

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60834-2

Première édition
First edition
1993-06

**Performances et essai des matériels de
téléprotection des réseaux d'énergie électrique –**

**Deuxième partie:
Systèmes à comparaison analogique**

**Performance and testing of teleprotection
equipment of power systems –**

**Part 2:
Analogue comparison systems**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60834-2: 1993

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**

60834-2

Première édition
First edition
1993-06

**Performances et essai des matériels de
téléprotection des réseaux d'énergie électrique –**

**Deuxième partie:
Systèmes à comparaison analogique**

**Performance and testing of teleprotection
equipment of power systems –**

**Part 2:
Analogue comparison systems**

© IEC 1993 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé 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

W

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
Articles	
SECTION 1: GÉNÉRALITÉS	
1.1 Domaine d'application et objet	8
1.2 Références normatives	8
1.3 Conditions de service	10
1.3.1 Conditions ambiantes	10
1.3.2 Tension d'alimentation pour fonctionnement sur batterie	10
1.3.3 Tension d'alimentation pour fonctionnement sur réseau alternatif	10
1.3.4 Conditions de stockage	12
1.4 Système de télécommunication utilisé	12
SECTION 2: TERMINOLOGIE	
SECTION 3: CARACTÉRISTIQUES DES DISPOSITIFS DE TÉLÉPROTECTION À COMPARAISON ANALOGIQUE	
3.1 Configuration des dispositifs de téléprotection et de leurs interfaces	14
3.2 Temps de fonctionnement du système de téléprotection (T_A ou T_o)	16
3.3 Temps de fonctionnement du système de protection (T_B ou T_p)	16
SECTION 4: PRESCRIPTIONS	
4.1 Prescriptions générales applicables aux interfaces du matériel	18
4.1.1 Isolement	18
4.1.2 Niveau de tenue aux chocs	18
4.1.3 Niveau de perturbation à haute fréquence	18
4.1.4 Prescriptions spécifiques applicables à l'interface entre le matériel de protection et le matériel de téléprotection dans un système séparatif	18
4.2 Prescriptions spécifiques à l'alimentation	20
4.2.1 Variations d'alimentation	20
4.2.2 Coupures	22
4.2.3 Bruit réinjecté	22
4.2.4 Inversion de polarité	22
4.3 Prescriptions de fonctionnement	22
4.3.1 Prescriptions globales de protection	22
4.3.2 Surveillance et alarmes	28
SECTION 5: MÉTHODES APPLICABLES AU CONTRÔLE DES PERFORMANCES	
5.1 Contrôle général d'interface du matériel	30
5.1.1 Isolement	30
5.1.2 Niveau de tenue aux chocs	30
5.1.3 Essai de perturbation à haute fréquence	30

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
Clause	
SECTION 1: GENERAL	
1.1 Scope and object	9
1.2 Normative references	9
1.3 Service conditions	11
1.3.1 Ambient conditions	11
1.3.2 Supply voltage with battery operation	11
1.3.3 Supply voltage with a.c. mains operation	11
1.3.4 Storage conditions	13
1.4 Telecommunication system used	13
SECTION 2: TERMINOLOGY	
SECTION 3: CHARACTERISTIC OF ANALOGUE COMPARISON TELEPROTECTION SCHEMES	
3.1 Arrangement of teleprotection schemes and their associated interfaces	15
3.2 Teleprotection operating time (T_A or T_O)	17
3.3 Protection operating time (T_B or T_P)	17
SECTION 4: REQUIREMENTS	
4.1 General equipment interface requirements	19
4.1.1 Insulation levels	19
4.1.2 Impulse withstand level	19
4.1.3 High frequency disturbance level	19
4.1.4 Specific requirements for interface between separate protection equipment and teleprotection equipment	19
4.2 Specific power supply requirements	21
4.2.1 Power supply variations	21
4.2.2 Interruptions	23
4.2.3 Reflected noise	23
4.2.4 Reverse polarity	23
4.3 Operational requirements	23
4.3.1 Overall protection requirements	23
4.3.2 Monitoring and alarms	29
SECTION 5: METHODS FOR PERFORMANCE TESTING	
5.1 General equipment interface tests	31
5.1.1 Insulation tests	31
5.1.2 Impulse withstand test	31
5.1.3 High frequency disturbance test	31

Articles	Pages
5.2 Contrôle spécifique à l'alimentation	30
5.2.1 Variations d'alimentation	30
5.2.2 Coupures	30
5.2.3 Bruit réinjecté	32
5.2.4 Inversion de polarité	32
5.3 Contrôle de performances des systèmes de téléprotection	32
5.3.1 Généralités	32
5.3.2 Procédure	34
5.3.3 Condition de référence	34
5.3.4 Commande, surveillance et réglage du courant	36
5.3.5 Application du bruit à la voie de téléprotection	38
5.3.6 Fiabilité	40
5.3.7 Sécurité	44
5.4 Contrôle des fonctions d'alarme	50
Figures	52
 ANNEXES	
A Types de systèmes de protection à comparaison analogique et dispositifs de téléprotection associés	68
B Modèle à voie symétrique binaire	74
C Bibliographie	76

Clause	Page
5.2 Specific power supply tests	31
5.2.1 Power supply variations	31
5.2.2 Interruptions	31
5.2.3 Reflected noise	33
5.2.4 Reverse polarity	33
5.3 Teleprotection system performance tests	33
5.3.1 General	33
5.3.2 Procedure	35
5.3.3 Reference condition	35
5.3.4 Current control, monitoring and settings	37
5.3.5 Application of noise to teleprotection channel	39
5.3.6 Dependability	41
5.3.7 Security	45
5.4 Checking alarm functions	51
Figures	53

ANNEXES

A Types of analogue comparison protection systems and associated teleprotection schemes	69
B The binary symmetric channel (BSC) model	75
C Bibliography	77

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PERFORMANCES ET ESSAI DES MATÉRIELS DE TÉLÉPROTECTION DES RÉSEAUX D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE –

Partie 2: Systèmes à comparaison analogique

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 834-2 a été établie par le comité d'études 57 de la CEI: Télé-conduite, téléprotection et télécommunications connexes pour systèmes électriques de puissance.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
57(BC)55	57(BC)64

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

La CEI 834 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général «Performances et essai des matériels de téléprotection des réseaux d'énergie électrique»:

- Partie 1: 1988, Systèmes de commande à bande étroite
- Partie 2: 1993, Systèmes à comparaison analogique.

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PERFORMANCE AND TESTING OF TELEPROTECTION EQUIPMENT OF POWER SYSTEMS –

Part 2: Analogue comparison systems

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 cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International 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, 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.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.

International Standard IEC 834-2 has been prepared by IEC technical committee 57: Tele-control, teleprotection and associated telecommunications for electric power systems.

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

DIS	Report on Voting
57(CO)55	57(CO)64

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

IEC 834 consists of the following parts, under the general title "Performance and testing of teleprotection equipment of power systems":

- Part 1: 1988, Narrow-band command systems
- Part 2: 1993, Analogue comparison systems.

Annexes A, B and C are for information only.

PERFORMANCES ET ESSAI DES MATÉRIELS DE TÉLÉPROTECTION DES RÉSEAUX D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE –

Partie 2: Systèmes à comparaison analogique

SECTION 1: GÉNÉRALITÉS

1.1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 834 s'applique aux systèmes de téléprotection à bande étroite et à bande large utilisés pour transmettre les informations analogiques relatives aux quantités essentielles telles que la phase ou la phase et l'amplitude. Les matériels de téléprotection peuvent être soit séparés, soit intégrés au matériel de protection ou au matériel de télécommunication dans un ensemble unique.

Les systèmes à bande étroite sont des systèmes fonctionnant avec une largeur de bande maximale de 4 kHz (dans chaque sens de transmission).

Les systèmes à bande large sont des systèmes dont la largeur de bande dépasse 4 kHz (dans chaque sens de transmission).

Les systèmes de commande à bande large ne sont pas traités dans la présente norme.

Cette partie de la CEI 834 a pour objet d'établir des prescriptions de performance, de proposer des méthodes d'essai applicables aux matériels analogiques de téléprotection, nécessaires aux dispositifs de protection des réseaux d'énergie, et de donner la terminologie s'y rapportant. Les informations transmises et comparées, notamment la phase ou la phase et l'amplitude, peuvent être exprimées sous forme analogique ou numérique.

En plus des alimentations et des interfaces du matériel de téléprotection, les performances du matériel de téléprotection seront essayées conjointement à celles du matériel de protection.

Il convient que tous les essais soient considérés comme des essais de type (voir la CEI 50(151)).

1.2 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 partie de la CEI 834. 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 partie de la CEI 834 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 50(151): 1978, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

PERFORMANCE AND TESTING OF TELEPROTECTION EQUIPMENT OF POWER SYSTEMS –

Part 2: Analogue comparison systems

SECTION 1: GENERAL

1.1 Scope and object

This part of IEC 834 applies to narrowband and wideband teleprotection systems used to convey analogue information about the primary quantities such as phase or phase and amplitude. The teleprotection equipment can either be separate or integrated in one unit with the protection equipment or the telecommunication equipment.

Narrow-band systems include systems operating within a 4 kHz band (for each direction of transmission).

Wide-band systems include systems occupying more than 4 kHz bandwidth (for each direction of transmission).

Broad-band command systems are not dealt with in this standard.

The object of this part of IEC 834 is to establish performance requirements and recommended testing methods for analogue comparison teleprotection equipments used in connection with power network protection systems and to define the associated terminology. The information conveyed and compared such as phase or phase and amplitude quantities can be in analogue or digital form.

In addition to the power supply and the interfaces belonging to the teleprotection equipment, the performance of the teleprotection equipment in conjunction with the protection equipment shall be tested.

All the tests should be considered as type tests (see IEC 50(151)).

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 834. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 834 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 50(151): 1978, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 151: Electrical and magnetic devices*

CEI 255-4: 1976, *Relais électriques – Quatrième partie: Relais de mesure à une seule grandeur d'alimentation d'entrée à temps dépendant spécifié*

CEI 255-5: 1977, *Relais électriques – Cinquième partie: Essais d'isolement des relais électriques*

CEI 255-6: 1988, *Relais électriques – Sixième partie: Relais de mesure et dispositifs de protection*

CEI 255-22-1: 1988, *Relais électriques – Vingt-deuxième partie: Essais d'influence électrique concernant les relais de mesure et dispositifs de protection – Section un: Essais à l'onde oscillatoire amortie à 1 MHz*

CEI 834-1: 1988, *Performances et essai des matériels de téléprotection des réseaux d'énergie électrique – Première partie: Systèmes de commande à bande étroite*

Recommandation V.11 du CCITT: 1976, *Caractéristiques électriques des circuits de jonction symétriques en double courant pour application générale aux équipements à circuits intégrés dans le domaine des transmissions de données. Livres rouges du CCITT, tome VIII – fascicule VIII.1, 1985*

Recommandation V.28 du CCITT: 1972, *Caractéristiques électriques des circuits de jonction dissymétriques pour transmission par double courant. Livres rouges du CCITT, tome VIII – fascicule VIII.1, 1985*

Recommandation G.703 du CCITT: 1972, *Caractéristiques physiques et électriques des jonctions. Livres rouges du CCITT, tome III – fascicule III.3, 1985*

CIGRÉ SC 34 et 35 – WG 05: 1987, *Systèmes de protection utilisant les télécommunications*

CIGRÉ SC 35: 1979, *Guide sur les courants porteurs d'énergie*

1.3 Conditions de service

1.3.1 Conditions ambiantes

Les prescriptions de performances doivent être satisfaites dans les conditions suivantes:

- domaine de températures +5 °C à +40 °C
- vitesse de variation maximale 10 °C/h
- humidité relative 5 % à 95 %
- teneur en eau maximale 28 g/m³

1.3.2 Tension d'alimentation pour fonctionnement sur batterie

(Voir 3.2 de la CEI 834-1.)

1.3.3 Tension d'alimentation pour fonctionnement sur réseau alternatif

Les prescriptions déclarées pour les performances doivent être satisfaites pour les conditions suivantes:

The stated performance requirements shall be satisfied for the following conditions:

- tolérances sur la tension +10 % à –15 %
- tolérances sur la fréquence ± 5 %
- taux d'harmoniques <10 %

1.3.4 Conditions de stockage

(Voir 3.4 de la CEI 834-1.)

1.4 Système de télécommunication utilisé

La figure 1 représente la configuration d'un système de téléprotection, applicable aussi bien aux systèmes à bande large qu'aux systèmes à bande étroite. Les signaux sont transmis de l'émetteur au récepteur par un système de télécommunication qui peut être capable de transmettre les largeurs de bande prescrites en respectant un certain nombre de paramètres comme la distorsion du temps de propagation de groupe, la réponse amplitude/fréquence, etc.

Il convient de choisir avec soin les systèmes de télécommunication car ils subissent l'influence du bruit, des variations de paramètres et de toutes sortes de perturbations qui peuvent entraver ou empêcher le fonctionnement du matériel de téléprotection.

Les systèmes de télécommunication utilisables sont énumérés à l'article 4 de la CEI 834-1.

SECTION 2: TERMINOLOGIE

La présente section porte sur la terminologie, non définie par la CEI, mais fréquemment utilisée ci-après.

2.1 Système de protection analogique (CIGRÉ SC 34/35-WG 05)

Système de protection utilisant les télécommunications, dans lequel des quantités de courant analogiques sont transmises de l'une à l'autre extrémité d'un circuit électrique, par l'intermédiaire du système de télécommunications, soit sous forme analogique, soit sous forme numérique.

Exemples:

Système de protection à comparaison de phase, système de protection différentielle longitudinale.

2.2 Fiabilité (CIGRÉ SC 34/35-WG 05)

Probabilité de ne pas avoir de défaillance de déclenchement.

2.3 Temps d'élimination de défaut (T_c) (CIGRÉ SC 34/35-WG 05)

Intervalle de temps séparant le moment où survient un défaut et le moment où ce défaut est éliminé par le déclenchement automatique des disjoncteurs appropriés. Le temps d'élimination de défaut correspond à la somme des temps de fonctionnement du système de protection et du disjoncteur.

- #### 1.3.4 Storage conditions

(See 3.4 of 834-1.)

Figure 1 shows the configuration of a teleprotection system and applies to both narrow-band and wide-band systems. The signals are conveyed from the transmitter to the receiver via a telecommunication system which has to be capable of transmitting the required bandwidths in accordance with certain parameters, for example group delay distortion, frequency/attenuation response, etc.

The telecommunication systems should be chosen with care, as they will be influenced by noise, changes of parameters and any kind of interference which may cause maloperation or non-operation of the teleprotection equipment.

The telecommunication systems that can be used are listed in clause 4 of IEC 834-1.

SECTION 2: TERMINOLOGY

Terminology not defined by IEC but often used is listed in this section.

2.1 Analogue protection system (CIGRÉ SC 34/35-WG 05)

A protection system using telecommunication in which analogue power quantities are transmitted from one end of a power line by the telecommunication system either in analogue or digital form for comparison at the other end.

Examples:

Phase comparison protection system, longitudinal differential protection system.

2.2 Dependability (CIGRÉ SC 34/35-WG 05)

The probability of not having a failure to trip operation.

2.3 Fault clearance time (T_c) (clearing time) (CIGRÉ SC 34/35-WG 05)

The time interval between the instant of occurrence of a fault and the instant of the fault clearance by the automatic tripping of the appropriate circuit breakers. The fault clearance time is the sum of the protection system operating time and circuit breaker operating time.

2.4 Système de protection non sélectif en phase (CIGRÉ SC 34/35-WG 05)

Système de protection utilisant un transformateur mélangeur, ou un réseau à composants symétriques ou tout autre moyen permettant d'utiliser un matériel de protection commun aux trois phases.

2.5 Temps de propagation (CIGRÉ SC 34/35-WG 05)

Temps s'écoulant entre le moment où une valeur donnée du signal transmis est appliquée au réseau de télécommunication, dans des conditions déterminées, et le moment où le signal reçu prend la valeur correspondante à l'entrée du récepteur de téléprotection.

2.6 Sécurité (CIGRÉ SC 34/35-WG 05)

Probabilité de ne pas avoir de fonctionnement intempestif.

2.7 Protection sélective en phase (CIGRÉ SC 34/35-WG 05)

Correspond normalement au cas où chaque phase est protégée séparément. (Comparer avec protection non sélective en phase.)

2.8 Voie de téléprotection (Voir le point b) du 5.10 de la CEI 834-1)

NOTE – La voie de téléprotection peut être soit analogique, soit numérique. Dans une voie de téléprotection analogique, la valeur instantanée du signal varie de façon continue, même si l'information est numérique (par exemple modulation de fréquence). Dans une voie de téléprotection numérique, seuls certains niveaux discrets (généralement au nombre de deux ou trois) sont autorisés.

SECTION 3: CARACTÉRISTIQUES DES DISPOSITIFS DE TÉLÉPROTECTION À COMPARAISON ANALOGIQUE

3.1 Configuration des dispositifs de téléprotection et de leurs Interfaces

La configuration des dispositifs de téléprotection à comparaison analogique et de leurs interfaces est différente, selon que la téléprotection fait partie intégrante du matériel de protection, ou est isolée de celui-ci. Les principales interfaces sont indiquées à la figure 1.

Dans une configuration intégrée, l'interface entre le matériel de protection et le matériel de téléprotection se trouve invariablement à l'intérieur du même boîtier ou de la même armoire. D'autre part, les deux éléments sont étudiés comme un tout, de telle sorte que les niveaux d'interfaces, les adaptations d'impédances, etc., ainsi que les autres prescriptions spécifiques sont dictés non pas par l'environnement extérieur, mais par des critères de conception. Compte tenu de cette interface interne, certaines prescriptions et certains essais indiqués dans cette norme ne sont pas applicables à ce type de matériel. Cependant, les prescriptions et les essais associés à l'interface entre le système de télécommunication et le système de téléprotection, restent applicables, dans la plupart des cas.

Dans le cas d'une configuration de type séparatif, la téléprotection a toutes les chances d'être dissociée du matériel de protection. Le système n'étant pas conçu comme une unité globale, toutes les recommandations contenues dans cette norme sont applicables.

2.4 Non-segregated protection system (CIGRÉ SC 34/35-WG 05)

A protection system using a mixing transformer or phase sequence network or other means to supply one protection equipment common for all three power phases.

2.5 Propagation time (CIGRÉ SC 34/35-WG 05)

The time elapsed between the instant of application to a telecommunication system, under stated conditions, of a specific value of the transmitted signal and the instant when the received signal assumes the corresponding value at the input of the teleprotection receiver.

2.6 Security (CIGRÉ SC 34/35-WG 05)

The probability of not having an unwanted operation.

2.7 Segregated protection (CIGRÉ SC 34/35-WG 05)

Normally consists of one protection for each phase. (Compare with non-segregated protection.)

2.8 Teleprotection channel (See 5.10 b) of IEC 834-1)

NOTE – The teleprotection channel may be either analogue or digital. In an analogue teleprotection channel the instantaneous value of the signal varies continuously, even though the information may be of a digital nature (e.g. FSK signalling). In a digital teleprotection channel only certain discrete levels (usually two or three) are permitted.

SECTION 3: CHARACTERISTIC OF ANALOGUE COMPARISON TELEPROTECTION SCHEMES

3.1 Arrangement of teleprotection schemes and their associated interfaces

The arrangement of analogue comparison teleprotection schemes and their various interfaces will depend on whether the teleprotection is an integrated part of or separate from the protection equipment. The principal interfaces are referred to in figure 1.

In an integrated arrangement the interface between the protection equipment and the teleprotection equipment will invariably be within the same equipment case or cubicle. Furthermore, the two parts will have been designed as one, so that interface levels, impedance matching, etc., and other specialized requirements will be a function of the design and not a function of the external environment. As a result of this internal interface some of the requirements and tests specified in this standard will not apply to this category of equipment. However, the requirements and testing of the interface between the telecommunication system and the teleprotection will, in most instances, still be applicable.

In the separated arrangement, the teleprotection will most likely be physically divorced from the protection equipment, and, since it will not have been designed as a complete unit, all the recommendations in this standard apply.

Les équipements de téléprotection et de télécommunication peuvent prendre place dans une configuration intégrée. Dans ce cas, certaines exigences et certains essais concernant l'interface b) de la figure 1 ne seront pas applicables, alors que les prescriptions et les essais relatifs à l'interface a) le resteront.

Comme indiqué à la figure 1, il existe une autre interface entre les transformateurs de courant et le matériel de protection. Les recommandations contenues dans cette norme ne s'appliquant qu'au matériel de téléprotection, les prescriptions de performances associées à cette interface ne sont pas définies. Cependant, pour réaliser des essais de qualité sur la voie de téléprotection, il convient d'alimenter l'équipement de protection par des courants à fréquence industrielle, comme indiqué à la figure 3.

Certaines interfaces secondaires, non indiquées à la figure 1, mais associées au matériel de téléprotection peuvent exister aux bornes de l'alimentation et des signaleurs de défauts, par exemple. Dans tous les cas, celles-ci devront être testées dans une configuration non intégrée. Dans une configuration intégrée, ces interfaces secondaires peuvent exister à l'intérieur même du matériel de protection, ce qui peut rendre aussi impossible l'application des recommandations spécifiques.

3.2 Temps de fonctionnement du système de téléprotection (T_A ou T_o)

T_A représente le temps qui s'écoule, dans un système de téléprotection, entre le moment d'un changement d'état à l'entrée de l'émetteur et le moment du changement d'état correspondant à la sortie du récepteur, y compris le temps de propagation et le retard additionnel dû au bruit. Le retard T_A doit être pris en compte dans la conception des systèmes de comparaison analogiques.

Il existe trois solutions fondamentales au problème:

- a) maintenir ce retard à un niveau faible, comme dans les systèmes à bande large;
- b) le compenser, par exemple en retardant le signal local avant d'effectuer la comparaison. Dans cette solution, le retard ajustable est une constante pour liaisons fixes;
- c) le retard peut être ajusté automatiquement au moyen d'un circuit de commande bouclé.

Le temps de fonctionnement du système de téléprotection (T_o), ne tenant pas compte du temps de propagation, peut être mesuré et indiqué lorsque l'interface a) de la figure 1 est accessible.

