

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
60643**

Première édition
First edition
1979

**Application des calculateurs numériques
à l'instrumentation et à la conduite
des réacteurs nucléaires**

**Application of digital computers
to nuclear reactor instrumentation and control**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60643: 1979

Numéros des publications

Les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000 dès le 1er janvier 1997.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant 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 ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Accès en ligne*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Accès en ligne)*

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*.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

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

Numbering

As from the 1st 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 revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
On-line access*
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line access)*

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*.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

* See web site address on title page.

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC**

60643

Première édition
First edition
1979

**Application des calculateurs numériques
à l'instrumentation et à la conduite
des réacteurs nucléaires**

**Application of digital computers
to nuclear reactor instrumentation and control**

© IEC 1979 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.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

Q

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1. Domaine d'application et objet	6
2. Définitions	6
SECTION UN – APPLICATIONS	
3. Classes d'application	10
4. Détermination de la classe d'application	10
5. Fonctions du calculateur	12
6. Disponibilité et fiabilité	12
SECTION DEUX – PRINCIPES D'APPLICATION	
7. Facteurs généraux	16
8. Relevés et enregistrements	20
9. Surveillance de la centrale	22
10. Systèmes d'affichage	24
11. Fonctions de calcul	28
12. Conduite de la centrale	30
13. Protection de l'équipement	32

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1. Scope and object	7
2. Definitions	7
SECTION ONE – APPLICATIONS	
3. Application classes	11
4. Determination of application class	11
5. Computer functions	13
6. Availability and reliability	13
SECTION TWO – APPLICATION PRINCIPLES	
7. General factors	17
8. Logging and recording applications	21
9. Plant monitoring	23
10. Display systems	25
11. Calculations	29
12. Plant control	31
13. Equipment protection	33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**APPLICATION DES CALCULATEURS NUMÉRIQUES À L'INSTRUMENTATION
ET À LA CONDUITE DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes 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.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

Le présent rapport a été établi par le Sous-Comité 45A: Instrumentation des réacteurs, du Comité d'Etudes N° 45 de la CEI. Instrumentation nucléaire.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à San Diego en 1975. A la suite de cette réunion, un projet, document 45A(Bureau Central)39, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juillet 1976.

Des modifications, document 45A(Bureau Central)48, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en juillet 1977.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')
Allemagne
Australie
Belgique
Egypte
Espagne
Etats-Unis d'Amérique
Finlande
France

Italie
Japon
Pays-Bas
Roumanie
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Turquie
Union des Républiques Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**APPLICATION OF DIGITAL COMPUTERS TO NUCLEAR REACTOR
INSTRUMENTATION AND CONTROL**

FOREWORD

- 1) 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 subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This report has been prepared by Sub-Committee 45A, Reactor Instrumentation, of IEC Technical Committee No. 45, Nuclear Instrumentation.

A first draft was discussed at the meeting held in San Diego in 1975. As a result of this meeting, a draft, Document 45A(Central Office)39, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in July 1976.

Amendments, Document 45A(Central Office)48, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in July 1977.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Romania
Belgium	South Africa (Republic of)
Egypt	Spain
Finland	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Italy	Union of Soviet Socialist Republics
Japan	United Kingdom
Netherlands	United States of America

APPLICATION DES CALCULATEURS NUMÉRIQUES À L'INSTRUMENTATION ET À LA CONDUITE DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES

INTRODUCTION

L'association de calculateurs de traitement aux réacteurs nucléaires est devenue de pratique générale. Si la fonction enregistrement demeure fondamentale pour de nombreux systèmes informatiques, ces derniers servent dans une large mesure à compléter l'instrumentation classique et à recueillir des informations qui, autrement, resteraient inaccessibles. L'attribution de tâches vitales pour le fonctionnement de la centrale à des systèmes informatiques impose, dès le stade de la détermination de la structure du système, un examen approfondi des facteurs affectant sa disponibilité et sa fiabilité.

1. Domaine d'application et objet

Ce rapport traite des principes à respecter dans l'utilisation des calculateurs numériques destinés à assurer les fonctions d'alarme, d'instrumentation, d'enregistrement, de conduite et de protection de l'équipement des réacteurs nucléaires. Ce rapport n'est pas un document sur la conception mais un guide sur l'application des systèmes informatiques numériques.

L'application des calculateurs numériques à la protection des réacteurs est actuellement en développement rapide et n'est pas comprise dans la présente édition de ce rapport. L'application du traitement numérique réparti peut nécessiter des recommandations supplémentaires à celles données dans ce rapport.

Il concerne toutes les applications en ligne des systèmes numériques de traitement aux réacteurs nucléaires et les applications hors ligne qui sont liées de manière immédiate au système en ligne et qui utilisent normalement le même matériel. De nature fonctionnelle, ces recommandations se fondent sur l'expérience reconnue dans le domaine des calculateurs de traitement. Elles n'entendent pas modifier les obligations que doivent respecter les fournisseurs de matériels, de services ou de programmes destinés à assurer des résultats satisfaisants pour toute application spécifique. Des recommandations d'ordre général sont données pour l'emploi de systèmes de ce genre, pour le matériel et les programmes ainsi que pour les caractéristiques fonctionnelles et l'entretien.

2. Définitions

Pour les définitions des termes généraux utilisés dans le présent rapport, le lecteur est invité à se reporter à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.). Les définitions ci-après sont applicables dans le cadre de la présente publication. On a donné le sens conforme à l'usage courant, bien qu'il n'existe pas, dans certains cas, de définition admise de façon générale et que certains pays emploient certains termes avec d'autres acceptions.

Système informatique numérique, système informatique

Système comprenant des calculateurs, des mémoires, des périphériques d'entrée et de sortie, des programmes informatiques, mais ne comprenant pas les transducteurs ou les organes actionneurs de l'installation.

APPLICATION OF DIGITAL COMPUTERS TO NUCLEAR REACTOR INSTRUMENTATION AND CONTROL

INTRODUCTION

The use of process computers with nuclear reactor units has become general. While logging remains the basic function of many computer systems, widespread use is made of computers as a means of enhancing conventional instrumentation and of obtaining information not otherwise available. The assignment of tasks vital to plant operation to computer systems requires careful consideration of the factors affecting availability and reliability, when determining the system configuration.

1. Scope and object

This report covers the principles which should be followed in the use of digital computers for alarm, instrumentation, record, control and equipment protection purposes on nuclear reactor units. This report is not a document on design but a guide to the application of digital computer systems.

The application of digital computers to reactor protection is under rapid development at the time of writing and is not included in this edition of the report. The application of distributed digital processing may require additional recommendations to those given in this report.

