en cas d'urgence, par exemple remplissage de réservoir, et pour des systèmes pour lesquels des conséquences d'erreur ne sont pas graves et pour lesquels on dispose de délai suffisant pour corriger d'éventuelles erreurs.

4.2.2 Commandes numériques

Ces commandes sont du type système multiplexé dans lequel elles peuvent avoir différentes fonctions à des instants différents. Typiquement les commandes numériques sont mises en œuvre en utilisant un ou deux écrans avec un dispositif pour désigner (tel qu'une souris, une boule roulante, un crayon optique ou un écran sensible), ou bien une combinaison d'écran avec un ensemble de commandes dédiées. Les actions de commande sont réalisées de la façon suivante:

- sélection de l'objet à commander en utilisant le dispositif pour désigner;
- présentation des options de la commande à l'écran sous forme de menu ou d'icônes, par exemple sur une fenêtre affichée automatiquement ou sur un écran séparé;
- sélection et activation de l'option de la commande à exécuter à l'aide du dispositif pour désigner.

Ces systèmes présentent bon nombre des caractéristiques des systèmes multiplexés conventionnels, mais ils permettent d'associer entre elles des commandes utilisées pour une tâche spécifique et de ne pas présenter à l'opérateur des commandes invalides ou inadaptées pour cette tâche, dirigeant ainsi l'opérateur vers les actions correctes. Toutes les informations dont l'opérateur a besoin pour réaliser correctement l'action de commande doivent lui être présentées lorsque nécessaire, soit sur un écran sensible, soit sur une image écran adjacente.

Les erreurs de sélection peuvent être importantes si le système n'est pas bien conçu et, si une sélection hiérarchique de plusieurs images écrans est nécessaire pour atteindre le moyen de commande requis, le procédé de sélection d'une commande non encore à l'écran peut être relativement long. Cependant, il peut être possible d'utiliser une seule image écran avec différentes fenêtres pour plusieurs actions de commande.

Il est souvent difficile d'optimiser la position de l'écran à la fois pour la surveillance et la commande par toucher. Il peut être nécessaire d'avoir deux écrans. Des moyens de désignation hors écran (par exemple boule roulante ou crayon optique) constituent une solution de remplacement.

Les commandes numériques s'avèrent particulièrement utiles lorsque les actions sont placées sous le contrôle l'opérateur.

Dans le cadre de l'utilisation de commandes numériques, on doit porter une attention particulière à la satisfaction des exigences de l'IHM. Par exemple le temps de sélection dans les choix proposés par le logiciel, le taux d'erreur dans la sélection des choix, ou le temps de réponse du système. L'écran peut afficher le schéma synoptique du système avec les informations nécessaires à l'opérateur, qui désigne l'élément concerné sur le calculateur, et utilise une commande par écran sensible, une commande numérique ou un moyen de désignation pour effectuer l'action de commande désirée.

Pour plus d'information sur les exigences portant sur les interfaces des commandes numériques, voir 5.2.

4.3 Sélection du système de commande

Il convient de débiter le processus de sélection et de spécification du système de commande en tenant compte des technologies disponibles sur le marché et du retour d'expérience des centrales.

Ce processus doit clairement faire la distinction entre la sélection du « système de commande principal » et la sélection du type de commande particulier pour chaque composant de la centrale/fonction de la centrale.

On doit aussi considérer que pour raison de défaillance de cause commune, deux systèmes de commande différents peuvent être choisis pour réaliser la même fonction.

Une analyse des tâches, partie fondamentale de la conception de la salle de commande, est nécessaire. Elle est documentée pour identifier les exigences portant sur les commandes en termes de:

- a) fréquence d'utilisation;
- b) regroupement et relations avec d'autres commandes;
- c) vitesse d'accès nécessaire (lorsque non encore en utilisation);
- d) fiabilité;
- e) acceptation des défaillances de cause commune;
- f) importance des conséquences d'une mauvaise sélection;
- g) complexité du système commandé;
- h) type d'affichage d'information proposé (écran ou appareils dédiés);
- i) type de matériel de commande proposé;
- j) classement des fonctions de commande par rapport à la sûreté;
- k) procédures de conduite (par exemple, normales, essais, urgence).

Compte tenu des caractéristiques des types de système de commande identifiés en 4.2, le concepteur doit sélectionner l'interface la mieux appropriée à chaque commande et doit en développer la conception conformément aux exigences de 5.1. Le projet proposé doit alors être validé conformément à la méthode spécifiée dans la CEI 60964 et détaillée dans la CEI 61771. Pour ce qui concerne la conception et la validation, il est important que tous les paramètres relatifs à la conception de l'IHM soient pris en compte. Cela suppose la contribution du:

- a) concepteur de l'installation;
- b) concepteur du matériel du système de contrôle commande;
- c) concepteur du système d'information;
- d) spécialiste de sûreté et de fiabilité;
- e) spécialiste de sujets particuliers (par exemple spécialiste en radioprotection, chimiste, etc.);
- f) personnel d'exploitation, personnel de maintenance;
- g) critères de conception existants (dans le cas de modification ou d'extension);
- h) ergonomes.

En pratique, la conception de l'interface détaillée dépend d'analyses strictes de la tâche.

Il convient de prendre l'avis de représentants des opérateurs pour la sélection et le développement des présentations et des actions de commande. Il est hautement recommandé de réaliser des essais grandeur nature sur un simulateur.

