

**RAPPORT
TECHNIQUE**

**TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC**

870-1-1

Première édition
First edition
1988-12

Matériels et systèmes de téléconduite

Première partie: Considérations générales

Section un – Principes généraux

Telecontrol equipment and systems

Part 1: General considerations

Section One – General principles



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 870-1-1: 1988

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} 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.

RAPPORT TECHNIQUE

TECHNICAL REPORT

**CEI
IEC**

870-1-1

Première édition
First edition
1988-12

Matériels et systèmes de téléconduite

Première partie: Considérations générales

Section un – Principes généraux

Telecontrol equipment and systems

Part 1: General considerations

Section One – General principles

© IEC 1988 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 Varembeé 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

L

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

SOMMAIRE

	Pages
PREAMBULE.....	4
PREFACE.....	4
INTRODUCTION.....	6
Articles	
1. Domaine d'application	8
2. Objet.....	8
3. Aspects généraux relatifs aux systèmes de téléconduite	12
3.1 Rôle des systèmes de téléconduite dans l'exploitation des réseaux de transport et de distribution d'énergie électrique	12
3.2 Rôle du système de transmission des données	14
3.3 Prescriptions déterminantes pour la conception d'un système de téléconduite.....	16
3.4 Principales différences entre systèmes de téléconduite et systèmes de commande locaux	16
4. Structures et configurations des systèmes de téléconduite.....	18
4.1 Relations entre les architectures des réseaux de processus et les configurations des systèmes de téléconduite	18
4.2 Modules fonctionnels de base d'un système de téléconduite point à point.....	20
4.3 Modules fonctionnels de logiciel	20
4.4 Configurations des systèmes de téléconduite	20
5. Fonctions des systèmes de téléconduite	26
5.1 Structure en couches des fonctions de téléconduite	26
5.2 Fonctions d'application.....	28
5.3 Fonctions de traitement opérationnel	30
5.4 Présentation à l'opérateur des informations relatives au processus	32
6. Transmission des données de téléconduite.....	34
6.1 Rôle des normes de transmission de données	34
6.2 Fonctions de transport, de réseau, de liaison et de transmission physique des données	36
6.3 Caractéristiques des transmissions de données en téléconduite	36
6.4 Types de trafic sur les voies de transmission.....	42
6.5 Systèmes de télécommunication	42
6.6 Protection des messages contre le bruit sur la voie de transmission.....	44
TABLEAUX.....	50
FIGURES	54

CONTENTS

	Page
FOREWORD.....	5
PREFACE.....	5
INTRODUCTION	7
 Clause	
1. Scope	9
2. Object.....	9
3. General aspects related to telecontrol systems.....	13
3.1 The role of telecontrol systems in power systems operation.....	13
3.2 The role of the data transmission system	15
3.3 Requirements which determine the design of a telecontrol system	17
3.4 Main differences between telecontrol systems and local control systems	17
4. Structures and configurations of telecontrol systems	19
4.1 Interrelation of process network architectures and telecontrol system configurations.....	19
4.2 Basic functional modules of a point-to-point tele- control system.....	21
4.3 Functional software modules	21
4.4 Configuration of telecontrol systems	21
5. Functions of telecontrol systems	27
5.1 Layered structure of telecontrol functions	27
5.2 Application functions	29
5.3 Operational processing functions.....	31
5.4 Presentation of the process information to the operator.....	33
6. Transmission of telecontrol data	35
6.1 The role of data transmission standards	35
6.2 Data transport, network, link and physical trans- mission functions	37
6.3 Characteristics of telecontrol data transmission.....	37
6.4 Types of traffic in transmission channels	43
6.5 Telecommunication systems.....	43
6.6 Protection of messages against noise on the transmission channel.....	45
TABLES.....	51
FIGURES	55

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATERIELS ET SYSTEMES DE TELECONDUITE

Première partie: Considérations générales

Section un: Principes généraux

PREAMBULE

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

PREFACE

Le présent rapport a été établi par le Comité d'Etudes n° 57 de la CEI: Téléconduite, téléprotection et télécommunications connexes pour systèmes électriques de puissance.

Le texte de ce rapport est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote	Procédure des Deux Mois	Rapport de vote
57(BC)21	57(BC)25	57(BC)30	57(BC)34

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de ce rapport.

La publication suivante de la CEI est citée dans le présent rapport:

Publication n° 50(371) (1984): Vocabulaire Electrotechnique International, Chapitre 371: Téléconduite.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

TELECONTROL EQUIPMENT AND SYSTEMSPart 1: General considerationsSection One: General principles

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This report has been prepared by IEC Technical Committee No. 57: Telecontrol, teleprotection and associated telecommunications for electric power systems.

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

Six Months' Rule	Report on Voting	Two Months' Procedure	Report on Voting
57(C0)20	57(C0)25	57(C0)30	57(C0)34

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

The following IEC publication is quoted in this report:

Publication No. 50(371) (1984): International Electrotechnical Vocabulary, Chapter 371: Telecontrol.

MATERIELS ET SYSTEMES DE TELECONDUITE

Première partie: Considérations générales

Section un: Principes généraux

INTRODUCTION

Les systèmes de téléconduite sont utilisés pour la surveillance et la conduite de processus géographiquement dispersés. Ils comprennent l'ensemble des matériels et des fonctions destinés à l'acquisition, au traitement, à la transmission et à la visualisation des informations nécessaires au processus. Les performances d'un système de téléconduite sont déterminées essentiellement par:

- 1) l'intégrité des données lors des transferts d'information, de leur source à leur destination, et
- 2) la vitesse avec laquelle les informations sont transférées à leur destination.

L'intégrité des données est définie comme l'invariance du contenu d'une information, de sa source à sa destination, tandis que la vitesse de transfert des informations est mesurée par le temps de transfert total.

La responsabilité importante qui est associée à la transmission d'informations telles que les commandes et la présence de conditions d'environnement hostiles nécessitent, pour l'acquisition et la transmission des données, des normes qui satisfont à des exigences rigoureuses en ce qui concerne l'intégrité des données et l'efficacité de la transmission.

Bien que la présente série de normes ait été élaborée spécialement pour les systèmes de téléconduite utilisés dans les réseaux électriques, il convient de noter qu'elles peuvent également être utilisées dans d'autres domaines tels que la fourniture et la distribution de gaz ou d'eau, etc.

Le but de ces normes est de fournir des informations appropriées pour permettre une conception correcte et un fonctionnement fiable des systèmes de téléconduite. Ces normes sont divisées en plusieurs parties distinctes, répertoriées dans l'article 2 du présent rapport.

La présente partie de cette série de normes relatives à la téléconduite est destinée à donner à l'utilisateur une vue générale des systèmes et de leurs éléments, en lui présentant ainsi les informations fondamentales nécessaires à une parfaite compréhension des parties suivantes de la série.

TELECONTROL EQUIPMENT AND SYSTEMS

Part 1: General considerations

Section One - General principles

INTRODUCTION

Telecontrol systems serve for monitoring and control of processes which are geographically widespread. They include all equipment and functions for acquisition, processing, transmission and display of the necessary process information. The performance of a telecontrol system is determined basically by:

- 1) the data integrity of information transfer, from a source to its destination, and
- 2) the speed with which information is transferred to its destination.

The data integrity is defined as the unchangeability of an information content from a source to its destination, while the speed of information transfer is measured by the overall transfer time.

The high responsibility which is associated with the transmission of information such as commands and the occurrence of adverse environmental conditions necessitate standards for data acquisition and of data transmission which fulfil stringent requirements of data integrity and transmission efficiency.

It should be noted that although this series of standards has been produced specifically for telecontrol systems used in electrical power systems, they may also be applied to other fields of application, e.g. gas and water supply and distribution, etc.