This report applies to all on-line applications of digital process computer systems to nuclear reactors and to off-line applications immediately associated with the on-line system, such as would normally use the same equipment. The recommendations are based on recognized practice in the process computer field and are functional in nature. These recommendations are not intended to affect the obligations that a supplier of equipment, services or programmes may have for satisfactory performance in any specific application. General recommendations are given for the application of such systems, for the equipment and programmes and for performance and maintenance.

2. Definitions

For the definitions of general terms used in this report, reference should be made to IEC Publication 50, International Electrotechnical Vocabulary (I. E. V.). The following definitions are applicable for the purpose of this publication. A meaning consistent with current use is given, although in some cases no generally agreed definition exists and divergent use is made of a term in different countries.

Digital computer system, computer system

An equipment system of computers, storage units, input/output units, computer programmes, but not including the measurement transducers or plant actuators.

Centrale nucléaire de puissance, centrale

Toute l'installation comprenant le réacteur nucléaire et ses systèmes de protection, de refroidissement, les alimentations électriques, nécessaires pour la production d'électricité ou d'énergie thermique.

Signal analogique

Signal à variation continue dont l'amplitude est directement liée à l'information véhiculée par le signal.

Signal binaire

Signal à deux états.

Relevé informatique, relevé

Enregistrement lisible des données caractérisant l'état de la centrale effectué par le système informatique, à la demande ou automatiquement, sur un support permanent et selon des spécifications préétablies.

Disponibilité

Proportion du temps pendant lequel le système informatique peut assurer toutes les fonctions prévues, ou une fonction déterminée.

Fiabilité

Probabilité qu'un élément assure une fonction donnée dans des conditions prévues et pendant une période de temps donnée.

Redondance

Présence de plus d'un moyen d'assurer une fonction donnée.

Signal numérisé

Signal codé en forme binaire dont le contenu informatif équivaut à un signal analogique à un instant donné.

Système informatique en ligne

Mode de fonctionnement du système informatique dans lequel les données d'entrée utilisées par le programme en cours sont automatiquement acquises à partir d'une certaine installation et représentent l'état de l'installation à un moment donné. Une fonction de sortie est généralement disponible quand le système est en ligne.

Système informatique hors ligne

Mode de fonctionnement du système informatique dans lequel les données d'entrée utilisées par le programme en cours sont indépendantes de l'état de l'installation à ce moment.

Nuclear power plant – plant

All that plant including the nuclear reactor and its protection systems, coolant systems and electrical supplies, which is necessary for the generation of electricity, or the provision of thermal power.

Analogue signal

A time-continuous signal whose amplitude is directly related to the information conveyed by the signal.

Binary signal

A two-state signal.

Computer log, log

A pre-specified legible record of plant conditions made by the computer system on demand or automatically, in permanent form.

Availability

The proportion of time for which the computer system is capable of performing all functions or a specified function.

Reliability

The probability that an item will perform a required function under stated conditions for a stated period of time.

Redundancy

The existence of more than one means of performing a given function.

Digitized signal

A coded signal held in binary form, whose information is equivalent to an analogue signal at a discrete time.

On-line

The mode of operation of the computer system in which the input data used by the programme being performed is acquired automatically from the process plant to represent its current state. An output function is usually available when the system is on-line.

Off-line

The mode of operation of the computer system in which the input data used by the programme being performed is independent of the current state of the process plant.

SECTION UN – APPLICATIONS

3. Classes d'application

Les fonctions assignées aux systèmes informatiques numériques sont groupées en quatre classes d'application en fonction des exigences opérationnelles de la centrale. En conséquence, ces quatre classes correspondent à des exigences différentes, discutées à l'article 6, pour la disponibilité, la redondance et la fiabilité du système informatique associé.

Classe 1

Systèmes assurant les fonctions essentielles pour la protection du réacteur (non incluse dans ce rapport).

Classe 2

Systèmes assurant les fonctions essentielles pour la conduite du réacteur et sa disponibilité. Le fonctionnement du réacteur n'est pas possible sans la disponibilité permanente des fonctions essentielles relatives aux données, aux alarmes, à la conduite ou à la protection de l'équipement, assurées par le système informatique.

Classe 3

Systèmes assurant les fonctions d'aides au personnel de conduite sous forme d'affichage de données, d'alarmes, de commandes ou d'équipements divers pour améliorer le fonctionnement de la centrale. Une défaillance dans le système peut entraîner une détérioration des performances globales de la centrale, ou provoquer en quelques jours une perte ou une réduction de la souplesse de fonctionnement des réacteurs.

Classe 4

Systèmes assurant les fonctions d'enregistrement des données de fonctionnement de la centrale et de renforcement de l'instrumentation et des alarmes classiques. Habituellement, les signaux en cause peuvent être contrôlés par d'autres moyens. Une défaillance de calculateur n'entraîne pas de dégradation significative des performances de la centrale.

4. Détermination de la classe d'application

Quand une fonction opérationnelle doit être assurée dans une centrale par un système informatique, on détermine la classe d'application du système, afin d'estimer la redondance et la fiabilité nécessaires. Cela peut être réalisé en examinant les conséquences, sur le fonctionnement de la centrale, des défaillances de courte et de longue durée dont est affectée cette fonction.

Quand une fonction opérationnelle de la centrale est considérée comme faisant partie des tâches possibles d'un système informatique, la classe d'application du calculateur qui en découle sera soigneusement étudiée. Pour cette étude, il convient de prendre en considération le matériel de remplacement ou de secours nécessaire ainsi que les facteurs économiques, techniques et de sécurité.

L'examen des renseignements qu'il est nécessaire de fournir aux divers personnels de conduite, d'entretien et de direction constitue aussi un facteur intervenant dans la détermination de la classe d'application.

SECTION ONE – APPLICATIONS

3. Application classes

The tasks assigned to the digital computer system are grouped into four application classes related to plant operational requirements. Consequently, these four classes have varying requirements for availability, redundancy and reliability of the associated computer system, which are discussed in Clause 6.

Class 1

Systems dedicated to performing essential functions for reactor protection (not included in this report).

Class 2

Systems performing essential functions for the reactor operation and availability. Significant reactor operation is not possible without continuous availability of the essential data, alarm, control or equipment protection functions of the computer system.

Class 3

Data, alarm, control or equipment aids to operating staff which enhance the plant operation. A failure of the system may result in a degradation of overall plant performance, or may lead to a loss or reduction of reactor operational flexibility within a period of days.

Class 4

Data logging functions used for plant operational recording and as an aid to conventional instrument and alarms. Normally, the signals involved can be checked by other means. Computer failure does not lead to a significant degradation of plant performance.

4. Determination of application class

Where a plant operational function is to be performed by a computer system, the application class shall be determined, in order to determine the redundancy and reliability of equipment needed. This can be done by considering the consequences of operation on short-term or long-term loss of that function.

