

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1227**

Première édition
First edition
1993-05

**Centrales nucléaires de puissance –
Salles de commande –
Commandes opérateurs**

**Nuclear power plants –
Control rooms – Operator controls**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1227: 1993

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60 000.

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60 000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1227**

Première édition
First edition
1993-05

**Centrales nucléaires de puissance –
Salles de commande –
Commandes opérateurs**

**Nuclear power plants –
Control rooms – Operator controls**

© CEI 1993 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

N

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

SOMMAIRE

	Pages
Avant-propos.....	4
Articles	
1 Domaine d'application.....	6
2 Références normatives.....	6
3 Définitions	6
4 Conception.....	8
4.1 Principes de conception.....	8
4.2 Types d'interface du système de commande	8
4.3 Sélection du système de commande.....	12
4.4 Exigences concernant la conception.....	12
5 Consultation avec les opérateurs et formation	26
Annexe A - Organisation des images synoptiques	28

CONTENTS

	Page
Foreword.....	5
Clause	
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Definitions	7
4 Design.....	9
4.1 Design principles	9
4.2 Types of control system interface.....	9
4.3 Selection of control system.....	13
4.4 Design requirements.....	13
5 Consultation with operators and training.....	27
Annex A - Layout of mimic diagrams.....	29

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

Centrales nucléaires de puissance - Salles de commande - Commandes opérateurs

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des Comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure du possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La Norme internationale CEI 1227 a été établie par le sous-comité 45A: Instrumentation des réacteurs, du comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
45A(BC)129	45A(BC)134

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**Nuclear power plants -
Control rooms - Operator controls**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a world-wide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Standardization Organization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subject dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.

International Standard IEC 1227 has been prepared by sub-committee 45A: Reactor instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

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

DIS	Report on voting
45A(CO)129	45A(CO)134

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

Annex A is for information only.

Centrales nucléaires de puissance - Salles de commande - Commandes opérateurs

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale vient en complément de la CEI 964 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 systèmes dédiés, les systèmes conventionnels multiplexés et les systèmes de commande par logiciel. Pour la salle de commande principale d'une centrale nucléaire de puissance, la CEI 964 inclut des exigences générales concernant l'agencement, les besoins de l'utilisateur, les méthodes de validation et vérification. Ces aspects ne sont pas repris dans cette norme. Il conviendra de lire également la norme CEI (à l'étude) concernant l'application des unités de visualisation aux salles de commande principales des centrales nucléaires de puissance avec cette norme mais, s'il y a lieu, référence sera faite à certaines indications pour l'application correcte des exigences de commande.

Cette norme est destinée à être appliquée à la conception des nouvelles salles de commande principales des centrales nucléaires conçues selon la CEI 964, conception qui débutera après la publication de cette norme. Si l'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 déjà existantes, il faut 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 normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication de cette norme, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 73:1991, *Codage des dispositifs indicateurs et des organes de commande par couleurs et moyens supplémentaires*

CEI 964:1989, *Conception des salles de commande des centrales nucléaires de puissance*

AIEA Guide de sûreté 50-SG-D3:1980, *Système de protection et dispositifs associés dans les centrales nucléaires*

AIEA Guide de sûreté 50-SG-D8:1984, *Systèmes d'instrumentation et de commande liés à la sûreté dans les centrales nucléaires*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions données dans la CEI 964 et les définitions suivantes s'appliquent:

dédié: Employé pour un seul but, par opposition à "multiplexé".

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.

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

Nuclear power plants - Control rooms - Operator controls

1 Scope

This International Standard supplements IEC 964 which applies to design for control rooms of nuclear power plants. It identifies the Man Machine Interface (MMI) requirements for dedicated systems, multiplexed conventional systems, and soft control systems. For the main control room of a nuclear power plant, IEC 964 includes general requirements for layout, user needs and verification and validation methods, and these aspects will not be repeated in this standard. IEC standard (under consideration) on Visual Display Unit (VDU) application to main control room should also be read with this standard, but some reference will be made to 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 964 and which 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 automation level that may not apply.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 73:1991, *Coding of indicating devices and actuators by colours and supplementary means*

IEC 964:1989, *Design for control rooms of nuclear power plants*

IAEA Safety guide 50-SG-D3:1980, *Protection system and related features in nuclear power plants*

IAEA Safety guide 50-SG-D8:1984, *Safety related instrumentation and control systems for nuclear power plants*

3 Definitions

For the purpose of this International Standard, the definitions given in IEC 964 and the following definitions apply:

dedicated: Used for one purpose only, in contrast to "multiplexed".