Les opérations postérieures à la mise en service fournissent également de nombreuses informations importantes concernant l'adéquation de la conception. Cependant, l'adaptabilité de l'ensemble des utilisateurs aux contraintes créées par les facteurs de fonctionnement permet de restreindre la rétroaction aux éléments qui créent des problèmes importants d'entretien ou de fonctionnement, plutôt que de s'attarder aux détails subjectifs.

5 Exigences de conception

5.1 Indicateurs et commandes individuelles

Il faut considérer trois principaux types de combinaisons pour les éléments de commande et d'affichage.

- a) indicateurs et commandes individuels;
- b) écran de visualisation et commandes individuelles, et
- c) écran de visualisation seul.

Les indicateurs et commandes individuels doivent être disposés comme indiqué ci-après, et ils doivent être mis en place à proximité de l'écran de visualisation délivrant l'information associée. L'agencement de l'écran de visualisation est traité dans la CEI 61772 (voir aussi 5.1.8).

5.1.1 Agencement des panneaux de commandes

En ce qui concerne l'agencement des appareils de commande et d'indication sur les pupitres et panneaux, des règles formelles sont spécifiées dans la CEI 60964 sous forme d'un ensemble réparti d'exigences requises associées aux éléments. L'agencement des panneaux et des pupitres de commande comportant des indicateurs et des commandes individuels doit suivre un schéma de conception cohérent.

Il n'est pas possible de définir des règles de conception uniques qui satisfassent à toutes les conceptions et dans toutes les circonstances de fonctionnement. Certaines règles nécessitent une application conditionnelle en fonction du bilan exact des objectifs pour chaque partie donnée de l'interface opérateur. La priorité donnée aux différents principes est fonction de la situation. Il a été démontré que l'ordre donné ci-dessous répond à la majorité des applications.

Le classement initial des appareils de commande et d'indication sur un pupitre ou sur un panneau est établi en fonction de la personne qui a la responsabilité de l'utilisation de l'appareil. (Lorsque plusieurs utilisateurs ont besoin d'une même information, on doit prendre en compte la duplication de l'information.) Pris en compte en même temps que la fonction et la fréquence d'utilisation, cela détermine l'emplacement général d'un appareil.

L'agencement de la salle de commande détermine les commandes et les fonctions d'indication attribuées au pupitre ou au panneau. La disposition des appareils doit respecter un ordre logique. Dans la plupart des cas, c'est celui de l'installation, c'est-à-dire le schéma mécanique de la centrale, mais il convient de prendre en compte d'autres ordres tels que l'ordre d'utilisation.

A l'intérieur d'une structure donnée (pupitre ou panneau), les appareils de commande doivent être disposés de manière à former des groupes fonctionnels indépendamment de la nature des informations présentées. Il convient qu'un groupe fonctionnel soit défini en fonction de la réalisation d'une fonction ou d'une conduite du procédé donnée. Pour certains éléments de la centrale, par exemple les pompes, le groupe fonctionnel peut être équivalent à un groupe de composants de l'installation. Les groupes doivent tenir compte des systèmes en tant que série de composants de la centrale liés de façon fonctionnelle, par exemple système fluide sous tuyauterie ou conduite, système branché électriquement, ou jeu de composants mis en place pour réaliser ou maintenir une fonction précise de la centrale, par exemple dispositifs primaire et secondaire d'arrêt. (Ces deux ensembles matériels de la centrale peuvent être fonctionnellement indépendants mais ils sont là pour atteindre le même résultat final, c'est-à-dire, la sous-criticité.)

L'agencement d'un groupe sur un panneau doit être cohérent avec l'agencement du groupe fonctionnel voisin.

Les groupes de commande et d'indication ainsi formés doivent être normalement disposés selon l'ordre d'utilisation logique, mais s'ils sont superposés sur un schéma synoptique, il convient de les placer dans des positions appropriées en fonction du schéma synoptique.

5.1.2 Positionnement des groupes

La position d'un groupe à l'intérieur d'un pupitre ou d'un panneau doit être optimisée en tenant compte des facteurs suivants:

- a) Il convient que l'ordre d'utilisation suive quelques principes simples tels que de gauche à droite au démarrage ou à l'augmentation de puissance, ou suivant le sens d'écoulement du courant à partir de la source située sur la gauche vers les consommateurs situés sur la droite. Il convient que ceci soit conforme aux stéréotypes admis par la population.
- b) Il convient que l'ordre ne soit pas modifié sous prétexte de conditions de fonctionnement rencontrées rarement.
- c) Il convient que les appareils nécessaires à la sûreté et au fonctionnement normal minute par minute soient proches du poste de surveillance de l'opérateur, et ce facteur peut constituer une exception à la configuration globale dérivée de a).
- d) Il peut y avoir des affichages qui doivent être visibles d'un certain nombre de postes d'exploitation, tels qu'un synoptique d'ensemble, ou qui demandent à être facilement et sûrement localisés en cas de panne. S'ils sont installés sur le pupitre, il convient de les placer de préférence sur la surface quasi verticale plutôt que sur la surface quasi horizontale.
- e) Lorsque plusieurs groupes de fonctionnement comportent des éléments de la centrale similaires, par exemple les chaudières principales, il convient que ces groupes soient disposés de la même façon et suivent un ordre alphabétique.