The aim of these standards is to provide adequate information for correct planning and reliable operation of telecontrol systems. The standards are divided into different parts, listed in Clause 2 of this report.

This part of this series of telecontrol standards is intended to give the user a general survey of the systems and their elements, thus presenting the necessary basic information for a thorough understanding of the following parts of these standards.

1. Domaine d'application

Cette série de normes s'applique aux matériels et aux systèmes de téléconduite, à transmission en série de données binaires, destinés à la surveillance et à la conduite de processus géographiquement dispersés.

2. Objet

Cette série de normes décrit les configurations et les fonctions des systèmes de téléconduite et des éléments connexes. Elle définit les exigences fonctionnelles, les caractéristiques logiques et les conditions d'interfaçage des éléments de base, ainsi que les règles auxquelles ces éléments doivent se conformer pour coexister avec les autres éléments.

Ces normes ne définissent ni les caractéristiques physiques internes de ces éléments, ni la disposition, la construction ou les matériaux utilisés.

Ces normes ne s'appliquent pas:

- aux systèmes de télécommande centralisée;
- aux propriétés des voies et des bus locaux de transmission destinés à la communication entre éléments d'entrée/sortie de processus;
- à la téléprotection et aux fonctions d'automatisme locales même si celles-ci sont parfois réalisées au sein d'un système de téléconduite.

Ces normes sont subdivisées en plusieurs parties, elles-mêmes subdivisées en plusieurs sections et publiées comme publications séparées avec les titres et les domaines d'application suivants:

Publication 870-1-1 de la CEI: Première partie: Considérations générales, Section un - Principes généraux (qui fait l'objet du présent rapport)

Le présent rapport donne des explications sur les éléments structuraux, les configurations et les fonctions de base des systèmes de téléconduite.

Il donne une vue d'ensemble des éléments fonctionnels qui sont utilisés dans les structures de base et contribuent au choix des configurations possibles des systèmes de téléconduite.

Il traite des fonctions typiques de la surveillance et de la conduite de tout processus, mais met particulièrement l'accent sur les problèmes spécifiques caractéristiques de processus géographiquement dispersés (et en particulier l'influence dominante de liaisons de télécommunication présentant une largeur de bande réduite et souvent un rapport signal sur bruit faible).

Cependant, le présent rapport sert uniquement d'introduction aux normes détaillées et aux recommandations figurant dans les parties 2 à 5 citées ci-après.

1. Scope

This series of standards applies to telecontrol equipment and systems with coded bit serial data transmission for monitoring and control of geographically widespread processes.

2. Object

This series of standards describes configurations and functions of telecontrol systems and of related elements. It defines the functional requirements, logical characteristics and interface conditions of the basic elements and the rules those elements shall follow in co-existing with other elements.

These standards do not define the internal physical characteristics of such elements nor the layout, construction or material used.

The following subjects are outside the scope of these standards:

- ripple control systems;
- properties of transmission channels and local bus (highway) systems for communication between process input/output elements;
- teleprotection and locally automated functions even though they may sometimes be implemented within a telecontrol system.

These standards are subdivided into several parts, which are subdivided into several sections and issued as separate publications bearing the following titles and scopes:

IEC Publication 870-1-1: Part 1: General considerations, Section One - General principles (which constitutes this report)

This report explains the structural elements, configurations and basic functions of telecontrol systems.

It gives an overview of functional elements which contribute to basic structures and possible choice of telecontrol systems configurations.

It deals with functions which are typical for any process to be monitored and controlled but emphasizes the specific problems which characterize geographically widespread processes, such as the dominant influence of telecommunication links with restricted bandwidth and often low signal-to-noise ratio.

However, this report shall only serve as an introduction to the detailed standards and recommendations laid down in Parts 2-5 quoted below.

Publication 870-1-2 de la CEI: Première partie: Considérations générales, Section deux - Guide pour les spécifications (à l'étude)

Cette section deux de la première partie donne des directives pour la conception et la définition des spécifications des systèmes et matériels de téléconduite dans le but de répondre aux exigences des applications individuelles.

Publication 870-1-3 de la CEI: Première partie: Considérations générales, Section trois - Glossaire (à l'étude)

Cette section trois de la première partie présentera les termes spécifiques des techniques de téléconduite (termes définis dans le chapitre 371 du Vocabulaire Electrotechnique International [VEI] [Publication 50(371) de la CEI] ainsi que d'autres termes nécessaires à la compréhension de la présente série de normes.

Publication 870-2-1 de la CEI: Deuxième partie: Conditions de fonctionnement, Section un - Conditions d'environnement et alimentations

Cette Section un de la deuxième partie définit les conditions d'environnement et d'alimentation en énergie qui doivent régir la conception des matériels de téléconduite afin qu'ils répondent à leurs spécifications. Elle établit les classes pour les différentes conditions et définit des procédures d'essai.

La Publication 870-2-2 de la CEI fera l'objet de la section deux et couvrira la compatibilité électromagnétique ainsi que les influences de la corrosion et de l'érosion.

Publication 870-3 de la CEI: Troisième partie: Interfaces (en préparation)

Cette partie définira les conditions d'interfaçage qui doivent être respectées afin de pouvoir relier entre eux les différents éléments d'équipement nécessaires à la constitution d'un système de téléconduite et permettre à l'utilisateur la gestion d'un tel système.

Publication 870-4 de la CEI: Quatrième partie: Prescriptions relatives aux performances (en préparation)

Cette partie traitera des caractéristiques auxquelles doivent se conformer les matériels et les systèmes de téléconduite pour exécuter de manière continue, sûre et précise les fonctions pour lesquelles ils sont conçus et avoir de plus la souplesse nécessaire pour s'adapter aux futures exigences.

Publication 870-5 de la CEI: Cinquième partie: Protocoles de transmission (en préparation)

Cette partie donnera les caractéristiques fonctionnelles auxquelles doivent se conformer les transmissions de données afin de réaliser un système de téléconduite en utilisant des liaisons (de données) ou des réseaux (de transmission de données). Les prescriptions relatives à l'intégrité des données, ainsi que les divers formats de données et les méthodes de transmission permettant de répondre à ces prescriptions, y seront définis.

IEC Publication 870-1-2: Part 1: General considerations, Section Two - Guide for specifications (under consideration)

This Section Two of Part 1 will describe guidelines for planning and defining specifications of telecontrol systems and equipment in order to accommodate individual application demands.

IEC Publication 870-1-3: Part 1: General considerations, Section Three - Glossary (under consideration)

This Section Three of Part 1 will present the specific terms of telecontrol techniques as defined in the International Electrotechnical Vocabulary [IEV] [IEC Publication 50 (371)] as well as other terms which are necessary for the understanding of this series of standards.

IEC Publication 870-2-1: Part 2: Operating conditions, Section One - Environmental conditions and power supplies

This Section One of Part 2 defines the environmental and power supply conditions to which the telecontrol equipment should be designed in order to fulfil its specifications. It establishes classes for different conditions and also defines test procedures.

IEC Publication 870-2-2 will constitute Section Two and it will deal with electromagnetic compatibility as well as corrosive and erosive influences.

IEC Publication 870-3: Part 3: Interfaces (in preparation)

This part will define the interface conditions that have to be met in order to correlate the different pieces of equipment needed to form a telecontrol system and to allow the user to manage such a system.

IEC Publication 870-4: Part 4: Performance requirements (in preparation)

This part will deal with those characteristics that have to be met by telecontrol equipment and systems to accomplish the functions for which they are intended in a continuous, secure and precise manner, and in addition to be flexible enough to accommodate future demands.

