

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
1771**

Première édition  
First edition  
1995-12

---

---

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

**Nuclear power plants –  
Main control-room –  
Verification and validation of design**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 1771: 1995

## Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

## 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 60000 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  
1771**

Première édition  
First edition  
1995-12

---

---

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

**Nuclear power plants –  
Main control-room –  
Verification and validation of design**

© CEI 1995 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

**X**

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

## SOMMAIRE

|                                                                                       | Pages |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| AVANT-PROPOS.....                                                                     | 4     |
| Articles                                                                              |       |
| 1 Domaine d'application et objet.....                                                 | 6     |
| 2 Références normatives .....                                                         | 6     |
| 3 Définitions .....                                                                   | 8     |
| 4 Vérification et validation d'une nouvelle conception de salle de commande .....     | 10    |
| 4.1 Processus de conception d'ensemble .....                                          | 10    |
| 4.2 Activités de V&V .....                                                            | 10    |
| 4.3 Vérification de l'affectation des fonctions .....                                 | 14    |
| 4.4 Validation de l'affectation des fonctions .....                                   | 20    |
| 4.5 Vérification du système intégré de salle de commande .....                        | 24    |
| 4.6 Validation du système intégré de salle de commande .....                          | 30    |
| 5 Vérification et validation des conceptions évolutionnaires et des rénovations ..... | 50    |
| 5.1 Généralités .....                                                                 | 50    |
| 5.2 Vérification de l'affectation des fonctions .....                                 | 52    |
| 5.3 Validation de l'affectation des fonctions .....                                   | 54    |
| 5.4 Vérification du système intégré de salle de commande .....                        | 54    |
| 5.5 Validation du système intégré de salle de commande .....                          | 54    |
| Annexes                                                                               |       |
| A Exemple d'approches pour évaluer les performances fonctionnelles .....              | 58    |
| B Supports d'évaluation.....                                                          | 62    |
| C Aspects cognitifs.....                                                              | 66    |
| D Méthode d'évaluation typique .....                                                  | 74    |

## CONTENTS

|                                                                         | Page |
|-------------------------------------------------------------------------|------|
| FOREWORD.....                                                           | 5    |
| Clause                                                                  |      |
| 1 Scope and object .....                                                | 7    |
| 2 Normative references.....                                             | 7    |
| 3 Definitions.....                                                      | 9    |
| 4 Verification and validation of a new control-room design .....        | 11   |
| 4.1 Overall design process.....                                         | 11   |
| 4.2 V&V activities.....                                                 | 11   |
| 4.3 Verification of the function assignment.....                        | 15   |
| 4.4 Validation of the function assignment.....                          | 21   |
| 4.5 Verification of the integrated control-room system.....             | 25   |
| 4.6 Validation of the integrated control-room .....                     | 31   |
| 5 Verification and validation of evolutionary designs and backfits..... | 51   |
| 5.1 General.....                                                        | 51   |
| 5.2 Verification of the function assignment.....                        | 53   |
| 5.3 Validation of the function assignment.....                          | 55   |
| 5.4 Verification of the integrated control-room system.....             | 55   |
| 5.5 Validation of the integrated control-room system.....               | 55   |
| Annexes                                                                 |      |
| A Example of approaches for evaluating function performance.....        | 59   |
| B Evaluation aids .....                                                 | 63   |
| C Cognitive aspects.....                                                | 67   |
| D Typical evaluation method.....                                        | 75   |

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – SALLE DE COMMANDE PRINCIPALE – VÉRIFICATION ET VALIDATION DE LA CONCEPTION

### 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 concernant les questions techniques, représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels 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 possible, les Normes Internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la norme nationale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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 1771 a été établie par le sous-comité 45A: Instrumentation des réacteurs, du comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

La présente norme sert de norme complémentaire à la CEI 964. Elle répertorie les exigences spécifiques à la vérification et à la validation mentionnées en 3.3, en 3.4 et à l'article 5 de la CEI 964; elle remplace donc les recommandations données en A.3.3 de la CEI 964.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| FDIS         | Rapport de vote |
|--------------|-----------------|
| 45A/205/FDIS | 45A/212/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.

Les annexes A, B, C et D sont données uniquement à titre d'information.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

**NUCLEAR POWER PLANTS –  
MAIN CONTROL-ROOM –  
VERIFICATION AND VALIDATION OF DESIGN**

## FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, 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 Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are 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.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 1771 has been prepared by sub-committee 45A: Reactor instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This standard serves as a supplementary standard to IEC 964. It gives specific requirements for the performance of verification and validation given in 3.3, 3.4 and clause 5 of IEC 964 and therefore supersedes the guidance given in A.3.3 of IEC 964.

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

|              |                  |
|--------------|------------------|
| FDIS         | Report on voting |
| 45A/205/FDIS | 45A/212/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.

Annexes A, B, C, and D are for information only.

# **CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – SALLE DE COMMANDE PRINCIPALE – VÉRIFICATION ET VALIDATION DE LA CONCEPTION**

## **1 Domaine d'application et objet**

La présente Norme internationale définit les procédures de vérification et de validation (V&V) applicables à la conception du système de la salle de commande dans les centrales nucléaires et répertorie les critères de vérification et de validation concernant l'affectation des fonctions et le système intégré de salle de commande.

Elle décrit comment faire la revue et évaluer l'espace de travail, l'instrumentation, les commandes et tous les autres équipements de la salle de commande sur un plan ergonomique en tenant compte à la fois des exigences des systèmes et des aptitudes de l'opérateur. Par ailleurs, elle permet également d'identifier, d'analyser et de mettre en oeuvre les modifications de conception de la salle de commande visant à corriger tout élément non approprié ou inadapté.

Il est prévu que la norme s'applique à la nouvelle conception de la salle de commande principale des centrales nucléaires ou à des rénovations (renouvellement et modification de la conception) apportées à une salle de commande existante. Dans ce dernier cas, il convient d'identifier les zones affectées. Il convient d'appliquer cette norme à de telles zones et à leur intégration dans l'ensemble de la salle de commande, en tenant compte des exigences données à l'article 4 et en fonction des spécifications de l'article 5.

Cette norme peut être aussi appliquée à la conception d'autres zones de commande de la centrale nucléaire. Pour la V&V du système intégré d'interface homme-machine, il est recommandé que d'autres interfaces comme le panneau de repli et les panneaux locaux importants pour la sûreté soient traités simultanément avec la salle de commande principale.