3.3 Temps de fonctionnement du système de protection (T_B ou T_p)

T_B représente l'intervalle de temps séparant le moment où une série spécifique de valeurs de déclenchement est appliquée, dans des conditions données, à l'entrée du système de protection, y compris les transformateurs réducteurs de courant et de tension, du moment où les circuits de protection en sortie sont activés.

Les valeurs types de temps de fonctionnement du système de protection sont indiquées à la figure 2.

Le temps de fonctionnement du système de protection, T_p , ne tenant pas compte du temps de propagation, peut être mesuré et indiqué. En général, T_p augmente avec le bruit.

Correspondingly, the teleprotection equipment and the telecommunication equipment may form an integrated arrangement. In this case some of the requirements and tests concerning interface b) of figure 1 will not apply whereas the requirements and tests concerning interface a) are still applicable.

Another interface, shown in figure 1, exists between the current transformers and the protection equipment. Since the recommendations in this standard apply only to the teleprotection equipment, performance requirements associated with this interface are not defined. However, when the teleprotection channel quality tests are to be performed, it is necessary to set up the power frequency currents into the protection equipment as indicated in figure 3.

Secondary interfaces, not shown in figure 1, that are associated with the teleprotection equipment may exist at the power supply terminals and alarm indication terminals, for example. These will invariably need to be tested in a separated arrangement. In an integrated arrangement, however, these secondary interfaces may exist within the protection equipment and therefore the specific recommendations may not be applicable.

3.2 Teleprotection operating time (T_A or T_o)

T_A is the time in a teleprotection system elapsed between the instant of variation of the input quantities under stated conditions at the transmitter equipment input and the instant of the corresponding variation of the output quantities at the receiver equipment output including propagation time and additional delay. The delay T_A has to be considered in the design of analogue comparison systems.

There are basically three solutions:

- a) it can be kept low as in wide-band systems;
- b) it may be compensated for, for example delaying the local signal before comparison is made. In this solution, the adjustable delay is a constant for fixed links;
- c) the delay can be automatically adjusted by a loop control circuit.

The teleprotection operating time excluding propagation delay (T_o) may be measured and quoted if interface a) of figure 1 is accessible.

3.3 Protection operating time (T_B or T_p)

T_B is the time interval between the instant a specific set of values of the input energizing quantities is applied under specific conditions at the input of the protection system, including CT's, VT's instrument transformers, and the instant when the protection output circuits are operated.

Typical values for protection operating time are given in figure 2.

The protection operating time excluding propagation time, T_p , may be measured and quoted. In general, T_p will be increased by noise.

Les relations entre le temps maximal de fonctionnement T_{pmax} , la fiabilité et le rapport signal/bruit, sont illustrés à la figure 4.

SECTION 4: PRESCRIPTIONS

4.1 Prescriptions générales applicables aux interfaces du matériel

Les prescriptions suivantes sont applicables à l'interface entre le matériel de protection et le matériel de téléprotection, ainsi qu'à l'interface entre le matériel de téléprotection et le système de télécommunication, c'est-à-dire aux interfaces a) et b) définies à la figure 1, correspondant au cas où les matériels sont dans une configuration de type séparatif.

Si le matériel de protection et le matériel de téléprotection sont intégrés à l'intérieur d'un système unique, les prescriptions correspondant à l'interface a) ne sont pas applicables. Si le matériel de téléprotection et le matériel de télécommunication sont conçus comme un ensemble unique, les prescriptions correspondant à l'interface b) ne sont pas applicables.

4.1.1 *Isolement* (Voir 17.1 de la CEI 834-1)

Pour les bornes de signaux et les bornes des circuits d'alarme raccordées au dispositif de protection et fonctionnant à des tensions inférieures à 20 V (interface a) dans la figure 1), on doit utiliser des tensions d'essai de 500 V, valeur efficace.

4.1.2 *Niveau de tenue aux chocs* (Voir 17.2 de la CEI 834-1)

4.1.3 *Niveau de perturbation à haute fréquence* (Voir 17.3 de la CEI 834-1)

L'essai doit être appliqué à tous les circuits d'entrée et de sortie, bornes d'alimentation comprises, à l'exception des interfaces de signaux numériques à débit élevé. Ces interfaces sont conçues pour les chaînes de données d'au moins 64 kbit/s. Elles ne peuvent donc pas être protégées contre des courants additionnels transitoires de 1 MHz à forte amplitude. Il convient de prendre un maximum de précautions pour éviter toutes sortes d'interférences ou les supprimer, en effectuant convenablement les installations et en utilisant des câbles d'interface bien équilibrés et blindés.

4.1.4 *Prescriptions spécifiques applicables à l'interface entre le matériel de protection et le matériel de téléprotection dans un système séparatif (interface a) de la figure 1)*

En raison de la diversité des moyens de transmission, des différentes longueurs de câble utilisées entre le matériel de protection et le matériel de téléprotection et des conditions d'applications particulières, les spécifications d'interface doivent faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fabricant.

Pour éviter les erreurs de signal (amplitude, phase ou bit), causées par le courant de 50 Hz/60 Hz et par les phénomènes transitoires d'interférences issus des installations électriques, il faut protéger l'interface entre le matériel de protection et le matériel de téléprotection (par exemple par l'utilisation de câbles équilibrés et blindés ou de fibres optiques).

The interrelationship between the maximum operating time T_{pmax} , dependability and signal-to-noise ratio is illustrated in figure 4.

SECTION 4: REQUIREMENTS

4.1 General equipment Interface requirements

The following requirements apply to the interface between protection equipment and teleprotection equipment as well as to the interface between teleprotection equipment and telecommunication system, interfaces a) and b) as defined in figure 1, where the equipments are separated from each other.

If the protection equipment and the teleprotection equipment form an integrated system, the requirements for interface a) are not applicable. If the teleprotection equipment and the telecommunication equipment are designed as a common apparatus, the requirements for interface b) are not applicable.

4.1.1 *Insulation levels* (See 17.1 of IEC 834-1)

For signal terminals and alarm circuit terminals connected to the protection equipment and operating at voltages of less than 20 V (interface a) in figure 1), a test voltage of 500 V r.m.s. shall be used.

4.1.2 *Impulse withstand level* (See 17.2 of IEC 834-1)

4.1.3 *High frequency disturbance level* (See 17.3 of IEC 834-1)

The test shall be applied to all input and output circuits, power supply terminals included, with the exception of digital signal interfaces operating at high data rates. Such interfaces are designed for serial data streams of typically 64 kbit/s and faster and can therefore not be protected against galvanically coupled additive 1 MHz transients of high amplitude. Thus special care shall be taken to avoid or suppress all kinds of interference by careful installation planning and the use of well-balanced and shielded interface cables.

4.1.4 *Specific requirements for interface between separate protection equipment and teleprotection equipment (interface a) in figure 1)*

Due to the use of different transmission media, different cable lengths between protection equipment and teleprotection equipment as well as other specific application conditions, the interface specifications shall be subject to agreement between user and manufacturer.

To avoid signal errors (amplitude, phase or bit errors) caused by 50/60 Hz and transient crosstalk from power installations, measures shall be taken to protect the interface between protection equipment and teleprotection equipment (e.g. balanced and shielded cables or optical fibre cables).

4.1.4.1 *Systèmes à comparaison de phase*

Pour les systèmes à comparaison de phase, on utilise des interfaces à courant simple ou double (unipolaire ou bipolaire). Ces interfaces sont semblables aux interfaces asynchrones de transmission des données à faible vitesse. Par conséquent, les spécifications correspondantes d'interfaces de transmission des données peuvent également s'appliquer aux systèmes à comparaison de phase.

Exemples de conditions recommandées:

- interface de $\pm 5 \dots 15$ V, selon la Recommandation V.28 du CCITT;
- interface différentielle de $\pm 2 \dots 6$ V, selon la Recommandation V.11 du CCITT;
- boucle de ± 20 mA;
- interface de $\pm 4 \dots 8$ V, 600Ω
(niveau bas: $0 \dots \pm 0,775$ V, niveau haut: $\pm 4 \dots 8$ V).

4.1.4.2 *Systèmes de protection différentielle longitudinale (de courant)*

Exemples de conditions recommandées:

a) Interface de signal numérique

Les quantités mesurées sont codées numériquement (code de modulation d'impulsions ou modulation delta). L'interface étant semblable à celle de la transmission de données à grande vitesse, les spécifications correspondantes sont applicables.

Exemple:

- interface de $\pm 1,0/3,4$ V, 110Ω , bipolaire, 64 kbit/s, selon la Recommandations G.703 du CCITT;
- interface différentielle de $\pm 2 \dots 6$ V, selon la Recommandation V.11 du CCITT.

b) Interface de signal analogique

Cette interface est semblable aux interfaces analogiques d'entrées/sorties utilisées dans les systèmes de téléconduite. Les spécifications correspondantes sont donc applicables.

Exemple:

- interface de ± 5 V de pointe (source à faible impédance, charge à impédance élevée);
- interface de ± 5 mA de pointe (source à impédance élevée, charge à faible impédance).

4.2 Prescriptions spécifiques à l'alimentation

Les prescriptions suivantes peuvent ne pas être applicables au matériel de téléprotection lorsque celui-ci est intégré au matériel de protection.

4.2.1 *Variations d'alimentation*

(Voir 18.1 de la CEI 834-1).

4.1.4.1 *Phase comparison systems*

For phase comparison systems, single- or double-current (unipolar or bipolar) interfaces are used. These interfaces are similar to low speed asynchronous data transmission interfaces. Therefore the relevant data transmission interface specifications may apply also to phase comparison systems.

Examples of recommended conditions:

- $\pm 5 \dots 15$ V interface according to CCITT V.28;
- $\pm 2 \dots 6$ V differential interface according to CCITT V.11;
- ± 20 mA loop;
- $\pm 4 \dots 8$ V, 600Ω interface
(low level: $0 \dots \pm 0,775$ V, high level: $\pm 4 \dots 8$ V).

4.1.4.2 *Longitudinal (current) differential systems*

Examples of recommended conditions:

a) Digital signal interface

The measured quantities are coded digitally (pulse code modulation or delta modulation). The interface is similar to high speed data transmission interfaces, and therefore the relevant specifications may apply.

Example:

- $\pm 1,0/3,4$ V, 110Ω bipolar 64 kbit/s interface according to CCITT G.703;
- $\pm 2 \dots 6$ V differential interface according to CCITT V.11.

b) Analogue signal interface

The interface is similar to analogue input/output interfaces used in telecontrol systems, and therefore the relevant specifications may apply.

Example:

- ± 5 V peak interface (low impedance source, high impedance load);
- ± 5 mA peak interface (high impedance source, low impedance load).

4.2 Specific power supply requirements

The following requirements may not apply to the teleprotection equipment when integrated with the protection equipment.

4.2.1 *Power supply variations*

(See 18.1 of IEC 834-1)

4.2.2 Coupures

Tous les matériels de téléprotection doivent pouvoir supporter (sans qu'il y ait de commande manquante ou de commande intempestive à la sortie du matériel de protection correspondant) de brèves coupures de la tension d'alimentation, d'une durée inférieure ou égale à 20 ms.

Avec une alimentation en alternatif, des coupures plus importantes peuvent se produire. Dans ce cas, il peut être nécessaire d'avoir une source d'alimentation qui ne peut être interrompue.

Si, au cours de l'essai, de telles coupures se produisent dans un ordre aléatoire (pendant une période n'excédant pas 20 s), aucune commande intempestive ne doit apparaître à la sortie du matériel de protection correspondant. De même, si l'alimentation est coupée pendant une période de temps plus longue, puis rétablie, aucune commande intempestive ne doit apparaître.

D'autres durées d'interruptions peuvent être fixées d'un commun accord entre l'utilisateur et le fabricant.

4.2.3 Bruit réinjecté

(Voir 18.3 de la CEI 834-1.)

4.2.4 Inversion de polarité

(Voir 18.4 de la CEI 834-1.)

4.3 Prescriptions de fonctionnement

4.3.1 Prescriptions globales de protection

Les prescriptions applicables en matière de téléprotection sont plus sévères dans le cas des systèmes analogiques que dans celui des systèmes de commande, en raison du plus grand volume d'informations à transmettre. Comme indiqué ci-avant, deux principaux types de dispositifs peuvent être distingués:

- 1) les dispositifs de protection différentielle qui exigent la transmission des quantités mesurées en amplitude et en phase;
- 2) les dispositifs de protection à comparaison de phase qui exigent la transmission d'un volume réduit d'informations concernant exclusivement la phase (transmission des instants de passage au zéro, par exemple).

Dans les systèmes analogiques utilisant les télécommunications, l'information transmise n'est pas un changement d'état, comme dans le cas des systèmes de commande, mais elle représente les valeurs analogiques mesurées d'une quantité électrique sur une borne.

L'écart de l'erreur, de même que les retards introduits par le matériel de téléprotection dans la reproduction des quantités transmises doivent être le plus faible possible. Ce sont eux qui, avec le principe de fonctionnement du matériel de protection, conditionneront les performances du système de protection, dans son ensemble.

4.2.2 *Interruptions*

All teleprotection equipments shall sustain (without any unwanted or missing command at the output of the corresponding protection equipment) single short interruptions of the power supply voltage not longer than 20 ms.

With a.c. feeding, larger interruptions can occur. In this case, an uninterruptible power supply (UPS) may be required.

If the test is carried out with such interruptions occurring in a random sequence (for a period not longer than 20 s), no unwanted command at the output of the corresponding protection equipment shall occur. Also, if the power is switched off for a longer time and then switched on, no such command shall occur.

Other interruption times may be agreed between the user and the manufacturer.

4.2.3 *Reflected noise*

(See 18.3 of IEC 834-1.)

4.2.4 *Reverse polarity*

(See 18.4 of IEC 834-1.)

4.3 **Operational requirements**

4.3.1 *Overall protection requirements*

The requirements on the teleprotection are more severe for analogue systems as compared to command systems because of the higher information content to be transmitted. As mentioned above we can distinguish between two basic schemes:

- 1) the current differential scheme which requires the transmission of the measured quantities both in amplitude and phase;
- 2) the phase comparison protection schemes which require transmission of reduced information only about the phase (e.g. zero-crossings).

In analogue systems using telecommunication the information transmitted is not a change of state as for command systems but represents the measured analogue values of an electrical quantity at one terminal.

The deviation or error as well as the delays introduced in the reproduction of transmitted quantities by the teleprotection equipment shall be kept to a minimum. These, together with the principle of operation of the protection equipment, will determine the performance of the protection system as a whole.

La largeur de bande minimale nécessaire à la transmission est déterminée par la méthode de modulation et de codage, le nombre de valeurs mesurées transmises et leur précision, ainsi que par la durée de transmission admissible.

Compte tenu de l'interdépendance entre la fiabilité, la sécurité, la largeur de bande et le rapport signal/bruit, il est essentiel de préciser les réglages des relais (déviations de phase ou de phase et amplitude) qui détermineront les performances du système de téléprotection.

Le principe de fonctionnement du système de protection, c'est-à-dire le caractère sélectif en phase ou non du matériel utilisé, conditionne également les tolérances d'écart maximal (erreur) autorisées. De plus, il convient de tenir compte de la perte capacitive de ligne, dans des conditions de charge normales et anormales, en raison de la présence de la capacité en parallèle sur le circuit protégé. Les performances du matériel périphérique, et notamment les tolérances et les caractéristiques transitoires des transformateurs de courant, ont également un impact sur les performances du système de protection.

En résumé, les performances des relais doivent tenir compte des éléments suivants:

- les tolérances des transformateurs de courant dans des conditions de fonctionnement normales et anormales;
- la capacité en parallèle du circuit protégé et sa compensation éventuelle;
- le principe de fonctionnement et les tolérances du matériel de protection (y compris le dispositif de mise en route des systèmes normalement au repos);
- les tolérances de précision dans la reproduction du signal de téléprotection, en raison de la modulation, de la démodulation, de la commande de gain, de la distorsion du temps de propagation de groupe et de la limitation de la bande;
- l'influence du bruit, des interférences et des variations des caractéristiques de transmission du système de télécommunication.

Certaines prescriptions applicables aux systèmes de protection analogiques sont données ci-après, à titre d'exemple:

a) *Protection différentielle* – La liaison correspondant à ce type de protection peut comporter une, trois ou quatre voies. Les systèmes de protection non sélectifs en phase peuvent présenter, par exemple:

- une précision d'environ $\pm 10\%$ en amplitude;
- une gamme dynamique de $0,5 I_n$ à $50 I_n$ (I_n = courant nominal de ligne) (une gamme dynamique plus étendue, par exemple $0,2 I_n$ à $100 I_n$ peut être requise dans certains cas);
- un déphasage maximal (angle de décision) de $\pm 30^\circ$.

Le déphasage dû au système de téléprotection est généralement de $\pm 3^\circ$.

Dans le cas de systèmes sélectifs en phase, l'angle de décision autorisé peut être de $\pm 60^\circ$.

Cela suppose que les éléments influençant le fonctionnement des systèmes de protection, ainsi que les perturbations ou le bruit additionnel induits dans les liaisons de communication (conditions défavorables de rapport signal/bruit) ne modifient pas les valeurs de courant mesuré reçu d'une quantité supérieure aux tolérances précisées ci-dessus, sur une gamme dynamique de 40 dB. La liaison de transmission doit présenter une largeur de bande appropriée.

The minimum bandwidth needed for transmission is determined by the method of modulation and coding, the number and required accuracy of measured values transmitted and the transmission time tolerated.

In view of the interdependence of dependability, security, bandwidth and signal-to-noise ratio, it is essential to specify relay settings (phase or phase and amplitude deviation) which will define the performance of the teleprotection system.

The operating principle of the protection, i.e. whether segregated or non-segregated type of equipment, will also determine the tolerances of the maximum deviation (error) permitted. In addition, the capacitive line loss due to the shunt capacitance of the protected line during normal load and during abnormal conditions has to be taken into account. The performance of the peripheral equipment such as the tolerances and the characteristics of transient behaviour of line current transformers, etc. will also influence the performance of the protection system.

Summarizing, the relay performance has to take into account the following different factors:

- the tolerances of line current transformers during normal and abnormal conditions;
- the shunt capacitance of the line protected and its possible compensation;
- the principle of operation and tolerances of the protection equipment (including starting equipment for normally quiescent systems);
- the tolerances in the accurate reproduction of the teleprotection signal due to modulation, demodulation, gain control, group delay distortion and band limitation;
- the influence of noise, interference and variations in the transmission characteristics of the telecommunication system.

In the following, as an example, some of the requirements of analogue protection systems are given:

a) *Differential protection* – The communication link for this type of protection can consist of one, three or four channels. The compared values for non-segregated protection systems could have for example:

- an accuracy of about $\pm 10\%$ in amplitude;
- a dynamic range of $0,5 I_n$ to $50 I_n$ (I_n = rated line current),
(a wider dynamic range, say $0,2 I_n$ to $100 I_n$, may be required in some cases);
- a maximum phase angle deviation (decision angle) of $\pm 30^\circ$.

The phase angle deviation due to the teleprotection system is typically $\pm 3^\circ$.

The decision angle permitted in case of segregated systems can be $\pm 60^\circ$.

This requires that the factors influencing the operation of the protection systems and the induced disturbances or added noise in the communication links (adverse signal-to-noise ratio conditions) should not change the received values of the measured currents by more than the tolerances given above over a dynamic range of 40 dB. It is necessary to provide a transmission link with an adequate bandwidth.

b) *Système de comparaison de phase* – Ces systèmes mesurent la différence de phase entre les courants, bornes de circuit, à partir d'un signal rectangulaire. De nombreux autres systèmes de modulation et d'évaluation sont utilisés. La liaison de téléprotection doit émettre et acheminer des signaux fidèlement reproduits. Dans les systèmes à comparaison de phase non sélectifs, les plus fréquemment utilisés, l'angle de décision choisi pour le déclenchement varie de $\pm 30^\circ$ à $\pm 60^\circ$. Cette tolérance correspond généralement à la décomposition suivante:

- 10° à 20° pour reconnaissance de faute;
- 10° à 20° pour perte de courant capacitif, erreur d'angle de phase dans les transformateurs d'intensité et tolérances du matériel de protection;
- 10° à 20° pour distorsion maximale du signal (englobant le retard de propagation, s'il n'est pas compensé).

La voie de communication et le rapport signal/bruit correspondant doivent être choisis en conséquence.

Dans le cas de la transmission par liaison CPL, le temps de groupe de la liaison sera d'environ 6° , soit 0,33 ms (base 50 Hz) par 100 km. Lorsqu'on utilise des liaisons par câbles à fréquence vocale modulée, ce retard peut être beaucoup plus important. Il convient également de tenir compte des retards supplémentaires introduits dans les équipements terminaux et, dans certains cas, de prendre des mesures appropriées pour compenser ce retard du signal et de la propagation.

Dans le cas de systèmes sélectifs comparant chaque phase et/ou les courants neutres individuellement, l'angle de décision choisi pour le déclenchement peut atteindre 90° . Une distorsion plus importante du signal est alors admissible.

Cela implique que, dans un système de téléprotection influencé par le bruit, il existe une certaine probabilité de distorsion du signal, soit en phase, soit en phase et en amplitude. Cette distorsion peut être mesurée en fonction du rapport signal/bruit ou du taux d'erreur sur les bits (TEB). Lorsqu'on connaît les tolérances admissibles du matériel de protection (compte tenu des prescriptions de fiabilité des systèmes de protection et des différents facteurs susceptibles de provoquer une distorsion des signaux reçus) il est possible de définir un critère d'évaluation du matériel de téléprotection.

Dans le cas des systèmes à bande large, convertissant le signal analogique en un signal numérique et vice versa, des considérations identiques sont applicables.

Dans le cas de systèmes à bande large utilisant des échantillons numérisés de signal analogique et effectuant une comparaison numérique, il convient de tenir compte de l'influence du bruit sur le TEB et sur la précision du temps d'échantillonnage aux deux équipements terminaux.

Dans le cas de systèmes utilisant une fréquence vocale sur des circuits loués, l'influence des modifications aléatoires du système de télécommunication est également importante et doit être connue.