IEC Publication 870-5: Part 5: Transmission protocols (in preparation)

This part will describe the functional characteristics of data transmission that shall be met in order to implement a telecontrol system by means of links or networks. Data integrity requirements for information transmission, distinct data formats and transmission methods, which fulfil these requirements, will be defined.

Cette partie comportera plusieurs sections.

Les normes dont la liste figure ci-dessus seront complétées, si nécessaire, par des parties et des sections additionnelles.

3. Aspects généraux relatifs aux systèmes de téléconduite

Les aspects fondamentaux relatifs à l'exploitation de processus géographiquement dispersés, comprenant la production ainsi que le transport et la distribution d'un produit dans des conditions optimales, sont très semblables pour les différentes sortes de produits (par exemple gaz, eau, pétrole ou électricité). Les systèmes de téléconduite employés pour l'exploitation des réseaux électriques ont été développés jusqu'à un stade très avancé et servent souvent d'exemple pour d'autres domaines d'application. Pour cette raison, les aspects généraux relatifs à l'exploitation de tout processus géographiquement dispersé sont expliqués dans les paragraphes suivants en se référant, lorsque cela est nécessaire, à l'exploitation d'un réseau électrique.

3.1 *Rôle des systèmes de téléconduite dans l'exploitation des réseaux de transport et de distribution d'énergie électrique*

La qualité de l'alimentation en énergie électrique, dont un des éléments est la fiabilité, dépend dans une large mesure de l'existence d'un système coordonné de téléconduite assurant toutes les fonctions de supervision et de conduite nécessaires. La structure d'un tel système de téléconduite est dictée par l'architecture du réseau électrique et par la stratégie d'exploitation adoptée par le ou les utilisateurs. C'est par essence un système de conduite de processus distribué se conformant à la structure hiérarchique des réseaux électriques de transport et de distribution géographiquement dispersés. Un exemple typique de système de téléconduite est représenté à la figure 1, page 54.

Un système peut, du point de vue de l'exploitation, desservir un réseau électrique entier, ou bien être subdivisé en différents niveaux de responsabilité ou même en sous-systèmes partiellement ou totalement indépendants.

Les systèmes locaux de conduite des centrales sont d'ordinaire indépendants du système de téléconduite du réseau mais certaines informations de surveillance sont fournies par les systèmes de conduite des centrales au système de téléconduite du réseau. Inversement, certaines informations de commande, comme les points de consigne des générateurs, sont transmises aux centrales (par exemple dans le cas du réglage automatique fréquence/puissance).

Les configurations des systèmes de téléconduite vont d'un petit nombre de fonctions de surveillance et de commande point par point, pour aboutir à des systèmes à plusieurs niveaux couvrant de vastes régions géographiques. L'utilisation des techniques informatiques à tous les niveaux du système permet aux systèmes et aux architectures de téléconduite de mettre en oeuvre une intelligence répartie, avec des possibilités de prétraitement des informations pour éviter des transits inutiles de données. Des redondances sont prévues pour les fonctions vitales afin de satisfaire aux exigences de disponibilité et de fiabilité spécifiées.

This part will include several sections.

The standards listed above will be completed by additional parts and sections as appropriate.

3. General aspects related to telecontrol systems

The fundamental aspects relating to the operation of geographically widespread processes including the generation and optimum transportation and distribution of a product are very similar for the different kinds of products (e.g. gas, water, oil or electricity). Telecontrol systems employed in the operation of electric power systems have been developed to a very advanced state and often serve as examples for applications in other areas. For this reason, the general aspects relating to the operation of any geographically widespread process are explained in the following sub-clauses by reference where appropriate to the operation of an electric power system.

3.1 *The role of telecontrol systems in power systems operation*

The quality of the power supply, which includes its reliability, depends to a large extent on the existence of a coordinated telecontrol system which assures all the necessary supervisory and control functions. The structure of such a telecontrol system is dictated by the power system's architecture and by the strategy of operation adopted by the user(s). It is in essence a distributed process control system conforming to the hierarchical structure of the geographically widespread power transportation and distribution networks. A typical case of a telecontrol system is depicted in Figure 1, page 55.

A system can, from the operational point of view, service a whole power network or be split up into different levels of responsibility or even into partially or fully independent subsystems.

The local control systems of power stations are usually independent of the power network telecontrol system but certain monitored information is fed from the power stations control systems into the power network telecontrol system. Conversely, certain control information, such as set points for power generation, are transmitted into power stations (e.g. in the case of automatic load/frequency control).

Telecontrol system configurations range from a few point-to-point monitoring and control functions up to multilevel systems covering vast geographic areas. The use of computer technology on all levels of the system allows telecontrol systems and architectures to use distributed intelligence with possibilities of preprocessing information to avoid superfluous data flow. Redundancy is provided for vital functions in order to fulfil specified availability and reliability requirements.

Des fonctions de traitement étendues, telles que réglage fréquence/puissance, analyse de sécurité, estimation d'état et gestion prévisionnelle d'énergie à court terme, peuvent être réalisées soit par un système de calcul "temps réel" distinct, soit par le système de téléconduite lui-même, selon l'architecture choisie par le système.

Il faut également noter que les matériels et les sous-systèmes sont souvent fabriqués par des fournisseurs différents, et/ou sont issus de différentes générations de technologie. Leur intégration dans les systèmes de téléconduite crée donc des problèmes d'interfaçage parfois difficiles à résoudre.

3.2 Rôle du système de transmission de données

Un des facteurs importants à prendre en considération lors de la conception d'un système de téléconduite est la spécification du système de transmission de données.

On utilise le plus couramment des faisceaux hertziens, des transmissions par courants porteurs sur lignes de transport d'énergie (CPL), ou encore des voies de communication privées ou publiques. Les systèmes de téléconduite devant fonctionner en temps réel, les limitations imposées par les voies de télécommunications peuvent nuire considérablement à l'efficacité globale de ces systèmes: ces voies présentent une largeur de bande limitée, et ne permettent, en conséquence, que des débits binaires limités devant être transmis en présence de parasites importants, causant une distorsion des éléments de signal transmis. Inversement, les spécifications globales des voies de transmission doivent être choisies de manière à permettre l'optimisation du fonctionnement d'ensemble du système. Le système de transmission de données doit être, de ce fait, considéré comme partie intégrante du système de téléconduite.

De plus, tous les matériels de transmission situés dans le voisinage d'appareillage à haute tension, tels que disjoncteurs ou sectionneurs, sont soumis à des niveaux de parasites intermittents de grande intensité, se présentant en rafales, ainsi qu'à des surtensions transitoires. Cela est vrai en particulier pour les liaisons CPL.

Les exigences relatives aux performances et les contraintes spécifiques exigées par certaines applications de téléconduite telles que déclenchement à distance des protections de ligne de transport d'énergie, commutation de sources ou report de charge, etc., lorsqu'une réponse instantanée en temps réel est critique, imposent des connexions logiques permanentes et directes entre les sources de données et leurs destinataires. Cela signifie que l'application de techniques de commutation de messages ou de paquets est à exclure de manière catégorique dans de tels systèmes.

Il existe cependant certaines fonctions de téléconduite ayant des exigences moins poussées en matière de performances qui peuvent se satisfaire des techniques et des normes générales développées pour les applications de bureautique. Certains échanges de données entre postes de conduite régionaux, postes de conduite de district ou même postes de conduite nationaux peuvent entrer dans cette catégorie.

Extended processing functions, such as load/frequency control, security analysis, state estimation and short-term predictive energy management, may be carried out either by a separate real-time computer system or by the telecontrol system itself, according to the choice of the systems architecture.

It has also to be noted that equipment and subsystems are often manufactured by different suppliers and/or stem from different generations of technology. Their integration into telecontrol systems thus creates interface problems which are sometimes difficult to solve.