## **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, 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 447: 1993, *Interface homme-machine (IHM) – Principes de manoeuvre*

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

CEI 1226: 1993, *Centrales nucléaires – Systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande importants pour la sûreté – Classification*

# NUCLEAR POWER PLANTS – MAIN CONTROL-ROOM – VERIFICATION AND VALIDATION OF DESIGN

## 1 Scope and object

This International Standard specifies verification and validation (V&V) procedures for the design of the control-room system of nuclear power plants and gives verification and validation criteria for the assignment of functions and for the integrated control-room system.

It describes how to review and evaluate the control-room workspace, instrumentation, controls, and other equipment from a human factor engineering point of view that takes into account both system demands and operator capabilities. In addition, control-room design modifications that correct inadequate or unsuitable items, are to be identified, assessed, and implemented.

This standard is intended for application to new designs of the main control-room of nuclear power plants or to backfits (design renewal and design modifications) to an existing control-room design. In the latter case, attention should be given to identifying the areas affected. The standard should be applied to those areas and to their integration into the whole control-room, taking into account the requirements given in clause 4 and according to the specifications of clause 5.

This standard can also be applied to the design of other control areas in the nuclear power plant. For the V&V of the integrated man-machine interface system, it is recommended that other interfaces such as the remote shut-down station and the safety-related local panels be addressed simultaneously with the main control-room.

## 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 447: 1993, *Man-machine interface (MMI) – Actuating principles*

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

IEC 1226: 1993, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important for safety – Classification*

CEI 1227: 1993, *Centrales nucléaires de puissance – Salles de commande – Commandes opérateurs*

CEI 1772: 1995, *Centrales nucléaires de puissance – Salle de commande principale – Application des unités de visualisation*

AIEA Guide de sûreté 50-SG-D3: 1981, *Système de protection et dispositifs associés dans les centrales nucléaires*

AIEA Guide de sûreté 50-SG-D8: 1985, *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 des termes et les abréviations de la CEI 964 s'appliquent, excepté pour les suivantes:

**3.1 conception courante:** Etat d'une centrale de puissance dans lequel la conception et la construction ont commencé.

Cette norme est appliquée avec discernement pour les exceptions faites dues à l'état d'avancement ou d'autres contraintes.

**3.2 nouvelle conception:** Conception et construction d'une centrale entièrement nouvelle.

Cette norme s'applique intégralement.

**3.3 modifications de conception:** Toute modification pouvant aller du changement d'un seul instrument, en passant par une conception évolutive, jusqu'à la réplique, quand c'est possible, d'une centrale déjà existante.

Cette norme est appliquée d'une façon appropriée aux modifications de conception considérées.

Dans le cas d'une réplique, une revue est effectuée pour identifier les améliorations notables et justifier toutes les différences majeures.

**3.4 renouvellement de la conception:** Conception d'une salle de commande ou d'une zone totalement nouvelle, dans une centrale déjà existante.

Cette norme s'applique intégralement.

**3.5 équipe d'évaluation:** Equipe pluridisciplinaire chargée du processus de revue d'évaluation.

**3.6 affectation de fonction:** Répartition des fonctions parmi les constituants humains et automatisés d'un système.

**3.7 discordance d'ergonomie:** Déviation par rapport à un critère, tel qu'une norme ou une pratique ergonomique conventionnelle, une préférence d'opérateur (ou un besoin), ou encore d'un instrument (ou équipement) dont la caractéristique est nécessaire, de manière implicite ou explicite pour l'exécution d'une tâche de l'opérateur.

IEC 1227: 1993, *Nuclear power plants – Control-rooms – Operator controls*

IEC 1772: 1995, *Nuclear power plants – Main control-room – Application of Visual Display Unit (VDU)*

IAEA Safety guide 50-SG-D3: 1980, *Protection systems 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 terms and abbreviations used in IEC 964 apply, except for the following:

**3.1 current design:** State in which the design and construction of a new power plant has commenced.

This standard is applied with due judgement for exceptions made due to the state of progress or other constraints.

**3.2 new design:** Design and construction of a totally new power plant.

This standard is applied fully.

**3.3 design modification:** All modifications varying from the change of a single instrument, through evolutionary design, to replicating, where possible, an existing power plant.

This standard is applied in a manner appropriate to the design modification being considered.

In the case of replication, a review is held to identify significant improvements and to justify any major differences.

**3.4 design renewal:** Design of a totally new control-room or control area in an existing power plant.

This standard is applied fully.

**3.5 evaluation team:** Interdisciplinary team in charge of the evaluation review process.

**3.6 function assignment:** Distribution of functions among the human and automated constituents of a system.

**3.7 human engineering discrepancy:** Deviation from some criterion such as a standard or convention of human engineering practice, an operator preference (or need), or an instrument (or equipment) characteristic implicitly or explicitly required for an operator task.

**3.8 erreur humaine (d'un opérateur):** Omission d'une tâche ou exécution non appropriée, incomplète ou dépassant les limites admissibles, d'une tâche humaine pour laquelle des critères de performance sont spécifiés, qui n'est pas causée par un manque de présentation d'informations et de possibilités de commandes adéquates.

**3.9 processus de revue:** Processus qui permet de vérifier la façon dont les moyens de la salle de commande (informations, commandes, etc.) permettent aux opérateurs d'accomplir leur tâche, c'est-à-dire d'atteindre leurs buts fonctionnels.

**3.10 charge de travail opérateur:** Ensemble des aptitudes professionnelles demandées à l'opérateur dans un temps donné. Les actions requises peuvent être physiques, cognitives, perceptibles sensoriellement, verbales, concrètes ou symboliques, ou encore une combinaison de celles-ci.

## 4 Vérification et validation d'une nouvelle conception de salle de commande

### 4.1 Processus de conception d'ensemble

Conformément à la CEI 964, la conception de la salle de commande des centrales nucléaires comprend deux étapes principales, la conception fonctionnelle et la conception détaillée:

- la conception fonctionnelle (article 3 de la CEI 964) définit les fonctions devant être attribuées à l'homme ou à la machine. C'est un processus à multiples étapes. Les quatre principales étapes sont l'analyse fonctionnelle (pour définir toutes les fonctions nécessaires pour conduire une centrale), l'affectation des fonctions à l'homme ou à la machine, la vérification et enfin la validation de l'affectation des fonctions.