Where a plant operational function is considered as a possible computer task, the computer application class that is thereby required shall be considered carefully. This consideration should take account of alternative or standby equipment needed, together with economic, technical and safety factors.

Consideration of the information which the different operational, maintenance and managerial staff require will also be a factor in determining the application class.

5. Fonctions du calculateur

Les fonctions que peuvent assurer des calculateurs en ligne associés aux centrales nucléaires comprennent :

- a) L'enregistrement des états opérationnels de la centrale.
- b) La détection des états d'alarme à partir de signaux analogiques et binaires.
- c) L'enregistrement des états d'alarme sous forme de relevé.
- d) L'affichage des états ou des valeurs des signaux pour permettre un fonctionnement correct ou y contribuer.
- e) L'affichage du déclenchement des alarmes ou des états d'alarme pour permettre un fonctionnement correct ou y contribuer.
- f) L'élaboration par le calcul des informations relatives au fonctionnement de l'installation en vue de l'instrumentation et d'évaluations physiques, de l'archivage ou à des fins d'homologation.
- g) L'élaboration des alarmes significatives par le traitement et l'analyse des signaux.
- h) Les méthodes spéciales d'affichage ou d'enregistrement pour l'indication de la succession des événements, des tendances et des états des réacteurs, ainsi que des conditions et dispositions complexes de la centrale.
- j) L'exécution d'opérations successives pour commander des ensembles d'instrumentation destinés par exemple à la détection des ruptures de gaine, ou à la scrutation du débit de fluence neutronique (carte du débit de fluence neutronique).
- k) L'exécution d'opérations successives de la centrale, associées aux phases de démarrage, d'arrêt ou autres.
- l) La conduite de la centrale par la mise en œuvre d'algorithmes de commande.
- m) Les fonctions de verrouillage qui assurent la surveillance des états de la centrale et empêchent directement une intervention intempestive de l'opérateur.
- n) La détermination en ligne des marges de déclenchement et de la situation de marche de la centrale pour évaluation par le personnel de conduite.
- o) La vérification automatique des fonctions des systèmes de conduite, de protection de l'équipement et de protection des réacteurs.
- p) Les fonctions qui assurent la surveillance des états de la centrale et qui provoquent des déclenchements ou d'autres mesures pour assurer la sûreté ou la disponibilité du matériel.

6. Disponibilité et fiabilité

6.1 Généralités

Si la conception d'un ensemble est telle qu'une dégradation des caractéristiques opérationnelles d'une fonction résulte de la défaillance d'un des éléments qui composent cet ensemble, la disponibilité de chaque fonction peut être calculée à partir du temps total pendant lequel chaque fonction a été assurée ou était prête à l'être.

La disponibilité d'une fonction dépend de la fiabilité des dispositifs destinés à l'assurer. Des dispositifs redondants peuvent être employés pour accroître cette fiabilité. Il faut prendre soin que l'introduction des appareils complémentaires prévus, en vue de la redondance, pour la surveillance, la commutation ou à d'autres fins n'entraîne pas, en fait, une réduction de la disponibilité intrinsèque de la fonction en cause.

La fiabilité des sources d'alimentation du système informatique sera appropriée aux classes d'application des fonctions à assurer.

5. Computer functions

The tasks which can be performed by on-line computers in association with nuclear plant include:

- a) Logging of plant operational states.
- b) Detection of alarm states from analogue signals and binary signals.
- c) Recording of alarm states as logs.
- d) Display of plant signal states and values, to allow or aid correct operation.
- e) Display of alarms detected and of alarms existing to allow or aid correct operation.
- f) Derivation of plant operational information by calculations, of data relating to the operation of the installation used for instrumentation and for physics assessments, for records, or for licensing purposes.
- g) Derivation of significant alarms by signal processing and analysis.
- h) Special display or recording methods for indication of histories, trends, reactor conditions, complex plant conditions or configurations.
- j) Sequential operation to control instrumentation systems such as, for example, burst can detection, or neutron fluence rate scanning.
- k) Sequential operation of plant in association with start-up, shutdown or otherwise.
- l) Control of plant operation by implementation of control algorithms.
- m) Interlock functions where plant conditions are monitored and adverse operator action prevented directly.
- n) On-line determination of margins to trip and status of plant for evaluation by the operators.
- o) Automatic testing of control or equipment protection system or reactor protection system functions.
- p) Functions where plant conditions are monitored and plant trips or other action taken for equipment safety or availability.

6. Availability and reliability

6.1 General

Where the system design is such that degraded performance results from failure of a system element, availability of each function can be calculated from the total time during which each function was performed or was available for performance.

Availability of a function is dependent on the reliability of the devices used to perform the function. Redundant devices can be used to increase reliability. Care should be taken that additional monitoring, switching or other equipment needed to use redundant devices does not in fact reduce the overall availability of the function.

The reliability of the power supply sources for the computer system shall be appropriate to the application classes of the functions performed.

6.2 Prescriptions relatives à la fiabilité

a) Classe 1

Non applicable dans ce rapport à ce stade.

b) Classe 2

Pour la classe d'application 2, aucune panne isolée ne doit entraîner la défaillance complète des fonctions assurées par le calculateur. L'agencement nécessaire pour que l'ensemble satisfasse à cette prescription conduit à employer des éléments redondants.

A titre d'exemple, on peut considérer généralement qu'un système informatique assurant la surveillance détaillée de l'instrumentation et l'enregistrement des mesures, ainsi que la commande numérique directe de la centrale sans l'aide d'un appareillage de commande automatique de secours, doit avoir une fiabilité de classe 2. Un tel système pourrait assurer un verrouillage destiné à la protection limitée de la centrale, et pourrait faire appel à une duplication du calculateur et des mémoires.

c) Classe 3

Pour la classe d'application 3, on accepte qu'une panne isolée entraîne une défaillance partielle des services assurés par le calculateur ou même une défaillance totale dans le cas de certaines pannes bien définies.

Pour ces pannes spécifiques, il doit être possible de rétablir l'aptitude à la fonction avant qu'il soit nécessaire d'apporter des restrictions au fonctionnement du réacteur. Pour l'évaluation du degré de fiabilité nécessaire, on peut examiner l'effet produit par les défaillances typiques suivantes sur les fonctions correspondantes:

Défauts:

- 1) d'un convertisseur analogique-numérique;
- 2) d'un scrutateur d'entrée de signaux analogiques ou binaires;
- 3) d'un bloc mémoire global de données;
- 4) d'un processeur ou d'une mémoire principale;
- 5) d'un affichage de sortie;
- 6) d'une imprimante ou d'un enregistreur en sortie;
- 7) d'un élément interne d'alimentation;
- 8) d'une alimentation principale du calculateur.