3.2 *The role of the data transmission system*

One of the important factors which has to be taken into account in the planning stage of a telecontrol system is the specification of the data transmission system.

Private or public communication cables, microwave channels and power line carrier (PLC) are most widely used. Since telecontrol systems have to operate in real-time mode, limitations imposed by the telecommunication channels may heavily impair the overall system efficiency. The implication is restricted bandwidth and hence restricted bit rates to be transmitted under noisy environmental conditions, which cause distortion of transmitted signal elements. Conversely specifications of the overall channels have to be chosen to allow optimization of the overall system performance. The data transmission system has to be considered in this sense as an integrated part of the telecontrol system.

In addition, all transmission equipment located in the vicinity of high voltage equipment such as circuit breakers and isolators, is prone to intermittent high noise levels of the burst type and transient voltages. This is especially true for PLC channels.

The performance requirements and boundary conditions for some telecontrol applications, such as teletripping in transmission line protection, generation/load rejection schemes, etc., where instantaneous response in real-time mode is critical, dictate the permanent direct logical connections between data sources and their destinations. This means that the application of store and forward techniques or packet switching are explicitly prohibited in such systems.

There are however telecontrol functions with less demanding performance requirements which may adopt the general techniques and standards which have been developed for office automation applications. Data exchanges among central stations for regions, districts or even nations may fall into that category.

3.3 *Prescriptions déterminantes pour la conception d'un système de téléconduite*

Pour des informations détaillées, voir la Publication 870-4 de la CEI.

3.3.1 *Caractéristiques fonctionnelles*

Le système doit être conçu de telle sorte que les opérateurs disposent des informations correctes sur l'état de fonctionnement réel aux points stratégiques du réseau électrique et soient à même de réagir avec rapidité et précision.

3.3.2 *Conditions d'environnement*

Le matériel, une fois installé, doit fonctionner correctement dans des conditions d'environnement spécifiées. Les spécifications détaillées et une classification des conditions d'environnement sont données dans la Publication 870-2-1 de la CEI.

3.3.3 *Fiabilité, disponibilité et sécurité*

Les spécifications de fiabilité, de disponibilité et de sécurité dépendent de l'application particulière et doivent être satisfaites par le système et tous ses éléments fonctionnels. Ceux-ci comprennent des alimentations sans interruption qui ne sont généralement pas considérées comme faisant partie du système de téléconduite lui-même. Il faut porter une attention toute particulière à la compatibilité électromagnétique pour tous les matériels électroniques utilisés dans les systèmes de téléconduite.

Il est recommandé de concevoir les systèmes de manière qu'ils soient, en fonctionnement, protégés contre les défaillances critiques, et que les défaillances de composants soient signalées immédiatement.

3.3.4 *Maintenabilité, facilité d'emploi et extensibilité; compatibilité ascendante*

Il est nécessaire de disposer de moyens de signaler et de localiser rapidement les défauts, ainsi que de possibilités d'autodiagnostic du matériel. Il y a lieu que le matériel et le logiciel concourent à assurer la maintenabilité et l'extensibilité pour faire face à des modifications ou à des extensions du processus. Il convient que les améliorations apportées à la conception, les modifications en matière de technologie et de méthodes d'exploitation soient également prises en considération. L'organisation du logiciel doit, en principe, permettre au personnel d'exploitation d'effectuer rapidement et facilement les changements permettant de prendre en compte les modifications du réseau électrique.

3.4 *Principales différences entre systèmes de téléconduite et systèmes de commande locaux*

Les caractéristiques qui différencient les systèmes de téléconduite des systèmes de commande locaux sont les suivantes:

- L'utilisation de liaisons de télécommunications caractérisées par une largeur de bande réduite et des niveaux de parasites importants requiert un compromis optimal entre vitesse de transmission et fiabilité du transfert des informations, de manière à pouvoir faire face au volume de données à transmettre et au temps de réponse total nécessaire.

3.3 *Requirements which determine the design of a telecontrol system*

For detailed information, see IEC Publication 870-4.

3.3.1 *Functional characteristics*

The system shall be designed so that the operators will obtain the correct information on actual operational status from strategic points of the power network and shall be able to respond quickly and accurately.

3.3.2 *Environmental conditions*

The installed equipment has to operate correctly under specified operational environmental conditions. Detailed specifications and a classification of environmental conditions are given in IEC Publication 870-2-1.

3.3.3 *Reliability, availability and security (RAS)*

RAS specifications depend on the particular application, and have to be met by the system and all its functional elements. These include uninterrupted power supplies which generally are not considered as being part of the telecontrol system itself. Electromagnetic compatibility has to receive close attention for all electronic equipment involved in telecontrol systems.

Systems should be laid out to operate in a fail safe mode and component failures should be indicated immediately.

3.3.4 *Maintainability, serviceability and expandability, upwards compatibility*

Means for quick fault indication and location are required together with self-diagnosis of the equipment. Both hardware and software should ensure maintainability and expandability, to cope with successive alteration and expansion of the process. Design improvement and changes of technology and of the methods of operation should also be taken into account. The organization of the software should be such as to permit operational control staff to carry out changes quickly and easily to cater for alterations in the power supply network.

3.4 *Main differences between telecontrol systems and local control systems*

The characteristics which differentiate telecontrol systems from local control systems are:

- The use of telecommunication links under restriction of bandwidth and under noisy environmental conditions, requires optimum trade-offs between transmission speed and reliable information transfer in order to cope with the amount of data to be transmitted and the overall transfer time needed.

- Les liaisons ou réseaux de transmission de données à longue distance, parfois composés de différents supports de transmission, sont une source de problèmes dus à des parasites pouvant atteindre occasionnellement des niveaux élevés. Le protocole de transmission de données choisi doit prendre en compte ces circonstances. De plus, des taux d'intégrité de données élevés doivent être garantis à des niveaux arbitrairement élevés de parasites, tout en prenant en considération le fait que les taux de transfert d'information décroissent progressivement à mesure que le niveau de parasites augmente.
- De nombreuses centrales (et stations de téléconduite) géographiquement dispersées doivent pouvoir être commandées par un même poste.

4. Structures et configurations des systèmes de téléconduite

Par *structure* d'un système, il faut comprendre l'ordre hiérarchique des éléments et leurs interactions, qui constituent et caractérisent ce système.

La *configuration* d'un système est un arrangement spécifié de stations de téléconduite et de leurs interconnexions.

4.1 *Relations entre les architectures des réseaux de processus et les configurations des systèmes de téléconduite*

Au stade de la conception, il convient de définir et d'ajuster aux exigences de l'utilisateur la configuration du système de téléconduite. La configuration du processus, par exemple celle d'un réseau de transport d'énergie, avec le nombre de niveaux de tension nécessaires, le nombre et la situation géographique des centrales, des postes de conduite, des postes d'interconnexion et de livraison, et des postes satellites, détermine tout d'abord l'agencement du système de transmission de données qui doit relier ces points entre eux.

Cette stratégie peut varier d'un pays à l'autre et d'une compagnie à l'autre, suivant qu'elle est nationalisée ou privée.

Il est par exemple possible de mettre l'accent sur les fonctions de surveillance, laissant partiellement ou en totalité les fonctions de commande aux opérateurs locaux dans les postes, mais en prévoyant toutefois les moyens de perfectionner ultérieurement le système. Il est également possible de mettre en oeuvre, dès le début, l'ensemble des moyens d'exploitation permettant de réaliser intégralement les fonctions de surveillance et de commande à distance. Même dans des systèmes relativement simples, les fonctions de surveillance et de commande peuvent être assez complexes, afin de satisfaire aux nombreuses prescriptions d'exploitation existant à chaque niveau hiérarchique d'un réseau électrique. Elles peuvent également être influencées par des prescriptions de sécurité, des réglementations et des considérations économiques. La tendance à une augmentation du nombre de lignes d'interconnexion, soit au niveau des compagnies, soit au niveau national, exige des fonctions d'application de commande de haut niveau et de ce fait des structures très élaborées pour le système de téléconduite.