Pendant le développement de la conception d'une nouvelle salle de commande, il convient que des analyses soient menées dans un effort d'optimisation de l'affectation des fonctions et des tâches qui mettent en oeuvre les fonctions.

- la conception détaillée (article 4 de la CEI 964) qui définit la configuration, l'environnement et les spécifications fonctionnelles de la salle de commande. C'est un processus à multiples étapes qui définit les spécifications fonctionnelles de la salle de commande, les spécifications fonctionnelles des procédures, de la formation du personnel et la documentation de la conception de la salle de commande. Elle se termine par la vérification et enfin la validation du système intégré de salle de commande.

### 4.2 Activités de V&V

Le résultat de chacune des deux phases de la conception d'ensemble est vérifié par des activités de V&V. Le but de ces activités est d'évaluer l'adéquation des interfaces entre l'opérateur et la centrale telles que trouvées dans la salle de commande.

Il n'est pas de la responsabilité de l'équipe de V&V de reconcevoir la salle de commande.

Dans ce contexte, la V&V est comprise comme ceci (CEI 964):

- la vérification est définie comme le processus qui détermine si les composants respectent les exigences spécifiées. Dans ce contexte, elle implique une série de contrôles analytiques de l'instrumentation, des commandes, des afficheurs et de tous les autres équipements, basés sur des critères techniques spécifiques et d'ingénierie des facteurs humains, et des objectifs fonctionnels et de conduite;
- la validation, qu'il convient de conduire après avoir terminé la vérification, est généralement définie comme le test et l'évaluation pour déterminer si la solution à un problème est en accord avec les exigences fonctionnelles, de performance et d'interface. Il s'agit plus précisément du processus permettant de définir si la conception physique et organisationnelle de la conduite est adaptée aux performances réelles intégrées des fonctions de l'équipe de conduite de la salle de commande.

**3.8 human error (of operator):** Omission of a task, or improper, incomplete or out of tolerance performance of a human task in which performance criteria are specified, not caused by lack of adequate information presentation and control capabilities.

**3.9 review process:** Process of verifying the way that the control-room facilities (information, controls, etc.) enable the operators to carry out their task of achieving their functional goals.

**3.10 operator workload:** Aggregate of occupational demands placed on the operator in a given time. The actions required may be physical, cognitive, sensory-perceptual, verbal, concrete or symbolic or some combination of these.

## 4 Verification and validation of a new control-room design

### 4.1 Overall design process

As explained in IEC 964, the design of the control-room of nuclear power plants comprises two main phases, the functional design and the detailed design:

- the functional design (clause 3 of IEC 964) defines the functions to be assigned to the man or to the machine. It is a multiple-step process. The four main steps are function analysis (to define all the functions required to operate the plant), function assignment to the man or the machine, verification and then validation of the function assignment.

In the development of a new control-room design, analysis should be performed in an effort to optimize the assignment of functions and the tasks that implement the functions.

- the detailed design (clause 4 of IEC 964) which defines the layout, the environment and the functional specifications of the control-room. It is a multiple-step process defining the functional specifications of the control-room, the functional specifications for procedures, staff training and the control-room design documentation. It is concluded by the verification and, finally, the validation of the integrated control-room system.

### 4.2 V&V activities

The result of each of the two phases of the overall design is checked by V&V activities. The purpose of these activities is to assess the adequacy of the interfaces between operator and plant processes as found in the control-room.

It is not the responsibility of the V&V team to redesign the control-room.

In this context V&V is understood as follows (IEC 964):

- verification is defined as the process of determining whether individual components meet the specified requirements. In this context, it implies a series of analytical checks of instrumentation, controls, displays and other equipment against specific technical and human factor engineering criteria and operating and functional goals;
- validation, which should be carried out after completing the verification, is generally defined as the test and evaluation to determine that a problem solution complies with functional, performance and interface requirements. More specifically, it is the process of determining whether the physical and organizational design for operations is adequate to support effective integrated performance of the functions of the control-room operating staff.

Les étapes de V&V de la conception fonctionnelle permettent d'évaluer les fonctions et les relations du personnel et des automatismes contrôlant le processus et de contrôler l'allocation des responsabilités des opérateurs dans la salle de commande. Les interfaces de la salle de commande, telles qu'elles sont définies lors de la conception de la salle de commande, sont évaluées par la V&V en termes de support des fonctions et des tâches des opérateurs.

Les étapes de V&V de la conception détaillée assurent que les exigences fonctionnelles, vérifiées et validées lors du processus de conception fonctionnelle de la salle de commande, ont bien été intégrées en tant qu'entrées dans la phase de conception et ont permis d'établir des spécifications de fabrication et de construction détaillées de la salle de commande souhaitée.

Un des objectifs de V&V est de vérifier les spécifications avant le début de fabrication. En effet, s'il est nécessaire d'exécuter la vérification sur site, il y a un risque de retard potentiel du projet.

Il convient de noter que cette activité de V&V peut être effectuée à différentes étapes de la conception de la salle de commande. En particulier pour une conception nouvelle, elle peut être vue comme un processus itératif appliqué très tôt, et répété régulièrement. Cela permet aux modifications de conception résultant de revues d'être intégrées plus tôt dans les systèmes. Cela conduit à une amélioration significative du processus général de conception.

La V&V de la conception de la salle de commande est une entreprise majeure: elle peut constituer un élément pour obtenir la licence de la centrale. Il convient de faire les efforts pour s'assurer, que la revue soit conforme aux objectifs de ces recommandations, que les résultats de la revue soient exploitables et que la documentation et les rapports de la revue apportent la preuve que l'ingénierie des facteurs humains a fait l'objet d'une étude appropriée et a été appliquée dans la revue de processus de conception de salle de commande.

Chaque étape du processus de V&V doit comprendre les activités ci-après: <sup>1)</sup>

- la préparation, qui comprend les actions essentielles suivantes:
  - . développement de critères d'évaluation (de manière à préparer l'évaluation et la résolution),
  - . définition de la méthodologie de V&V,
  - . identification des documents sources; il convient de confirmer que la documentation de conception de la centrale qui a un impact direct sur la conception de la salle de commande a suivi un processus de V&V,
  - . organisation de l'équipe d'évaluation pour la vérification,
  - . définition de l'espace de travail et des moyens nécessaires pour l'équipe d'évaluation,
  - . définition de la planification de la revue;
- l'évaluation;
- la résolution.