Comme indiqué ci-dessus, les valeurs analogiques seront influencées soit en phase, soit en phase et en amplitude:

- *du côté réseau d'énergie*, par l'état du défaut, la ligne protégée, les transformateurs d'intensité et les relais de protection;
- *du côté communications*, par les performances du matériel de téléprotection et du système de télécommunication.

Pour juger les performances du matériel de téléprotection, il est conseillé de tester la fiabilité de systèmes de protection analogiques comparables, dans des conditions simplifiées, mais fixes du côté réseau d'énergie. Il convient d'utiliser des critères de fiabilité et de sécurité en fonction du rapport signal/bruit ou du taux d'erreur sur les bits, pour des valeurs fixes de courant en entrée et les réglages de relais appropriés indiqués à la figure 3, qui sont faciles à réaliser.

b) *Phase comparison systems* – These systems measure the phase difference between the currents from the line terminals, based upon a rectangular signal. Many different modulation and evaluation systems are in use. The teleprotection link shall transmit and deliver a close reproduction of the signals. For the most commonly used non-segregated phase comparison systems, the chosen decision angle for tripping could be: $\pm 30^\circ$ to $\pm 60^\circ$. This tolerance typically comprises:

- 10° to 20° for fault recognition;
- 10° to 20° for the capacitive current loss, phase angle error in current transformers and tolerances in the protection equipment;
- 10° to 20° for the maximum signal distortion (includes propagation delay if not compensated).

The communication channel and the related signal-to-noise ratio shall be chosen accordingly.

The propagation delay of the communication link for PLC will be approximately 6° or 0,33 ms (basis 50 Hz) per 100 km. If voice frequency modulated cable links are used, this delay can be considerably larger. One has also to take into account the additional delays introduced at the terminal equipment. It may be necessary to take appropriate measures to compensate for this signal and propagation delay.

For segregated systems comparing each phase and/or neutral currents individually, the chosen decision angle for tripping can be up to 90° . In this case a larger signal distortion can be accepted.

This implies that the teleprotection system as influenced by noise has a certain probability of signal distortion in phase or phase and amplitude. This can be measured as a function of signal-to-noise ratio or bit error rate (BER). Knowing the permissible tolerances for the protection equipment (derived from the reliability requirements of the protection systems and taking into consideration the different influencing factors which may distort the received signals), a possible criterion for the judgement of the teleprotection equipment can be defined.

For wide-band systems, converting the analogue signal into a digital signal and vice versa, the same considerations are applicable.

With wide-band systems using digitized samples of the analogue signal and making the comparison digitally, the influence of noise on BER and the accuracy of sampling time on both line terminals has to be considered.

For systems using voice frequency on rented circuits, the influences from the random changes in the telecommunication system are also important, and shall be known.

As can be seen from the above, the analogue value will be influenced in phase or phase and amplitude:

- *from the power side* by the fault situation, the protected line, the current transformers (CTs) and the protection relays;
- *from the communication side* by the performance of the teleprotection equipment and the telecommunication system.

To judge the performance of the teleprotection equipment, it is advisable to test the reliability of comparable analogue protection systems under simplified but fixed conditions on the power side. The criteria shall be dependability and security as a function of signal-to-noise ratio or bit error rate under fixed values for the current inputs and adequate relay settings given in figure 3, which are easy to apply.

4.3.2 *Surveillance et alarmes*

La conception des systèmes de protection différentielle et des systèmes à comparaison de phase, ainsi que le mode d'utilisation des liaisons de communication associées doivent tenir compte des contraintes pratiques liées au fait qu'il est impossible d'éliminer complètement l'impact des interférences, du bruit et des défaillances des communications.

Des moyens doivent être mis en place pour surveiller le circuit de transmission et, dans toute la mesure du possible, l'équipement terminal. La non-réception du signal transmis, imputable à une défaillance des circuits de transmission ou de l'équipement terminal, doit être détectée par des dispositifs de surveillance associés à l'émetteur ou au récepteur et, dans certains cas, par celui qui est associé au matériel de protection lui-même. Une alarme doit se déclencher, après un certain temps de retard, si l'état de défaillance persiste.

Des circuits de surveillance complémentaires peuvent répondre à des niveaux d'interférences ou de bruit excessifs, empêchant ainsi le fonctionnement.

En règle générale, des dispositifs permettent de contrôler le niveau de bruit et de l'atténuation instantanée du signal reçu.

Les types de surveillance suivants peuvent être utilisés:

- a) surveillance du niveau de l'émetteur;
- b) surveillance de la qualité de l'enveloppe du signal;
- c) surveillance du niveau d'entrée du récepteur;
- d) rapport signal/bruit ou détection des erreurs sur les bits, s'il y a lieu;
- e) détection de synchronisation de trame, s'il y a lieu;
- f) temps d'émission excessif.

Il convient que la sensibilité choisie pour le système de surveillance soit un compromis entre tous les éléments des prescriptions de sécurité de fonctionnement (sûreté et fiabilité) du système de protection. Si l'on adopte une sensibilité très élevée pour réduire la probabilité de réception d'informations erronées, la fiabilité baisse. L'application de critères supplémentaires au matériel de protection, tels que les mises en route, empêche tout fonctionnement défectueux pendant tout le temps où aucun courant de défaut n'est enregistré. Dans ce cas, la sensibilité du matériel de surveillance peut, si cela est exigé, être plus faible.

Toutes les alarmes placées sous surveillance ne bloquent pas les circuits de commande. Par exemple, une alarme sensible mais retardée basée sur le rapport signal/bruit ne peut qu'indiquer la nécessité de surveiller ou d'entretenir le circuit de communication.

D'autre part, une perte du niveau de réception, liée à l'utilisation de mises en route, peut être utilisée pour initialiser une commande de déclenchement pendant une courte période, avant de bloquer les circuits de commande. Cela ne s'applique qu'aux liaisons CPL dans le cas où la section de ligne d'énergie protégée est utilisée comme voie de communication pour les commandes de téléprotection associées.

Pendant les essais de performances, le bon fonctionnement des circuits de surveillance et d'alarme doit être vérifié.

4.3.2 *Monitoring and alarms*

The design of the current differential and phase-comparison systems and the way in which the associated communication links are used need to take into account the practical limitations arising from the fact that the influence of interference, noise and communication failure cannot be completely avoided.

Facilities shall be provided to monitor the transmission path and as much of the terminal equipment as possible. Failure to receive the transmitted signal whether by failure of transmission path or the terminal equipment, shall be detected by monitoring devices associated with the transmitter or receiver and, in some cases, that associated with the protection equipment itself; an alarm shall be initiated after an appropriate time delay provided the failure condition persists.

Further monitoring circuits may respond to excessive interference and noise thereby preventing operation.

Facilities will generally be provided to monitor noise and instantaneous attenuation of the received signal.

The following types of monitoring may be used:

- a) transmitter level monitoring;
- b) signal envelope quality monitoring;
- c) receiver input level monitoring;
- d) signal-to-noise ratio or bit error detection, if applicable;
- e) frame synchronization detection, if applicable;
- f) excessive transmission time.

The monitoring sensitivity chosen should be a compromise of all the components of the reliability requirements (security and dependability) of the protection system. If a very high sensitivity is adopted to reduce the probability of receiving incorrect information, dependability will become low. The use of additional criteria in the protection equipment, such as starters, prevents malfunctioning during the time when no fault current is detected. In such case, the sensitivity of the monitoring equipment can, if required, be lower.

Not all monitored alarms will block the command circuits. For instance a sensitive but delayed signal-to-noise ratio alarm may only indicate a necessary surveillance or maintenance of the communication circuit.

On the other side, a loss of received level, in conjunction with the use of starters, could be used to initiate a trip command for a short period of time before blocking the command circuits. This is only applicable for PLC links if the protected power line section is used as a communication path for the associated teleprotection command.

The proper functioning of the monitoring and alarm circuits shall be checked during the performance tests.

De plus, il faut souligner que, dans de nombreux pays, certaines contraintes peuvent être imposées concernant la durée et le niveau de puissance d'émission, ce qui peut introduire des complications supplémentaires dans la conception globale du système de protection et de son dispositif de surveillance.

SECTION 5: MÉTHODES APPLICABLES AU CONTRÔLE DES PERFORMANCES

5.1 Contrôle général d'interface du matériel

Les essais suivants devront être exécutés conformément à la CEI 255-4, la CEI 255-5, la CEI 255-6 et à la CEI 255-22-1, si nécessaire.

Les prescriptions de niveau de tension sont fournies en 4.1.1, 4.1.2 et 4.1.3.

5.1.1 *Isolement*

(Voir 20.1 de la CEI 834-1.)

5.1.2 *Niveau de tenue aux chocs*

Il convient d'utiliser des générateurs d'impulsions appropriés pour obtenir la forme d'onde prescrite en circuit ouvert et fournir l'énergie spécifiée au circuit essayé. Les essais doivent normalement être exécutés sur un matériel au repos. Les essais réalisés sur le matériel en service doivent faire l'objet d'accords entre l'utilisateur et le fabricant.

La procédure d'essai est indiquée en 20.2 de la CEI 834-1.

5.1.3 *Essai de perturbation à haute fréquence*

Il convient d'utiliser des générateurs appropriés pour obtenir la forme d'onde prescrite en circuit ouvert.

Les essais de perturbation à haute fréquence doivent être effectués sur un matériel sous tension, dans les conditions de référence prévues en 5.3.3 et en 5.3.4, en contrôlant l'absence de toute commande intempestive en sortie du système global de protection. Le mode de réalisation de l'essai doit faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fabricant.

La procédure d'essai est indiquée en 20.3 de la CEI 834-1.

5.2 Contrôle spécifique à l'alimentation

5.2.1 *Variations d'alimentation*

(Voir 21.1 de la CEI 834-1.)

5.2.2 *Coupures*

(Voir 21.2 de la CEI 834-1.)

Cet essai porte soit sur une coupure unique de courte durée, comme indiqué en 4.2.2, soit sur une séquence aléatoire de coupures, permettant d'obtenir une approximation plus proche de la réalité.

In addition, it has to be mentioned that in many countries there may be certain restrictions on the length of time and the power level that may be transmitted and these can introduce additional complexities in the overall design of the protection and its monitoring system.

SECTION 5: METHODS FOR PERFORMANCE TESTING

5.1 General equipment Interface tests

The following tests shall be carried out according to IEC 255-4, IEC 255-5, IEC 255-6, and IEC 255-22-1, where applicable.

The voltage level requirements are given in 4.1.1, 4.1.2 and 4.1.3.

5.1.1 *Insulation tests*

(See 20.1 of IEC 834-1.)

5.1.2 *Impulse withstand test*

Suitable impulse generators are to be adopted in order to obtain the prescribed open-circuit wave shape and to give the prescribed energy in the circuit under test. Tests shall normally be carried out with the equipment de-energized. Tests with the equipment energized shall be subject to agreement between user and manufacturer.

The test procedure is given in 20.2 of IEC 834-1.

5.1.3 *High frequency disturbance test*

Suitable generators are to be adopted in order to obtain the prescribed open-circuit wave shape.

The high frequency disturbance tests shall be conducted with the equipment energized and in the reference conditions, as specified in 5.3.3 and 5.3.4, and checked for absence of unwanted commands at the overall protection system output. The actual manner in which the test is carried out shall be agreed upon between the user and the manufacturer.

The test procedure is given in 20.3 of IEC 834-1.

5.2 Specific power supply tests

5.2.1 *Power supply variations*

(See 21.1 of IEC 834-1.)

5.2.2 *Interruptions*

(See 21.2 of IEC 834-1.)

The test is carried out with either a single short interruption, as specified in 4.2.2, or, in order to give a better approximation of the real situation, with a random sequence of interruptions.

Au cours d'un essai de coupure unique, aucun fonctionnement défectueux (commande intempestive, manquante ou momentanément perdue) ne doit intervenir; alors que dans un essai à séquence de coupures aléatoire, aucune commande intempestive ne doit intervenir en sortie du système global de protection.

5.2.3 *Bruit réinjecté*

(Voir 21.3 de la CEI 834-1.)

5.2.4 *Inversion de polarité*

(Voir 21.4 de la CEI 834-1.)

5.3 **Contrôle de performances des systèmes de téléprotection**

5.3.1 *Généralités*

Les performances d'ensemble d'un système de protection à comparaison analogique sont indissociables du degré de bruit et d'interférence présents dans la voie de téléprotection. Etant donné que la comparaison porte sur des quantités fondamentalement analogiques, le bruit présent dans la voie de téléprotection provoque une distorsion des informations émises ou reçues. Enfin, la présence d'un niveau de bruit suffisamment élevé peut se traduire par le déclenchement intempestif du système de protection, l'impossibilité pour ce système de fonctionner correctement, ou, dans certains cas, par un retard inacceptable dans son fonctionnement.

Une série d'essais est proposée pour obtenir des données quantitatives sur la sûreté et la fiabilité d'un système de protection lorsqu'un bruit ou des erreurs sur les bits sont introduits dans la ou les voies de téléprotection. Ces essais ne peuvent être exécutés qu'en conjonction avec le matériel de protection car c'est à son niveau qu'est prise la décision finale de déclencher ou de ne pas déclencher. Les essais proposés ont pour but de comparer des catégories similaires de matériels de téléprotection. Ils revêtent une importance particulière dans le cas où l'utilisateur doit choisir entre des matériels de téléprotection proposés par plusieurs fabricants, afin de l'utiliser avec un matériel de protection séparé. Dans une configuration intégrée, la comparaison directe de matériels de téléprotection de conception différente est moins nécessaire et la décision de contrôler les performances du système de téléprotection doit être prise par l'utilisateur et le fabricant.

Pour pouvoir effectuer une comparaison valable entre des matériels de téléprotection de conception différente, il est essentiel d'adopter une procédure d'essai standard pour chaque dispositif de protection particulier. Les dispositifs de protection pouvant être contrôlés sont les suivants:

- dispositifs non sélectifs à comparaison de phase;
- dispositifs sélectifs à comparaison de phase;
- dispositifs non sélectifs de protection différentielle longitudinale de courant;
- dispositifs sélectifs de protection différentielle longitudinale de courant.

Pour mettre au point un essai standard, on s'est efforcé de définir une procédure relativement simple permettant de réaliser la série d'essais dans un temps raisonnable. D'autre part, étant donné que cette norme porte sur les performances et le contrôle des matériels

During a single interruption test no malfunction such as unwanted, missing or momentarily lost commands, whereas during a random interruption test no unwanted command shall occur at the output of the overall protection system.

5.2.3 *Reflected noise*

(See 21.3 of IEC 834-1.)

5.2.4 *Reverse polarity*

(See 21.4 of IEC 834-1.)

5.3 Teleprotection system performance tests

5.3.1 *General*

The overall performance of an analogue comparison protection system is inextricably linked to the degree of noise and interference present in the teleprotection channel. Since basically analogue quantities are compared, noise in the teleprotection channel distorts the transmitted or received information. Ultimately, if the noise level is sufficiently high, unwanted operation of the protection, failure of the protection to operate correctly or, in some cases, an unacceptable delay in the operating time of the protection may result.

A series of tests are proposed to establish quantitative figures for security and dependability of a protection system when noise or bit errors are introduced into the teleprotection channel(s). Such tests can only be carried out in conjunction with the protection equipment since it is here that the ultimate decision to trip or not to trip is made. The aim of the proposed tests is to enable comparisons to be made of similar types of teleprotection equipment. This is particularly important where a user may wish to decide between more than one manufacturer's teleprotection equipment for use with a separate protection equipment. In an integrated arrangement there will be a lesser requirement for direct comparison of teleprotection equipment designs and therefore the need for the teleprotection performance tests shall be decided between the user and the manufacturer.

In order that a valid comparison is made between designs of teleprotection equipment, it is essential that, for a particular protection scheme, a standard test procedure is adopted. The protection schemes that may be tested are as follows:

- non-segregated phase comparison;
- segregated phase comparison;
- non-segregated longitudinal current differential;
- segregated longitudinal current differential.

In devising a standard test, consideration has been given to making the procedure relatively simple and ensuring that the series of tests can be completed in a reasonable time. Moreover, since this standard is concerned with the performance and testing of tele-

de téléprotection, les essais ont dû être conçus de façon à supprimer, dans la mesure du possible, les autres influences liées au matériel de protection, et notamment les effets dus aux types de défauts, à la charge de la ligne électrique, aux réglages de protection, etc. De plus, les essais ne représentent qu'un compromis par rapport aux conditions réelles de fonctionnement et l'on devra reconnaître que, dans la pratique, les conditions rencontrées peuvent être beaucoup plus contraignantes. Par conséquent, les résultats obtenus devront être considérés comme une base de comparaison des caractéristiques de performances et non comme des chiffres absolus.

5.3.2 *Procédure*

La procédure applicable aux essais proposés est décrite aux paragraphes suivants. Les figures 5 et 6 correspondent aux systèmes de protection à comparaison analogique utilisant des voies de téléprotection analogiques; les figures 7 et 8 correspondent aux systèmes utilisant des voies de téléprotection numériques.

Dans cette norme, les termes «analogique» ou «numérique» utilisés conjointement à l'expression «voie de téléprotection» sont définis à l'article 2.8. Le système de télécommunication peut également être soit analogique, soit numérique.

Cependant, la simulation des systèmes de télécommunication n'entre pas dans le cadre de cette norme, de telle sorte que le bruit ou les erreurs sur les bits doivent être rapportés au type de voie de téléprotection utilisé.

Dans la procédure d'essai proposée, les courants secondaires issus des transformateurs d'intensité sont simulés et ces courants alimentent les bornes du matériel de protection. Les configurations adoptées doivent permettre de faire passer ou de couper les courants afin de simuler des conditions de défaillance. De plus, les courants doivent présenter un certain déphasage aux extrémités du système de protection, afin de simuler des conditions de défaillance à l'intérieur et à l'extérieur de la zone (mesures de fiabilité et mesures de sécurité, respectivement). Le bruit blanc est utilisé pour produire la distorsion du signal ou les taux d'erreur sur les bits dans le chemin de téléprotection, en fonction du type de voie de téléprotection utilisé. Selon l'essai exécuté, on enregistre la mesure du nombre total de défauts appliqués et du nombre de fonctionnements corrects ou incorrects.

Pour contrôler totalement les systèmes de protection sélectifs en phase, la norme prévoit un essai en triphasé.

5.3.3 *Condition de référence*

Pour comparer les performances de matériels de téléprotection, il est nécessaire de fixer une condition de référence ne comportant pas de bruit dans la voie de téléprotection.

Les caractéristiques de déclenchement du système de protection à contrôler dépendent de facteurs tels que l'amplitude du courant, le degré de statisme et la constante de temps de toute composante en courant continu, ainsi que de la dispersion des phases lors de la mise sous tension. Le but des essais étant de déterminer les performances du matériel de téléprotection, pour différents niveaux de bruit ou du taux d'erreur sur les bits, il est essentiel d'éliminer toutes les autres variables et notamment celles énumérées ci-dessus. Par conséquent, des formes d'onde de courant, répétables de façon homogène, doivent être appliquées au matériel de protection dans tous les cas où l'on fait passer le courant de défaut.

protection equipment, the tests have been designed so as to eliminate, as far as possible, other influences from the protection equipment such as the effect of fault types, current magnitude, protection settings, etc. Furthermore, the tests represent only a compromise on actual operating conditions and it should be recognized that more onerous conditions will occur in practical situations. Therefore, the results should be presented as a means of obtaining comparative performance characteristics and not absolute performance.

5.3.2 Procedure

The procedure for the proposed tests is described in the following paragraphs, and reference should be made to figures 5 and 6 for analogue comparison protection systems using analogue teleprotection channels and figures 7 and 8 for those using digital teleprotection channels.

For the purposes of this standard, the terms "analogue" or "digital" in conjunction with "teleprotection channel" are defined in clause 2.8. The telecommunication system may also be either analogue or digital.

However, it is not within the scope of this standard to simulate the telecommunication system, and therefore noise or bit errors shall be related to the type of teleprotection channel in use.

In the proposed test procedure, the secondary line currents from the current transformers are simulated and these are connected to the protection equipment's current terminals. Arrangements shall be made to switch the currents on and off to simulate fault conditions. In addition, the currents shall be phase shifted between the ends of the protection system in order to produce simulated in-zone and out-of-zone fault conditions (dependability measurement and security measurement respectively). White noise is used to produce signal distortion or bit error rates in the teleprotection path depending on the type of teleprotection channel in use. A measurement of the total number of faults applied and the number of correct or incorrect operations is recorded subject to which test is being carried out.

In order to test segregated protection completely, a three-phase test is proposed as standard.

5.3.3 Reference condition

For the purpose of comparing teleprotection equipment performance, it is necessary to establish a reference condition without noise in the teleprotection channel.

The tripping characteristics of the protection system to be tested will be affected by such factors as the current magnitude, the degree of offset and time constant of any d.c. component in the current, and scatter between the phases when the current is switched on. Since the purpose of the tests is to establish the performance of the teleprotection equipment, with varying levels of noise or bit error rates, it is vital to eliminate other variables such as those listed above. Therefore consistently repeatable current waveforms shall be applied to the protection equipment whenever the fault current is switched on.

La condition de référence doit être obtenue en faisant passer un courant triphasé de la valeur zéro à la valeur $2 I_N$, si I_N représente le courant nominal du matériel. On augmente progressivement le déphasage entre les courants I_A et I_B pour le faire passer de 0° jusqu'à la valeur où se produit le déclenchement dans plus de 50 % des cas où le courant de défaut est appliqué. Il est nécessaire d'adopter ce critère car le déclenchement sera marginal pour la valeur seuil. L'angle de phase auquel le déclenchement commence à se produire doit être noté. Il y sera fait référence sous la dénomination angle θ .

Pour les mesures de fiabilité, le courant d'essai doit être fixé selon une marge de phase déterminée, supérieure à la valeur de référence; pour les essais de sécurité, le courant d'essai doit être fixé selon une marge de phase déterminée, inférieure à la valeur de référence. Cela permet d'obtenir des marges de phase standard, quelle que soit la conception du système et d'en déduire des résultats comparables correspondant à différents types de matériels. Les déphasages standards sont indiqués à la figure 3.