- Long distance data transmission links or networks, sometimes composed of different transmission media, create problems with occasional high noise levels. The chosen data transmission protocol has to consider these circumstances. High data integrity rates have to be guaranteed at arbitrary high noise levels, whilst taking account of the fact that information transfer rates decrease gradually with increasing noise.
- Numerous geographically widespread plants (and telecontrol stations) have to be controlled by the same centre.

4. Structures and configurations of telecontrol systems

A system's *structure* is understood as the hierarchic order of the basic elements and their interactions, which constitute and characterize that system.

A system *configuration* is a specified arrangement of telecontrol stations and their interconnections.

4.1 *Interrelation of process network architectures and telecontrol system configurations*

In the planning stage, the system configuration has to be defined and tailored according to the user specifications. The configuration of the process, e.g. of a power grid, with the number of voltage levels involved, the number and geographical locations of power stations, control centres, substations and outstations, determines first of all the layout of the data transmission system which has to interconnect these points.

This strategy may differ from country to country and from utility to utility, being state or privately owned.

Emphasis may be given to monitoring functions, leaving control functions partly or entirely to the local operators in substations but providing means for later upgrading of the system. Full operational facilities for remote monitoring and telecontrol functions may be implemented right from the beginning. Even in relatively simple systems, the monitoring and control functions may be quite complex in order to satisfy the many operational requirements for each hierarchical level of a power network. They may also be influenced by security requirements, statutory regulations and economic considerations. The trend to more power grid tie lines, either at company levels or at national levels, calls for high grade application control functions and hence highly sophisticated telecontrol system structures.

Dans une optique de fiabilité et de sécurité, les systèmes de téléconduite sont souvent subdivisés en un certain nombre de niveaux de responsabilité, en conservant toutefois globalement une parfaite transparence vis-à-vis de l'exploitation.

4.2 Modules fonctionnels de base d'un système de téléconduite point à point

La figure 2, page 56, représente une configuration simple mais typique, la configuration point à point, avec ses interfaces (qui seront définies dans la Publication 870-3 de la CEI). Elle donne une description et une brève explication des modules fonctionnels de base constituant l'équipement ou les sous-systèmes, à savoir:

- entrées/sorties du processus;
- traitement de l'information dans le poste téléconduit;
- transmission de données;
- traitement de l'information dans le poste de conduite;
- entrées/sorties opérateur.

Le tableau I, page 50, représente les correspondances typiques entre ces modules fonctionnels et les divers types possibles de modules et de matériels de téléconduite correspondants. Il convient de noter que le traitement des fonctions locales et des fonctions spéciales d'application dans le poste téléconduit aussi bien que dans le poste de conduite peut être effectué soit dans le matériel de téléconduite lui-même, soit dans un équipement séparé (c'est-à-dire dans des unités de traitement supplémentaires ou dans un ordinateur industriel) qui doit être alors relié au matériel de téléconduite par un bus de données.

4.3 Modules fonctionnels de logiciel

Le logiciel destiné aux systèmes de téléconduite peut être décomposé en catégories, comme indiqué dans le tableau II, page 52.

Dans les systèmes typiques, les logiciels de base et d'application consistent en modules standard. Les développements nouveaux sont normalement limités au logiciel spécifique au projet.

4.4 Configurations des systèmes de téléconduite

Les configurations des réseaux de transmission de données peuvent être décomposées en éléments fonctionnels de base énumérés ci-après, qui constituent la base de toutes les configurations complexes de réseaux. Les détails concernant la transmission de données et les catégories de trafic sont traités à l'article 6. Cependant, il s'avère nécessaire à ce stade de faire certaines remarques spécifiques concernant la transmission de données. Le matériel de téléconduite du poste de conduite communique habituellement avec plusieurs postes satellites et utilise à cet effet plusieurs équipements terminaux de liaison (voir figure 2: ETCD, modems, page 56). Le nombre de terminaux de liaison influe sur l'organisation du transfert des données.

Les divers types de transferts des données utilisables pour la téléconduite sont illustrés ci-après, en utilisant les symboles suivants:

For the sake of reliability and security, telecontrol systems are therefore often subdivided into a number of different levels of responsibility while still maintaining an overall operational transparency.

4.2 *Basic functional modules of a point-to-point telecontrol system*

A simple but typical point-to-point structure, with interfaces to be defined in IEC Publication 870-3 is represented in Figure 2, page 57. This serves to describe and explain briefly the basic functional modules of equipment or subsystems, namely:

- process input/output;
- information processing in the controlled station;
- data transmission;
- information processing in the controlling station;
- operator input/output.

Table I, page 51, represents typical interrelations of these functional modules and possible types of related telecontrol modules and equipment. It should be noted that processing of local and special application functions in the controlled station as well as in the controlling station may be performed either in the telecontrol equipment itself or in separate equipment (i.e. in additional processors or in a process computer) which then has to be linked to the telecontrol equipment by a data bus.

4.3 *Functional software modules*

Telecontrol system software can be divided into the categories shown in Table II, page 53.

In typical systems, the basic and application software consist of standard modules. New development work is normally restricted to project specific software.

4.4 *Configuration of telecontrol systems*

Data transmission network configurations can be broken down into the basic functional elements listed below, which constitute the basis of all composite network configurations. Details concerning data transmission and traffic methods are dealt with in Clause 6. However, some specific remarks concerning data transmission have to be formulated at this stage. The telecontrol equipment in the control centre usually communicates with more than one outstation and uses more than one link terminal (see Figure 2: DCE, modems, page 57) for this purpose. The number of link terminals used influences the organization of the data transfer.

The various types of data transfer suitable for telecontrol purposes are now illustrated, using the following symbols:



Poste de conduite principal



Poste de conduite doté d'un ou de plusieurs équipements terminaux de liaison

Les petits cercles insérés dans les symboles représentant les stations symbolisent le nombre de terminaux de liaison par poste de conduite.



Poste satellite, poste téléconduit, équipement terminal du poste satellite



Point de collecte, de concentration ou de commutation d'informations



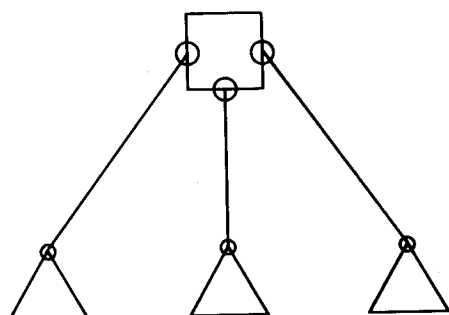
Ligne de transmission de données

4.4.1 Configuration point à point



Cette configuration relie deux stations de téléconduite et est la plus simple possible

4.4.2 Configuration radiale



Le poste de conduite est relié aux postes satellites par un terminal de liaison pour chaque poste satellite.

A tout moment, tous les postes satellites sont autorisés à émettre des données vers le poste de conduite, qui peut en retour émettre simultanément des messages vers un ou vers plusieurs postes satellites.



Main control centre



Control centre with one or more link terminals

The small circles inserted into the symbols for stations symbolize the number of link terminals per control centre.