Un grand soin doit être apporté notamment dans la préparation afin d'assurer de bons résultats à la revue. Il convient que la préparation prenne en compte les besoins en données et informations relatifs aux facteurs humains en salle de commande, de telle façon qu'une base de données puisse être mise au point pour satisfaire aux besoins communs.

<sup>1)</sup> Le texte encadré indique les exigences de la présente norme.

The V&V steps of the functional design assess the functions and relationships of personnel and automated equipment in controlling plant processes and check the allocation of the task responsibilities of control-room operators. Control-room interfaces, as found in the control-room design, are assessed by V&V in terms of how well they support the operators' functions and tasks.

The V&V steps of the detailed design assure that the functional requirements, verified and validated in the functional control-room design process, have been used as inputs for a design effort, resulting in detailed specifications for the manufacturing and construction of the desired control-room.

One of the V&V objectives is to check these detailed specifications before the manufacturing process is started. In fact, if it is necessary to perform the check on the site installation, there is a potential risk of delay to the project.

It should be noted that this V&V activity may be carried out at different stages of control-room design. Particularly for a new design, it can be seen as an iterative process, starting at a very early stage and being repeated periodically. This allows for design changes that result from the reviews to be incorporated earlier in the systems. This results in a significant improvement of the overall design process.

The V&V of the control-room design is a major undertaking: it may constitute an element of the plant licensing. Every effort should be made to ensure that the review meets the objectives of these guidelines, that the review results are usable, and that review documentation and reporting provide the necessary assurance that human factor engineering has been appropriately considered and applied in the control-room design review process.

Each step of the V&V process shall include the following activities: <sup>1)</sup>

- preparation, which includes the following essential actions:
  - . development of evaluation criteria (in order to prepare the evaluation and resolution),
  - . definition of V&V methodology,
  - . identification of source documents. It should be confirmed that the plant design documentation which directly impacts upon the control-room design has followed a V&V process,
  - . organization of the evaluation team for the verification,
  - . definition of workspace and equipment for the evaluation team,
  - . schedule definition for the review;
- evaluation;
- resolution.

Great care shall be taken notably in the preparation in order to ensure good review results. Preparation should take into account the data and information needs of control-room human factors, so that a database can be developed to meet common needs.

---

<sup>1)</sup> The framed text shows the requirements of this standard.

La norme est organisée de façon à traiter chaque étape et activité de la V&V dans un paragraphe séparé. Pour chaque étape et phase, après indication des exigences fondamentales, les méthodes et les procédures détaillées seront suggérées comme moyens possibles d'exécution de cette partie de revue. Néanmoins, si les exigences de base sont satisfaites, d'autres approches pourraient également convenir. Quelle que soit l'approche adoptée, elle doit être clairement documentée.

Le processus et les critères généraux d'évaluation de la vérification et de la validation sont spécifiés pour l'interface homme-machine et l'environnement. Pour les autres composants du système de salle de commande, c'est-à-dire la structure du personnel en salle de commande, les procédures de conduite et le programme de formation, il convient de développer séparément le processus et les critères d'évaluation en utilisant les normes nationales appropriées et les recommandations internationales disponibles (voir article 2).

#### 4.3 Vérification de l'affectation des fonctions

L'exhaustivité de la répartition proposée des fonctions de salle de commande, entre l'homme et la machine, doit être vérifiée.

L'affectation est basée sur les performances de l'opérateur ou de la machine dans la mise en oeuvre de la fonction. La décision d'affectation est basée sur des actions dans lesquelles l'être humain excelle, comme la capacité de porter un jugement quand les événements ne peuvent pas être complètement définis, et sur des actions dans lesquelles la machine excelle, comme l'exécution simultanée de nombreuses tâches. Les critères de base pour l'affectation des fonctions à l'homme ou à la machine, comme la charge, la précision, les marges de temps, la complexité de la logique d'action, les types et les complexités de prise de décision sont présentés dans le tableau A.3 de la CEI 964.

Les fonctions peuvent être affectées:

- à l'homme ou à la machine;
- aux commandes manuelles télécommandées ou aux commandes manuelles locales;
- aux systèmes d'aide opérateur.

Une combinaison des points ci-dessus peut également être considérée pour réaliser une fonction donnée.

Il doit être démontré que l'affectation proposée des fonctions exploite de manière optimale les aptitudes de l'homme et de la machine sans imposer de contraintes indésirables à l'un ou à l'autre.

##### 4.3.1 Développement de critères d'évaluation

Avant de tenter de vérifier l'affectation proposée des fonctions, il doit être confirmé que les critères utilisés pour l'affectation sont suffisants et cohérents.

Le but de la vérification est de confirmer que:

- Toutes les fonctions nécessaires pour atteindre les objectifs opérationnels et de sûreté de la centrale sont identifiées.

NOTE – Il est nécessaire de procéder à une approche «du haut vers le bas» en commençant par une revue des objectifs fonctionnels de la centrale, des systèmes support, des sous-systèmes et de leurs fonctions de manière à vérifier que toutes les fonctions et tâches opérateur sont prises en compte. Une fois cette analyse «du haut vers le bas» terminée, il est possible de « remonter » la chaîne afin d'évaluer les effets des possibles erreurs de conception de performance sur la sûreté des systèmes.

The standard is organized in order to treat each V&V step and activity in a separate subclause. For each step and activity, after the indication of the basic requirements, methods and detailed procedures are suggested as possible means for accomplishing that portion of the review. However, if the basic requirements are satisfied, other approaches could also be satisfactory. Whatever the specific approach used, it shall be clearly documented.

The process and general evaluation criteria of verification and validation are specified for the man-machine interface and the environment. For other control-room system constituents, i.e. the control-room staff structure, the operating procedures and the training programme, the evaluation process and criteria should be developed separately using appropriate national standards and available internationally agreed guidelines (see clause 2).

#### 4.3 *Verification of the function assignment*

The completeness of the proposed control-room functions assigned to man and to machine shall be verified.