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

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

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

commande par logiciel: Système multiplexé qui dispose de nombreuses fonctions programmables; à tout moment, la fonction est indiquée par une étiquette. L'étiquette peut être une verrine ou un message sur un écran de visualisation. Les informations peuvent être données en retour à l'opérateur par des témoins lumineux ou des écrans de visualisation connexes.

panneau sensitif: Commande par logiciel 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 écran. L'étiquette peut décrire un élément de la centrale ou une action de commande.

4 Conception

4.1 Principes de conception

Une approche de conception globale des systèmes est nécessaire pour la conception de l'interface de la commande manuelle. La CEI 964 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 optimiseront 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. 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 964, et en particulier dans les paragraphes suivants:

- 4.4 Agencement des panneaux
- 4.5 Aide à la localisation
- 4.6 Système d'information
- 4.7 Commandes
- 4.8 Intégration commandes-afficheurs
- 4.10 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'interface du système de commande

Les différents types d'interfaces opérateur disponibles pour la commande peuvent être classés en trois groupes, systèmes dédiés, systèmes conventionnels multiplexés (y compris claviers) et commandes par logiciel. L'analyse des tâches décrite en 4.3 est utilisée pour déterminer le type le plus approprié pour la commande. Les différents groupes ont les caractéristiques suivantes.

discrepancy control and indication: Binary control with state and discrepancy indication using a single control switch.

soft control: A multiplexed device which has many programmable functions, the function at any time being shown by a label. The label may be an illuminated fascia or a message on a VDU. Operator information may be given by related light devices or VDU.

touch panel: A soft control which uses a position detector to detect the operator's finger pointing at the label on the VDU.

Alternatively, a light pen may be used or a cursor may be moved over the VDU format to identify a label. The label may describe an item of plant or a control action.

4 Design

4.1 Design principles

An overall systems design approach is required for the design of the human control interface. IEC 964 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. 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 964 and, in particular, with the following subclauses:

- 4.4 Panel layout
- 4.5 Location aids
- 4.6 Information system
- 4.7 Controls
- 4.8 Control-display integration
- 4.10 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 control system interface

The types of operator interface available for control may be classified into three groups, dedicated systems, multiplexed conventional systems (including keyboards), and 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 *Commandes dédiées*

La commande dédiée et les indicateurs fournissent à l'opérateur des repères dans l'espace qui lui permettent d'enregistrer rapidement la position des éléments fréquemment utilisés; en conséquence, il fera moins d'erreurs de sélection. Ils ont l'inconvénient d'être présents même lorsque ce n'est pas nécessaire et, de ce fait, ils augmentent la dimension du pupitre de commande dans son ensemble et provoquent des "parasites" lorsque d'autres commandes sont utilisées.

Ils peuvent être isolés électriquement et conçus pour éviter les défauts de mode commun, mais nécessitent une quantité importante de câblage.

Ils 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 4.4.1.

4.2.2 *Systèmes conventionnels multiplexés*

Ces systèmes utilisent une commande unique pour la même fonction sur différents appareils, réduisant ainsi le nombre de commandes du pupitre ou du panneau; on peut ainsi en réduire la taille et rapprocher les commandes à proximité de l'opérateur. Il est cependant nécessaire de faire un choix, ce qui augmente le nombre d'actions de l'opérateur; les possibilités d'erreur et le temps de réponse de l'opérateur risquent également d'augmenter.

Une seule panne peut affecter tous les systèmes reliés au moyen utilisé pour la commande, mais la quantité de câblage est réduite.

Ces systèmes doivent être conçus de manière que le retour à l'opérateur de la fonction sélectionnée soit bien visualisé, pour permettre la correction des erreurs. Ils conviennent particulièrement à la commande de systèmes rarement utilisés qui ne sont pas nécessaires en cas d'urgence, par exemple remplissage de réservoir, et pour les systèmes pour lesquels les conséquences d'erreur ne sont pas graves et pour lesquels on dispose d'un délai de correction suffisant en cas d'erreur.

4.2.3 *Commandes par logiciel*

Ces commandes sont du type système multiplexé dans lequel elles peuvent avoir différentes fonctions à des instants différents. Des étiquettes changeables indiquant la fonction de commande doivent être fournies, par exemple en installant les commandes en ligne directement sous un écran sur lequel les étiquettes sont affichées. En complément, l'utilisation de moyens de commande individuels peut être supprimée et l'étiquette sur l'écran peut être touchée. En installant un appareil de balayage matriciel devant un écran (par utilisation de faisceaux infrarouges, ultrasons ou des touches à pression), l'ordinateur peut décoder la position du doigt qui touche l'écran et l'interpréter de la même façon que lorsqu'on actionne un moyen conventionnel de commande.