A titre d'exemple, on peut considérer généralement qu'un système informatique servant de source normale de signaux d'alarme et de données, tout en assurant en détail les relevés, la surveillance et l'affichage nécessaires avec une commande séquentielle limitée et avec un minimum d'instrumentation de secours, doit avoir une fiabilité de classe 3.

d) Classe 4

Pour la classe d'application 4, on accepte qu'une panne isolée entraîne la défaillance totale de toutes les fonctions du système informatique. Cependant, dès la conception du système, il convient d'étudier tout particulièrement le choix d'un équipement fiable afin d'avoir une valeur satisfaisante pour la moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF), ainsi que les moyens suffisants de détecter rapidement les pannes.

A titre d'exemple, on peut considérer généralement qu'un système informatique assurant une aide opérationnelle sous forme de relevés, de surveillance des signaux analogiques et d'affichage ou d'indications des états de la centrale, doit avoir une fiabilité de classe 4.

6.2 Reliability requirements

a) Class 1

Not applicable in this report at this stage.

b) Class 2

For application Class 2, no single fault should lead to complete loss of the computer functions. The system configuration necessary to fulfil this requirement entails the use of redundant components.

For example, a typical computer system providing extensive instrumentation monitoring and recording, and direct digital control of plant without back-up automatic control facilities, can be expected to require reliability for Class 2. Such a system might provide interlock facilities for limited plant protection, and would involve duplication of computer and store modules.

c) Class 3

For application Class 3, it is acceptable for a single fault to cause a partial loss of computer system facilities or to cause total loss in the case of certain defined faults.

For these specific faults, restoration of capability should be possible before any limitation in reactor operation is necessary. To evaluate the reliability required, the effect of the following typical faults on the relevant functions may be considered:

Failure of:

- 1) one analogue to digital converter;
- 2) one analogue or binary input scanner;
- 3) one bulk data store;
- 4) one processor or main memory;
- 5) one output display;
- 6) one output printing or recording device;
- 7) one internal power supply unit;
- 8) one main power feed to the computer system.

A typical computer system, providing the normal source of alarms and of data, and providing extensive logs, monitoring and display, with limited sequential control, and with minimum back-up instrumentation can be expected to require reliability for Class 3.

d) Class 4

For application Class 4, it is acceptable that a single fault may cause a total loss of all computer system functions. However, when designing the computer system due consideration should be given to the choice of reliable equipment to assure an adequate mean time between failures (MTBF), and to the provision of means for rapid fault detection.

A typical computer system providing logs, monitoring of analogue signals, and display or indication of plant states as an operational aid can be expected to require reliability for Class 4.

SECTION DEUX – PRINCIPES D'APPLICATION

7. Facteurs généraux

7.1 Fonctions du système

Un système informatique peut assurer les fonctions de commande et de contrôle dont dispose le personnel de conduite de la centrale.

Dans la conception opérationnelle de la centrale et dans l'aménagement de la salle de commande, il convient d'intégrer entièrement ces fonctions ainsi que les fonctions d'affichage, d'impression et de commande relatives au système informatique.

7.2 Matériel du système informatique

Il est souhaitable que l'étude des éléments matériels du système informatique tienne compte des divers types des signaux d'instrumentation et d'alarme utilisés dans la centrale. Le matériel doit être conçu en fonction des perturbations électriques susceptibles de se produire et des cadences de scrutation des signaux d'entrée compatibles avec le comportement attendu de la centrale. Les temps d'accès au système informatique *et aux ensembles de mémoire* doivent être appropriés aux fonctions à assurer.

Dans la planification du système informatique, il convient d'étudier: le lieu d'installation, l'environnement opérationnel, l'alimentation électrique, les moyens en personnel affecté à la conduite et à l'entretien, la disponibilité des éléments de rechange et enfin les moyens de dépannage.

Lorsque des imprimantes sont utilisées en sortie, il est souhaitable de les pourvoir d'une isolation phonique appropriée, ou de les loger dans une enceinte ou un local séparés.

7.3 Affichage des états du système

Il est souhaitable que le personnel de la centrale puisse être averti directement des états fonctionnels du système informatique. Prévoir des alarmes en cas de défaillance majeure du calculateur. C'est le calculateur lui-même, en principe, qui donne l'alarme en cas de panne dans ses éléments constitutifs. Il est souhaitable de disposer, en sortie du calculateur, d'un enregistrement des dates et des heures.

7.4 Commande des fonctions du calculateur par le personnel de conduite

Il est souhaitable que le personnel de conduite de la centrale dispose de commandes simples et directes agissant sur le fonctionnement en ligne du calculateur. On peut utiliser des commandes à boutons-poussoirs ou à clavier avec sélection numérique codée.

Il est souhaitable que le calculateur émette un signal d'accusé de réception d'ordre en moins de 1 s quand le personnel de conduite commande la mise en œuvre d'une fonction. Un signal doit apparaître quand l'ordre est exécuté.

Quand des fonctions de surveillance, de commande ou de protection de l'équipement sont mises en œuvre, les modifications des réglages des seuils et la manœuvre des commandes de fonctionnement ou intéressant le système de protection de l'équipement doivent passer par des verrouillages ou être soumises à l'intervention d'un contrôle administratif approprié.

SECTION TWO – APPLICATION PRINCIPLES

7. General factors

7.1 *System functions*

A computer system may provide control and information functions for the plant operators.

These functions and the display units, printers and controls over the computer system operations should be fully integrated into the control room design and plant operational concepts.

7.2 *Computer system equipment*

The design of the computer system equipment should take account of the different types of station instrumentation and alarm signals. It should allow for any electrical interference likely to exist. It should allow for input signal scanning rates compatible with the behaviour of the plant. The computers and storage systems should have access times appropriate to the functions to be performed.

The planning of the computer system should consider its location, operating environment and electrical supplies. The staffing for operation and for maintenance, the availability of spare modules, and the repair of faults should be considered.

Where printout equipment is used, it should be suitably sound-proofed or placed in a separate room or enclosure.

7.3 *System state indication*

The plant operators should have direct indication of the operational condition of the computer system. Alarms should be provided on major failure of the computer and the computer itself should provide alarm information on failure within the computer system units. The computer record of time and date should be available for output.

7.4 *Operator control of computer functions*

The plant operators should have simple direct controls over the computer on-line operation. Push button controls, keyboards and numerical code selection may be used.

An acknowledgement signal should be provided by the computer within 1 s when the operators request a function. A signal should be provided when a function is complete.

Where monitoring, control or equipment protection functions are involved, alterations of settings and controls for operation or for equipment protection system use shall have locks or appropriate administrative control over their use.