5.1.3 Positionnement des appareils

A l'intérieur d'un groupe il doit y avoir une analyse détaillée des relations entre les appareils et leur ordre d'utilisation. Le positionnement doit être optimisé pour les facteurs suivants:

- a) pour les groupes avec ordre d'utilisation unique, il convient que les appareils soient disposés de gauche à droite par ordre d'utilisation, en tenant compte des exigences générales de sûreté et de visibilité mentionnées en 5.1.2;
- b) il convient que les commandes soient placées en dessous des indications ou, lorsque ce n'est pas possible, à la droite de l'indication. Cela ne s'applique pas à une commande commune à plusieurs appareils, telle qu'une lampe d'essai;
- c) s'il n'y a pas d'ordre d'utilisation unique, il convient de disposer les appareils de gauche à droite par ordre d'identification de l'installation ou selon le flux énergétique.

Les agencements des éléments ne doivent pas être présentés de façon symétrique, à moins que ce ne soit justifié par un spécialiste en ergonomie. De même, il convient d'éviter que la disposition ne soit remise en cause pour un simple gain de place.

La mise en place d'un synoptique peut contrarier l'application de toutes ces exigences.

5.1.4 Uniformité de l'orientation

Les éléments de commande ou les agencements d'aspect similaires doivent être actionnés de façon identique et offrir une sélection de choix similaires. Les mouvements des commandes doivent être conformes aux stéréotypes de l'ensemble des utilisateurs, des exemples types sont présentés en annexe A.

5.1.5 Images synoptiques

Lorsque les appareils de commande et d'indication sont disposés dans une représentation schématique ou en diagramme (souvent appelé "image synoptique"), les principes de

disposition précédents s'appliquent aux groupes fonctionnels ou commandes et affichages, cependant il y a un certain nombre de considérations complémentaires.

Il convient que le schéma soit conforme à un modèle représentatif de l'installation qui peut être utilisé par un opérateur. Il sera conditionné par l'apparence physique et la disposition de l'installation, par la disposition des commandes et indications dans la salle de commande et sur les panneaux locaux, et par les schémas les plus souvent utilisés. On doit tenir compte de ces trois facteurs. A titre d'exemple, si la disposition de l'installation quadrantisée autour d'un réacteur était seule prise en compte, il en résulterait un synoptique de ces quadrants comportant des éléments à image symétriques. En règle générale, l'image symétrique n'est pas souhaitée et il convient de l'éviter. Il convient d'installer les commandes et indications en liaison avec les positions physiques de l'élément de l'installation concernée.

Il convient de placer l'information correspondante dans la même position relative dans tous les cas semblables. C'est l'approche retenue sur les pupitres de commande et ainsi les éléments indiquant les quadrants sont conçus de la même façon, et différenciés par des titres, des étiquettes ou de la couleur. Cette disposition normalisée, par exemple pour un ensemble de pompes, en facilite la reconnaissance par l'opérateur.

Il convient de représenter le sens de circulation des fluides aussi simplement que possible, et habituellement de gauche à droite, et haut en bas. Dans le cas d'un système fermé, le concepteur doit estimer si une circulation dans le sens des aiguilles d'une montre ou dans le sens contraire est appropriée, bien que la première soit recommandée. Le sens de circulation du fluide doit être identique dans tous les schémas. Habituellement il convient de disposer la partie la plus incriminée de la partie la plus significative de la branche de circulation de gauche à droite. Il convient de garder à l'intérieur des zones fonctionnelles le même sens de circulation du fluide.

Certains aspects physiques d'un système doivent être considérés. Par exemple, dans un système où la gravité joue un rôle important, par exemple un système hydraulique à basse pression, il convient que cela se traduise au niveau du synoptique par la position des caissons et des pompes, etc. De la même façon il convient de représenter les objets physiques importants tels que les chaudières et les turbo-alternateurs conformément à leur apparence physique.

Les règles normales de conception graphique s'appliquent, dans la mesure où il convient que l'affichage permette à l'œil de l'utilisateur de suivre l'image synoptique de façon continue. Les lignes brisées peuvent attirer l'œil de l'utilisateur sur un point particulier de l'affichage, mais en général, il convient que les synoptiques utilisent un cadrage rectiligne semblable à celui utilisé pour les schémas mécaniques unifilaires. Il convient de limiter le nombre de raccordements pour indiquer le sens de circulation des fluides et de minimiser les croisements des lignes. Si les lignes du circuit ne se rencontrent pas, elles ne doivent pas se toucher, il convient de couper la ligne du circuit secondaire pour la différencier de la ligne principale. Si toutes deux sont d'égale importance, il convient de couper la ligne verticale pour indiquer la séparation.

Il convient que l'organisation du synoptique dans son ensemble permette à l'utilisateur de reconnaître l'installation et d'identifier rapidement les données sur le schéma qui lui donne une idée précise de ce qui se passe sur l'installation et de l'emplacement des panneaux sensitifs et des éléments commandés. Lorsque plusieurs éléments de l'installation fonctionnent en parallèle, par exemple un groupe de chaudières ou de pompes, la comparaison de leur fonctionnement est facilitée, si les variables clés de chacune d'entre elles sont affichées de façon contiguë en ligne ou en colonne.

5.1.5.1 Synoptiques pour les systèmes électriques

Il convient de positionner les représentations d'interrupteur sur les parties verticales du circuit et de situer les appareils de commande ou d'indication près du symbole du tableau correspondant.

Il convient que les alimentations des tableaux se fassent par le sommet de la représentation du tableau.

Il convient que les circuits alimentés par un tableau partent de dessous le symbole représentant le tableau.