Outstation, controlled station, remote terminal unit (RTU)



Information collecting, concentrating and exchange points



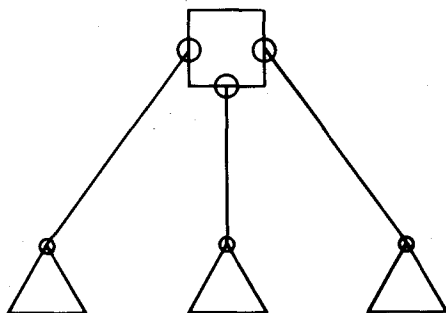
Data transmission line

4.4.1 Point-to-point configuration



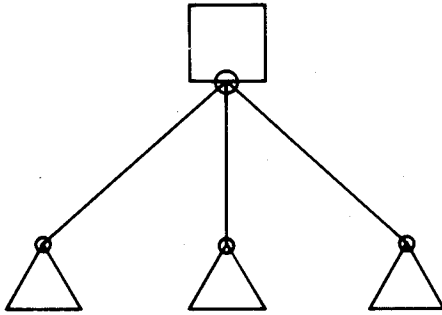
This configuration connects two telecontrol stations and is the simplest type possible

4.4.2 Multiple point-to-point configuration



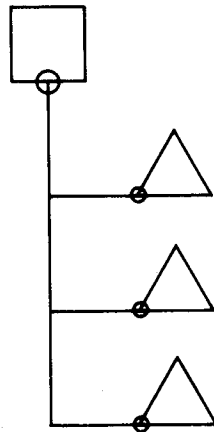
The control centre is connected to the outstations by one link terminal per outstation. At any time, all outstations are allowed to transmit data to the control centre, which in return may transmit messages to one or more outstations simultaneously.

4.4.3 Configuration multipoint (en étoile)



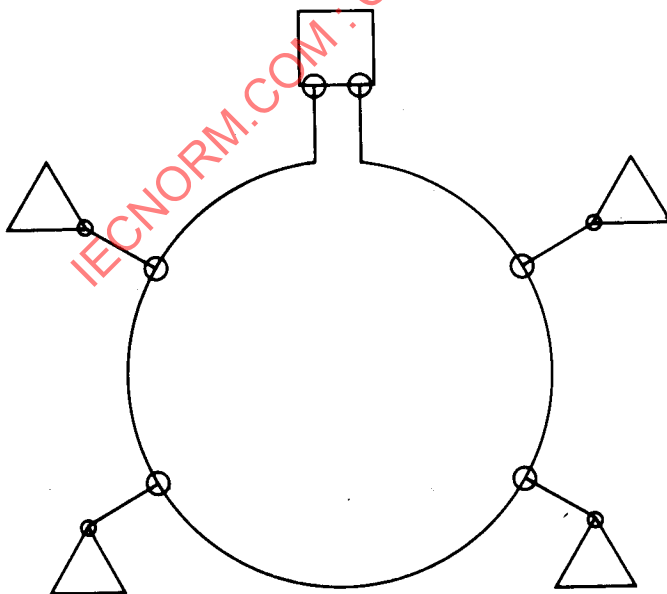
Le poste de conduite est relié à plusieurs postes satellites par un terminal de liaison commun. A tout moment, un seul poste satellite est autorisé à émettre des données vers le poste de conduite. Le matériel central de téléconduite peut transmettre des données soit à un ou à plusieurs postes satellites choisis, soit des messages globaux simultanément à tous les postes satellites.

4.4.4 Configuration en ligne partagée



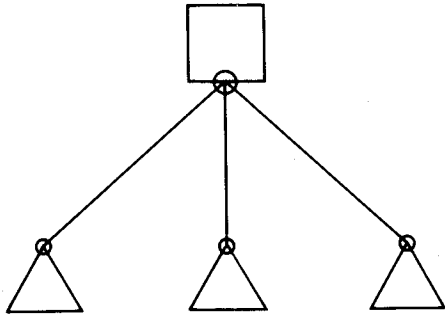
Le poste de conduite est relié à plusieurs postes satellites par une voie commune. Les restrictions imposées sur les échanges entre le poste de conduite et les postes satellites sont les mêmes que dans la configuration multipoint (paragraphe 4.4.3).

4.4.5 Configuration en boucle



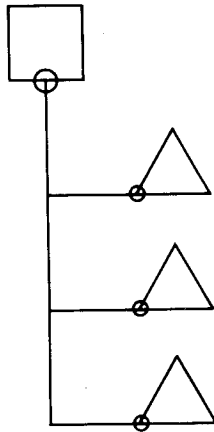
La voie de communication reliant tous les postes forme un anneau. C'est une méthode préférée pour améliorer la disponibilité de la voie de communication. Si la voie est interrompue à un endroit quelconque, la communication est maintenue dans sa totalité, du fait que chaque poste peut être atteint à partir des deux côtés de l'anneau.

4.4.3 Multipoint-star configuration



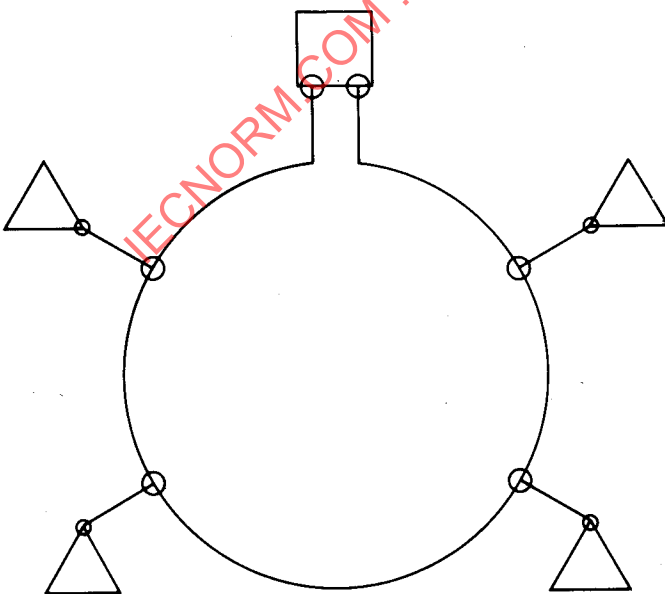
The control centre is connected to more than one outstation by one common link terminal. At any time, only one outstation is allowed to transmit data to the control centre. The central telecontrol equipment may transmit data either to one or more selected outstations or global messages to all outstations simultaneously.

4.4.4 Multipoint-partyline configuration



The control centre is connected to more than one outstation by a common path. The restrictions imposed on the exchange between central and outstations is the same as in the multipoint-star configuration (Sub-clause 4.4.3).

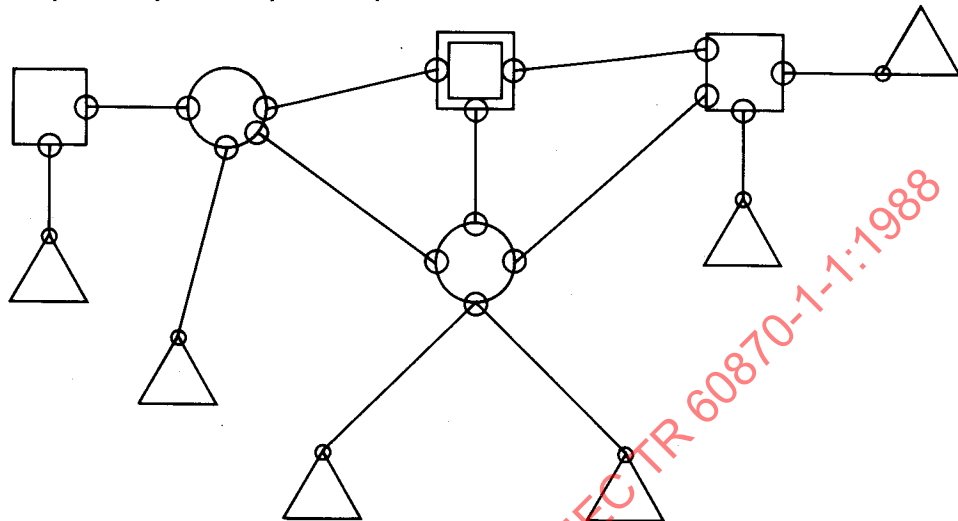
4.4.5 Multipoint-ring configuration (partyline-ring)



The communication path between all stations forms a ring. This is a preferred method to improve the availability of the communication path. If the path is interrupted in some location, full communication is maintained, since every station can be reached from two sides of the ring.