7.5 Commande des affichages

Les boutons-poussoirs ou les commutateurs à action directe prévus pour commander les dispositifs d'affichage des données et des alarmes doivent être placés à proximité de ces derniers. Les contacts à effleurement, les crayons lumineux et d'autres moyens à interaction directe peuvent convenir. Il est souhaitable que l'opérateur dispose d'un recueil des signaux d'affichage.

Il convient que les temps de réponse aux demandes d'affichage soient adaptés aux besoins de l'exploitation. Il est souhaitable que les signaux affichés se composent de signes qui alternent ou se modifient pour rendre compte d'états tels que les suivants:

- a) calculateur prêt;
- b) cycle de renouvellement des données en cours;
- c) actions séquentielles du calculateur en cours;
- d) ordre opérateur accusé.

7.6 Mise en œuvre du système

Les aspects détaillés de mise en œuvre du système doivent être appropriés à la classe d'application. On doit prévoir les moyens nécessaires au chargement et au lancement du programme du système informatique ainsi qu'à la mise en route, l'interruption et la remise en route de son exécution. Des programmes sont nécessaires pour permettre le maintien des fonctions du système lors d'un changement de système. La détection des pannes en ligne associée à des programmes d'autosurveillance est nécessaire pour détecter toute perte d'efficacité des éléments matériels du système, afin de fournir les indications appropriées, d'assurer leur enregistrement et de mettre en service automatiquement, lors d'une telle défaillance, l'équipement de secours dont on dispose.

Il peut être nécessaire de modifier les programmes et les données du système qui spécifient les informations à enregistrer ou à afficher, et les seuils d'alarme, les données de référence du système, les réglages de commande et de protection de l'équipement. Il convient d'étudier les méthodes appropriées pour introduire ces modifications avec un degré de sécurité choisi en fonction de leur conséquence sur le fonctionnement du réacteur, sur sa conduite et sur la protection de l'équipement. Il convient aussi d'étudier les moyens utilisés pour le contrôle administratif, la vérification de l'efficacité des mesures correctives et l'enregistrement des changements de programmes et de données.

7.7 Programmation du système

Le déroulement d'un programme de manière imprévue ou erronée est dû aux erreurs de spécification ou de logique, aux défauts de mise en œuvre, ou à des fautes de codage.

On doit faire particulièrement attention à la clarté et à la simplicité de la structure des programmes et à l'établissement de documents relatifs aux sous-programmes.

La division des programmes en sous-programmes indépendants avec des interfaces définies est souhaitable, de même que l'étude de l'interaction mutuelle des sous-programmes et celle des réactions du système en présence soit de l'intervention d'un sous-programme erroné ou indésirable, soit d'un mauvais fonctionnement du matériel. Prévoir des dispositifs appropriés d'autosurveillance.

Afin de s'assurer que le système convient aux fonctions voulues, il est souhaitable d'analyser ses caractéristiques fonctionnelles. Le temps de déroulement du programme, les durées d'exécution et les temps de réponse doivent être examinés en fonction des caractéristiques globales assignées au système, et pour divers cas de fonctionnement. Cette analyse peut se faire sur les caractéristiques de chaque sous-programme, successivement, pour chacune des valeurs extrêmes de ses signaux d'entrée, puis sur les caractéristiques des sous-programmes fonctionnant ensemble. L'analyse doit précéder, si possible, la mise en œuvre détaillée.

7.5 *Display control*

Direct push button or switch actions close to display units should be used to control alarm and data displays. Touchwire, light pen and other interactive methods may be appropriate. An index of displays should be available to the operator.

The response time for a request for a display should be adequate for the application. Displays should include alternating or changing marks to indicate conditions such as:

- a) computer operational;
- b) data refresh cycle;
- c) computer cyclic actions;
- d) operator request acknowledged.

7.6 *System operation*

The detailed aspects of system operation should be appropriate to the application class. Facilities are required to load, initiate, start, stop and restart the programme of the computer system. Programmes are required to allow continuation of system functions at a changeover. On-line fault detection and self-monitoring programmes are required to detect loss of performance of the system equipment, and to provide appropriate indications and records of such failures, and automatic changeover to any standby equipment.

Modification may be needed to programmes, and to the system data which specifies the content of logs and displays, the alarm levels, system reference data, control and equipment protection settings. Suitable methods for including such modifications should be considered, with adequate security related to the consequence of the modification for reactor operation and control, and equipment protection. The means of administrative control, checking for corrections and recording of changes to programmes and data should be considered.

7.7 *System programmes*

In a computer programme, the undesired or incorrect modes of operation of the programme are due to errors of specification, errors of logic and failures of implementation and coding.

Particular attention should be paid to clarity and simplicity of structure of programmes and to the documentation of the programme modules.

The separation of programmes as independent modules with defined interfaces is desirable. The interaction of programme modules with each other should be considered, and the system action considered in the presence of an incorrect or undesired programme module and in the presence of malfunctions of the hardware. Appropriate self-monitoring programme features are desirable.

To ensure the system is adequate for the functions required, the performance should be analysed. The programme timing, the times of execution and responses should be evaluated in relation to the desired overall system performance for different operating circumstances. This analysis may involve consideration of each programme module performance at each extreme of its input data, in turn, and of the performance of programme modules operating together. The analysis should precede detailed implementation if possible.

Les sous-programmes et le logiciel doivent avoir été essayés en totalité et les documents nécessaires établis avant la mise en route en ligne. Les essais de vérification des sous-programmes, individuellement et par groupes fonctionnels, sont nécessaires. La confirmation des analyses fonctionnelles par des essais pratiques est souhaitable. On prendra soin de conserver les enregistrements des résultats des essais des sous-programmes et des programmes complets.

8. Relevés et enregistrements

8.1 Généralités

Le système informatique peut être employé pour enregistrer les données caractérisant l'état de la centrale. Les relevés peuvent être fournis sous forme de sorties d'imprimantes, de cartes perforées, de bandes magnétiques ou sur d'autres supports.

Des relevés imprimés sont nécessaires pour contribuer:

- a) à l'analyse immédiate du fonctionnement de la centrale;
- b) à l'analyse à long terme du fonctionnement de la centrale.

Tous les relevés doivent comporter, sur des repères d'identification de la centrale et du réacteur intéressé, la date et l'heure inscrites en position normalisée, fournies directement par le calculateur.

Il est souhaitable de pouvoir commander manuellement l'exécution de chaque enregistrement. Les relevés imprimés, obtenus à partir d'un enregistrement, doivent être présentés de façon facilement compréhensible.

En présence de transitoires très rapides (cas des défauts électriques par exemple), un équipement spécial peut être nécessaire pour mettre en mémoire l'évolution du phénomène.