5.3.4 Commande, surveillance et réglage du courant

Pour les besoins des essais de sécurité, un courant établi de façon permanente aurait pu être choisi mais cela aurait impliqué d'avoir recours artificiellement à des relais de verrouillage ou à des mises en route dans certains dispositifs de protection. D'autre part, certains dispositifs de protection bloquent l'émetteur ou le récepteur après un retard donné lors de l'émission continue du signal de téléprotection. Compte tenu de ces considérations, il est proposé d'utiliser des courants commutés aussi bien pour les essais de fiabilité que pour les essais de sécurité.

Des courants triphasés symétriques doivent être appliqués par l'intermédiaire d'un matériel de commande en courant alternatif, activé par un générateur d'impulsions. Les courants doivent passer de la valeur zéro aux valeurs d'amplitude et de phase indiquées à la figure 3 dans les conditions d'essai appropriées. Un courant d'essai égal à $2 I_N$, c'est-à-dire identique à celui de la condition de référence, a été choisi pour simuler une perturbation moyenne. Des marges de phase de -30° et $+90^\circ$ ont été choisies pour représenter les conditions presque idéales d'essai, respectivement, en phase et en opposition de phase, applicables aux types de matériels les plus courants.

Comme indiqué en 5.3.3, le dispositif de commande du courant doit produire des formes d'onde répétibles. Pour mesurer cette répétibilité, on doit enregistrer le temps de fonctionnement du système de protection ainsi que les courants et les réglages correspondants, tels qu'indiqués pour l'essai de fiabilité représenté à la figure 3, mais sans appliquer de bruit sur la voie de téléprotection. Ce temps de fonctionnement initial du système de protection (T_{pin}) doit pouvoir se répéter à 1 ms à 2 ms près si la commande de courant est correcte. Il est utile que T_{pin} représente une durée médiane de fonctionnement du système de protection soumis à l'essai, et une valeur différente de T_{pin} peut être fixée en ajustant, par exemple, le point de l'onde auquel se produit la commutation du courant. Cependant, une fois choisi, ce point doit être conservé pendant tous les essais ultérieurs.

Dans l'essai de fiabilité, le générateur d'impulsions mentionné précédemment doit fournir une sortie utilisable par le «totalisateur» pour obtenir un enregistrement du nombre total de courants de défaut appliqués (N_T). Une autre sortie du générateur d'impulsions doit être connectée pour ouvrir la fenêtre du compteur de «tranches de temps». Un compteur (N_R) s'incrémente si le signal de sortie déclenchant le matériel de protection est reçu dans un temps acceptable (T_{pac}).

The reference condition shall be obtained by switching a three-phase current from zero to $2 I_N$, where I_N is the rated current of the equipment. The phase angle between the currents I_A and I_B shall be gradually increased from zero degrees until tripping occurs for greater than 50 % of occasions that fault current is applied. It is necessary to adopt this criterion since tripping will be marginal at the threshold. The angle at which tripping just occurs shall be noted and is referred to as θ .

For dependability measurements the test current shall be set at a specified phase angle margin above the reference value and for security tests the test current shall be set at a specified phase angle margin below the reference value. This will produce standardized phase angle margins irrespective of the particular design, and shall be used to derive comparable results for different equipments. The standard phase angles are given in figure 3.

5.3.4 *Current control, monitoring and settings*

A continuous steady-state current could have been specified for security tests. However, this would have resulted in the requirement to artificially operate, for example, check relays or starters in some protection schemes. Furthermore, some protection schemes block the transmitter or receiver after a built-in time delay as a result of continuous transmission of the teleprotection signal. As a result of these considerations, switched currents are proposed for both dependability and security tests.

Symmetrical three-phase currents shall be applied via a.c. current control equipment, which is enabled via a pulse generator. The test currents shall be switched from zero to the magnitude and phase angle, given in figure 3 for the appropriate test condition. A test current of $2 I_N$, i.e. the same as in the reference condition, has been chosen so as to simulate a medium fault condition. The phase angle margins of -30° and $+90^\circ$ have been chosen to reflect as near ideal in-phase and anti-phase test conditions respectively, for the most commonly used type of equipment.

As explained in 5.3.3, the current control equipment shall produce repeatable current waveforms. As a measure of this repeatability, the protection operating time, with currents and settings as given for the dependability test in figure 3 but without the application of noise to the teleprotection channel, shall be recorded. This initial protection operating time (T_{pin}) should be repeatable within 1 ms to 2 ms if the current control is correct. It is advantageous if T_{pin} represents a median operating time for the protection system being tested and it may be possible to arrange for a different value of T_{pin} by adjusting, for example, the point on wave of current switching. Once selected, however, the point on wave must remain fixed for all further testing.

For the dependability test, the pulse generator, referred to previously, shall provide an output to the "total counter" to provide a record of the total number of applied faults (N_T). Another output from the pulse generator shall be connected to open the window of the "time slot" counter. A count (N_R) is completed if the tripping output from the protection equipment is received within an acceptable operating time (T_{pac}).

Au cours de l'essai de sécurité, le générateur d'impulsions déclenche le «totalisateur» (N_T). Un autre compteur doit être connecté au matériel de protection pour surveiller le nombre de commandes intempestives de déclenchement (N_{uc}).

Dans les systèmes sélectifs dans lesquels chaque phase donne lieu à des signaux de déclenchement séparés, une combinaison doit permettre de produire un signal unique à destination du compteur correspondant.

Les systèmes à comparaison de phase utilisent généralement un dispositif de mise en route. Pour minimiser l'effet du temps de fonctionnement de la mise en route sur les mesures de fiabilité et de sécurité, le seuil haut de la mise en route doit être réglé de telle sorte que le courant appliqué représente au moins quatre fois sa valeur ($2 I_N > 4 \times \text{courant de seuil haut}$).

Dans un système à courant différentiel, le réglage adopté influencera vraisemblablement l'angle de phase auquel le déclenchement se produira. On a donc intérêt à adopter un réglage fixe du courant différentiel applicable à tous les matériels, et on a choisi la valeur I_N . En cas de défaut à l'intérieur de la zone protégée, avec un déphasage de 180° entre les courants, on obtient un courant différentiel égal à quatre fois le niveau du réglage.

5.3.5 Application du bruit à la voie de téléprotection

Système analogique

Un bruit blanc sera appliqué à la voie de téléprotection au cours des essais de fiabilité et de sécurité. Ce bruit blanc est choisi de manière à pouvoir être appliqué soudainement, et de façon répétée. Dans la pratique, le bruit est généralement de type impulsionnel, tel que les salves produites par les sectionneurs haute tension. Par conséquent, les résultats des essais dans lesquels un bruit blanc est utilisé ne seront pas nécessairement représentatifs des performances du matériel sur site.

Pour les mesures de fiabilité, il est préférable d'appliquer à la voie de téléprotection un bruit blanc continu, comme indiqué à la figure 5. Cependant, lorsque les circuits de détection de bruit ou de contrôle de voie sont activés de façon permanente par le bruit et que cela a un effet sur la mesure de fiabilité, il convient d'utiliser un bruit impulsionnel plutôt qu'un bruit continu. Les impulsions de bruit peuvent être produites en activant et en interrompant alternativement le bruit blanc au moyen d'une porte commandée par le générateur d'impulsions contrôlant le courant alternatif pour l'application de défauts.

Pour les mesures de sécurité, il faut utiliser un bruit impulsionnel, comme indiqué à la figure 6, pour les raisons suivantes:

- a) des salves de bruit apparaissent fréquemment dans les systèmes de signalisation analogiques, en particulier dans les liaisons à courant porteur sur ligne d'énergie (CPL);
- b) les dispositifs de verrouillage de bruit, utilisés dans certains systèmes de téléprotection, peuvent provoquer une inhibition permanente du signal de déclenchement, en présence d'un bruit continu.

En raison de l'effet des dispositifs de mise en route, l'intervalle de temps séparant l'alimentation en courant alternatif du démarrage de l'impulsion de bruit peut avoir une

For the security test, the pulse generator similarly initiates the "total counter" (N_T). Another counter shall be connected to the protection equipment to monitor the number of unwanted tripping commands (N_{uc}).

In segregated systems where separate tripping outputs from each individual phase are available, they shall be combined to produce a single signal to the respective counter.

In a phase comparison system, starting equipment is commonly employed. In order to minimize the effect of starter operating time on the dependability and security measurements, the high set starter shall be set such that the applied current represents at least four times its setting (i.e. $2 I_N > 4 \times \text{high set current setting}$).

In a current differential system, it is likely that the differential current setting will affect the phase angle at which tripping occurs. It is therefore advantageous to adopt a fixed differential current-setting for all equipments and a value of I_N has been chosen. For a fault that is within the protected zone and with 180° phase displacement between the currents, a differential current of four times the setting will result.

5.3.5 Application of noise to teleprotection channel

Analogue system

White noise shall be applied to the teleprotection channel for both dependability and security tests. White noise has been chosen as it can be readily and repeatedly applied. In practice, noise is commonly of an impulsive nature, such as noise bursts produced by high voltage disconnectors, and as a consequence the test results using white noise will not necessarily be representative of *in situ* performance.

For dependability measurements, it is preferred that continuous white noise is applied to the teleprotection channel as shown in figure 5. However, where noise detection or channel supervision circuits are permanently operated by the noise, and where this has an effect on the dependability measurement, then pulses of noise should be used instead of continuous noise. Pulsed noise can be produced by switching the white noise on and off via a gate which is controlled by the pulse generator controlling the a.c. current for fault application.

For security measurements, pulsed noise shall be used as shown in figure 6. Pulsing the noise for security measurements is considered necessary for the following reasons:

- a) burst noise commonly occurs in analogue signalling systems, e.g. on PLC links;
- b) noise blocking devices, used in some teleprotection schemes, could result in continuous inhibition of the tripping signal in the presence of continuous noise.

Due to the effect of starting devices, the time relationship between switching on the a.c. current and the beginning of the noise pulse may influence the results. For ease of testing

influence sur les résultats. Pour faciliter l'essai, les impulsions de bruit doivent commencer en même temps que l'alimentation en courant alternatif, ce qui revient à dire que la commande du courant et le déclenchement du bruit doivent être contrôlés par le même générateur d'impulsions.

L'application du bruit peut être réalisée par un simple réseau d'adaptation d'impédance bien étudié.

Le spectre de bruit doit couvrir la gamme de fréquences de toutes les voies essayées. Sauf disposition contraire, le bruit utilisé doit présenter une largeur de bande de référence de 4 kHz. Les mesures de bruit ne doivent pas être pondérées.

Dans le cas de systèmes phase par phase, utilisant plus d'une voie, le bruit doit être injecté dans toutes les voies et la ou les puissances de signal utilisées pour calculer le rapport signal/bruit doivent correspondre à la somme des puissances de signal de toutes les voies.

Système numérique

Dans un système numérique, le taux d'erreur sur les bits est utilisé à la place du rapport signal/bruit pour mesurer la qualité d'une voie. Pour les essais de fiabilité et de sécurité, il est préférable d'utiliser des taux d'erreur aléatoires sur les bits de façon continue. Cette approche est adoptée pour les raisons suivantes:

- a) le récepteur de téléprotection numérique analyse les messages individuels pour détecter les erreurs sur les bits. Par conséquent, le signal de déclenchement a peu de chances de se bloquer, sauf si le taux d'erreur atteint est très élevé;
- b) il est souvent difficile d'introduire les erreurs sur les bits dans la voie de transmission numérique.

Cependant, lorsqu'un système de surveillance des taux d'erreur est utilisé et que celui-ci bloque le circuit de déclenchement dans le cas où les taux atteints dépassent une certaine limite, il peut être plus rationnel d'utiliser, dans la mesure du possible, une salve d'erreurs sur les bits, dont le déclenchement est synchrone avec la commutation de l'alimentation en courant alternatif.

Des erreurs de bit variables doivent être introduites dans la voie d'émission utilisées par le système de téléprotection, comme indiqué aux figures 7 et 8.

Les propriétés statistiques de la voie de signalisation numérique perturbée doivent correspondre à celles du modèle de voie binaire symétrique (VBS, voir annexe B), c'est-à-dire à l'équivalent numérique d'une voie de signalisation analogique perturbée par un bruit blanc. Les erreurs sur les bits associées à ces propriétés peuvent être introduites en injectant un bruit blanc à l'entrée de l'équipement terminal du système de télécommunication utilisé.

Dans le cas de systèmes phase par phase utilisant plus d'une voie, un taux d'erreur égal doit être introduit dans toutes les voies.

5.3.6 Fiabilité

Le bruit ou les erreurs sur les bits peuvent perturber un système de téléprotection en provoquant une distorsion de la quantité analogique reçue, ce qui a pour effet de retarder ou de faire obstacle à une commande envoyée par le système de comparaison.

the noise pulse shall begin at the same instant as the a.c. current is switched on, i.e. current control and switching of the noise shall be controlled by the same pulse generator.

Application of the noise may be simply achieved via an appropriately designed impedance matching network.

The noise spectrum shall cover the frequency range of all channels tested. Unless otherwise specified, a 4 kHz noise reference bandwidth shall be used. All noise measurements shall be unweighted.

For segregated systems, where more than one channel is employed, noise shall be introduced into all channels and the signal power(s) used to calculate the signal-to-noise ratio shall be the sum of the signal powers of all the channels.

Digital system

In a digital system bit error rate (BER) is used instead of signal-to-noise ratio as a measure of channel quality. For both dependability and security tests it is preferred that continuously random bit errors are used. This approach is chosen for the following reasons:

- a) the digital teleprotection receiver analyses individual messages for the existence of bit errors and therefore blocking of the tripping signal will be unlikely to occur except at very high error rates;
- b) it is often difficult to gate bit errors into the digital transmission path.

However, where error rate monitoring is used and this blocks the tripping circuit at high bit error rates, then it may be more appropriate to use burst of bit errors, gated simultaneously with the a.c. current switching, if this is feasible.

Variable bit errors shall be introduced into the transmission path used by the teleprotection system as shown in figures 7 and 8.

The statistical properties of the disturbed digital signalling channel shall correspond to those of the binary symmetric channel model (BSC, see annex B), i.e. the digital equivalent of an analogue signalling channel disturbed by white noise. Bit errors with these properties may be introduced by injecting white noise into the input of the line terminal of the telecommunication system used.

For segregated systems, where more than one channel is employed, an equal error rate shall be introduced into all channels.

5.3.6 Dependability

Noise or bit errors may disturb a teleprotection system by distorting the received analogue quantity delaying or preventing a command from the comparison system.

Il est donc important de tester le récepteur en présence de bruit ou de bits erronés sur la voie. Le bruit ou les bits erronés sur la voie peuvent accroître le temps de fonctionnement du système de protection T_p . Il faut donc préciser un temps de fonctionnement admissible (T_{pac}) dans les cas où la voie est perturbée. Les variations de la fiabilité en fonction du rapport signal/bruit ou du taux d'erreur sur les bits doivent être mesurées en comparant le nombre de commandes fournies par le système de comparaison dans le temps de fonctionnement admissible (T_{pac}) au nombre de défauts appliqués par le matériel de commande en courant alternatif.

La fiabilité est déterminée à partir de la probabilité de commande défailante P_{Mc} . Pour mesurer cette probabilité, on applique un certain nombre de défauts et l'on compte le nombre de commandes fournies par le système de comparaison. La valeur estimée de P_{Mc} prend alors la forme suivante:

$$P_{Mc} \approx \frac{N_T - N_R}{N_T} = 1 - \frac{N_R}{N_T}$$

où

N_T est le nombre total de défauts appliqués;

N_R est le nombre de commandes valides fournies dans le temps T_{pac} .

La fiabilité est alors donnée par:

$$1 - P_{Mc}$$

Pour obtenir une mesure statistiquement valable, il convient d'appliquer un nombre suffisant de défauts. Pour des raisons pratiques, on ne peut espérer appliquer plus de 10^5 défauts.

Les mesures de fiabilité effectuées pour différentes valeurs du temps de fonctionnement admissible du système de protection (T_{pac}) permettent d'obtenir une série de courbes semblables à celles présentées à la figure 4.

Chaque défaut doit avoir une durée minimale compatible avec le temps de fonctionnement admissible T_{pac} . L'intervalle de temps séparant deux défauts consécutifs doit être suffisant pour permettre le rétablissement des systèmes de protection et de téléprotection. Il est recommandé d'employer une durée de défaut de 400 ms et un temps de rétablissement de 600 ms mais, si nécessaire, d'autres valeurs peuvent être utilisées. Les commandes valides transmises par le système de comparaison doivent avoir une durée minimale fixée, par exemple, à 10 ms.

Les dispositifs de verrouillage du bruit ou des erreurs présents dans le récepteur ont un impact sur la fiabilité lorsque les niveaux de perturbations sont élevés. Il serait intéressant d'évaluer cet impact et, par conséquent, d'effectuer des mesures de fiabilité avec le système de verrouillage en et hors service. Au lieu de mettre le dispositif de verrouillage hors service, on peut également exécuter l'essai en utilisant des salves de bruit ou des salves d'erreurs sur les bits.

Les courbes doivent couvrir, au minimum, une gamme de T_{pac} allant de $1 T_{pin}$ à $5 T_{pin}$, où T_{pin} représente le temps de fonctionnement initial en l'absence de bruit.

It is therefore important to test the receiver in the presence of noise or bit errors on the channel. Noise or bit errors on the channel may increase the protection operating time T_p . Thus an acceptable protection operating time under disturbed channel conditions (T_{pac}) shall be specified. Dependability versus signal-to-noise ratio or BER shall be measured by comparing the number of commands delivered from the comparison system within an acceptable protection operating time (T_{pac}) with the number of faults applied by the a.c. current control equipment.

The dependability is determined from the probability of a missing command P_{Mc} . To measure this probability, a number of faults are applied and the number of command delivered from the comparison system are counted. The estimated value of P_{Mc} can then be stated as:

$$P_{Mc} \approx \frac{N_T - N_R}{N_T} = 1 - \frac{N_R}{N_T}$$

where

N_T is the total number of faults applied;

N_R is the number of valid commands delivered within T_{pac} .

The dependability is then given by:

$$1 - P_{Mc}$$

To give a statistically relevant measurement, it is necessary to apply a sufficient number of faults. For practical reasons it is not expected that more than 10^5 faults will be applied.

When measuring the dependability for various values of acceptable protection operating times (T_{pac}) a family of curves similar to those given in figure 4 will be obtained.

Each fault shall have a minimum duration consistent with the maximum of T_{pac} . The interval between successive faults shall be sufficient to allow the protection and the tele-protection systems to recover. A fault duration of 400 ms and a recovery time between faults of 600 ms are recommended, but, if required, other values may be used. Valid commands from the comparison system shall have a specified minimum duration, for example, 10 ms.

Noise or error blocking devices in the receiver will influence the dependability for high disturbance levels. It would be of interest to see this influence and therefore the dependability with and without the blocking device in action should be measured. Alternatively, instead of deactivating the blocking device, the test can be carried out with noise bursts or bit error bursts.

The curves shall at least be given in the range from $T_{pac} = T_{pin}$ to $T_{pac} = 5 T_{pin}$, where T_{pin} is the initial protection operating time without noise.

Système analogique

Un bruit blanc continu ayant une largeur de bande déterminée (4 kHz de préférence) doit être utilisé. Il est recommandé d'exécuter un essai similaire à celui représenté à la figure 5.

Dans un système analogique, la fiabilité peut être mesurée pour deux niveaux différents de réception:

- a) au niveau nominal de signal à l'entrée du récepteur;
- b) au niveau nominal de signal à l'entrée du récepteur, mais en augmentant soudainement l'affaiblissement de la ligne de 10 dB (un rapport signal/bruit acceptable étant maintenu) quand un défaut est envoyé. Cet essai peut ne pas être nécessaire dans les applications autres que les CPL. Il convient que cet essai fasse l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fabricant.

Système numérique

Il convient d'utiliser des erreurs de bit aléatoires de façon continue. La procédure d'essai recommandée est celle décrite à la figure 7.

Dans un système numérique, la probabilité de commande défaillante peut être inférieure à 1 sur 10^5 , même pour des taux d'erreur sur les bits très élevés. On devra s'efforcer d'obtenir des résultats à partir d'essais réels. Cependant, si cela est irréalisable en raison du temps très long nécessaire pour enregistrer une faible probabilité, les courbes peuvent être extrapolées à partir des résultats calculés.

5.3.7 Sécurité

Système analogique

Dans un environnement analogique, la perturbation la plus sévère pour un système de téléprotection consiste à appliquer des salves de bruit impulsionnel. A la place on utilisera des salves de bruit blanc pour les tests de sécurité.

On détermine la sécurité à partir de la probabilité de commande intempestive P_{uc} . Pour mesurer cette probabilité, on applique un certain nombre de salves de défauts ou de bruits et l'on compte le nombre de commandes fournies par le système à comparaison. P_{uc} peut alors s'estimer de la manière suivante:

$$P_{uc} \approx \frac{N_{uc}}{N_T}$$

où

N_T est le nombre total de salves de défauts ou de bruits appliquées;

N_{uc} est le nombre de commandes intempestives fournies.

La sécurité est donnée par la formule:

$$1 - P_{uc}$$

Analogue system

Continuous white noise with a specified noise bandwidth (preferably 4 kHz) shall be used. A test set-up similar to that of figure 5 is recommended.

In an analogue system the dependability may be measured at two different receive levels:

- a) with nominal signal level at the receiver input;
- b) with nominal signal level at the receiver input, but with the line attenuation suddenly increased by 10 dB (provided an acceptable signal-to-noise ratio is maintained) when the fault is applied. This test may not be required in applications other than PLC. This test should be subject to agreement between user and manufacturer.

Digital system

Continuous random bit errors shall be used. A test set-up similar to figure 7 is recommended.

In a digital system the probability of a missing command may be less than 1 in 10^5 even for quite high bit error rates. The emphasis should be to provide results from actual tests, although if this is impracticable, because of the long time taken to record a low probability, then the curves should be extrapolated with calculated results.

5.3.7 Security*Analogue system*

In an analogue environment the most serious disturbance for a teleprotection system is bursts of impulsive noise. Bursts of white noise are used instead for security testing.