Il convient que les interconnexions de tableaux soit représentées par des lignes horizontales, interrompues lorsque nécessaire pour donner priorité aux représentations verticales. Il convient que les interrupteurs de circuits d'interconnexion obéissent aux mêmes règles générales que les interrupteurs. L'ordre des interrupteurs sur le synoptique ne respecte pas nécessairement la disposition physique dans les locaux électriques. Il convient de considérer en priorité la clarté du diagramme. Cependant, il est à noter que cette règle ne peut s'appliquer pour les représentations dans une même salle ou pour les tableaux réels. Des espaces suffisants sont nécessaires entre les circuits et ceci dépend de la taille physique du plus gros composant employé. Ceci peut être par exemple, la représentation d'un tableau de commande ou d'une ligne d'alimentation en puissance. Une séparation suffisante est nécessaire entre des tableaux adjacents pour garantir le niveau de discrimination visuelle nécessaire entre les circuits non connectés.

5.1.6 Codage

Les techniques de codage doivent être appliquées dès la conception des commandes et doivent être conformes pour tous les systèmes et matériels associés.

Les types de codage visuel utilisés pour l'interface de la salle de commande comprennent (par ordre d'importance pour le concepteur):

a) Texte

Les fonctions de l'appareil sont marquées soit sur l'appareil, soit à côté (la position relative du texte est normalisée) à l'aide de formes codées du texte. La conception et l'application de la nomenclature et des abréviations n'entrent pas dans le cadre de cette norme mais les règles de positionnement qui en résultent sont traitées ci-dessous.

b) Position

Les conceptions du pupitre et du panneau de commande peuvent être basées sur la philosophie du "panneau à feu éteint", selon laquelle les conditions de fonctionnement normales conduisent à un panneau entièrement éteint. Les états de l'installation sont indiqués par la position des appareils tels que l'indicateur de discordance et l'indicateur sémaphore.

c) Eclairage

La nécessité d'obtenir une quantité plus importante d'informations à travers l'interface et la nécessité de mettre en évidence la capacité de surveillance de l'opérateur ont conduit à l'utilisation de systèmes de panneau à feu éclairé. En général, le même pupitre ou panneau ne doit pas comporter à la fois les techniques de panneau à feu éteint et de panneau à feu éclairé. Les systèmes de panneau à feu éclairé et l'utilisation d'une automatisation accrue ont conduit à l'utilisation accrue de systèmes de boutons-poussoirs lumineux plutôt que d'interrupteurs rotatifs.

Des conditions anormales peuvent être signalées par des lumières à feu fixe, par exemple un changement en manuel en allumant le bouton-poussoir manuel, et des lumières à feu clignotant peuvent être utilisées pour attirer l'attention de l'opérateur sur une alarme ou une modification de l'état de l'installation.

d) Codage de la forme

Pour les commandes rotatives spécialisées, il convient de préciser la forme du codage pour tirer avantage de la réponse donnée à l'opérateur disant qu'il a bien identifié la commande correcte. Les sélecteurs peuvent avoir une touche en forme de flèche pointée clairement sur l'élément sélectionné, tandis que les commandes augmenter-diminuer peuvent utiliser une touche en T et les disjoncteurs une "poignée pistolet".

e) Codage de la couleur

Il s'agit d'une technique utile, mais l'utilisation de la couleur comme moyen unique de codage peut poser des problèmes en raison de la vision différente des couleurs par les utilisateurs, de son interprétation subjective et de la pléthore de "standards" liés à la couleur. Il convient que le codage couleur soit utilisé uniquement en mode redondant. Cela est presque toujours réalisé par l'utilisation supplémentaire de techniques de codage telles que la forme, le graphisme ou la taille ou l'addition de texte. Le codage doit être appliqué de manière cohérente avec toutes les commandes pour une centrale nucléaire donnée.

Pour un usage courant sur écran de visualisation, voir la CEI 61772 et, pour les commandes manuelles, la CEI 60073 peut être consultée.

On doit faire particulièrement attention à l'utilisation des couleurs verte et rouge pour le codage, spécialement si la combinaison vert/rouge est utilisée pour représenter l'état d'interrupteur, alors on ne doit pas l'utiliser pour représenter d'autres informations telles que la défaillance/disponibilité de matériel.

f) Codage de la taille

La taille peut être utilisée pour attirer l'attention sur des éléments fréquemment demandés ou des éléments de sûreté nécessaires rapidement. Cependant, pour une utilisation générale, le codage de la taille n'est pas aussi efficace que les autres méthodes.

5.1.7 Protection contre le mauvais fonctionnement des appareils de commande

Pour prévenir tout événement produit par l'homme, la mauvaise activation des commandes doit être réduite de manière drastique. Les techniques utilisées pour parer à la sélection accidentelle ou au mauvais fonctionnement des appareils de commande comprennent le positionnement de l'appareil, sa protection et les caractéristiques inhérentes, et doivent être réalisées par les méthodes suivantes.

- a) Emplacement correct: les commandes doivent être placées de manière que l'opérateur ne puisse ni les heurter ni les déplacer accidentellement lors d'une série d'actions de commande. Il convient de placer sur la partie supérieure d'un pupitre de commande les dispositifs tels que l'arrêt d'urgence du réacteur, l'arrêt d'urgence de la turbine ou les blocages de protection qui ont un effet immédiat et important sur l'état de l'installation. Cela pour réduire le risque de manœuvres commises par inadvertance.

Il convient que les appareils de commande qui peuvent avoir une conséquence importante sur le fonctionnement de l'installation, tels que les commandes de vannes importantes ou les commandes des barres de commande, soient, sauf s'ils sont placés de manière à éviter toute manœuvre commise par inadvertance, équipés de protections capotées (couvercles à rabattement) qui doivent être soulevées pour pouvoir accéder à l'appareil. Il convient que les autres commandes soient encastrées, masquées ou encore entourées de barrières physiques. Quant aux boutons-poussoirs non protégés, pour améliorer leur résistance aux manœuvres accidentelles, il convient d'utiliser des manchons en saillie.