8.2 Relevés fournis

Des relevés peuvent être fournis pour les opérations de gestion et de service. Ces derniers peuvent comporter des renseignements utiles pour établir le relevé journalier des opérations, les relevés d'équipe, le relevé des alarmes et les enregistrements d'intérêt historique.

Quand un système informatique le permet, les enregistrements peuvent aussi établir les bilans thermiques à long terme et à court terme; rassembler les renseignements sur les incidents de marche, les opérations d'entretien et l'évolution des tendances et calculer automatiquement les moyennes des paramètres caractéristiques importants. Un relevé de toutes les données est souhaitable pour l'analyse hors ligne et l'évolution du fonctionnement.

Quand un système informatique sert à la conduite de la centrale, il est souhaitable de disposer du relevé d'actions de commande déterminées et des modifications d'état correspondant à ces actions, l'enregistrement étant automatique. Quand un calculateur sert à la protection de l'équipement, les conditions qui provoquent une action de protection doivent être enregistrées automatiquement.

8.3 Recensement des incidents de marche

Des relevés peuvent être fournis pour indiquer les résultats des mesures effectuées dans la centrale avant, pendant et après des incidents déterminés.

Il est souhaitable que les conditions de déclenchement de ces enregistrements soient soigneusement et exactement déterminées. Il convient d'éviter les quantités excessives d'informations. La chronologie doit être indiquée clairement.

The programme modules and the computer programme system should be fully tested and documented before on-line operation. Verification tests of programme modules, individually and as operating groups, are necessary. Confirmation of the performance analysis by practical tests is desirable. Records should be kept of the test results of the programme modules and overall programme tests.

8. Logging and recording applications

8.1 General

The computer system may be used to provide records of plant conditions. Records may be provided as output from printers, on punched cards, on magnetic tape or by other means.

Printed logs are required for assistance in:

- a) immediate analysis of plant performance;
- b) long-term analysis of plant performance.

All logs should include plant identification, reactor unit identity, date and time in a standardized position, provided by the direct action of the computer.

A method of manual initiation of each record should be provided. When a printed log is made from a record, the form of output should be readily understandable.

Where very fast transients are involved (for example electrical faults) special equipment may be needed to memorize the sequence of the transient.

8.2 Logs provided

Logs may be provided for management and operational purposes. These may show information for daily operation reviews, shift changeover, alarm and history record purposes.

On appropriate computer systems, logs may cover long-term and short-term thermal balances, incident histories, maintenance and trends, and automatic accumulation of averages of major parameters. A log of all inputs is desirable for off-line analysis and performance evaluation.

Where a computer system is used for plant control, an automatically-initiated log of selected control actions and changes of control state is desirable. Where a computer is used for equipment protection, an automatic log should be made of the conditions which caused protective action to be taken.

8.3 Incident history reviews

Logs may be provided to show the values of plant measurements before, during and after selected plant incidents.

The initiation conditions for these logs should be carefully and exactly determined. Excessive amounts of output information should be avoided. The chronology should be clearly shown.

Il convient d'enregistrer sous forme analogique l'évolution de chaque variable caractéristique, avant et après un incident, sur des durées significatives en rapport avec la période d'échantillonnage et en rapport avec la durée de l'incident.

8.4 *Relevé des alarmes*

Il convient de fournir des relevés pour indiquer toutes les alarmes déclenchées par le système informatique dans l'ordre chronologique de la détection des incidents. Il est souhaitable que ces enregistrements indiquent l'heure de détection et la nature des alarmes. Il peut être avantageux que les alarmes déclenchées à partir de signaux analogiques soient enregistrées avec la valeur représentée par le signal analogique correspondant, ou avec la valeur du seuil d'alerte. Les relevés peuvent être imprimés à intervalles réguliers ou sur demande.

Les relevés des alarmes doivent être imprimés clairement afin de permettre leur analyse immédiate.

Il est souhaitable de disposer d'enregistrements distincts pour indiquer chacun des états d'alarme, ainsi que les signaux d'alarme ou d'entrée qui pourraient être inhibés ou supprimés.

8.5 *Relevés d'états de la centrale*

On peut demander au calculateur de fournir les relevés pour indiquer les états de la centrale ou les changements d'état, sans indiquer les alarmes.

9. **Surveillance de la centrale**

9.1 *Surveillance des états d'alarme représentés par des signaux analogiques*

Il convient de prendre des dispositions pour permettre le contrôle des signaux analogiques et numérisés, à intervalles réguliers, choisis par référence aux transitoires significatifs de la centrale. La possibilité d'attribuer des seuils d'alerte à tout signal analogique est souhaitable. Quand un seuil est fonction d'autres signaux, un contrôle spécial peut être nécessaire. Quand on prescrit des seuils pour une vitesse de variation, on prendra soin d'éviter le déclenchement d'une fausse alerte.

Quand on utilise une hystérésis ou une confirmation logique, on prendra soin d'éviter la suppression erronée des signaux d'alarme.

Il est souhaitable que les contrôles des états d'alarme représentés par des signaux analogiques d'alarme soient simples et directs, afin que le personnel de conduite de la centrale comprenne immédiatement la nature de l'incident détecté. L'alarme doit être traitée comme toute alarme déclenchée par le système informatique et représentée par un signal binaire. Il est souhaitable de prévoir des moyens de détection des signaux d'entrée erronés.

On peut ménager des zones mortes autour des seuils d'alerte afin de réduire le nombre des changements d'états d'alarme. Il peut être avantageux de prévoir un dispositif permettant de supprimer les signaux particuliers reconnus erronés par les dispositifs de surveillance des états d'alarme.

9.2 *Surveillance des états d'alarme représentés par des signaux binaires*

Il convient de prendre les dispositions appropriées pour contrôler les états représentés par des signaux binaires d'entrée afin de détecter les états d'alarme. Il est souhaitable d'établir une convention à utiliser dans une centrale donnée, pour définir l'état binaire représentatif d'une alarme.

Certains signaux d'entrée binaires peuvent ne pas avoir de signification d'alarme, mais indiquer des états de l'installation ou de ses commandes. Il convient de distinguer clairement ces signaux des signaux d'alarme.

Analogue trends, before and after an incident, should be recorded for significant periods related to the scan interval of each variable, and the incident.

8.4 *Alarm logs*

Logs should be provided to show all the alarms detected by the computer system in the chronological order of detection. These should show the times of detection and the alarm identities. It can be an advantage if alarms detected from analogue signals are recorded with the value of the associated analogue signal, or of the signal limit value. The log may be printed at routine intervals, or on demand.

Alarm logs should be provided as a clear printout suitable for immediate analysis.

Separate logs should be provided to show all alarms that exist, and any alarms or input signals which are inhibited or suppressed.