4.4.6 Configuration hybride

Les configurations des types indiqués aux paragraphes 4.4.1 à 4.4.5 peuvent être combinées en une grande variété de configurations hybrides. La plus importante d'entre elles est la configuration en réseau maillé dans laquelle une communication doit pouvoir avoir lieu entre n'importe quel couple de postes.



Des points de collecte, de concentration ou de commutation d'informations peuvent être insérés.

Le multiroutage, ainsi qu'il est montré aux paragraphes 4.4.5 et 4.4.6, augmente la fiabilité et la disponibilité de la transmission.

5. Fonctions des systèmes de téléconduite

5.1 Structure en couches des fonctions de téléconduite

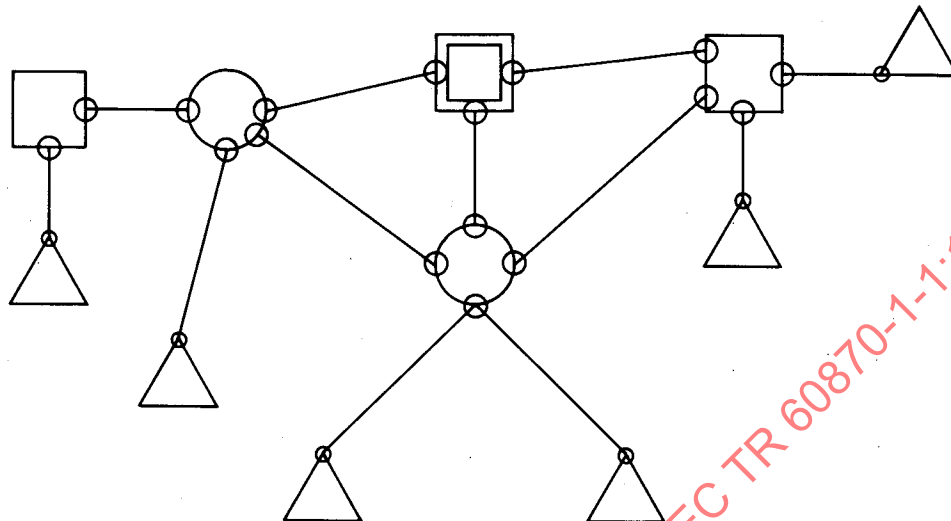
Les fonctions des systèmes (de traitement) de données peuvent être subdivisées en sept couches, comme il est spécifié dans le modèle de référence OSI (Interconnexion des systèmes ouverts) défini par l'ISO. Cette subdivision en couches modulaires constitue un modèle théorique utile pour la définition de normes. Chaque couche est par essence indépendante des couches situées au-dessus et au-dessous d'elle. Elle traite la couche située au-dessous comme une fonction assurant un "service" et la couche située au-dessus d'elle comme un "maître" avec lequel elle échange des données et auquel elle rend compte des erreurs. Elle communique, en général, avec la couche correspondante située à l'autre extrémité de la ligne de transmission.

L'indépendance des couches assure la modularité du système. Il est possible de modifier une couche sans avoir à modifier les autres; en particulier, certaines couches peuvent être omises.

Les fonctions des systèmes de téléconduite sont divisées en couches comme suit:

4.4.6 Composite (hybrid) configuration

Configurations of the types indicated in Sub-clauses 4.4.1 to 4.4.5 can be combined in a great variety of composite configurations. The most important variety is the meshed network configuration in which communication between any pair of stations is required.



Information collection, concentration and exchange points may be inserted.

Multirouting as shown in Sub-clauses 4.4.5 and 4.4.6 increases the reliability and availability of data transmission.

5. Functions of telecontrol systems

5.1 *Layered structure of telecontrol functions*

The functions of data systems may be subdivided into seven layers as specified in the OSI (Open System Interconnection) reference model defined by ISO. This subdivision into modular layers is a useful theoretical model for defining standards. Each layer is essentially independent of the layers below and above it. It treats the layer below as a "service" function and the layer above as a "master" with which it exchanges data and to which it reports errors. It communicates, in general, with its corresponding layer on the other side of the transmission line.

The independence of the layers gives a modularity to the system. It is possible to alter one layer without altering others, in particular some layers may be omitted.

Telecontrol system functions are divided into the following layers:

- *Fonctions d'application*

Elles couvrent les besoins spécifiques du processus que dessert le système de téléconduite, prenant donc en compte les types d'informations émanant du processus ou de l'opérateur. Ces informations sont transmises au moyen de signaux au système de téléconduite et sont traitées au sein de ce système sous forme de données.

- *Fonctions de traitement opérationnel comprenant les fonctions de présentation*

Conversion des informations en signaux et en données dans le matériel opérationnel.

- *Fonctions de transport, de réseau, de liaison et de transmission physique des données*

Les fonctions d'application et les fonctions de traitement opérationnel associées sont décrites d'une manière générale dans les paragraphes 5.2 à 5.4 ci-après. Des normes pour les fonctions de transport, de réseau et de liaison (telles que structures de formats de données) sont décrites d'une manière générale dans l'article 6 ci-après et seront traitées en détail dans la Publication 870-5 de la CEI.

5.2 *Fonctions d'application*

Les fonctions d'application sont divisées en deux catégories comme suit:

- Fonctions de base;
- Fonctions de traitement étendues.

5.2.1 *Fonctions de base*

Ces fonctions prennent en compte tous les types d'informations individuelles, en provenance ou à destination du processus et de l'opérateur.

Le contenu en information des données résultant des fonctions d'application de base reste inchangé au cours des traitements effectués par le système de téléconduite (c'est-à-dire que l'intégrité des données est conservée).

Les principaux sous-groupes sont les suivants:

- Surveillance (acquisition des données en provenance du processus)
 - Télésignalisation
informations d'état discontinues (simples, doubles ou multi-points).
 - Télémessure
grandeurs variables continues.
 - Télécomptage
variables intégrées ou informations incrémentales.

- *Application functions*

Cover the special needs of the process to which a telecontrol system is applied, thus dealing with the types of information emanating from the process or from the operator. This information is transferred to the telecontrol system by signals and is handled within this system in the form of data.

- *Operational processing functions including presentation functions*

Conversion of information into signals and data in the operational equipment.

- *Data transport, network, link and physical transmission functions*

Application functions and associated operational processing functions are described in general in Sub-clauses 5.2 to 5.4 below. Standards for data transport, network and link functions (such as data format structures) are described in general in Clause 6 below and will be dealt with in detail in IEC Publication 870-5.

5.2 *Application functions*

Application functions are divided into the following two categories:

- Basic functions;
- Extended processing functions.

5.2.1 *Basic functions*

These deal with all types of individual information from and to the process and the operator.

The information content of data resulting from basic application functions remains unaltered while being processed by the telecontrol system (i.e. the data integrity is maintained).

The main subgroups are:

- Monitoring (information acquisition from the process)

- Teleindication
discrete state information (single, double or multipoint).
- Telemetering
continuous variable quantities.
- Telecounting
integrated variables or incremental information.

- Commande et conduite (action sur le processus)
 - Télécommande, télécommunication
commandes simples ou doubles, commandes impulsionnelles ou maintenues.
 - Télérégulation et télécommande de position
grandeurs variables continues ou discontinues.