The basis for the assignment are the expected performances of the operator or the machine in the implementation of the function. The assignment decision is based on actions in which a human excels, such as the ability to exercise judgement where events cannot be completely defined and on actions in which a machine excels such as carrying out many tasks simultaneously. The basic criteria for function assignment to man or machine such as load, accuracy, time margins, complexity of action logic, types and complexities of decision-making are presented in IEC 964, table A.3.

Function assignment can be:

- to man or machine;
- to remote manual control or local manual control;
- to operator support systems.

A combination of the above can also be considered to perform a given function.

Evidence shall be presented that a proposed function assignment takes the maximum advantage of the capabilities of man and machine without imposing undesirable requirements on either of them.

##### 4.3.1 *Development of evaluation criteria*

Before attempting to verify the proposed function assignment, the detailed criteria used for the assignment shall be confirmed consistent.

The goal of the verification is to confirm that:

- All the functions necessary for the achievement of the plant operational and safety goals are identified.

NOTE – A top-down approach, starting with a review of plant functional goals, supporting systems, sub-systems, and their functions, is necessary to assure that all operator functions and tasks are considered. When the top-down analysis is completed, it is possible to trace back along the chain to assess the effects of any potential design-related performance errors on systems safety.

- L'affectation proposée des fonctions est en accord avec les critères définis pour cette répartition (par exemple: commande automatique si le temps requis d'intervention opérateur est inférieur à quelques minutes).
- Toutes les exigences relatives à la répartition des fonctions sont identifiées. Il convient d'inclure dans ces exigences:
  - . toutes les règles applicables obligatoires éventuelles;
  - . les aspects de performances (par exemple, précision du temps de réponse);
  - . les principes de sûreté;
  - . les exigences de disponibilité et de fiabilité;
  - . les principes de maintenance (aptitude à la maintenance);
  - . les pratiques des exploitants pour l'organisation du travail;
  - . le retour d'expérience provenant de conceptions précédentes;
  - . les principes d'interface opérateurs et les principes d'affichage;
  - . les exigences spécifiées dans la CEI 964;
  - . les exigences prescrites à partir d'autres normes, les réglementations (voir article 2).

Les exigences et leurs fondements doivent être documentées pour chaque fonction.

- Les postes opérateurs sont conçus de manière à permettre aux personnels de la salle de commande d'exécuter leurs tâches. La vérification consiste à comparer la conception en termes d'instruments, d'affichages, de commandes et autres équipements aux exigences définies à partir de l'analyse des fonctions. Le but est d'établir la présence sur le poste opérateur des éléments nécessaires (ou non appropriés).
- Les exigences liées aux objectifs fonctionnels de niveau supérieur deviennent celles du niveau fonctionnel inférieur sans affecter l'ensemble des modes de conduite.

#### 4.3.2 Identification des documents source

Tous les documents applicables doivent être fournis à l'équipe d'évaluation pour utilisation avant le début de la vérification de l'affectation des fonctions (CEI 964, figure 2).

Parmi ces documents applicables, on trouve les documents suivants:

- documents normatifs;
- information sur les principes d'affectation des fonctions à l'homme ou à la machine (rapports ou documents traitant des résultats de l'affectation homme-machine);
- retour d'expérience provenant de conceptions précédentes (le cas échéant);
- exigences contractuelles et des autorités;
- rapports sur les événements des titulaires de licence, provenant des conceptions précédentes (le cas échéant);
- rapports d'analyse sur les incidents et accidents, provenant des conceptions précédentes (le cas échéant);
- arborescences des défaillances, analyses du mode de défaillance et des effets (le cas échéant);
- rapport d'analyse de sûreté;
- descriptions des systèmes;
- spécifications des systèmes;
- documents d'analyse des tâches;
- documents sur l'affectation des fonctions.

NOTE – Pour les modifications de conceptions existantes, il convient d'utiliser un sous-ensemble approprié de la liste ci-dessus.

- The proposed function assignment is in accordance with criteria established for the assignment (e.g. automatic operation if the required operator intervention time is less than a few minutes).
- All the relevant requirements to assign the functions are identified. These requirements should include:
  - . any applicable mandatory regulatory assignments;
  - . performance aspects (e.g. response time accuracy);
  - . safety principles;
  - . availability and reliability requirements;
  - . maintenance principles (maintainability);
  - . utility practices for shift manning;
  - . feedback of experience from previous designs;
  - . operator interface and display principles;
  - . the requirements specified in IEC 964;
  - . the requirements derived from other standards, regulation guidelines (see clause 2).

The requirements and the bases of each shall be documented for each function.

- The workstation configurations are adequate to support execution of control-room personnel tasks. The verification consists in comparing the design in terms of instrumentation, displays, controls and other equipment to the requirements derived from the function analysis. The goal is to establish the presence on the workstation of the necessary (or irrelevant) items.
- Requirements from higher level functional goals merge at a lower functional level without conflict under all operational modes.

#### 4.3.2 Identification of source documents

All of the applicable documents shall be provided for consultation by the evaluation team prior to beginning the function assignment verification (IEC 964, figure 2).

These documents include the following:

- normative documents;
- information on man-machine assignment principles (reports or documents dealing with results of man-machine assignment);
- feedback of experience from predecessor designs (where applicable);
- contract and authority requirements;
- licensee event reports from predecessor designs (where applicable);
- incident and accident analysis reports from predecessor designs (where applicable);
- fault trees and failure mode and effects analyses (where applicable);
- safety analysis report;
- systems descriptions;
- system specifications;
- task analysis documents;
- function assignment documentation.

NOTE – For the modifications of existing designs, an appropriate subset of the above list should be used.

#### 4.3.3 Organisation de l'équipe d'évaluation pour la vérification

Il convient que la vérification soit conduite par des membres du personnel indépendants des concepteurs impliqués dans l'affectation initiale des fonctions. (Un exemple d'équipe indépendante pourrait être une équipe d'experts avec un chef d'équipe indépendant du service concepteur, par exemple un service chargé de la mise en service).

L'équipe doit réaliser la revue en se basant essentiellement sur la documentation source. Toutefois, cela ne doit pas interdire la communication avec les concepteurs de la salle de commande et des systèmes de la centrale. Il convient que ceux-ci soient disponibles pour des discussions et des explications.