8.5 *Plant state logs*

Logs may be required from the computer to show the condition of plant states not indicating alarms, or the changes of these states.

9. **Plant monitoring**

9.1 *Analogue alarm state monitoring*

Provisions should be made to allow analogue and digitized signals to be checked at routine intervals chosen with reference to significant plant transients. Provisions to allow alarm limits to be allocated to any analogue signal are desirable. Special checks may be required, where an alarm limit is derived from other signals. Where alarm limits on rates of change are required, care is necessary to avoid false alarm initiation.

Where hysteresis or confirmation logic is included, care should be taken to avoid suppressing alarms incorrectly.

Alarm checks on analogue signals should be simple and direct, so that plant operational staff understand directly the nature of the malfunction detected. The alarm should be handled in the same manner as any binary signal alarms detected by the computer system. Facilities to detect faulty input signals are desirable.

A dead band can be used on alarm signal levels to reduce the number of alarm state changes. A means of removing individual signals which are known to be faulty from alarm monitoring may be an advantage.

9.2 *Binary alarm state monitoring*

Provisions should be made to monitor the state of binary inputs to detect alarm states. It is desirable that a standard convention on the binary state representing an alarm is established for the plant.

Certain binary inputs may have no alarm significance, but indicate plant states or control states. These inputs should be clearly distinguished from alarms.

9.3 *Etats d'alarme*

La surveillance des états d'alarme d'une centrale peut se faire soit directement à partir de signaux analogiques ou binaires, soit indirectement par traitement logique de ces signaux. Il est souhaitable de mettre en mémoire, aux fins d'établissement du relevé des alarmes, d'affichages ou d'analyses, les états d'alarme du moment.

9.4 *Analyse des états d'alarme*

Quand le système informatique est prévu pour déclencher de nombreuses alarmes, il peut être souhaitable de déterminer celles qui sont les plus significatives lors d'une défaillance de la centrale pour les signaler particulièrement à l'attention du personnel de conduite. La méthode d'analyse employée pour déclencher les alarmes les plus significatives doit être simple et rapide. Il n'est pas souhaitable que le déclenchement d'une alarme entraîne des recherches programmées approfondies d'autres états d'alarme ou nécessite des transferts massifs de données dans les mémoires.

Les procédures utilisées pour l'analyse des états d'alarme comprennent:

- a) Un classement préétabli des alarmes urgentes et non urgentes.
- b) Des contrôles dynamiques lorsqu'une alarme est déclenchée, afin de déterminer son importance relative par rapport à d'autres alarmes déclenchées, d'après des critères prédéterminés.
- c) Des opérations logiques pour grouper ou séparer les états d'alarme, d'après des traitements logiques prédéterminés des alarmes.
- d) Des opérations logiques pour déclencher et afficher une alarme conditionnée par l'état d'autres signaux d'entrée et d'alarme.

Pour parer aux circonstances imprévues pouvant survenir dans la centrale, il est souhaitable que le personnel de conduite ait la possibilité d'afficher l'ensemble des états élémentaires de la centrale détecté par le calculateur sans tenir compte du processus d'analyse adopté. Cela s'applique tout particulièrement au cas où une inhibition automatique des alarmes est utilisée.

10. **Systèmes d'affichage**

10.1 *Généralités*

L'affichage sur tube cathodique peut offrir un moyen rapide et souple de sortie des informations sous forme alphanumérique et graphique. Des affichages peuvent être prévus à l'usage des opérateurs de la salle de commande et à l'usage d'opérateurs spécialisés.

Il convient de concevoir tous les dispositifs d'affichage en vue de la clarté de l'affichage, et de suivre des principes ergonomiques pour leur implantation. Il est souhaitable que les données analogiques correspondant aux états de la centrale soient mises à jour à une cadence permettant de représenter de manière satisfaisante les changements d'état. Les données relatives aux alarmes doivent être renouvelées dès la détection d'un changement. Il peut être avantageux de pouvoir faire un enregistrement permanent, à la demande, de chaque affichage. Il convient d'étudier les moyens de modifier l'affichage. L'utilisation d'affichages en couleurs peut être un avantage dans certains cas.

10.2 *Affichage des données*

Il est souhaitable de disposer d'affichages des données qui permettent d'indiquer clairement, pour chaque signal, l'état ou la grandeur représentée, avec sa valeur en unités appropriées.

Il convient de concevoir ces affichages d'après l'étude du fonctionnement des éléments de l'installation, des schémas opérationnels normaux et des besoins spécifiques relatifs à la surveillance des paramètres caractéristiques.

9.3 *Alarm conditions*

Plant can be monitored for alarms directly from an analogue signal or a binary signal, or indirectly by logic processing of such signals. The current state of alarm conditions should be stored for use by alarm log, display and analysis functions.

9.4 *Alarm analysis*

Where many alarms can be detected by the computer system, it may be desirable that the most significant alarms arising at any plant failure are detected and specially presented to the control operators. The method of analysis to detect the most significant alarms should be fast and simple. It is undesirable for the detection of an alarm to require an extensive programme search of other alarm conditions or extensive bulk data store system transfers.

Procedures which have been used for alarm analysis include:

- a) Pre-defined classes of urgent and non-urgent alarms.
- b) Dynamic checks when one alarm is detected, to judge its importance compared to other existing alarms, using pre-defined criteria.
- c) Logic operations to group or deduce alarm conditions, using pre-defined logic processes for alarms.
- d) Logic operations to condition the display of one alarm, dependent on the state of other input signals and alarms.

To allow for unforeseen plant circumstances, the operator should be able to display the primary plant conditions detected by the computer independently of the analysis process followed. This applies specially when automatic inhibition of alarms is used.

10. **Display systems**

10.1 *General*

Cathode ray tube displays can provide a fast and flexible output method for alphanumeric and graphical information. Displays can be provided for control room operators and for use by specialists.

All displays should be designed for clarity, and ergonomic principles should be followed in design of the display layout. Analogue data on plant conditions should be updated at a rate able to show plant changes satisfactorily and alarm data should be refreshed when a change is detected. It may be an advantage if a permanent record of any display can be made on demand. The means of modification of the display should be considered. The use of colour displays may have advantages in some applications.

10.2 *Data displays*

Displays of data should be available to show a clear indication of each signal title and its value in appropriate units, or its state.

Displays should be designed by study of operation of plant items, routine or standard operational patterns and specific parameter survey requirements.

Il peut être avantageux de prévoir les possibilités d'affichage suivantes:

- a) chaque signal analogique d'entrée;
- b) chaque signal binaire d'entrée;
- c) les états du système de commande ou du système automatique/manuel;
- d) les signaux d'entrée inhibés ou supprimés des scrutations;
- e) chaque état de sortie;
- f) chaque information stockée.