- b) Priorité de l'activation: les signaux d'activation du système de sûreté doivent être prioritaires sur les signaux d'activation manuelle. Toute exception doit être clairement précisée.

- c) Commandes de verrouillage: les commandes peuvent être munies de verrouillages, par exemple double action, logiques permissives ou utilisation simultanée de deux boutons indépendants. Si l'un des boutons est commun à plusieurs commandes séparées, en tant que bouton de validation d'action de commande, il convient que l'action de contact de ce bouton ne soit pas maintenue mais soit du type impulsion, empêchant ainsi des procédures d'action de commande non autorisées.

Le choix approprié du moment de torsion ou de l'effort de l'appareil est nécessaire pour éviter toute manœuvre accidentelle et pour fournir une réaction tactile adéquate. L'utilisation d'appareils à double action ou de combinaison d'appareils ou, dans les cas critiques, de clés à enclenchement est souvent indiquée pour réduire les fausses manipulations. Des appareils tels que l'interrupteur avec indicateur de discordance, qui nécessitent des actions de "tourner-pousser-tourner", réduisent l'éventualité de manœuvres accidentelles, mais ils ne peuvent pas grand-chose pour combattre le problème d'identification de commande incorrecte.

Lorsqu'il y a des commandes similaires pour différents systèmes ou différents trains, il convient de les séparer correctement ou de les coder, par exemple par couleur.

- d) Secours manuel: en cas de panne de systèmes automatiques sophistiqués, la responsabilité peut être transférée à l'opérateur. Même avec la présentation des commandes et informations appropriées, des erreurs humaines peuvent toujours survenir à moins que les manipulations requises ne soient simples et faciles à comprendre, et que l'opérateur n'ait été formé en conséquence. Des systèmes automatiques de secours ou des systèmes de remplacement peuvent être nécessaires pour ramener la tâche opérateur au niveau de la capacité de l'opérateur.
- e) Il convient que les défaillances individuelles du matériel ou du logiciel du système ou de l'opérateur n'entraînent pas une mise en service intempestive d'un matériel contrôlé par commande numérique. Un moyen de réaliser ceci consiste à exiger que la mise en marche et le contrôle correspondent à l'envoi de deux messages de validation séparés (par exemple sélection du composant et mise en marche du composant) pour mettre en fonctionnement un matériel à l'aide d'une commande numérique.

5.1.8 Compatibilité avec les images d'écrans

Lors de la conception d'une IHM qui comprend à la fois des affichages discrets et informatisés, il est essentiel de considérer l'interface comme un tout. La cohérence entre affichages écrans et affichages discrets peut être considérée selon quatre critères.

- a) Agencement: on doit prendre en compte la relation entre les commandes et les indications à la fois sur le pupitre et le panneau et l'affichage écran. En principe, l'écran de visualisation accueillera des indications plutôt que les appareils de commande actifs en tant que tels, mais dans des systèmes comportant des affichages sensitifs, il peut comprendre des commandes habituellement associées directement à un ou plusieurs éléments d'information.

La disposition détaillée de l'information sur les écrans de visualisation ne rentre pas dans le cadre de cette norme et on se reportera à la CEI 61772. En principe, les règles de positionnement définies dans cette norme sont valables pour les composants discrets et les éléments d'affichage écran.

Dans le cas des composants discrets, les contraintes anthropométriques et physiques prévalent, tandis que pour un affichage écran, les détails de positionnement de texte, etc., peuvent constituer un facteur limitatif. Il convient de mettre l'accent sur l'utilisation d'une présentation schématique et tabulaire des affichages des systèmes informatisés, mais l'utilisation de commandes par panneaux sensitifs exige que la disposition des éléments de commande à l'intérieur d'un affichage soit considérée avec la plus grande attention, (voir aussi 5.2 portant sur les commandes numériques).

- b) Notation: pour les affichages discrets et les écrans de visualisation, l'utilisation des abréviations et nomenclatures, etc., autorisées pour l'ensemble de l'installation doit être similaire. Les limitations d'espace souvent évidentes dans les systèmes d'affichage écran peuvent nécessiter une forme plus concise en plus de celles utilisées dans les parties discrètes de l'interface.
- c) Représentation symbolique: lorsque des représentations sous forme de schémas sont utilisées, il convient de choisir des symboles similaires pour représenter les composants de l'installation. On ne peut pas garantir l'utilisation de formes identiques, en raison de la nature différente des deux moyens d'affichage, la présentation discrète étant habituellement un affichage de type réfléchi tandis que l'affichage écran est émissif. Ces facteurs affecteront certaines formes de symboles ainsi que les rapports d'épaisseur de ligne, etc.
- d) Couleur: dans les deux formes de l'interface, on doit utiliser des codes similaires. La nature des phosphores de l'écran de visualisation peut signifier que certaines couleurs sont plus visibles que d'autres (par exemple l'orange peut être plus visible que le rouge) et cela peut causer un relâchement des normes absolues. Les couleurs pouvant être utilisées dans une interface à composants discrets seront déterminées en fonction du contraste et de la visibilité. La couleur de fond de plan pour les pupitres et les panneaux doit être choisie pour son contraste avec toutes les couleurs habituellement employées, et

on utilise souvent un gris clair. Une augmentation supplémentaire du contraste, telle que l'ajout d'un encadrement, peut quelquefois se révéler nécessaire.