The security is determined from the probability of an unwanted command P_{uc} . To measure this probability, a number of faults/noise bursts are applied and the number of commands delivered from the comparison system is counted. The estimated value of P_{uc} can then be stated as:

$$P_{uc} \approx \frac{N_{uc}}{N_T}$$

where

N_T is the total number of faults/noise bursts applied;

N_{uc} is the number of unwanted commands delivered.

The security is given by:

$$1 - P_{uc}$$

Pour obtenir une mesure statistiquement valable, il convient d'appliquer un nombre suffisant de défauts ou de salves. Pour des raisons pratiques, on ne pourra espérer appliquer plus de 10^6 défauts/salves.

Pour les mesures de sécurité, il est recommandé d'utiliser un montage d'essais semblable à celui représenté à la figure 6.

Il convient d'enregistrer les mesures de P_{uc} en fonction du rapport signal/bruit. Un exemple de caractéristique est donné à la figure 9.

La durée de défaut ou de salve et l'intervalle de temps séparant deux défauts ou salves consécutifs doivent prendre en compte l'effet des dispositifs de mise en route et de verrouillage du bruit, ainsi que le temps de rétablissement des systèmes de protection et de téléprotection. Il est recommandé d'utiliser une durée de défaut ou de salve de 400 ms et un intervalle de temps de 600 ms entre deux défauts ou salves consécutifs. D'autres valeurs peuvent être utilisées, si nécessaire. La synchronisation choisie devra tenir compte de la durée globale de l'essai qui risque d'être excessive dans le cas de probabilités faibles.

On ne compte qu'une commande intempestive par salve et seulement si sa durée dépasse une certaine valeur fixée, par exemple à 5 ms.

Lorsque des dispositifs de blocage du bruit sont utilisés dans le récepteur, on obtiendra une autre caractéristique. Selon le réglage du dispositif de blocage, la mesure d'une caractéristique réelle peut prendre du temps, la valeur mesurée de P_{uc} étant très faible.

La probabilité de commande intempestive doit être mesurée pour le niveau de réception nominal.

Système numérique

Dans les systèmes numériques, des perturbations continues et impulsionnelles peuvent se produire pour différentes raisons, par exemple une augmentation du bruit provenant des différentes composantes du système, une perte définitive ou temporaire du signal due à un traitement défaillant, des interférences électromagnétiques, une perte définitive ou temporaire de la synchronisation, des phénomènes d'affaiblissement du signal, d'évanouissement, etc. L'expérience mettra en lumière le type de perturbation affectant la sécurité d'un système de téléprotection dans un environnement numérique.

En plus de l'application de façon continue d'erreurs aléatoires sur les bits, il faut exécuter un essai complémentaire consistant à interrompre soudainement la voie de transmission. Cet essai est nécessaire pour évaluer le comportement transitoire du système de signalisation numérique.

a) Essai de sécurité avec erreurs entretenues sur les bits

On évalue la sécurité, ou la probabilité de commande intempestive (P_{uc}) en enregistrant le nombre de défauts appliqués et le nombre de commandes intempestives fournies par le système à comparaison. La valeur estimée de P_{uc} peut s'écrire:

To give a statistically relevant measurement, it is necessary to apply a sufficient number of faults/bursts. For practical reasons, it is not expected that more than 10^6 faults/bursts will be applied.

For measuring the security a test set-up similar to that of figure 6 is recommended.

Measurements of P_{uc} should be recorded as a function of the signal-to-noise ratio. An example of a characteristic is given in figure 9.

The fault/burst duration and interval between faults/bursts shall take into account the effect of starters and noise blocking devices as well as the recovery time of the protection and teleprotection systems. A value of 400 ms for the fault/burst duration and 600 ms between faults/bursts is recommended. Other values may be used if required. The choice of timing should take into account the overall testing time which could become unacceptably long for low probability values.

Only one unwanted command per burst shall be counted and only if its duration is longer than a specified time, for example 5 ms.

When using noise blocking devices in the receiver, another characteristic will be obtained. Depending on the settings of the blocking device, it may be time consuming to measure an actual characteristic, because the measured P_{uc} will be very low.

The probability of unwanted command shall be measured at nominal receive level.

Digital system

In digital systems both continuous and impulsive disturbances can occur for various reasons, for example increased noise from system components, complete or temporary loss of signal due to faulty processing, electromagnetic interference, complete or temporary loss of synchronization, attenuation, fading etc. Experience will reveal the type of disturbance that affects the security of a teleprotection system in a digital environment.

In addition to applying continuous random bit errors an additional test in which the signalling channel is suddenly interrupted shall be carried out. This latter test is deemed necessary in order to assess the transient behaviour of the digital signalling system.

a) Security test with continuous bit errors

Security, or the probability of an unwanted command (P_{uc}) is assessed by recording the number of faults that are applied and the number of unwanted commands that occur from the comparison system. The estimated value of P_{uc} can be stated as:

$$P_{uc} \approx \frac{N_{uc}}{N_T}$$

où

N_T est le nombre total de salves de défauts ou de bruits appliquées;

N_{uc} est le nombre de commandes intempestives fournies.

La sécurité est donnée par la formule:

$$1 - P_{uc}$$

Pour obtenir une mesure statistiquement valable, il convient d'appliquer un nombre suffisant de défauts. Pour des raisons pratiques, on ne pourra espérer appliquer plus de 10^6 défauts.

Dans un système numérique, la probabilité de commande intempestive peut être inférieure à 1 sur 10^6 , même pour des taux d'erreurs sur les bits très élevés. On doit s'efforcer d'obtenir des résultats à partir d'essais réels. Cependant, si cela est irréalisable en raison du temps très long nécessaire pour enregistrer une faible probabilité, les courbes peuvent être extrapolées à partir des résultats calculés.

Pour mesurer la sécurité, il est recommandé d'utiliser un montage semblable à celui représenté à la figure 8.

Il convient que les mesures ou les calculs de P_{uc} soient enregistrés en fonction du taux d'erreur sur les bits. Un exemple de courbe calculée correspondant à un système de protection différentielle est présenté à la figure 10.

Il est recommandé d'utiliser une durée de défaut de 400 ms et un intervalle de temps de 600 ms entre deux défauts consécutifs. D'autres valeurs peuvent être employées, si nécessaire. La synchronisation doit tenir compte de la durée globale de l'essai qui peut devenir excessive dans les cas de probabilité faible.

Une seule commande intempestive doit être comptée par impulsion de courant alternatif et seulement si sa durée est supérieure à une valeur précisée, par exemple 5 ms.

En règle générale, le récepteur est doté d'un circuit de détection d'erreurs normalement conçu pour verrouiller le circuit de déclenchement. Selon le réglage adopté, la mesure d'une caractéristique réelle peut nécessiter un temps considérable, la valeur mesurée P_{uc} étant très faible. Pour éviter un verrouillage permanent dû aux erreurs continues sur les bits, le système de sécurité peut être essayé en mettant hors service le circuit de verrouillage, ou en utilisant des salves d'erreurs sur les bits.

b) Essai de sécurité avec interruption soudaine du signal

Toute interruption soudaine du signal sur la liaison de télécommunication doit, avec un certain retard, déclencher une alarme et verrouiller la sortie de commandes. Cependant, dans l'intervalle de temps s'écoulant avant la mise en place du verrouillage, un taux d'erreur sur les bits de 0,5 est à prévoir.

C'est la raison pour laquelle il faut exécuter un essai supplémentaire, comportant un grand nombre d'interruptions soudaines du signal sur la liaison de télécommunication.

Les interruptions doivent être appliquées sur la voie non perturbée pendant des impulsions en courant alternatif, en entrée du relais, selon la procédure décrite en 5.3.5.

Aucune commande intempestive d'une durée supérieure à une valeur limite, fixée à par exemple 5 ms, ne doit se produire au cours de l'essai, à la sortie du système de protection à comparaison.

$$P_{uc} \approx \frac{N_{uc}}{N_T}$$

where

N_T is the total number of faults applied;

N_{uc} is the number of unwanted commands delivered.

The security is given by:

$$1 - P_{uc}$$

To give a statistically relevant measurement, it is necessary to apply a sufficient number of faults. For practical reasons it is not expected that more than 10^6 faults will be carried out.

In a digital system the probability of an unwanted command may be less than 1 in 10^6 even for quite high bit error rates. The emphasis should be to provide results from actual tests, although if it is impracticable, because of the long time taken to record a low probability, then the curves should be extrapolated with calculated results.

For measuring security a test set-up similar to that of figure 8 is recommended.

Measurements or calculation of P_{uc} should be recorded as a function of the bit error rate. An example of a calculated curve for a current differential protection system is shown in figure 10.

A fault duration of 400 ms and an interval between faults of 600 ms is recommended. Other values may be used if required. The choice of timing shall take into account the overall testing time which may become unacceptably long for low probability values.

Only one unwanted command per a.c. current pulse shall be counted and only if its duration is longer than a specified time, for example 5 ms.

Normally an error detecting circuit is used in the receiver and this is usually arranged to block the tripping circuit. Depending on its setting, it may be time consuming to measure an actual characteristic because the measured value of P_{uc} will be very low. To avoid permanent blocking by continuous bit errors, security testing may be performed without the blocking circuit in action or, alternatively, with bit error bursts.

b) Security test with sudden signal interruption

A sudden interruption of the signal on the telecommunication link must, with a certain delay, raise an alarm and block the command output. However, in the time window before this blocking action takes place, a bit error rate of 0,5 has to be expected.

An additional test with a number of sudden interruptions of the signal on the telecommunication link shall therefore be carried out.

The interruptions shall be applied on the undisturbed channel during a.c. current pulses at the relay input as defined in 5.3.5.

No unwanted command longer than a certain minimum duration, for example 5 ms, shall occur during this test at the output of the comparison system.

Il y a lieu que les essais de sécurité réalisés dans des environnements analogique et numérique soient fixés d'un commun accord par l'utilisateur et le fabricant.

5.4 Contrôle des fonctions d'alarme

Une alarme externe doit être émise quand le matériel de téléprotection ne peut pas fonctionner correctement.

On contrôle sur le matériel que l'alarme fonctionne correctement. Une alarme doit être émise dans les cas suivants:

- a) quand le signal reçu est coupé pendant une durée déterminée spécifiée par le constructeur (quelques secondes);
- b) quand un bruit excessif bloque le récepteur pendant une durée supérieure à une valeur précisée par le constructeur (quelques secondes);
- c) quand le constructeur a indiqué d'autres cas (défaillance de l'émetteur par exemple). Le fonctionnement de l'alarme doit être essayé dans ces cas.

The security tests in both analogue and digital environments should be subject to agreement between user and manufacturer.

5.4 Checking alarm functions

When the teleprotection equipment is unable to operate correctly, an external alarm shall be given.

The equipment shall be checked to see if the alarm is operating correctly. An alarm shall be given when:

- a) the received signal is cut off for a specified time given by the manufacturer (some seconds);
- b) heavy noise blocks the receiver for a time longer than a specified time given by the manufacturer (some seconds);
- c) the manufacturer may specify other situations (e.g. transmitter failure) where an alarm shall be given. For these situations the function of the alarm shall also be tested.

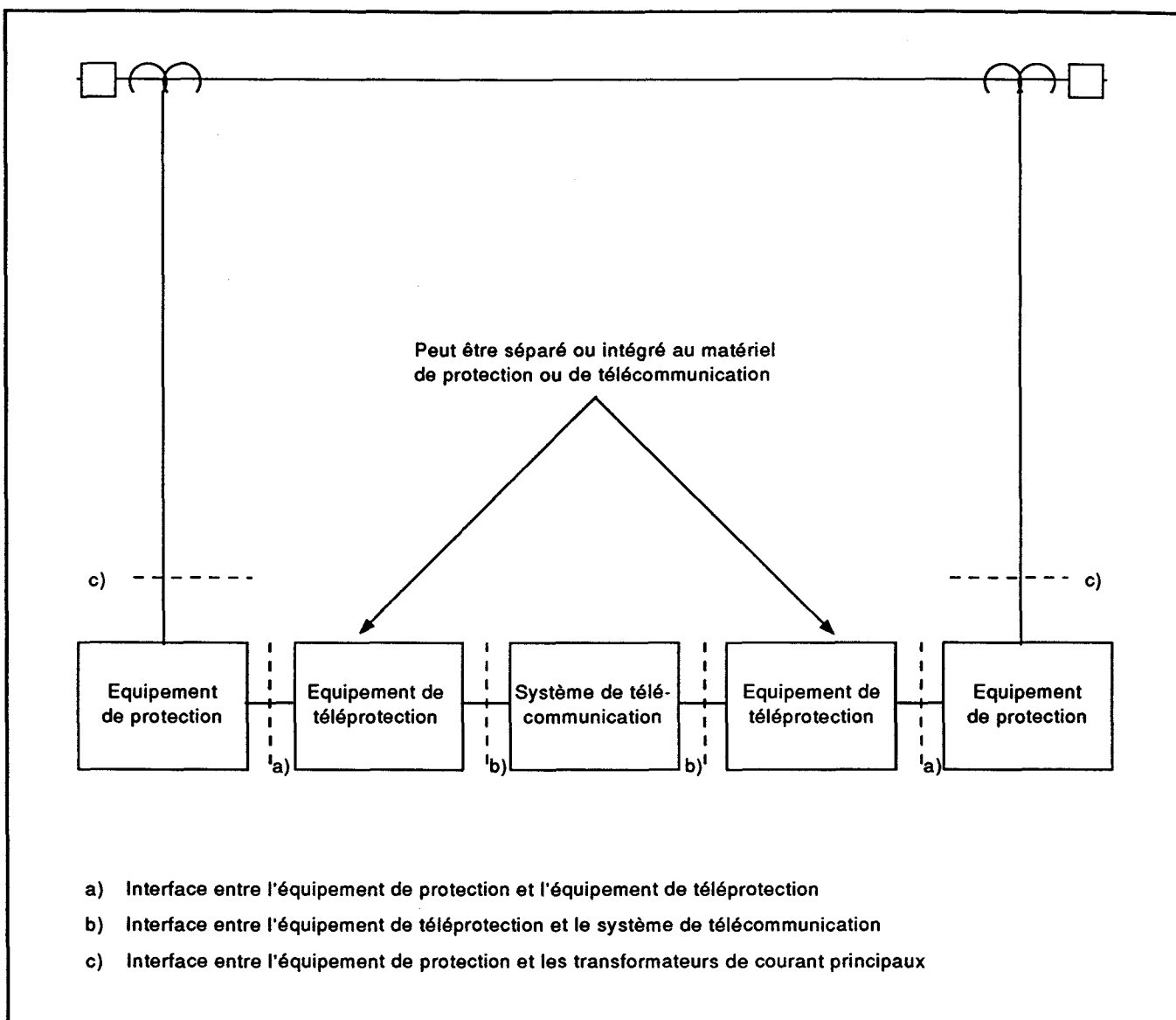


Figure 1 – Configuration d'un système de protection à comparaison analogique

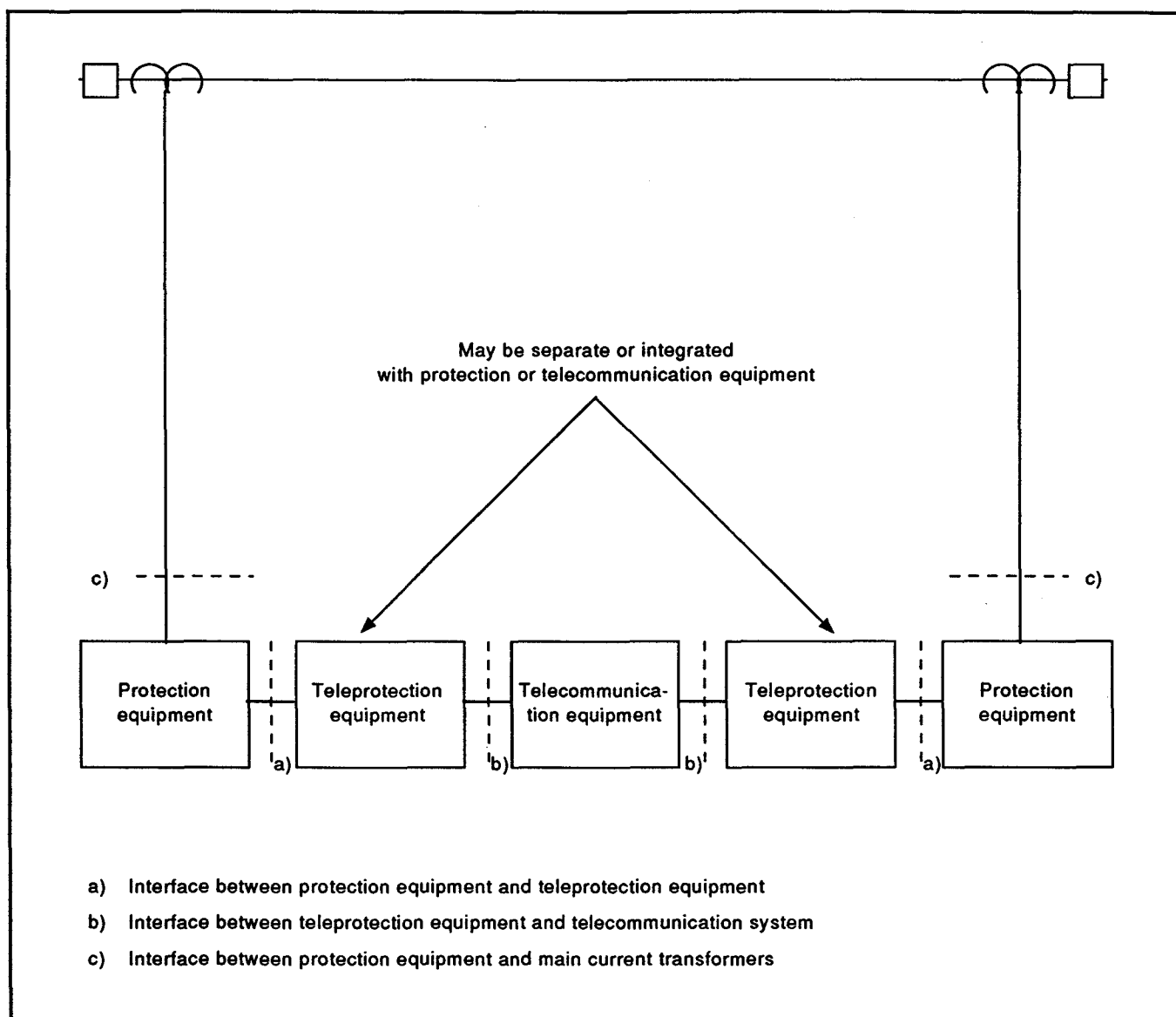
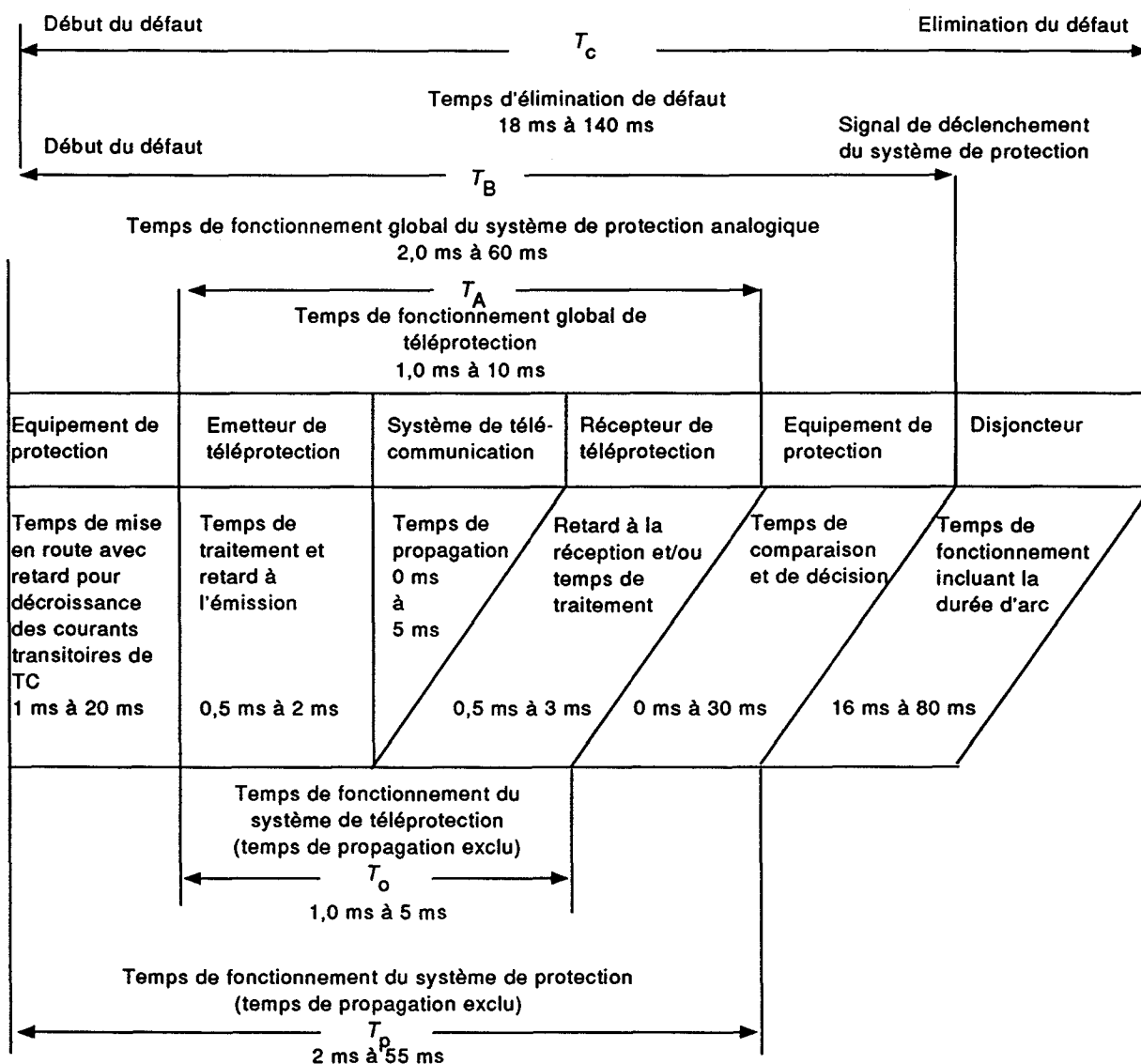
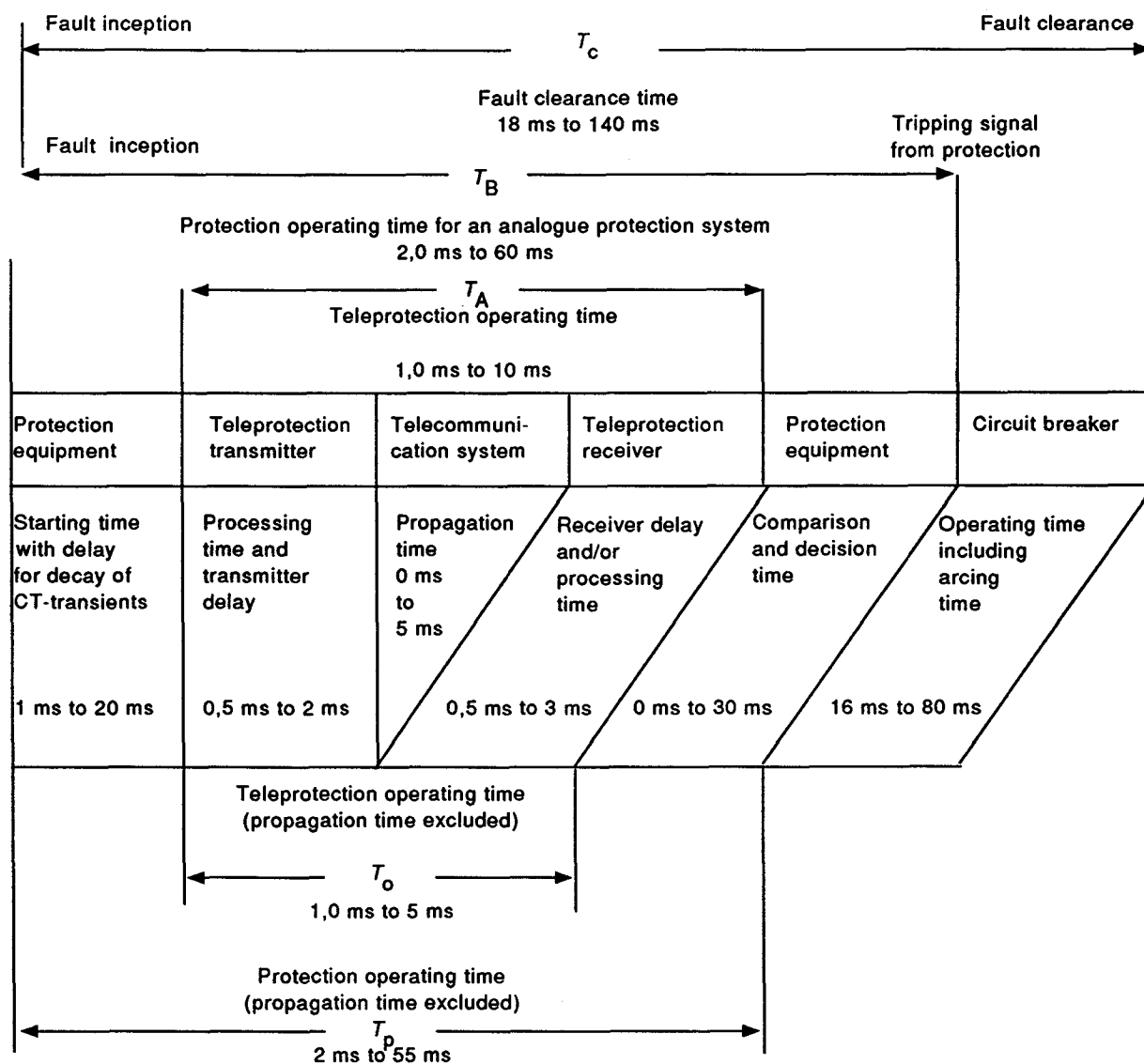