Il n'est pas possible de définir précisément le nombre de personnes requises pour évaluer la conception de la salle de commande. La taille et la composition de l'équipe peuvent toutes deux varier en fonction du type de la centrale, du type de la salle de commande et de l'état de la salle de commande ou de la centrale. De manière générale, il convient qu'une équipe technique de base chargée de la vérification de l'affectation des fonctions couvre les domaines d'expertise suivants:

- ingénierie nucléaire et non nucléaire;
- conception en architecture et génie civil;
- analyse des systèmes;
- systèmes de contrôle-commande;
- systèmes d'information et informatique;
- ingénierie des facteurs humains;
- expérience en conduite (des opérateurs peuvent être choisis) et en formation des opérateurs.

#### 4.3.4 Définition de l'espace de travail et des moyens nécessaires pour l'équipe d'évaluation

Les exigences liées à l'espace de travail et les besoins en moyens de l'équipe d'évaluation doivent être considérés pendant la préparation. Les bureaux, les zones de stockage et les salles de réunion nécessaires doivent être mis à la disposition de l'équipe d'évaluation et de tous les consultants et spécialistes travaillant à temps partiel.

#### 4.3.5 Définition de la planification de la revue

Il convient de développer pendant la préparation une planification détaillée des activités de l'équipe d'évaluation. Il convient d'accorder un intérêt tout particulier à la dépendance des tâches par rapport aux résultats d'autres tâches et au temps évalué requis pour accomplir chaque tâche. Il convient de planifier les tâches, de manière à permettre à l'équipe chargée de la revue un effort de travail ininterrompu. Il convient que la planification s'étende de la préparation jusqu'à l'achèvement du rapport de revue de conception de salle de commande. Il convient de définir à ce stade les responsabilités et les fonctions de tous les membres de l'équipe et d'intégrer les activités de ces membres dans la revue de conception d'ensemble.

#### 4.3.6 Processus de revue

L'évaluation de la complétude de la répartition proposée entre l'homme et la machine des fonctions de salle de commande doit être systématique et le processus correspondant doit être documenté de manière traçable.

#### 4.3.3 *Organization of the evaluation team for the verification*

The verification should be conducted by personnel independent of designers involved in the initial function assignment. (An example of an independent team could be a team of experts with a team leader independent of the design department, e.g. the commissioning department).

The team shall perform the review essentially on the basis of the source documentation. However, this does not need to inhibit communication with the designers of the control-room and the plant systems. They should be available for discussions and explanations.

The number of people needed to conduct the control-room design evaluation cannot be defined precisely. Both team size and team make-up can be expected to vary according to plant type, the kind of control-room, and control-room or plant status. In general, a basic technical team for the verification of function assignment should include the following areas of expertise:

- nuclear and non-nuclear systems engineering;
- architectural design and civil engineering;
- systems analysis;
- instrumentation and control (I&C) systems;
- information and computer systems;
- human factor engineering;
- plant operation (maybe operators) and operator training.

#### 4.3.4 *Definition of workspace and equipment for the evaluation team*

Workspace requirements and equipment needs for the evaluation team shall be considered during the preparation. Suitable office, storage, and meeting space shall be provided for the evaluation team and for any part-time consultants and specialists.

#### 4.3.5 *Schedule definition for the review*

A detailed schedule should be developed, during the preparation, for the evaluation team activities. Particular attention should be given to task dependency on the output of other tasks, and to the estimated time required to accomplish each task. These tasks should be scheduled to permit an uninterrupted work effort by the review team. The schedule should extend from the preparation through to the completion of the design review report. The responsibilities and functions of individual team members should be assigned at this time, and team member activities should be integrated into the overall review process.

#### 4.3.6 *Review process*

The evaluation of the completeness of the proposed control-room function assignment to man and machine shall be systematic and its process shall be documented in a traceable manner.

#### 4.3.7 Rapports

Les résultats de la revue doivent être enregistrés. De préférence, il convient d'utiliser des formulaires standard; ceux-ci doivent toutefois procurer de la flexibilité et laisser place à la discussion.

Les déviations par rapport aux critères d'évaluation, provenant des exigences fonctionnelles et/ou d'autres documents en entrée, doivent être documentées et leur sévérité évaluée, en termes d'effet potentiel sur la performance du système homme-machine.

#### 4.3.8 Résolution

Toutes les déviations ou erreurs identifiées au cours de l'évaluation doivent être corrigées (par correction des erreurs ou nouvelle affectation des fonctions), jusqu'à ce que la répartition des fonctions respecte tous les critères d'évaluation.

En cas d'identification de carences, la résolution doit être développée et enregistrée très soigneusement. S'il s'agit de carences fondamentales, on doit veiller à ce qu'aucun effet secondaire néfaste ne puisse affecter les paramètres de conception considérés comme satisfaisants lors de l'évaluation initiale.

#### 4.4 Validation de l'affectation des fonctions

L'exactitude de l'affectation proposée des fonctions dans la salle de commande doit être validée de manière à démontrer que le système remplit tous les objectifs fonctionnels. En particulier, la performance des séquences de fonctions doit être évaluée dans toutes les conditions normales de conduite (y compris les états d'arrêt) et en fonction de plusieurs événements représentatifs dont des événements significatifs identifiés dans la conception de base ou en dehors de cette conception.

La validation doit également démontrer que, si cela est exigé, en cas de perte de fonctions automatiques spécifiques, des systèmes de secours manuels sont disponibles.

Les structures hiérarchiques orientées vers un objectif et développées lors de l'analyse des fonctions sont essentiellement des bases de données statiques. Le concepteur sait comment il est possible d'exécuter ou non chacune des fonctions en se référant aux mesures des performances définies à cet effet. Néanmoins, il n'est pas forcément évident de savoir comment une série de fonctions est exécutée dynamiquement en cas d'événement spécifique. Quand un événement arrive, la vitesse à laquelle son influence peut se propager dans la hiérarchie, et le niveau supérieur de fonction susceptible d'être affecté, dépendent du type d'événement et de son étendue. Les principaux objectifs de la validation consistent à analyser les caractéristiques temporelles des hiérarchies et à vérifier la bonne affectation des fonctions.

##### 4.4.1 Développement de critères d'évaluation

Les critères généraux de validation à satisfaire sont les suivants:

- le nombre d'objectifs fonctionnels et la charge de travail exigés de l'équipe de conduite ne doivent pas excéder leurs possibilités;
- l'affectation des fonctions à l'équipe de conduite et aux opérateurs en local est acceptable. En particulier, il convient de ne pas exiger d'eux qu'ils exécutent des tâches de coopération, mutuellement dépendantes pour la réalisation d'une fonction qui est soit critique temporellement ou importante pour la sûreté ou la disponibilité de la centrale.