5.2 Commandes numériques

Les commandes numériques permettent d'avoir des IHM fonctionnant en utilisant des moyens logiciels, ceci en opposition avec l'utilisation de liaisons physiques directes. Alors que les exigences formulées par ailleurs en 5.1.5 et 5.1.8 s'appliquent aussi à la conception des commandes numériques, elles présentent des caractéristiques uniques qui les rendent différentes des commandes conventionnelles. Par exemple, les commandes conventionnelles ont une situation physique propre, alors que les commandes numériques ont une situation virtuelle. Toutes les commandes conventionnelles sont présentes à un même endroit au même instant. Les commandes numériques sont affichées sur des écrans et souvent ne peuvent pas être toutes vues à la fois. Le même ensemble de commandes numériques peut être utilisé dans différents modes, pour réaliser chaque fois des fonctions différentes. Finalement les interfaces à commandes numériques sont flexibles et reconfigurables car elles utilisent les logiciels des calculateurs. Toutes ces caractéristiques uniques représentent des défis pour la conception et nécessitent des recommandations de conception particulières. Ces recommandations font l'objet des paragraphes 5.2.1 à 5.2.5.

5.2.1 Dispositifs d'affichage

Toutes les unités de visualisation présentent des limitations en taille et donc, tous les composants d'un système de commande ne peuvent être visibles en une seule fois pour l'opérateur. Néanmoins, les commandes numériques doivent permettre à l'opérateur d'avoir accès aux composants individuels lorsque nécessaire, et il convient que les informations relatives à l'état de chaque composant et à ses relations de commande avec les autres composants soient fournies. Des zones d'affichage suffisantes doivent être disponibles pour garantir que les tâches de commande court-terme puissent être réalisées sans interférer avec celles long-terme. Autrement, des dispositifs d'affichage multiples peuvent être utilisés pour réaliser les différentes tâches de commande. Pour plus d'information sur les exigences de conception relatives à la conception des affichages se reporter à la CEI 61772.

5.2.2 Affichages de sélection

Un affichage de sélection présente un ensemble de composants ou de variables qui peuvent être choisis pour une tâche de commande. Les composants et les variables présentés sur un affichage de sélection doivent être distincts visuellement pour garantir une sélection correcte d'un élément. Un format commun de présentation consiste à utiliser une image synoptique (voir 5.1.5). La composition des affichages de sélection doit être claire et ils doivent être étiquetés pour garantir que l'opérateur peut faire la différence entre les composants. Il convient d'appliquer les recommandations portant sur la composition et l'étiquetage présentées dans cette norme et dans la CEI 61772 pour s'assurer que les composants et les variables apparaissant dans les affichages de sélection sont bien visuellement distincts et qu'ils permettent à l'opérateur de sélectionner correctement les éléments.

Les accès concurrents des opérateurs au même composant de la centrale doit faire l'objet d'une analyse et de règles. Si le même affichage de sélection est utilisé à partir de plusieurs stations de travail, la conception du système doit permettre à un opérateur de suivre les activités des autres.

5.2.3 Champs d'entrée

Les champs prévus pour les entrées des commandes doivent être conçus et étiquetés pour garantir que les opérateurs sont capables de déterminer quel composant de l'installation est commandé. En cas d'erreur de donnée d'entrée, un message d'erreur doit être affiché à destination de l'opérateur. Les données d'entrée peuvent être introduites à l'aide de la fonction prévue au niveau du dialogue opérateur ou par un code alphanumérique (touches +/-, flèches, touches dédiées, etc.).

5.2.4 Formats d'entrée

Il y a plusieurs types de format d'entrée à prendre en compte lors de la conception des commandes numériques, ceux-ci sont décrits ci-dessous. L'interface doit clairement indiquer, pour tous ces types, l'entrée ou la valeur sélectionnée.

- a) Des interfaces de réglage discret doivent être utilisées pour faire des sélections parmi un ensemble d'entrées ou de valeurs individuelles. Chaque option de la sélection doit être clairement étiquetée.
- b) Des interfaces de réglage continu doivent être utilisées lorsqu'on sélectionne un réglage dans une gamme continue ou lorsqu'il y a une gamme importante pour les valeurs discrètes. Chaque option de la sélection doit être clairement étiquetée.
- c) Des interfaces à réglette logiciel peuvent être utilisées lorsque la gamme des valeurs possibles et le rapport des valeurs à cette gamme doivent être affichés. La gamme des valeurs doit être indiquée sur la réglette conformément aux conventions d'étiquetage décrites dans cette norme. La valeur numérique représentant l'entrée courante de la réglette logiciel doit être indiquée numériquement sur la réglette.
- d) Des boutons fléchés peuvent être utilisés lorsque les entrées ou les valeurs peuvent être augmentées ou baissées de façon incrémentale. La valeur numérique correspondant à l'entrée courante doit être indiquée numériquement. Chaque pression sur le bouton fléché doit modifier l'entrée ou la valeur d'une façon facilement prédictible. Un affichage retour intermédiaire suffisant doit être présenté lorsque les boutons fléchés sont utilisés. Chaque bouton fléché doit être clairement étiqueté.
- e) Des boîtes de sélection peuvent être utilisées en combinant une page de liste de vérifications et des codes alphanumériques pour les entrées de commande directes (par exemple en entrant directement le code d'identification système pour une pompe sans se déplacer dans une page). Lorsqu'une sélection est effectuée par une entrée de commande, il convient de mettre à disposition de l'utilisateur une zone d'entrée de commande (une fenêtre) pour entrer le code choisi.