Figure 1 – Arrangement of analogue comparison protection system



Le temps de fonctionnement admissible pour le système de protection peut être augmenté lorsque le niveau de bruit est élevé, ce qui correspond à T_{pac} . La relation entre T_{pac} , la fiabilité et le rapport signal/bruit est illustrée à la figure 4.

Figure 2 – Temps de fonctionnement types des systèmes de protection à comparaison analogique



Acceptable protection operating time may be increased under noisy conditions, i.e. T_{pac} . The relationship between T_{pac} , dependability and signal-to-noise ratio is illustrated in figure 4.

Figure 2 – Typical operating times for analogue comparison protection systems

			Courants d'essai (50 Hz/60 Hz) à chaque extrémité			Valeurs de réglage	
						Protection à comparaison de phase	Protection différentielle longitudinale
		Type de défaut du système d'énergie	I_A	I_B	α	HS	I_s
Essai de fiabilité Défaut à l'intérieur de la zone protégée	Systèmes à combinaison de phase	Défaut triphasé symétrique	$2 I_N$	$2 I_N$	$\theta + 90^\circ$	$\leq 0,5 I_N$	I_N
	Systèmes phase par phase	Défaut triphasé symétrique	$2 I_N$	$2 I_N$	$\theta + 90^\circ$	$\leq 0,5 I_N$	I_N
Essai de sécurité Défaut hors de la zone protégée	Systèmes à combinaison de phase	Défaut triphasé symétrique	$2 I_N$	$2 I_N$	$\theta - 30^\circ$	$\leq 0,5 I_N$	I_N
	Systèmes phase par phase	Défaut triphasé symétrique	$2 I_N$	$2 I_N$	$\theta - 30^\circ$	$\leq 0,5 I_N$	I_N

I_A/I_B = courants appliqués à chaque extrémité des circuits

α = déphasage entre I_A et I_B

θ = déphasage entre I_A et I_B déclenchant le fonctionnement
dans les conditions de référence

HS = réglages hauts de mise en route pour comparaison des phases

I_s = réglage différentiel pour protection différentielle longitudinale de courant

I_N = courant nominal normal applicable à l'équipement de protection

Figure 3 – Paramètres applicables aux essais de voie des systèmes de téléprotection
et réglages recommandés pour les systèmes de protection

			Test currents (50 Hz/60 Hz) at each end			Setting values	
						Phase comparison protection	Longitudinal differential protection
		Type of power systems fault	I_A	I_B	α	HS	I_s
Dependability test Fault within the protected zone	Non- segregated systems	Symmetrical three-phase fault	$2 I_N$	$2 I_N$	$\theta + 90^\circ$	$\leq 0,5 I_N$	I_N
	Segregated systems	Symmetrical three-phase fault	$2 I_N$	$2 I_N$	$\theta + 90^\circ$	$\leq 0,5 I_N$	I_N
Security test Fault outside of the protected zone	Non- segregated systems	Symmetrical three-phase fault	$2 I_N$	$2 I_N$	$\theta - 30^\circ$	$\leq 0,5 I_N$	I_N
	Segregated systems	Symmetrical three-phase fault	$2 I_N$	$2 I_N$	$\theta - 30^\circ$	$\leq 0,5 I_N$	I_N

I_A/I_B = currents fed from each end of the line

α = angle between I_A and I_B

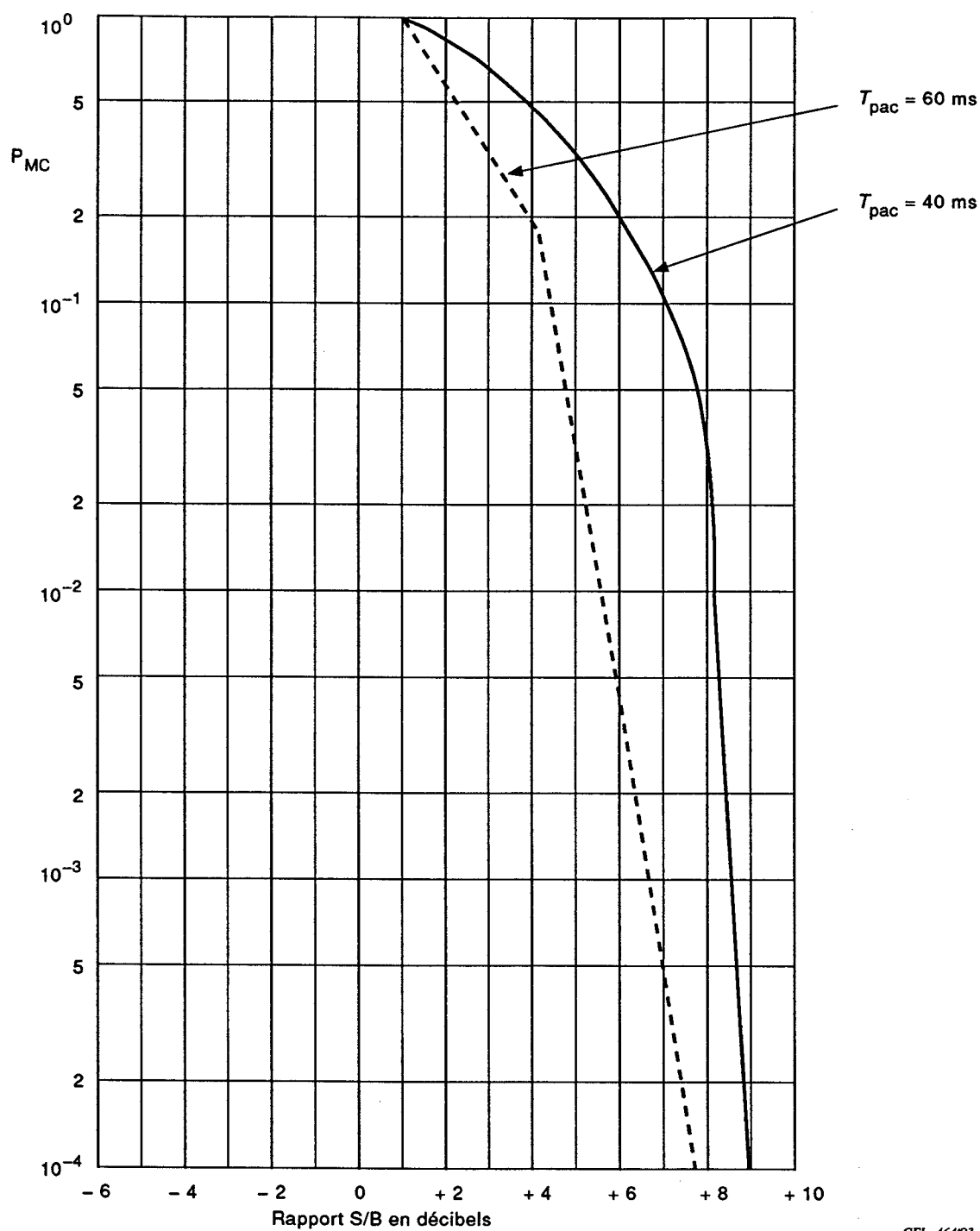
θ = phase angle between I_A and I_B to cause operation
under reference condition

HS = high set starter settings for phase comparison

I_s = differential setting for longitudinal current differential protection

I_N = normal rated current of protection equipment

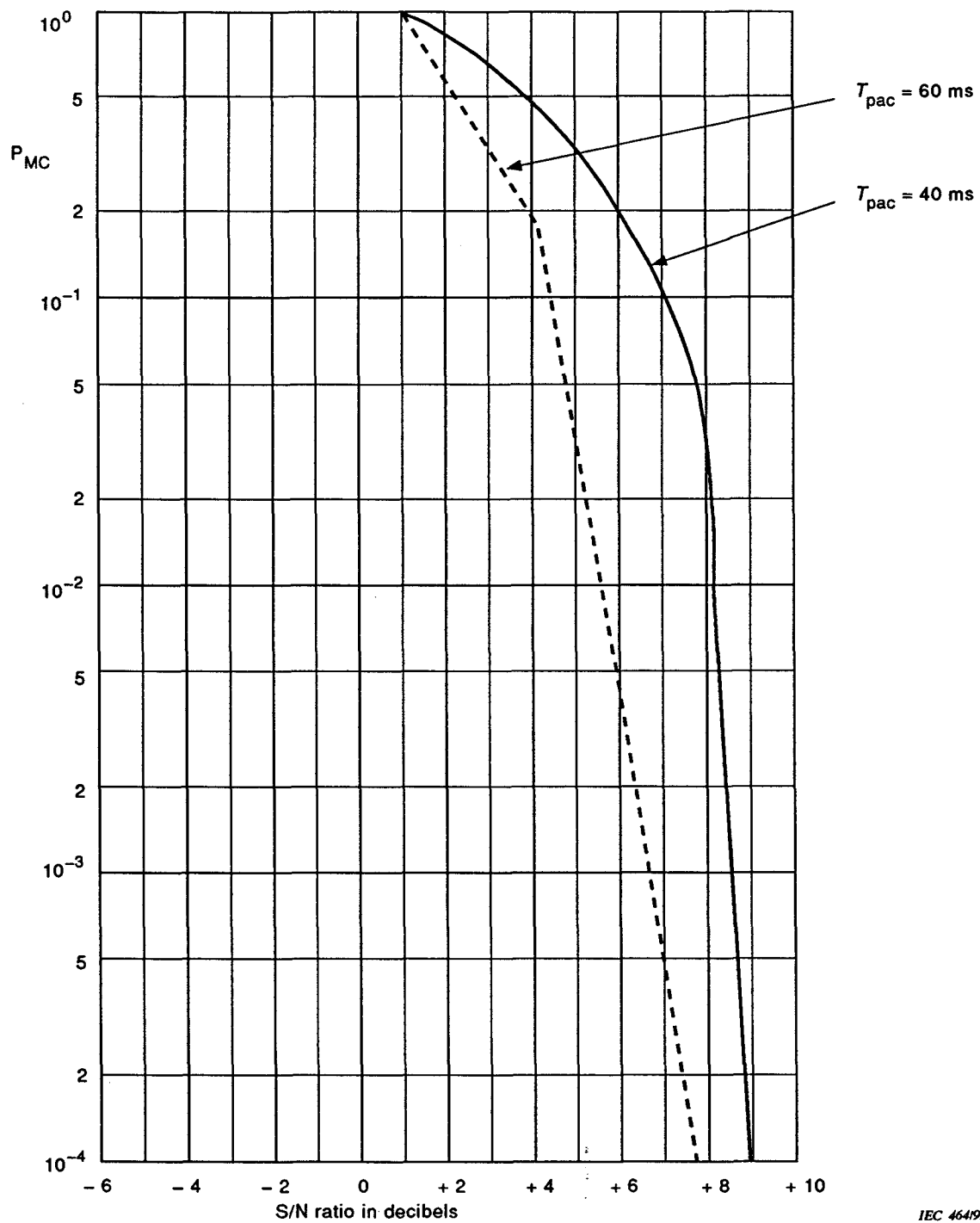
Figure 3 – Parameters for overall teleprotection channel tests
and recommended setting values of the protection



CEI 464/93

Temps de fonctionnement du système de protection – paramètre T_{pac} ($T_{pin} = 30$ ms)

Figure 4 – Exemples estimés de probabilité de commandes défaillantes en fonction du rapport signal/bruit dans un système de protection type à comparaison de phase



Protection operating time T_{pac} parameter ($T_{pin} = 30$ ms)

Figure 4 – Estimated examples of probability of missing command versus signal-to-noise for a typical phase comparison protection

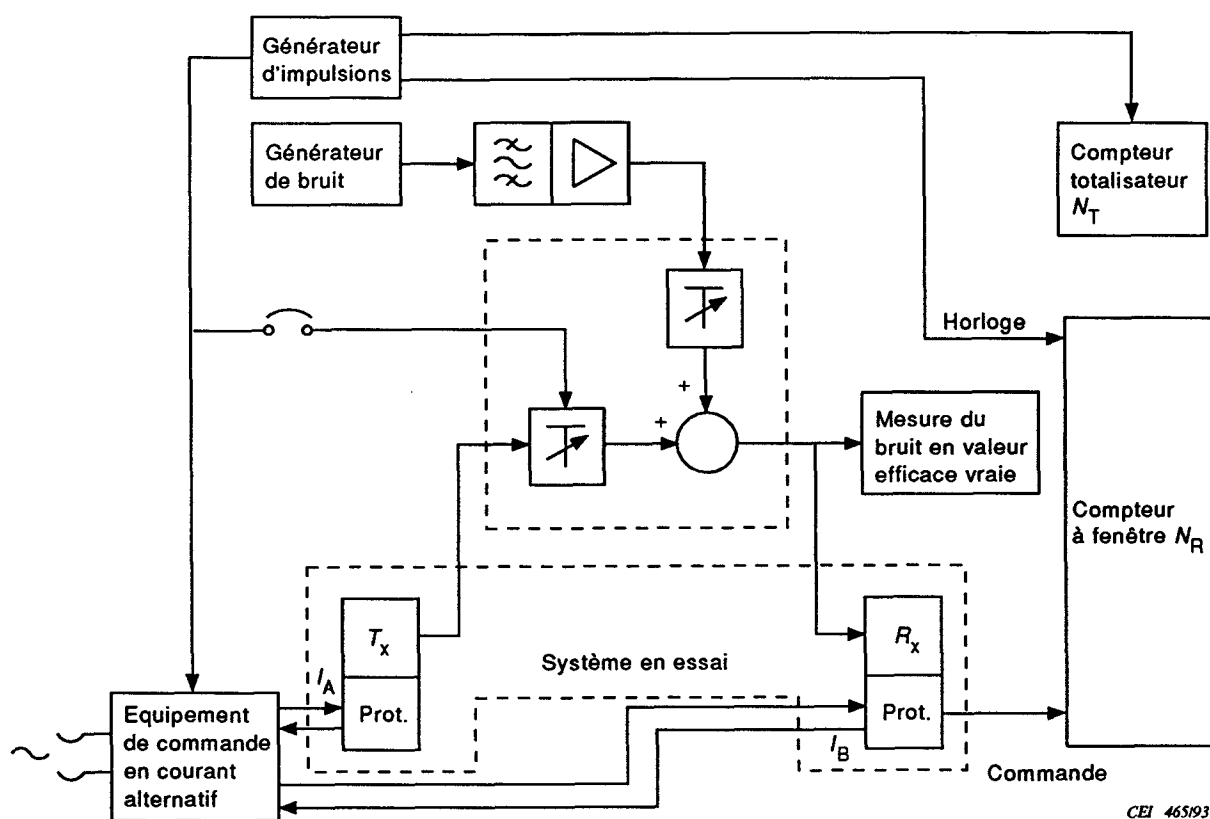


Figure 5 – Montage d'essai pour mesure de fiabilité sur voie de téléprotection analogique

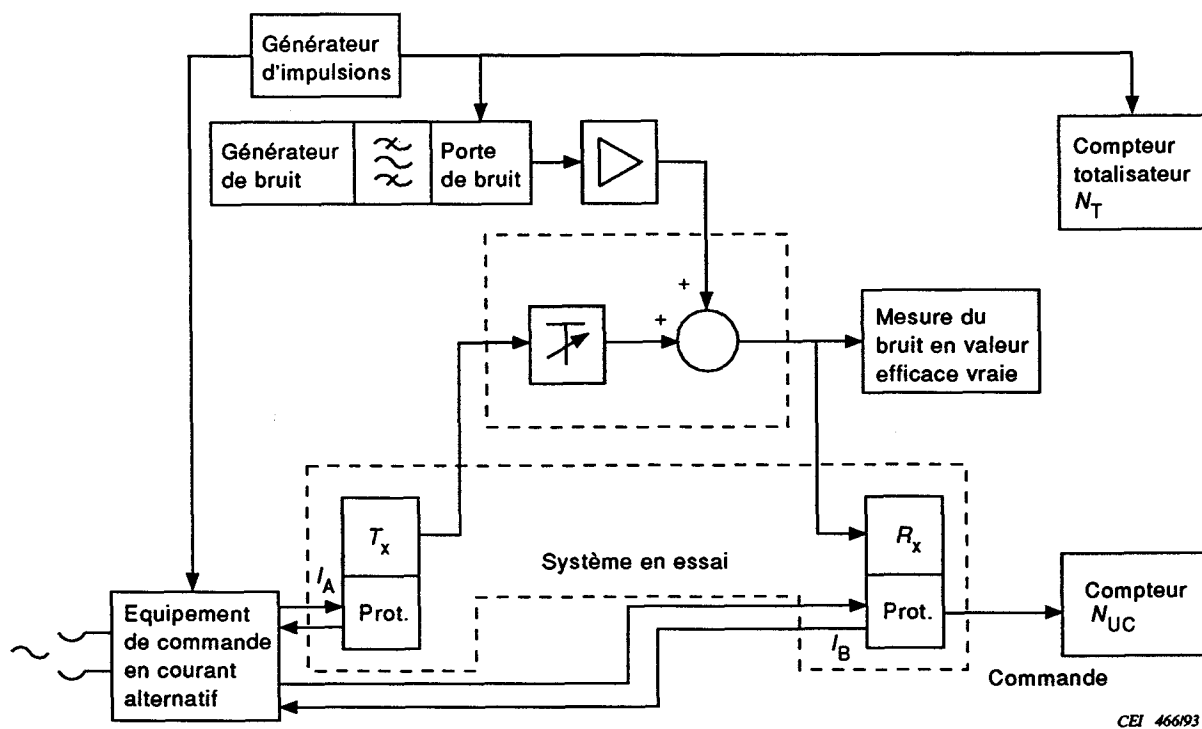


Figure 6 – Montage d'essai pour mesure de sécurité sur voie de téléprotection analogique