10.3 Affichage des tendances

Si l'on dispose de l'appareillage approprié, les affichages des tendances peuvent fournir les valeurs immédiatement antérieures de certains signaux déterminés. Il est souhaitable d'afficher la tendance sous la forme habituelle d'un graphique, où le temps est porté sur l'axe des X et la valeur sur l'axe des Y.

Du point de vue ergonomique, il est préférable que l'évolution antérieure demeure fixe et que les valeurs qui viennent s'y ajouter s'inscrivent à droite du graphique. Il est souhaitable de choisir des durées normalisées d'accumulation des valeurs antérieures, et des cadences d'échantillonnage appropriées, tirées de l'étude des caractéristiques de fonctionnement de la centrale. Comme exemple de période d'accumulation on peut prendre 30 min. Quand on peut afficher une tendance, il est souhaitable que le relevé des valeurs antérieures fourni par le calculateur soit disponible sous forme d'enregistrement permanent.

10.4 Affichage des schémas synoptiques de la centrale

Si l'on dispose de l'appareillage approprié, les valeurs mesurées et les états de la centrale peuvent être représentées sur un schéma synoptique. Les états de la centrale peuvent être indiqués par des couleurs et des symboles. Les rapports fonctionnels entre les éléments de la centrale peuvent être portés sur ce schéma. Il convient d'étudier une méthode appropriée d'enregistrement des informations affichées.

10.5 Affichage des alarmes

L'affichage des alarmes à l'intention du personnel de la centrale doit être rapide et simple. Il est souhaitable que les modes fonctionnels d'affichage suivent aussi exactement que possible les cycles habituels des systèmes classiques d'avertisseurs d'alarme.

Les messages d'alarme peuvent être présentés en utilisant un jeu de pages séquentielles. L'opérateur doit pouvoir passer d'une page à l'autre par la manœuvre d'une commande unique.

Il est souhaitable que l'opérateur ait la possibilité d'obtenir un enregistrement permanent de toute alarme affichée.

La conception doit être telle que le déclenchement subit d'un groupe important d'alarmes n'affecte pas défavorablement les caractéristiques fonctionnelles de l'ensemble, ni ne provoque la perte des informations d'alarme. Il convient que l'ensemble d'affichage d'alarme fonctionne normalement, quel que soit le nombre d'alarmes simultanées dans la centrale.

Il est souhaitable que l'affichage d'une alarme comporte une inscription codée, par exemple l'adresse d'entrée, claire et univoque. Les abréviations, lorsqu'elles sont employées, doivent être conformes à la pratique établie dans la nomenclature générale de la centrale. Il convient de limiter l'emploi des abréviations, mais, quand un sous-ensemble de la centrale est habituellement désigné par une abréviation, c'est celle-ci qui doit toujours être employée.

Display facilities which can be advantageous are:

- a) any analogue input;
- b) any binary input;
- c) auto/manual or control system states;
- d) inputs inhibited or deleted from scans;
- e) any output states;
- f) any stored information.

10.3 *Trend displays*

Where suitable equipment is available, trend displays can provide the immediate past values of selected signals. It is desirable to show the trend as a normal graph, where time is represented by the X axis of display and value by the Y axis.

It is ergonomically preferable that the past trend displayed remain steady, and that latest values are added to the right of the graph. Standardized periods of accumulation of past values at appropriate sampling rates should be chosen from considerations of plant performance. A typical accumulation period is 30 min. Where a trend can be displayed, the computer record of past values should be available as a permanent record.

10.4 *Display of plant schematic diagrams*

Where suitable equipment is available, plant measurements and conditions can be presented in diagrammatic form. Colours and symbols can represent plant conditions, and interrelationships between plant items may be shown in the diagrams. Consideration should be given to the method of recording the displayed information.

10.5 *Alarm displays*

The display of alarms to plant operators shall be rapid and simple. The display operating modes should follow as closely as possible the established sequences of conventional alarm annunciation systems.

Alarm messages may be presented using a set of sequential pages. The operator should be able to turn from one page to an adjacent page by operation of a single control.

It should be possible for the operator to obtain a permanent record of any alarm display.

The design should be such that the sudden detection of a large group of alarms does not adversely affect system performance or cause loss of alarm information. The alarm display system should be able to operate normally with any number of alarms existing on the plant.

It is desirable that the display of an alarm take the form of a reference code (such as the input address) and a clear and unambiguous title. Where abbreviations are used, they should be of established use within the overall plant nomenclature. The use of abbreviations should be minimized, but where a plant system is normally referred to by an abbreviation, that abbreviation should then always be used.

11. Fonctions de calcul

11.1 Fonctions de calcul des caractéristiques fonctionnelles de la centrale

Selon le type de réacteur, il est possible de procéder à l'évaluation des grandeurs suivantes, prises comme exemples:

- puissance thermique fournie par le réacteur;
- distribution du débit de fluence neutronique;
- distribution de la puissance volumique;
- marge de sécurité par rapport à la crise d'ébullition (DNBR);
- marge de sécurité par rapport au flux de caléfaction;
- calculs électriques, thermodynamiques et de débit;
- caractéristiques fonctionnelles de la turbine et d'autres éléments de la centrale;
- combustion des barres de commande;
- gestion du combustible;
- combustion des éléments individuels du cœur;
- combustion cumulée du cœur;
- bilan de l'uranium;
- bilan du plutonium;
- réactivité du cœur;
- prévisions d'empoisonnement (xénon et iode);
- position des barres de commande;
- stratégie de prévisions de chargement, conduite pour l'établissement du plan;
- effluents radioactifs;
- évaluations à partir d'analyses spectrographiques;
- défaillances des gainages ou des enrobages des éléments combustibles;
- etc.

11.2 Spécifications des fonctions de calcul

Il est souhaitable que les calculs relatifs aux caractéristiques fonctionnelles de la centrale effectués en ligne ou hors ligne tiennent compte des limitations normales de l'instrumentation.

Il convient de définir clairement ces calculs en indiquant les formules appliquées, les conditions de marche de l'installation, les paramètres caractéristiques, les signaux et les constantes utilisés ainsi que le but des calculs.

En établissant les spécifications des calculs des caractéristiques fonctionnelles, les critères suivants doivent être pris en considération:

- les résultats doivent être reproductibles;
- l'instrumentation de la centrale a une précision limitée;
- il est essentiel de définir l'état de situation de l'installation pour les calculs;
- il convient de définir clairement le but assigné aux calculs;
- la formule utilisée doit être définie;
- on doit distinguer les constantes (invariables) des paramètres (variables);
- les contrôles de véracité des valeurs mesurées seront clairement définis;
- il est souhaitable que les prescriptions concernant les temps soient clairement définies.