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 non valables ou inadaptées à cette tâche. Ils guident ainsi l'opérateur pour réaliser des actions correctes. Il est essentiel d'assurer que toutes les informations nécessaires à l'opérateur pour réaliser une action de commande correcte lui soient présentées si nécessaire, soit sur l'écran sensitif, 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 par logiciel s'avèrent particulièrement utiles lorsque les actions sont "régulées" par l'opérateur.

4.2.1 *Dedicated controls*

Dedicated controls and indicators provide spatial information to the operator who quickly learns the position of frequently used items and therefore will make fewer selection errors. They 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.

They can be electrically segregated and designed to avoid common mode faults, but require a considerable amount of cabling.

They 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. Their layout is described in 4.4.1.

4.2.2 *Multiplexed conventional systems*

These systems 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 controls brought closer to the operator. However, a selection has to be made, so the number of operations is increased and the chances of error and the operator response time may be increased.

A single fault can affect all the systems related to a control switch, but the amount of cabling is reduced.

They shall be designed with good feedback to the operator of 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.

4.2.3 *Soft controls*

These controls are a type of multiplexed system where they can have different functions at different times. Changeable labels displaying the control function shall be provided, for example, by mounting the controls in a line directly below a VDU on which the labels are displayed. As an extension of this, the use of individual switches can be dispensed with and the label on the VDU screen touched. By use of a matrix scanning system in front of the VDU (employing infra-red or ultrasonic beams or pressure pads), the computer can decode the position of the finger touching the screen and interpret it in the same way as operating an equipment switch.

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. It is essential to ensure that all the information the operator requires to perform the correct control action is 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 optimize the position of the VDU for both monitoring and touching and two screens may be required. Off-screen pointing devices (e.g. tracker ball and light pen) are an alternative solution.

Soft controls can be particularly useful where the task is operator paced.

Les commandes par logiciel sont par exemple particulièrement adaptées à la commande de systèmes auxiliaires complets où l'on dispose de temps pour présenter les commandes. L'écran peut afficher le schéma synoptique du système avec les informations nécessaires à l'opérateur, qui désignera au calculateur l'élément de l'installation concerné, et utilisera une commande par panneau sensitif, une commande par logiciel ou un moyen de désignation pour effectuer l'action de commande désirée.

4.3 Sélection du système de commande

Une analyse de la tâche opérateur est nécessaire en tant que partie fondamentale de la conception de la salle de commande. Elle doit être étayée de façon à indiquer les exigences requises pour les commandes en termes de:

- a) fréquence d'utilisation;
- b) liaison et relation avec d'autres commandes;
- c) vitesse d'accès nécessaire (lorsque non encore en utilisation);
- d) fiabilité;
- e) acceptation des défauts de mode commun;
- 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 commandes en fonction de leur importance par rapport à la sûreté;
- k) type de procédure de conduite.

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 4.4. Le projet proposé doit alors être validé conformément à la méthode spécifiée dans la CEI 964. 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 implique la contribution du:

- concepteur de l'installation;
- concepteur du système de contrôle commande;
- concepteur du système d'information;
- spécialiste de la fiabilité et de la sûreté;
- spécialiste du sujet (par exemple docteur en médecine, chimiste, etc.);
- personnel d'exploitation;
- personnel d'entretien;
- critères de conception existants (dans le cas de modifications ou d'extension);
- ergonome.

En pratique, la conception de l'interface détaillée dépend d'analyses strictes de la tâche. La validation des procédures de conduite passe donc, dans la plupart des cas, par une boucle rétroactive sur la conception.

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

4.4 Exigences concernant la conception

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

- indicateurs et commandes individuels;
- écran de visualisation et commandes individuelles, et
- 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 sera traité dans une norme actuellement à l'étude (voir également 4.4.8).

For example, soft controls may be suitable for the control of complete auxiliary systems where time is available to present the controls. The VDU can display the mimic diagram of the system with the information required by the operator, who will identify to the computer the plant item of concern, and use a touch panel, soft control switch, or pointing device to achieve the desired effect.

4.3 Selection of control system

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 mode 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 controls by their importance to safety;
- k) type of operating procedure.