NOTE Il convient d'éviter de prendre pour solutions de base les interfaces opérateur qui nécessitent des codes d'entrée alphanumériques, et que celles-ci soient intégrées seulement comme solutions complémentaires pour des cas particuliers.

5.2.5 Interaction utilisateur-système

Plusieurs modes sont associés à la commande numérique lorsqu'un dispositif d'entrée ou d'affichage est conçu pour réaliser plus d'une fonction. Les modes multiples ont tendance à entraîner des erreurs opérateur. Celles-ci surviennent lorsque l'opérateur interagit avec la commande numérique croyant que l'interface est dans un mode, alors qu'en fait elle est dans un autre mode. La réduction du nombre de modes de commande peut réduire le nombre d'erreurs. L'utilisation excessive des modes multiples pour les commandes numériques doit être évitée. Lorsqu'on ne peut éviter l'utilisation des modes multiples, ils doivent être clairement signalés, de telle façon que l'opérateur puisse déterminer facilement le mode courant.

Des curseurs sont souvent utilisés pour interagir avec les commandes numériques. Les curseurs doivent avoir des traits visuels distinctifs pour assurer qu'ils sont identifiables facilement par l'opérateur. Dans le cas de stations de travail multi-écrans, le système doit indiquer sur quel écran le curseur de sélection est actif. Le curseur doit être stable et offrir la possibilité de se déplacer d'un écran à un autre dans le cas de station de travail multi-écrans. Les actions de commande demandées à un dispositif de commande (par exemple une souris) doivent être compatibles avec les mouvements du curseur observés sur l'écran. L'utilisation de curseurs multiples sur un seul affichage doit être évitée.

Il convient de solliciter les opérateurs pour entrer des données à l'aide d'informations spécifiques et claires ou de fenêtres d'entrée. Ces informations peuvent indiquer où et quand entrer les données ainsi que les tolérances et les conséquences associées à cette entrée. Des symboles normalisés doivent être utilisés pour solliciter les entrées.

L'IHM doit présenter un retour à l'opérateur pour toutes les actions sélectionnées. Il doit aussi permettre d'annuler des actions avant que celles-ci ne soient exécutées. L'IHM doit aussi indiquer l'état des actions en cours d'exécution. Des informations complémentaires sur le retour et le temps de réponse du système sont disponibles dans la CEI 61772. Les messages d'alerte doivent permettre à l'opérateur d'obtenir une information détaillée portant sur l'action qui était en cours, comment celle-ci a été réalisée et ce qui n'a pas marché.

Les fonctionnalités d'auto-correction détectent et corrigent automatiquement les erreurs que l'opérateur peut faire en entrant les données. Les actions de correction personnelles imposent une charge mentale supplémentaire à l'opérateur. Ainsi, il convient de ne pas automatiser ces fonctionnalités d'auto-correction pour les actions de commande de l'installation.

Lors du traitement d'actions séquentielles, l'IHM doit permettre aux opérateurs d'accéder rapidement à l'état de la séquence d'actions en cours. Des étapes de confirmation doivent demander à l'opérateur de répondre à des messages d'alerte ou d'avertissement (par exemple: « Voulez vous continuer ? »). Le cas échéant, il convient que les étapes de confirmation fournissent des détails sur l'objectif de l'action, et pas seulement sur l'action. Par exemple, la confirmation de l'annulation d'une action dans un fichier particulier, plutôt qu'une simple annulation d'action. La fonctionnalité de retour en arrière doit être constamment disponible pour toute action de commande sur les interfaces de commande numérique.

Pour éviter tout ordre erroné ou intempestif (étourderies ou fautes) lors de l'envoi d'une commande, la séquence générale de commande suivante peut être suivie:

- a) sélection de l'ordre,
- b) sélection de la commande,
- c) validation de la commande.

Les commandes qui n'agissent pas directement sur le procédé ne nécessitent pas une étape de validation. Certains ordres doivent être rapidement accessibles (par exemple: l'arrêt d'une sirène d'alarme).

5.3 Exigences particulières concernant les panneaux sensitifs

Les panneaux sensitifs peuvent être utilisés lorsque les conséquences dues au retard de sélection sont acceptables. Ils doivent être placés de manière à satisfaire aux exigences ergonomiques concernant la surveillance et le toucher. En cas de nécessité, on peut envisager l'utilisation d'écrans multiples ou de moyens périphériques de désignation (boule roulante ou levier de commande).

Les images écrans et les panneaux sensitifs doivent couvrir une zone de travail qui est complète pour la tâche prévue et qui conduit l'opérateur à réaliser les actions qui conviennent. Il doit y avoir également un moyen simple de se déplacer vers d'autres zones de travail susceptibles d'être nécessaires ou de sélectionner de nouvelles images écrans. Bien que les zones visibles des aires sensibles puissent sembler couvrir la totalité de l'écran, les zones actives réelles et l'espace entre les zones actives doivent être choisis de manière qu'elles soient faciles à sélectionner et que le risque de toucher une zone incorrecte soit très faible, en particulier lors d'actions critiques. Il doit y avoir des dispositions adaptées pour définir les positions du doigt détectées par la matrice de position et les aires identifiées sur l'image écran de visualisation.