#### 4.3.7 *Report documents*

The results of the review shall be recorded. Preferably standard forms should be used but they shall provide flexibility and space for discussion.

Deviations from the evaluation criteria, derived from functional requirements and/or other input documents, shall be documented and rated for severity in terms of their potential effect on performance of the man-machine system.

#### 4.3.8 *Resolution*

Any deviation or mistake identified in the evaluation shall be corrected (by correction of mistakes or reassignment of functions), until the function assignment meets all the evaluation criteria.

If deficiencies are identified, the resolution shall be carefully developed and recorded. If these are major deficiencies, care shall be taken to ensure that no unfavourable side-effects are imposed on the design concepts which have previously been found to be satisfactory.

#### 4.4 *Validation of the function assignment*

The correctness of the proposed control-room functions assignment shall be validated to demonstrate that the system can achieve all the functional goals. In particular, the performance of sequences of functions under all the normal operations (including shutdown states) and several representative events including relevant design basis events and non-design basis events shall be assessed.

The validation shall also demonstrate that, if required, in case of loss of specific automated functions, manual back-ups are available.

The goal-oriented hierarchical structures developed in the function analysis are basically static data bases. The designer knows how each of the functions can or cannot be accomplished by referring to performance measures defined for them. However, it is not necessarily evident how a series of functions are required to be accomplished dynamically following a specific event. When an event occurs, how fast its influence may propagate along the hierarchy and which higher-level functions may be influenced depends on the kind of event and its scale. The main purposes of the validation are to analyse these time-dependent characteristics of the hierarchies and to assure the adequacy of the function assignment.

##### 4.4.1 *Development of evaluation criteria*

The general validation criteria to be satisfied are:

- the number of functional goals and the workload rate required of the control-room staff shall not exceed their capability;
- the assignment of functions to the control-room staff and local operators is acceptable. In particular, it should not require them to perform cooperative, mutually dependent tasks for the achievement of a function which is either time-critical or important for safety or for plant availability.

La validation sera réalisée essentiellement sur la base de la documentation source et si possible pour des cas isolés avec l'aide d'essais expérimentaux réalisés avec des opérateurs (voir l'annexe A pour la description d'approches qu'il est possible d'utiliser pour évaluer et quantifier la performance des fonctions et la charge de l'opérateur).

Des critères de sélection doivent être développés pour assurer que les événements choisis pour l'évaluation sont représentatifs. En plus de toutes les conditions normales, incidentelles ou accidentelles, il convient de prendre en compte les événements générés par une combinaison représentative de défaillances multiples conduisant à une charge de travail maximale de l'opérateur, en vue de l'évaluation des fonctions affectées à l'homme.

Une fois tous ces événements sélectionnés, les fonctions requises pour chaque événement doivent être identifiées et synthétisées par ordre séquentiel.

#### 4.4.2 Identification des documents source

Les documents qui doivent être fournis à l'équipe d'évaluation avant de commencer la validation de l'affectation des fonctions sont ceux indiqués en 4.3.2.

La mise à jour de certains documents peut être effectuée à la suite des résolutions prises à la fin de l'étape précédente de vérification, et il convient de veiller à utiliser la dernière version.

Il convient d'ajouter les autres documents suivants:

- plan du niveau de la salle de commande;
- agencement préliminaire de la salle de commande (si disponible);
- stéréotypes de population.

#### 4.4.3 Organisation de l'équipe d'évaluation pour la validation

Les exigences indiquées en 4.3.3 s'appliquent.

#### 4.4.4 Définition de l'espace de travail et des moyens nécessaires à l'équipe d'évaluation

Les exigences indiquées en 4.3.4 s'appliquent.

En outre, les moyens requis pour cette étape peuvent comprendre des maquettes et/ou des simulateurs partiels.

#### 4.4.5 Définition de la planification de la revue

Les exigences indiquées en 4.3.5 s'appliquent.

#### 4.4.6 Processus de revue

L'évaluation de l'affectation des fonctions consiste à considérer une série appropriée d'événements dynamiques représentatifs. Elle doit être systématique et le processus correspondant documenté de manière traçable.

#### 4.4.7 Rapports

Les exigences indiquées en 4.3.7 s'appliquent.

The validation will be done essentially on the basis of the source documentation and, if possible for isolated questions, with the aid of experimental tests performed with operators (see annex A for the description of possible approaches to be used for evaluating and quantifying the performance of the functions and the operator's workload).

Selection criteria shall be developed to ensure that the events to be chosen for assessment are representative. In addition to all normal, incident and emergency conditions, events caused by a representative combination of multiple failures leading to maximum operator workload, should be considered for the assessment of functions assigned to man.

After the completion of the selection of these events, the functions required for each event shall be identified and synthesised in time-sequential order.

#### 4.4.2 Identification of source documents

The documents to be provided for consultation by the evaluation team prior to the beginning of the function assignment validation are those indicated in 4.3.2.

Some documents may have been updated as a consequence of the resolutions taken at the end of the previous verification step, and care should be taken to use the most up to date.

Other documents should include:

- control-room floor plan;
- control-room preliminary layout (when available);
- population stereotypes.

#### 4.4.3 Organization of the evaluation team for the validation

Requirements indicated in 4.3.3 apply.

#### 4.4.4 Definition of workspace and equipment for the evaluation team

Requirements indicated in 4.3.4 apply.

In addition, the required facilities for this step can include mock-ups and/or part-task simulators.

#### 4.4.5 Schedule definition for the review

Requirements indicated in 4.3.5 apply.

#### 4.4.6 Review process

The assessment of the function assignment consists of considering a suitable series of representative dynamic events. It shall be systematic and its process shall be documented in a traceable manner.

#### 4.4.7 Report documents

Requirements indicated in 4.3.7 apply.

#### 4.4.8 Résolution

Les exigences indiquées en 4.3.8 s'appliquent.

Des actions correctives peuvent être identifiées en terme d'un ou plusieurs des points suivants:

- sélection d'alternatives de conception;
- amélioration des exigences fonctionnelles;
- amélioration des critères de conception;
- revue de l'impact des changements sur l'affectation précédente des fonctions.