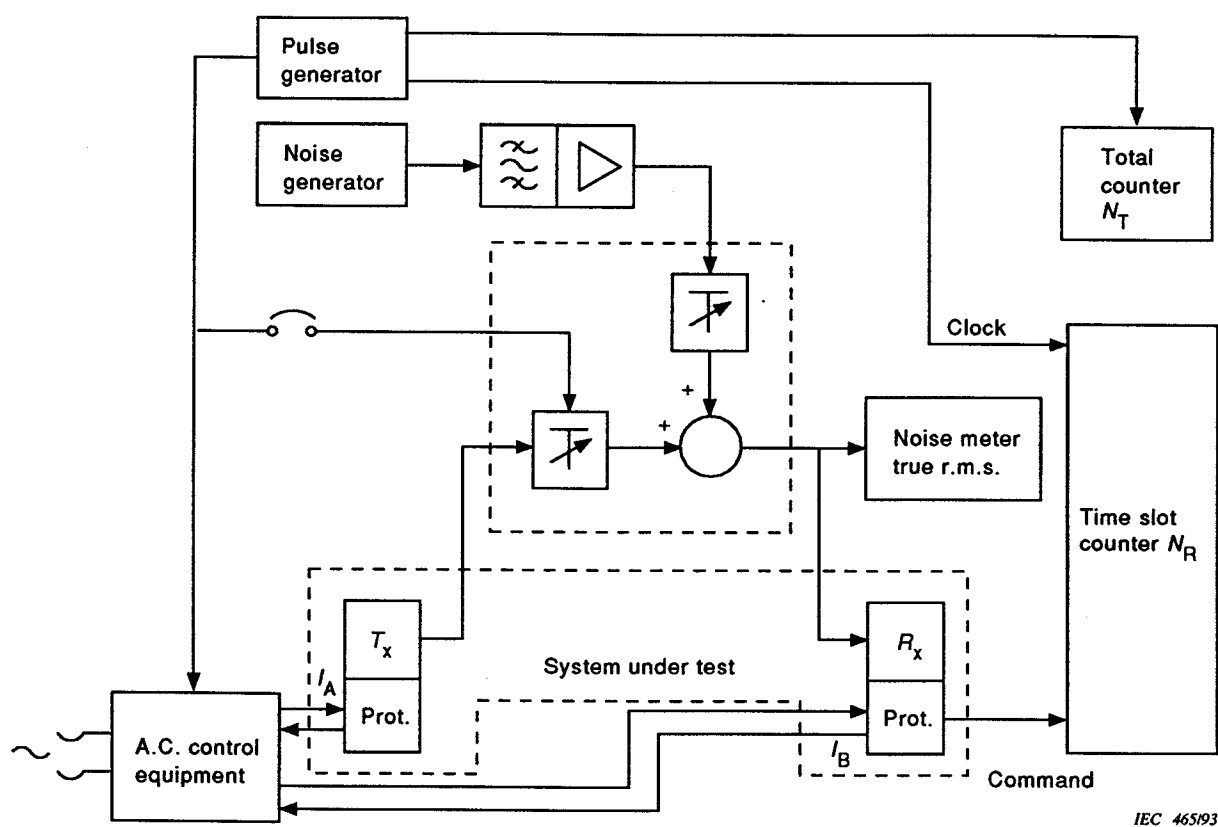


Figure 5 – Test set-up for dependability measurement
analogue teleprotection channel

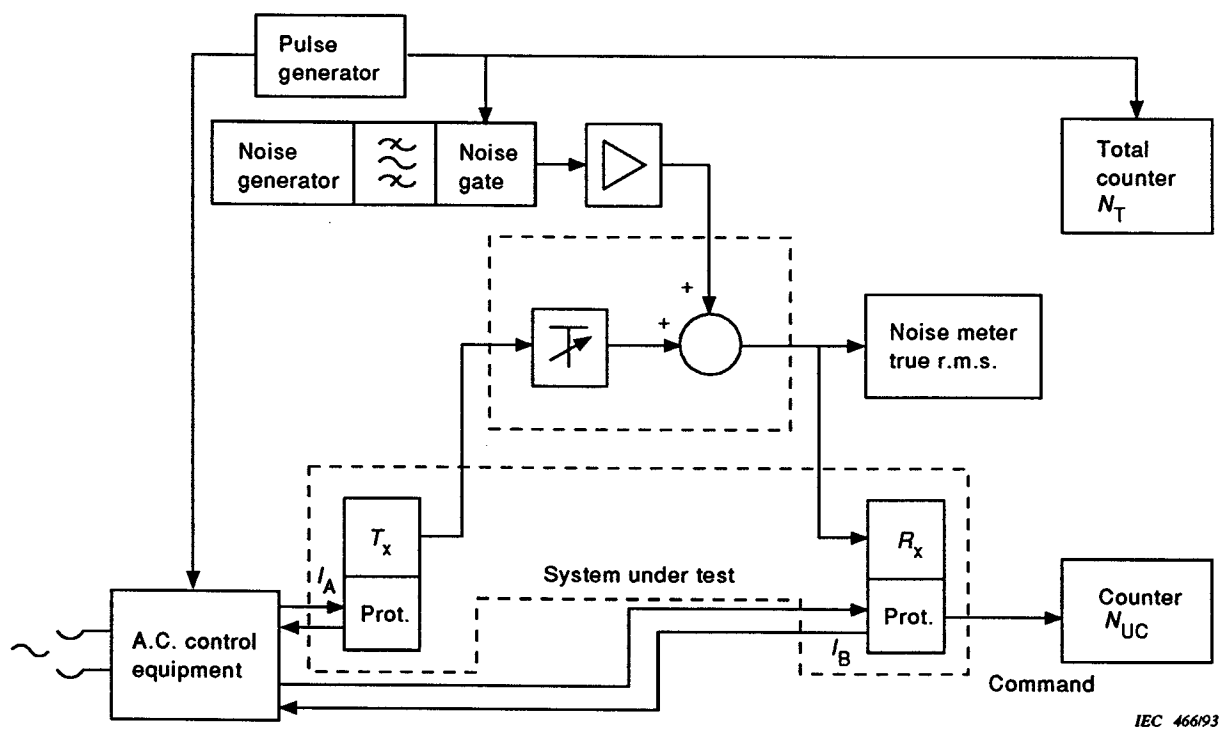


Figure 6 – Test set-up for security measurement
(analogue teleprotection channel)

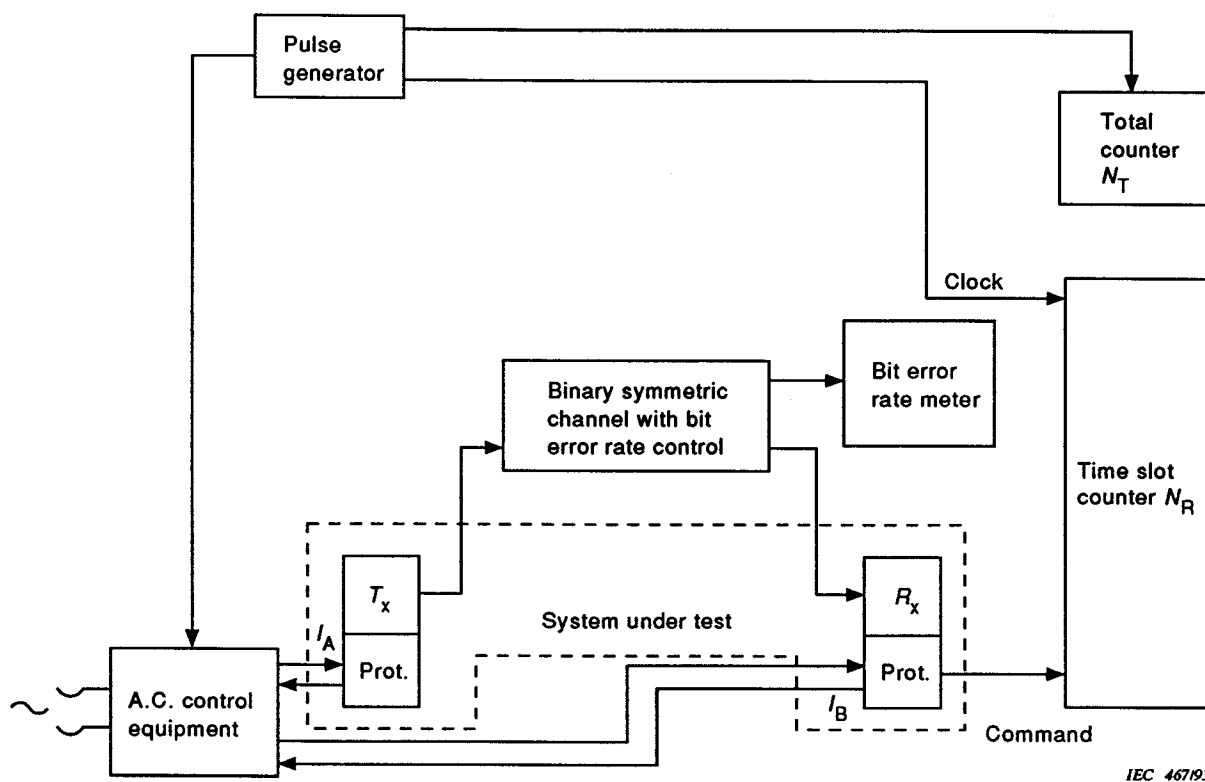


Figure 7 – Test set-up for dependability measurement (digital teleprotection channel)

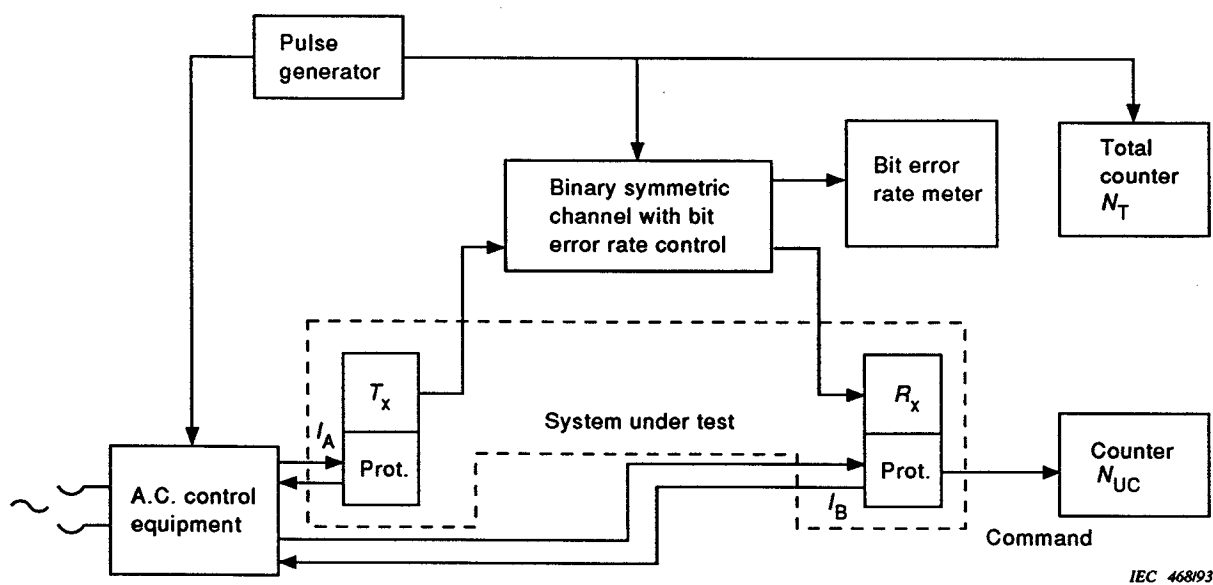
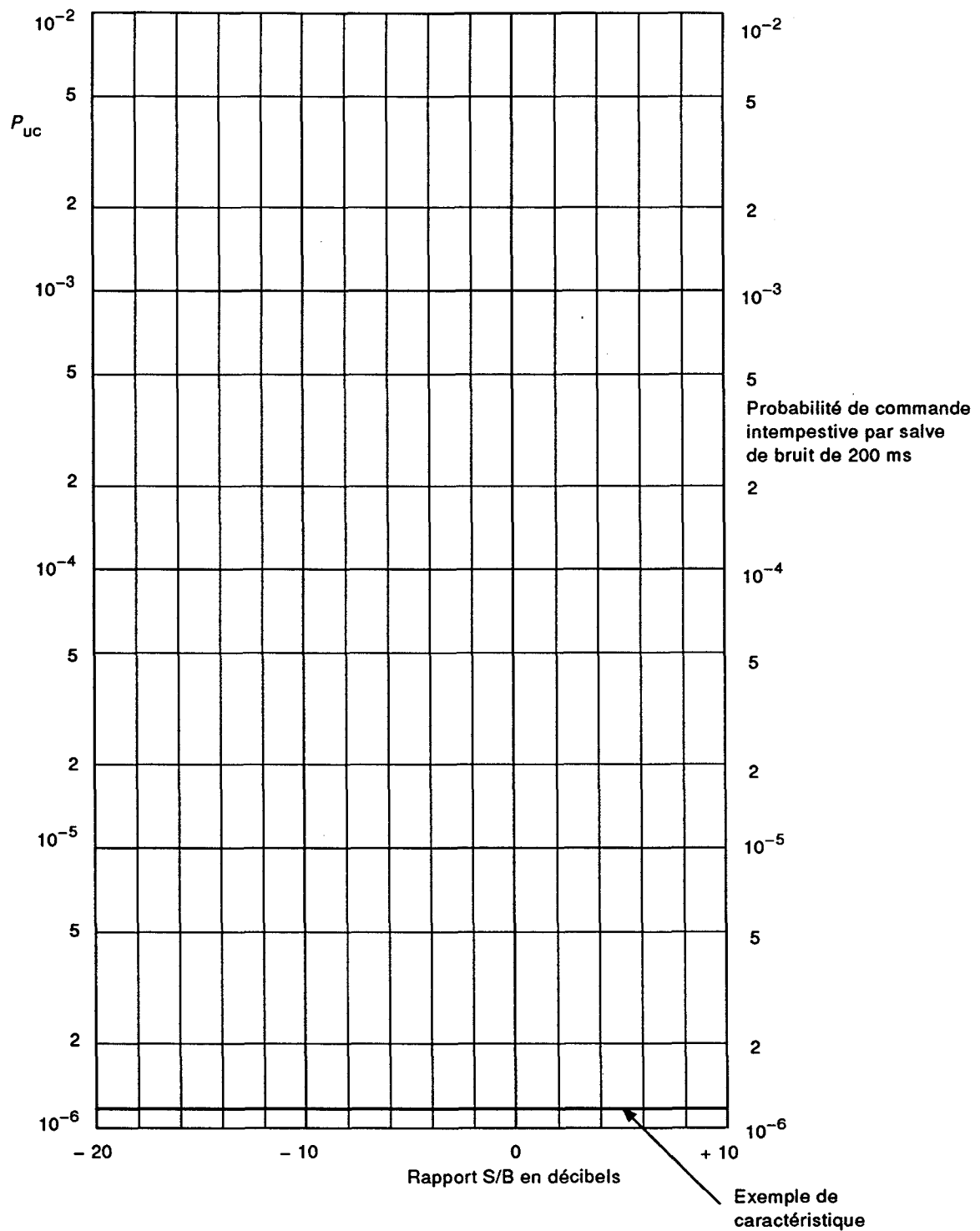
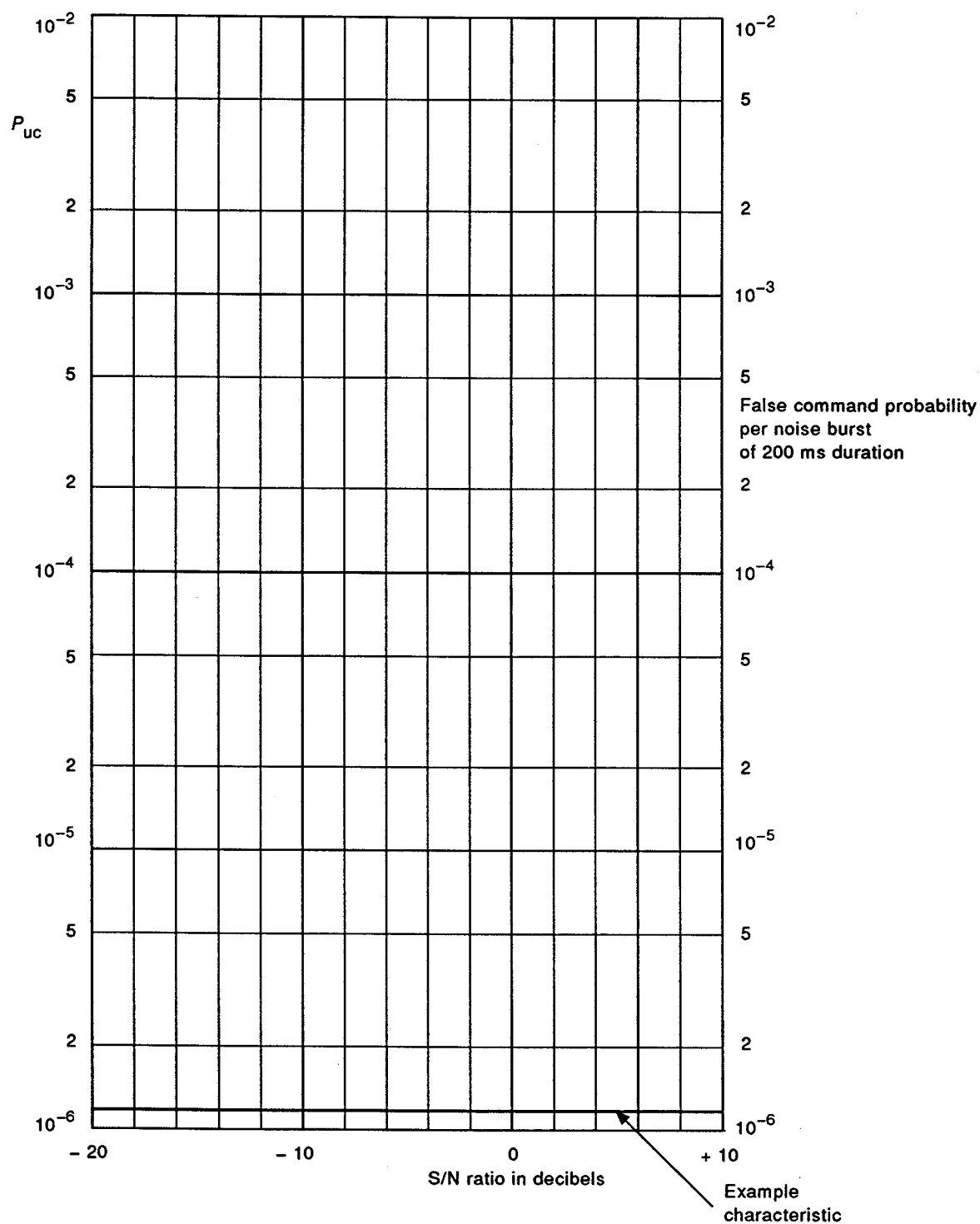


Figure 8 – Test set-up for security measurement (digital teleprotection channel)



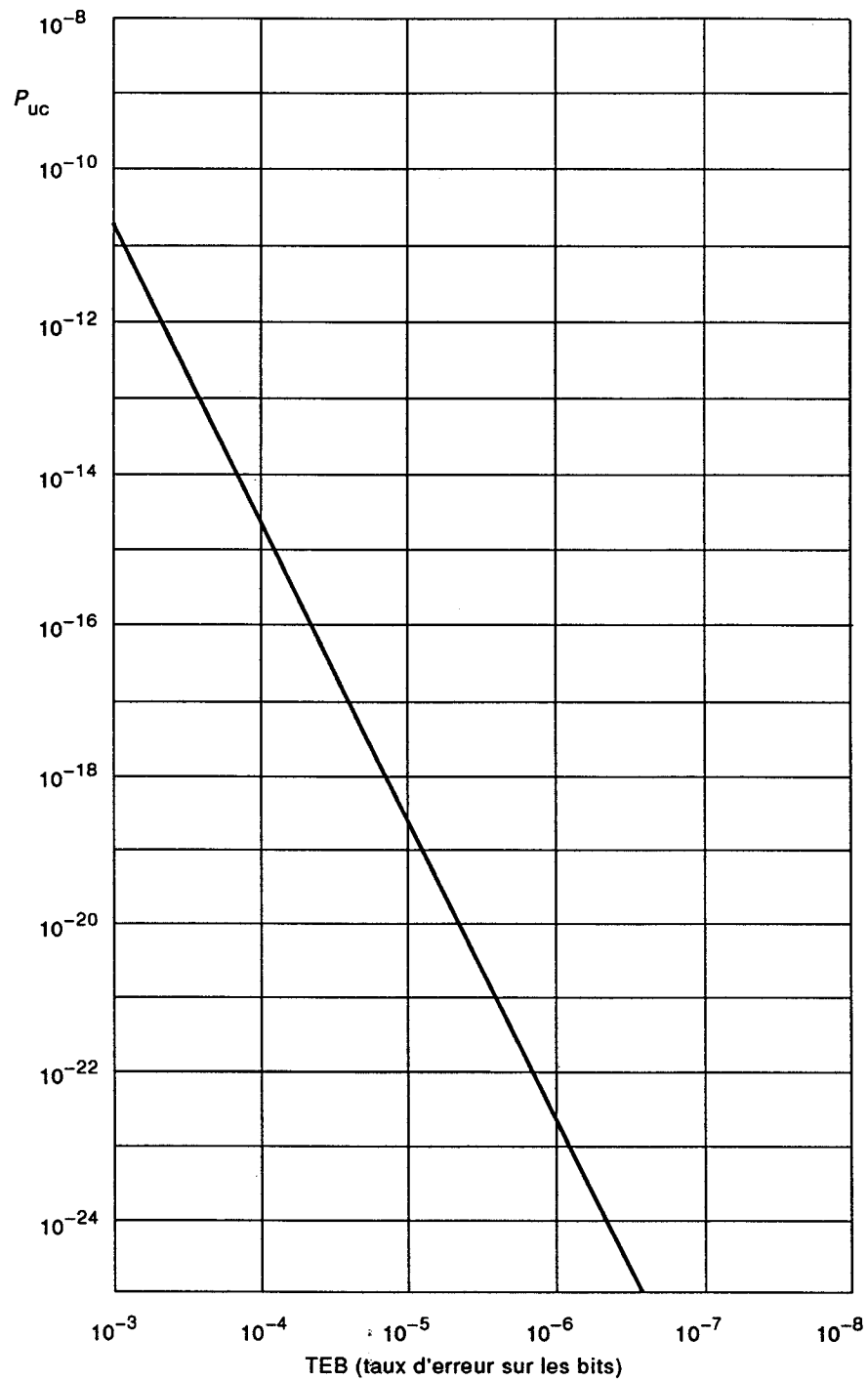
CEI 469/93

Figure 9 – Exemple d'évaluation de la probabilité de commande intempestive en fonction du rapport signal/bruit dans un système de protection type à comparaison de phase