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 4.4. The proposed design shall then be validated in accordance with the method given in IEC 964. In the design and validation, it is important that all relevant inputs to the MMI design are taken into account. These will include contributions from the:

- plant designer;
- control system equipment designer;
- information system designer;
- safety and reliability specialist;
- topic specialist (e.g. health physicist, chemist, etc.);
- operations staff;
- maintenance staff;
- existing design criteria (in the case of refits or extension);
- human factors specialist.

In practice, detailed interface design depends upon thorough task analysis. Validation against operating procedures therefore acts in a design feedback loop in most practical cases.

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.

4.4 Design requirements

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

- individual indicators and controls;
- VDU and individual controls, and
- 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 will be covered in a standard under consideration (see also 4.4.8).

4.4.1 Agencement

En ce qui concerne l'agencement des appareils de commande et d'indication sur les pupitres et les panneaux, des règles formelles ont été spécifiées dans la CEI 964 sous forme d'un ensemble réparti d'exigences requises associées aux éléments. La rationalisation inhérente qui est une caractéristique des systèmes modulaires de contrôle-commande permet aujourd'hui d'exprimer ces règles en termes de philosophie globale.

Il n'est pas possible de définir des règles de conception uniques qui répondraient à chaque conception possible et à chaque circonstance 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.

La classification initiale des appareils de commande et d'indication sur un pupitre ou un panneau est établie en fonction de la personne qui a la responsabilité de l'utilisation de l'appareil. (Lorsque plus d'un utilisateur a besoin d'une même information, on devra prendre en compte la duplication de l'information.) Considéré en conjonction avec 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 l'installation, mais il convient de retenir 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 précisé en termes de réalisation d'une fonction ou d'une conduite du procédé données. Pour certains éléments de l'installation, par exemple les pompes, le groupe "fonctionnel" peut être équivalent à un ou des groupes de l'installation. Les groupes doivent tenir compte des "systèmes" en tant que série de composants d'installation liés de façon fonctionnelle, par exemple, système fluide sous tuyauterie ou conduite, système connecté électriquement, ou jeu de composants mis en place pour réaliser ou maintenir une fonction précise de l'installation, par exemple dispositifs primaire et secondaire d'arrêt. (Ces deux jeux d'installation peuvent être fonctionnellement indépendants mais sont fournis pour atteindre le même résultat final, c'est-à-dire la sous-criticité.) Ces indicateurs et commandes doivent être assemblés pour former des groupes fonctionnels, chaque groupe contenant des appareils liés à la réalisation d'une ou de plusieurs fonctions particulières. Pour certains groupes, tels que les auxiliaires du groupe turbo-alternateur, le groupe des systèmes de support fonctionnel peut comporter plusieurs parties d'installation telles que l'huile de lubrification, l'huile de graissage, l'huile de purge, etc., l'installation étant reliée par des considérations systèmes.

Un groupe fonctionnel d'appareils doit être séparé des groupes adjacents par une distance d'au moins 36 mm (ou de la taille d'un module si elle est inférieure) ou bien selon les prescriptions du manuel de conception ergonomique.

Les groupes de commandes et indications 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.

4.4.2 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 l'ordre du courant à partir de la source située à gauche pour aboutir à droite. Il convient qu'il soit conforme aux stéréotypes d'ensemble acceptés;
- b) il convient que l'ordre ne soit pas modifié pour des raisons de conditions de fonctionnement rencontrées peu fréquemment. Il ne doit pas porter atteinte à la sûreté;

4.4.1 *Layout*

Formal rules for the layout of control and indication devices on desk and panel surfaces were described in IEC 964 as a distributed set of requirements associated with components. The inherent rationalization which is a feature of modular Instrumentation and Control (I&C) systems now allows such rules to be formulated in terms of overall philosophy.

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 objective 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 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 plant group or groups. 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.) Such controls and indicators shall be assembled to form functional groups, with each group containing devices associated with the achievement of a particular function or functions. For certain groups, such as turbo alternator auxiliaries, the functional supporting system group may contain several plant areas such as lubricating oil, jacking oil, flushing oil, etc., the plant being linked by system considerations.

A functional group of devices shall be separated by at least 36 mm or the module size if less or as defined in the appropriate human factors design handbook from adjacent 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.

4.4.2 *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 infrequently met operating conditions, and shall not prejudice safety;

- #### 4.4.3 Positionnement des appareils

- a) pour les groupes avec un 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 au 4.4.2;
- 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 que "essai lampe";
- c) s'il n'y a pas d'ordre d'utilisation unique, il convient que les appareils soient disposés de gauche à droite par ordre d'identification de l'installation ou selon le flux d'énergie.