Le matériel doit répondre de manière fiable et cohérente, et informer immédiatement l'opérateur par un message, un symbole, un changement de couleur, ou une tonalité. Les alarmes et les indications d'actions incorrectes (par exemple augmenter un paramètre à un niveau excessif) doivent être intégrées dans le système image écran de façon à aider l'opérateur (par exemple en donnant la valeur en cours, le niveau d'alarme ou la raison pour laquelle une action est incorrecte). Pour des actions importantes et irrécupérables sur l'installation, il convient de prévoir deux actions dans un temps donné. Voir aussi le paragraphe 5.2 pour des exigences complémentaires portant sur les commandes numériques.

Annexe A (informative)

Exemples d'agencement de commandes individuelles

- a) Interrupteurs de commande rotatifs: les sélections ARRÊT/MARCHE sont faites avec la position ARRÊT à 12 heures et la position MARCHE à 3 heures. La rotation dans le sens des aiguilles d'une montre met l'appareil en service.
- b) Interrupteurs pour commande avec indication de discordance: lorsque ces interrupteurs ne sont pas installés dans un schéma synoptique, la règle normale de positionnement ARRÊT/MARCHE s'applique. Lorsqu'ils sont installés dans un schéma synoptique, la position ARRÊT est placée à angle droit par rapport au circuit schématisé par une ligne du synoptique et la position MARCHE dans le sens du circuit. Des agencements similaires s'appliquent aux indicateurs de discordance, qu'ils soient du type sémaphore automatique ou commandés manuellement.
- c) Commutateurs de choix: les sélections bi-états autres que ARRÊT/MARCHE sont réparties régulièrement le long d'une ligne centrale verticale. Lorsqu'on peut identifier un état supérieur, c'est-à-dire un état dans lequel le système est plus actif ou plus automatisé, cet état est placé à droite de la paire:

Par exemple: Diminuer – Augmenter
 Gamme inférieure – Gamme supérieure

Les sélections tri-états sont réparties régulièrement le long d'une ligne centrale verticale. Lorsqu'un état supérieur est mis en évidence, il est placé à droite de la ligne centrale:

Par exemple: Bas – Arrêt – Haut
 Lent – Arrêt – Rapide

Les commutateurs multipositions sont mis en place avec les positions réparties de façon régulière autour de la position 12 heures. Sauf s'il existe une position "privilégiée" ou "normale", tous les autres agencements doivent être évités.

- d) Bouton-poussoir et bouton-poussoir avec indicateurs: les sélections de commande bi-états ou les indicateurs sont disposés pour former une paire horizontale. L'état supérieur est placé à droite de la paire:

Par exemple: Ouvert – Fermé (disjoncteur)
 Fermé – Ouvert (vanne)
 ARRÊT – MARCHE
 Remise à zéro – Normal
 Maintien – Engagé
 Manuel – Auto
 Echoué – Terminé

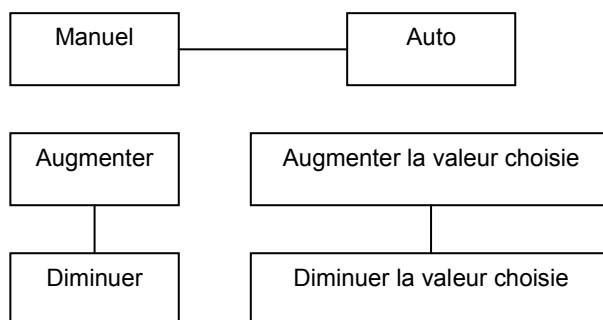
Les sélections ou indications tri-états sont quelquefois nécessaires et forment une extension de la règle ci-dessus. Dans ce cas, il convient que les trois appareils soient alignés avec les éléments associés.

- e) Les fonctions de réglage qui, par exemple, commandent un registre ou l'avance pas à pas d'une vanne sont disposées pour former une paire verticale avec l'état supérieur au-dessus:

Par exemple: Augmenter
 Diminuer
 Ouvrir
 Fermer
 Augmenter la valeur choisie
 Diminuer la valeur choisie

Lorsqu'un appareil de réglage est verrouillé en position de fonctionnement à la suite du fonctionnement d'un bouton-poussoir, et qu'une fonction d'arrêt s'ensuit, la disposition en paire verticale ci-dessus est utilisée et le bouton-poussoir d'arrêt est mis à gauche de la paire et sur la ligne centrale horizontale entre eux.

- f) Lorsque les boutons-poussoirs sont disposés par rangées de quatre, cinq ou six, les principes établis de l'état supérieur et d'identification de l'installation sont utilisés pour composer l'agencement. La sélection et l'indication des états de commande "manuel" et "automatique" occupent la paire supérieure horizontale des positions. Au-dessous, il y a deux paires verticales d'appareils. La paire située à portée de la main gauche est assignée à la commande en manuel de la boucle de positionnement de l'actionneur; la paire située à portée de la main droite est réservée à l'ajustage manuel de la commande automatique de la vanne choisie. Dans les deux cas, l'état supérieur est placé au sommet de la paire (voir schéma ci-dessous pour un exemple).



IEC 574/08

- g) Dans les cas où les évolutions de l'installation prescrivent la commande d'actionneurs supplémentaires, ou lorsque des boucles de commande en cascade sont fournies, ces concepts sont retenus et des appareils supplémentaires sont fournis à des positions cohérentes. Il convient que les contraintes d'espace n'altèrent pas la disposition décrite. Les appareils de commande ou d'indication uniques isolés sont placés sur la ligne centrale appropriée d'un composant ou groupe de composants associés. Lorsqu'un ou plusieurs appareils sont enlevés d'une rangée, le positionnement standard est retenu et l'espace vacant n'est pas réutilisé. Cela afin de maintenir le codage de position qui est inhérent aux règles précédentes.

www.intel.com

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
P.O. Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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