#### 4.5 Vérification du système intégré de salle de commande

La vérification de la salle de commande doit être réalisée en évaluant les spécifications de conception proposées par rapport aux exigences fonctionnelles applicables et aux exigences et critères de conception.

A ce stade de développement,

- d'une part, la salle de commande existe en tant que concept et est décrite par un ensemble d'exigences fonctionnelles (fournies par la première étape) qui incluent:
  - . l'ensemble de la configuration de l'interface homme-machine;
  - . le concept de présentation des procédures de conduite;
  - . le traitement d'alarme (par exemple, stratégie de suppression des alarmes);
  - . les prototypes d'images;
  - . le concept pour les commandes manuelles;
  - . l'environnement.
- d'autre part, la salle de commande est décrite en détail par les spécifications de conception:
  - . un ensemble de plans, comme les plans d'agencement de la salle de commande et des panneaux;
  - . les diagrammes fonctionnels qui définissent le fonctionnement des systèmes et le traitement des alarmes;
  - . les esquisses d'images;
  - . les esquisses de procédures de conduite;
  - . l'esquisse du programme de formation.

Dans le processus de vérification, les spécifications de conception mentionnées ci-dessus sont évaluées par rapport aux exigences.

##### 4.5.1 Développement de critères d'évaluation

Les critères qui sont développés doivent couvrir à la fois les aspects techniques et les aspects liés aux facteurs humains. En particulier, la vérification du système intégré de salle de commande doit vérifier les critères d'évaluation suivants:

- les spécifications fonctionnelles de l'interface homme-machine respectent les critères de conception, ainsi que les normes, règlements et directives s'y rapportant, et sont correctement incorporées dans la conception des commandes, des afficheurs et autres appareils et composants de salle de commande;
- la formation donne aux opérateurs les moyens d'acquérir la compréhension correcte des fonctions de l'interface homme-machine et des procédures de conduite;
- le programme de formation tient compte correctement des procédures de conduite.

#### 4.4.8 Resolution

Requirements indicated in 4.3.8 apply.

Corrective actions may be identified in terms of one or more of the following:

- selection of design alternatives;
- refinements of functional requirements;
- refinements of design criteria;
- review of impact of changes on previous function assignment.

#### 4.5 Verification of the integrated control-room system

The verification of the control-room shall be performed by evaluating the proposed design specifications against the applicable functional requirements, design requirements and criteria.

At this stage of development,

- on the one hand, the control-room exists as a concept and is described by a set of functional requirements (provided by the first step), that include:
  - . overall man-machine interface configuration;
  - . operating procedures presentation concept;
  - . alarm processing rules (e.g. alarm suppression policy);
  - . display format prototypes;
  - . concept for manual controls;
  - . environment.
- on the other hand, the control-room is described in detail by design specifications:
  - . a set of drawings, such as control-room layout and panel layout;
  - . the functional diagrams which define the systems operation and the alarm processing;
  - . the drafts of the display formats;
  - . the drafts of the operating procedures;
  - . the draft of the training programme.

In the verification process, the above-mentioned design specifications are evaluated against the requirements.

##### 4.5.1 Development of evaluation criteria

The criteria that are developed shall cover both technical aspects and human factors aspects. In particular, the verification of the integrated control-room system shall check the following evaluation criteria:

- the functional specifications of the man-machine interface meet design criteria as well as relevant regulations, standards and guidelines, and are correctly incorporated into controls, displays and other control-room devices and component design;
- the training enables operators to acquire the correct understanding of the functions of the man-machine interface and the operating procedures;
- the training programme incorporates correctly the operating procedures.

Les vérifications relatives au premier critère ci-dessus sont conduites surtout pour montrer que les inventaires de l'instrumentation et des équipements spécifiés sont cohérents par rapport aux exigences données dans les spécifications du système, la revue du système et l'analyse des tâches par:

- Un inventaire détaillé des instruments et des équipements de la salle de commande. Cet inventaire permet de détailler et de décrire les composants existants dans la salle de commande à des fins de comparaison avec les exigences liées aux instruments, aux commandes, aux équipements et aux matériaux. Cet inventaire est aussi utilisé pour établir la présence sur le poste opérateur des éléments nécessaires (ou non appropriés).

Des exemples de critères plus détaillés dans ce domaine sont:

- . des instruments et des affichages défaillants doivent être aisément reconnaissables comme étant en défaut;
- . différents instruments indiquant les mêmes paramètres doivent afficher des valeurs cohérentes;
- . les commandes doivent être situées de façon que les affichages associés puissent être utilisés pour fournir le retour d'information du procédé (voir la CEI 1227).
- Un inventaire des alarmes incluant un résumé du traitement d'alarme (par exemple création et suppression d'alarme).
- Un inventaire des images et des procédures pour vérifier qu'elles sont adaptées à la tâche de l'opérateur et représentées comme un ensemble cohérent.
- Un inventaire de l'agencement de la salle de commande et du poste opérateur, afin de vérifier le libre accès aux postes (ou aux panneaux de commande), aux commandes et aux afficheurs.
- L'étude de l'acceptabilité ergonomique des composants de la salle de commande et des conditions telles que l'éclairage, l'environnement sonore (voir A.4.1.3 de la CEI 964). Cette étude permet de déterminer si les composants et l'environnement sont conçus pour prendre en compte les caractéristiques humaines de base, telles que les aptitudes de perception et de motricité.
- La vérification de l'adéquation des commandes fournies pour régler la température de l'air, l'humidité, la ventilation et l'éclairage.

#### 4.5.2 Identification des documents source

Tous les documents applicables doivent être fournis à l'équipe d'évaluation avant de commencer la vérification du système intégré de salle de commande (CEI 964, figure 2).

Parmi ces documents applicables, on trouve les documents suivants:

- évaluation préliminaire de la salle de commande (si disponible);
- rapport de revue générique de conception de la salle de commande (si disponible);
- plans d'agencement des panneaux ou des postes opérateurs;
- esquisses ou photographies des panneaux ou des images de conduite;
- listes des acronymes et abréviations employés dans la salle de commande;
- description des conventions de codage employées dans la salle de commande et guides des styles d'interface homme-machine;
- spécifications des traitements informatiques (traitement d'alarme, procédures logiciel, affichages);
- procédures (accidentelles et normales de conduite);
- documents de formation des opérateurs.