Une disposition de synoptique peut ne pas permettre la réalisation de toutes ces prescriptions.

4.4.4 ~~Orientation relative~~

- 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

- c) there should be a monitoring position from which each operator can monitor the operation of his plant in the normal steady operating mode, and additionally monitor the reactor in the shutdown or refuelling modes. A central position should be considered for this function, as it gives good visibility and access to the individual functions on the desk and panel. The controls shall be mounted near the associated display;
- d) 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);
- e) there may be displays which must 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;
- f) 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.

4.4.3 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 4.4.2;
- 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 forced by the layout of a mimic diagram. Also the layout should not be compromised simply to save space.

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

4.4.4 Relative 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 below:

- 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

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
Échoué - 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
Réduire
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. Les boutons-poussoirs et les boutons-poussoirs avec indicateurs qui sont associés aux boucles de régulation sont disposés en rang précis, deux appareils en largeur et trois en hauteur. 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 tel que la vanne ou le registre. 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, à savoir "Augmenter" et "Augmenter la valeur choisie", est placé au sommet de la paire;
- 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. Les contraintes d'espace ne doivent pas altérer 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.

4.4.5 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, mais il y a un certain nombre de considérations supplémentaires.

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 shall 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
Lower
Open
Close
Raise Desired Value
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. Push-buttons and push-button/indicators associated with automatic control loops are arranged in a defined array, two devices wide and three high. 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 of the loop variable device such as a valve or damper. The right-hand pair is reserved for manual adjustment of the control loop desired value. In both of these cases the superior state, i.e. "Raise" and "Raise Desired Value", is placed at the top of the pair;
- 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 shall 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.

4.4.5 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 or controls and displays, but there are a number of additional considerations.

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 physique 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 symétrique. 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 la position physique de l'élément de l'installation concernée.

Il convient de placer l'information correspondante dans la même position relative dans tous les cas semblables. Cela est l'approche prise sur les pupitres de commande, et ainsi les éléments indiquant les quadrants seront 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 facilitera 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 de haut en bas. Dans le cas d'un système fermé, le concepteur doit juger si une circulation dans le sens des aiguilles d'une montre ou dans le sens inverse des aiguilles d'une montre 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 impliquée de la partie la plus significative de la branche de circulation de gauche à droite. Il convient de maintenir à l'intérieur des zones d'installation fonctionnelle le 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 le synoptique reflète cela dans la position des caissons et des pompes, etc. De la même façon, il convient de représenter conformément à leur apparence physique des objets physiques importants tels que les chaudières et les turbogénérateurs.

Les règles normales pour la conception des graphismes s'appliquent, dans la mesure où il convient que l'affichage amène l'œil de l'utilisateur autour de l'image synoptique de façon continue. Les lignes en angle peuvent focaliser l'œil de l'utilisateur sur un point particulier de l'affichage, mais, en général, il convient de baser les synoptiques sur un cadrage rectiligne semblable à celui utilisé pour les schémas mécaniques unifilaires. Il convient de réduire les 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 de détecter rapidement les données sur le schéma qui lui donneront une idée précise de ce qui se passe sur l'installation et l'emplacement des zones sensibles et des éléments commandés. Lorsque plusieurs éléments d'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 dans des positions adjacentes en lignes ou colonnes.

Voir l'annexe A.

4.4.6 Codage

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

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

- texte;
- position;
- éclaircissement;
- forme;
- couleur;
- taille.

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 must 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 must be consistent between diagrams. Usually, the most involved part of 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 must 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.

See annex A.

4.4.6 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):

- text;
- position;
- illumination;
- shape;
- colour;
- size.

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) *Éclairage*

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 norme CEI concernant les affichages sur écrans de visualisation (à l'étude) et, pour les commandes manuelles, la CEI 73 peut être consultée.

L'utilisation de combinaisons vert/rouge pour les fonctions autres que celle de l'état de disjoncteur doit être considérée comme potentiellement dangereuse, car le code ne peut pas être appliqué uniformément aux disjoncteurs, aux éléments dynamiques et aux fonctions de l'installation.

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.

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 must be applied consistently to all controls throughout a particular NPP.

For current practice on VDU, see IEC standard for VDU displays (under consideration) and, for hand controls, IEC 73 may be consulted.

The use of red/green combinations for functions other than circuit breaker state shall be regarded as potentially dangerous, since the code cannot be consistently applied to circuit breakers, plant dynamic items and plant functions.

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.