IEC 469193

Figure 9 – Estimated example of probability of unwanted commands versus signal-to-noise for a typical phase comparison protection



CEI 470/93

Figure 10 – Exemple d'estimation de la probabilité de commande intempestive en fonction du taux d'erreur sur les bits dans un système de protection type à courant différentiel, sur une voie de téléprotection numérique (le format du message est de 80 bits en longueur dont 16 bits CRC)

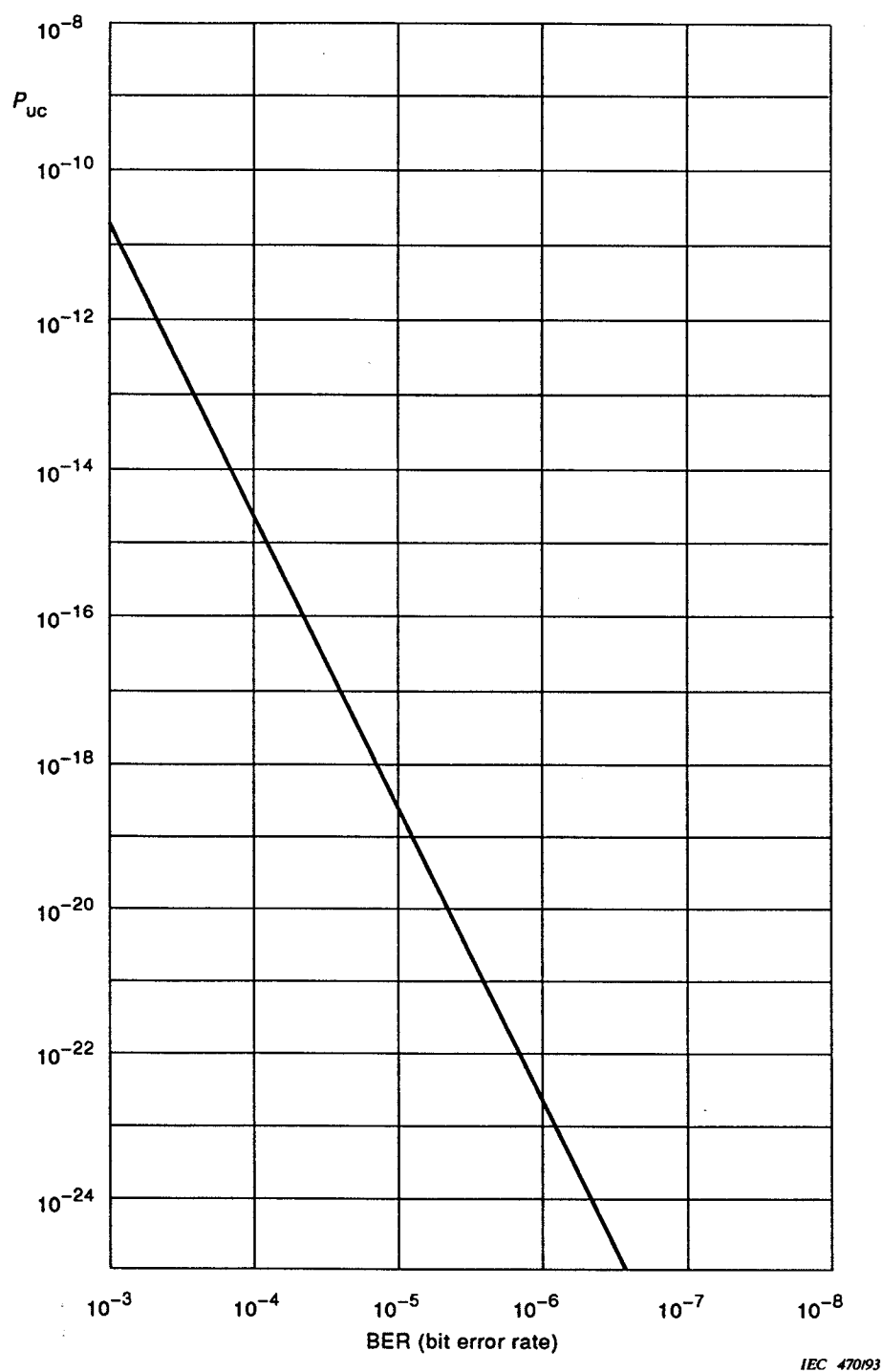


Figure 10 – Estimated example of probability of unwanted commands versus BER for a typical current differential protection on a digital teleprotection channel (the format of the message is 80 bits frame length including 16 bits CRC)

Annexe A (informative)

Types de systèmes de protection à comparaison analogique et dispositifs de téléprotection associés

A.1 Généralités

Les articles ci-après décrivent les différents types de systèmes de protection à comparaison analogique et définissent certaines caractéristiques importantes (voir figure A.1). Il convient de souligner qu'une description des dispositifs de téléprotection doit nécessairement faire référence au principe de protection utilisé.

A.2 Dispositifs non sélectifs à comparaison de phase

Dans un système de protection non sélectif à comparaison de phase, une quantité unique est déduite des courants triphasés à fréquence industrielle. Les informations concernant la phase de ce signal, par exemple les points de passage par zéro, sont émises à chaque extrémité du circuit protégé. La décision de déclencher ou de ne pas déclencher est prise à chaque extrémité, en fonction du déphasage entre le signal déduit localement et le signal reçu.

Les dispositifs de téléprotection associés sont classés dans la catégorie à bande étroite et généralement utilisés sur des liaisons à courant porteur sur ligne d'énergie, ou sur des liaisons à fréquence vocale.

A.3 Dispositifs sélectifs à comparaison de phase

Dans un système de protection sélectif à comparaison de phase, les informations relatives à chaque phase des courants à fréquence industrielle, par exemple, sont émises à chacune des extrémités du circuit protégé. Le principe de fonctionnement est identique à celui des systèmes non sélectifs mis à part le fait que les déphasages entre les signaux déduits localement et les signaux reçus sont comparés pour chaque phase.

Les dispositifs de téléprotection associés peuvent être soit à bande étroite, soit à bande large. Dans un dispositif à bande étroite, les informations concernant une phase donnée peuvent, par exemple, être contenues dans une bande de fréquence vocale unique. Dans un système à bande large, les informations concernant chaque phase peuvent être émises, par exemple, sur plusieurs voies à fréquence vocale.

A.4 Dispositifs non sélectifs de protection différentielle longitudinale de courant

Dans un système non sélectif de protection différentielle longitudinale de courant, une quantité unique est déduite des courants triphasés à fréquence industrielle. Des valeurs instantanées de cette quantité (par exemple amplitude et angle de phase) sont émises à chaque extrémité du circuit protégé. La somme vectorielle du signal déduit localement et

Annex A

(informative)

Types of analogue comparison protection systems and associated teleprotection schemes

A.1 General

The following clauses describe the various types of analogue comparison protection systems and define some of their important characteristics (see figure A.1). It should be noted that a description of the teleprotection schemes cannot be made without reference to the protection principle employed.

A.2 Non-segregated phase comparison schemes

In the non-segregated phase comparison protection system, a single quantity is derived from the three-phase power frequency currents. Information about the phase of this signal, for example the zero crossing points, is transmitted from each end of the protected circuit. The decision to trip or not to trip is made at each end depending upon the phase angle between the locally derived signal and the received signal.

The teleprotection schemes are classified as narrow-band and generally are employed over power line carrier or voice frequency links.

A.3 Segregated phase comparison schemes

In the segregated phase comparison protection system, information about each phase of the power frequency currents, for example, is transmitted from each end of the protected circuit. The principle of operation is similar to that of the non-segregated system except for the phase angles between the locally derived signals and the received signals which are compared on a per phase basis.

The teleprotection schemes can be either classified as narrow-band or wide-band. In the narrowband scheme the individual phase information may, for example, be contained within a single voice frequency band. In the wide-band scheme the segregated phase information may for example be transmitted over several voice frequency channels.

A.4 Non-segregated longitudinal current differential schemes

In the non-segregated longitudinal current differential protection system, a single quantity is derived from the three-phase power frequency currents. Instantaneous values (i.e. amplitude and phase angle) of this quantity are transmitted from each end of the protected circuit. A vectorial summation of the locally derived signal and the received signal is made

du signal reçu s'effectue à chaque extrémité et la décision de déclencher ou de ne pas déclencher dépend de la grandeur du signal différentiel résultant. La plupart des systèmes de protection différentielle longitudinale utilisent une grandeur de retenue à chaque extrémité, pour améliorer la stabilité de la protection (sécurité), en particulier dans le cas de courants de charge importants. La grandeur de retenue peut être soit dérivée uniquement du signal local, soit, et c'est le cas le plus fréquent, correspondre à la somme des valeurs absolues du signal local et du signal reçu.

Les dispositifs de téléprotection associés sont, dans presque tous les cas, à bande étroite. Les dispositifs de protection différentielle longitudinale utilisent traditionnellement un circuit métallique continu à deux ou trois conducteurs permettant une transmission directe du signal image à fréquence industrielle. (Ils ne sont pas traités dans cette norme.) D'autres dispositifs, traités ici, sont disponibles et permettent, par exemple, d'émettre des informations instantanées en modulation de fréquence, dans une bande à fréquence vocale.

A.5 Dispositifs sélectifs de protection différentielle longitudinale de courant

Dans un système sélectif de protection différentielle longitudinale, les valeurs instantanées des différents courants de phase sont émises à chaque extrémité du circuit protégé. Le principe de fonctionnement est identique à celui des systèmes non sélectifs, mis à part le fait qu'un signal différentiel est déduit pour chaque phase considérée.

Les dispositifs de téléprotection associés peuvent être classés dans la catégorie à bande large. La quantité mesurant la fréquence industrielle peut être émise, par exemple, sous forme de signal en modulation de fréquence, sur plusieurs voies à fréquence vocale. Après conversion analogique numérique, elle peut également être émise sur une liaison numérique.

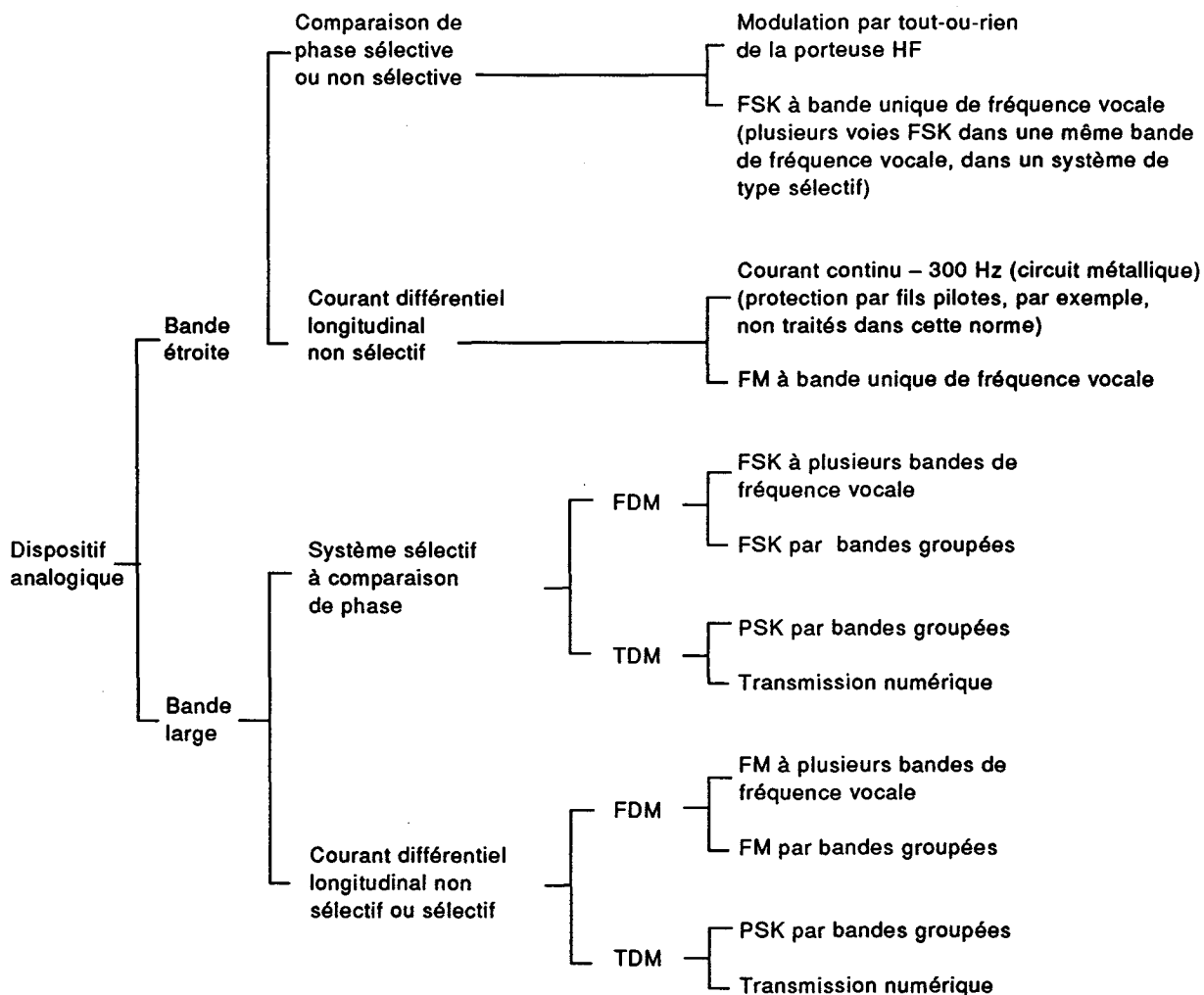
at each end and the decision to trip or not to trip is dependent upon the magnitude of the resulting difference signal. Most longitudinal current differential systems develop a restraining signal at each end to improve the stability of the protection (security), particularly for large through currents. The restraint signal is either derived from the local signal only, or commonly this is formed from the summation of the absolute value of the local and received signals.

The teleprotection schemes almost always fall into the narrow-band classification. Traditionally, longitudinal current differential schemes have employed a two- or three-wire continuous metallic circuit to transmit directly the power frequency replica signal. (These are not covered in this standard.) Other schemes, which are covered, are available and these, for example, transmit the instantaneous information using frequency modulation within a voice frequency band.

A.5 Segregated longitudinal current differential schemes

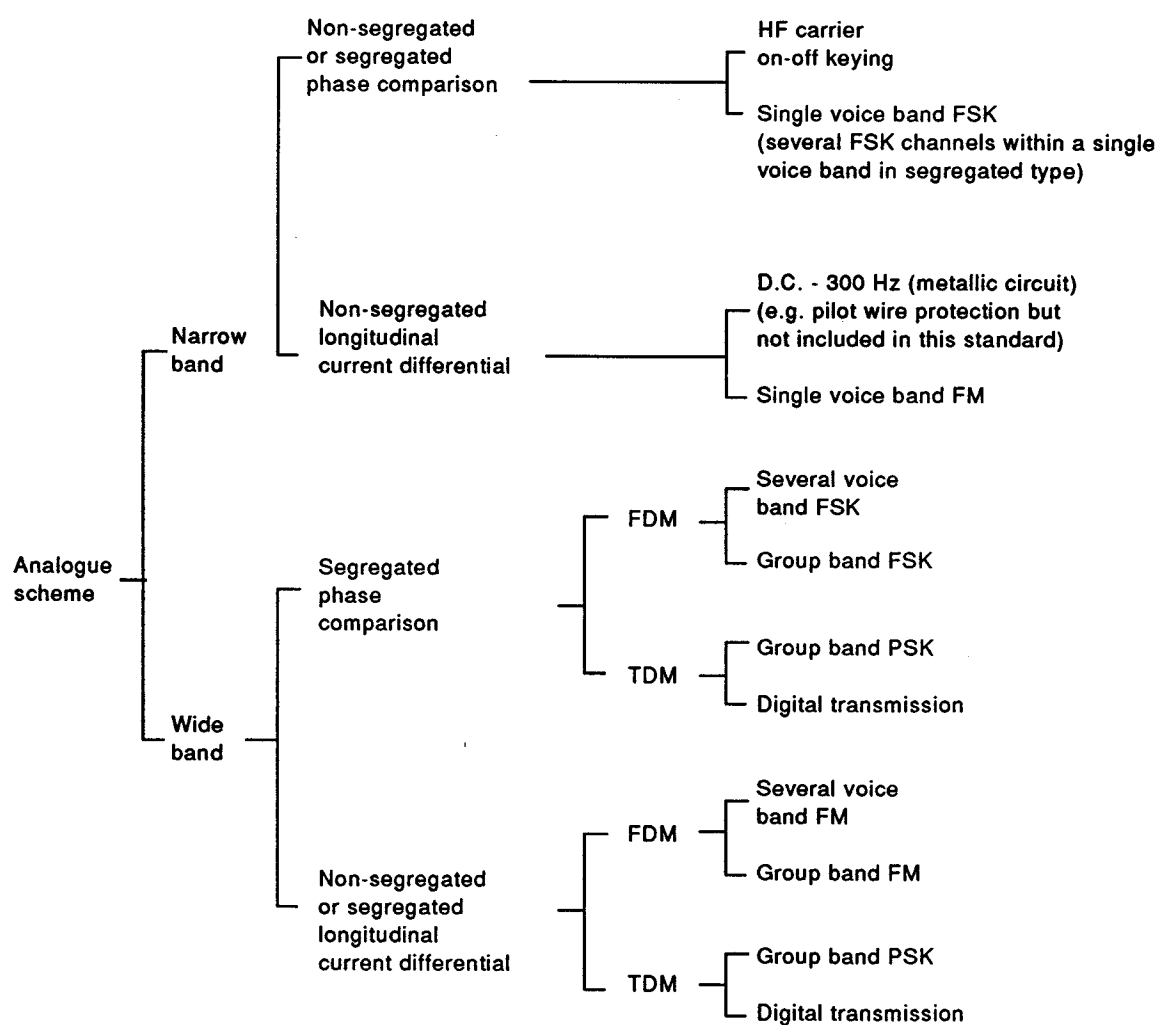
In the segregated longitudinal current differential protection system, the instantaneous values of the individual phase currents are transmitted from each end of the protected circuit. The principle of operation is similar to the non-segregated system except that a difference signal is derived on a per phase basis.

The teleprotection schemes can be classified as wide-band. The power frequency measuring quantity may be transmitted, for example, as a frequency modulated signal over several voice frequency channels. Alternatively, the measuring quantity, after analogue to digital conversion, may be transmitted over a digital link.



FDM = multiplex par partage des fréquences
 TDM = multiplex par répartition dans le temps
 FSK = modulation par déplacement de fréquence
 PSK = modulation par déplacement de phase
 FM = modulation de fréquence

Figure A.1 – Présentation générale des dispositifs analogiques



FDM = frequency division multiplex
 TDM = time division multiplex
 FSK = frequency shift keying
 PSK = phase shift keying
 FM = frequency modulation

Figure A.1 – General view of analogue schemes

Annexe B (informative)

Modèle à voie symétrique binaire

Le modèle à voie symétrique binaire peut être considéré comme l'équivalent numérique d'une voie de signalisation analogique perturbée par un bruit blanc. Une voie symétrique binaire est caractérisée par les propriétés suivantes:

- a) la probabilité de transformation du zéro binaire en un binaire est la même que la probabilité de transformation d'un binaire en zéro binaire. Cela s'écrit de la façon suivante:

$$p(0/1) = p(1/0) = \varepsilon$$

où

ε désigne le taux d'erreur sur les bits et

$p(a/b)$ la probabilité que la voie produise une sortie «a» lorsque l'entrée est «b».

- b) Il s'ensuit que:

$$p(0/0) = p(1/1) = 1 - \varepsilon$$

- c) La quantité $p(a/b)$ définie ci-dessus est indépendante de l'état antérieur de la voie, c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'effet de mémoire.

Dans les systèmes de télécommunication, les signaux binaires sont généralement convertis dans un format approprié de code transmis. Si les erreurs sur les bits sont appliquées au signal transmis, le taux d'erreur sur les bits ε sera mesuré après la sortie du décodeur de ligne. On peut également introduire un taux d'erreur sur les bits approprié $\varepsilon' > \varepsilon$ de façon à obtenir le taux d'erreur sur les bits binaire indiqué ε après la sortie du décodeur de ligne.

Annex B

(informative)

The binary symmetric channel (BSC) model

The binary symmetric channel (BSC) model can be considered to be the digital equivalent of an analogue signalling channel disturbed by white noise. A BSC can be characterized by the following properties:

- a) the probability of a binary zero being changed into a binary one is the same as the probability of a binary one being changed into a binary zero. This may be expressed as follows:

$$p(0/1) = p(1/0) = \varepsilon$$

where

ε is the bit error rate and

$p(a/b)$ is the probability of the channel producing output "a" when the input was "b".

- b) correspondingly it follows that:

$$p(0/0) = p(1/1) = 1 - \varepsilon$$

- c) $p(a/b)$ as defined above is independent of the previous state of the channel, i.e. there is no memory effect.

In telecommunication systems binary signals are usually converted into a suitable line code format. If the bit errors are applied to the line signal, the bit error rate ε shall be measured after the line decoder output or an appropriate error rate $\varepsilon' > \varepsilon$ shall be injected so as to produce the specified binary error rate ε after the line decoder output.

Annexe C **(informative)**

Bibliographie

CEI 495: 1974, *Valeurs recommandées pour les caractéristiques d'entrée et de sortie des équipements à courants porteurs sur lignes d'énergie, à bande latérale unique*

CEI 663: 1980, *Conception des systèmes à courants porteurs (à bande latérale unique) sur lignes d'énergie*

Annex C (informative)

Bibliography

IEC 495: 1974, *Recommended values for characteristic input and output quantities of single sideband power line carrier terminals*

IEC 663: 1980, *Planning of (single-sideband) power line carrier systems*

ICS 29.240.20