5.2.2 Fonctions de traitement étendues

Les fonctions de traitement étendues sont dérivées d'un ensemble de fonctions de base agissant du côté entrée et/ou du côté sortie du processus ou de l'opérateur, au moyen de fonctions opérationnelles de traitement.

Les fonctions de traitement étendues peuvent être réalisées soit par l'unité centrale du système de téléconduite, soit par des systèmes de calculateurs distincts.

Exemples typiques (par ordre de priorité de temps de transfert total décroissante):

- indication de limite;
- interprétation automatique des alarmes;
- affichage d'états anormaux;
- affichage de valeurs de mesure sommées;
- estimation d'état en temps réel;
- procédures de localisation des défauts (processus et système de téléconduite);
- enregistrement des événements en temps réel en vue d'analyses *post mortem*;
- réglage fréquence/puissance et gestion économique de l'énergie;
- surveillance et analyse de sécurité;
- affichage des valeurs de comptage intégrées;
- gestion de l'énergie à court terme;
- évaluation de la marge de sécurité;
- délestage et relestage automatiques;
- optimisation thermique/hydraulique et affectation des groupes.

5.3 Fonctions de traitement opérationnel

Les fonctions de traitement opérationnel assurent l'acquisition correcte des données et fournissent ces données sous une présentation appropriée. Les fonctions de traitement opérationnel typiques sont les suivantes:

- adaptation des signaux d'entrée/sortie traversant les interfaces opérateur et processus;
- suppression des rebondissements de contact;
- détection des informations correspondant à des états anormaux;
- vérifications de limites;
- contrôles de vraisemblance;
- validation des informations incrémentales;
- mise à l'échelle des mesurandes;
- sommation et autres opérations arithmétiques.

- Command and control (acting on the process)
 - Telecommand, teleswitching
single or double commands, pulse type or maintained commands.
 - Teleregulation and teleadjusting
continuous and discontinuous variable quantities.

5.2.2 *Extended processing functions*

They are derived from a set of basic functions acting on the input and/or output side of the process and operator by means of operational processing functions.

Extended processing functions may alternatively be performed by the CPU of the telecontrol system or by separate computer systems.

Typical examples are (in order of decreasing overall transfer time priority):

- limit indication;
- automatic interpretation of alarms;
- display of faulty states;
- display of summated measured values;
- real time state estimation;
- fault location routines (process and telecontrol system);
- real time event logging for *post mortem* analysis;
- load/frequency control and economic energy management;
- security monitoring and analysis;
- display of integrated metered values;
- short-term energy management;
- contingency evaluation;
- automatic load shedding and restoration;
- hydro-thermal optimization and unit commitment.

5.3 *Operational processing functions*

Operational processing functions ensure correct data acquisition and provide appropriate data presentation. Typical operational processing functions are:

- matching of input/output signals which cross interfaces to man and to the process;
- suppression of contact bounces;
- detection of faulty state information;
- limit checks;
- plausibility checks;
- increment pulse validation;
- calculation of engineering values of measurands;
- summation and other arithmetic operations.

La technologie moderne rend possible la réalisation de fonctions de traitement opérationnel additionnel à un coût économique dans les postes où les données sont acquises ou bien dans les concentrateurs de données. Cette procédure est appelée prétraitement. Les informations prétraitées peuvent aussi faire l'objet de traitements ultérieurs par l'unité centrale (ou par un calculateur séparé).

Le prétraitement peut également réduire le volume de données à transmettre, ce qui permet d'éviter, en cas de situation d'urgence, une éventuelle surcharge des voies de transmission, de l'unité centrale ou de l'interface homme-machine.

5.4 *Présentation à l'opérateur des informations relatives au processus*

L'interface homme-machine est définie comme la frontière entre le terminal d'un système de traitement de données et l'opérateur. Le type et la forme des informations que doivent échanger homme et machine, ainsi que le matériel et le logiciel utilisés à cette fin doivent être spécifiés en conséquence.

La prescription essentielle pour une communication optimale entre l'homme et la machine est donc de fournir aux opérateurs et au personnel de maintenance des informations adéquates et fiables sur l'état réel du réseau de transport d'énergie et du système de téléconduite lui-même, et de permettre l'utilisation de moyens centralisés pour une éventuelle intervention sur le processus.

Les types d'informations mentionnés aux paragraphes 5.2.1 et 5.2.2 sont visualisés de manière typique par les matériels suivants:

- *Tableau synoptique*
Il représente la topologie du réseau de transport d'énergie et indique son état. Des éléments actifs et/ou passifs comme des indicateurs à plusieurs aspects, des lampes témoins, des commutateurs à discordance, des boutons-poussoirs peuvent être utilisés pour visualiser l'état et lancer les commandes.
- *Console opérateur*
Elle consiste habituellement en une combinaison de dispositifs de visualisation (écrans en particulier) et de claviers fournissant à l'opérateur une information détaillée et des possibilités de commande.
- *Appareils de mesure indicateurs* (analogiques et/ou numériques)
Pour les valeurs mesurées et composites (par exemple sommes de valeurs analogiques ou valeurs élaborées).
- *Ecrans de visualisation (VDU)*
Ils sont utilisés habituellement pour la visualisation alphanumérique des alarmes, des mesurandes et d'autres informations ainsi que pour la visualisation graphique de l'état du réseau, etc.
- *Matériels d'enregistrement*
Tels que téléimprimeurs, imprimantes, dispositifs de tirage papier et traceurs de courbes pour l'enregistrement alphanumérique et graphique.

Modern technology allows the economic implementation of additional operational processing functions within stations where information is acquired and within information concentrators. This procedure is called preprocessing. Preprocessed information may also be further processed by the CPU of the controlling station (or a separate computer system).

Preprocessing may also reduce the amount of data to be transmitted and may prevent, particularly in emergency situations, possible overloading of transmission links, the CPU and the man-machine interface.

5.4 *Presentation of the process information to the operator*

The man-machine interface is defined as the shared boundary between the terminal of a data processing system and the operator. The type and form of information to be interchanged between man and machine and the hardware and software to accomplish this have to be specified accordingly.

The basic requirement for optimum man-machine communication is therefore to provide operators and maintenance personnel with adequate and reliable information on the actual status of the power grid and the telecontrol system itself and to make use of central facilities to allow possible intervention in the process.

The types of information mentioned in Sub-clauses 5.2.1 and 5.2.2 are typically displayed by the following hardware:

- *Mimic diagram*
Represents the topology and indicates the status of the power grid. Active and/or passive elements such as multi-aspect indicators, indication lamps, discrepancy switches, push buttons may be used to display the status and to initiate commands.
- *Operator's console*
Usually consists of a combination of displays, especially visual display units and keyboards, which provide the operator with detailed information and control facilities.
- *Indicating instruments* (analogue and/or digital)
For measured and composite values (e.g. sums of analogue values or processed values).
- *Visual display units (VDU)*
Usually serve for alphanumeric display of alarms, measurands and other information and for graphic display of process network status, etc.
- *Recording equipment*
For alphanumeric and graphic recording such as teletype, line printers, hardcopying devices and plotters.

- *Signalisation acoustique*
Pour attirer l'attention de l'opérateur sur les situations dangereuses.
- *Matériel de maintenance*
Pour la surveillance et la maintenance du système de téléconduite lui-même.

6. Transmission des données de téléconduite

6.1 *Rôle des normes de transmission de données*

Des normes sur la transmission de données ont été publiées par des organismes internationaux tels que le CCITT et l'ISO. Ces normes sont caractérisées par le fait qu'elles couvrent la transmission de données de type commercial, c'est-à-dire le transfert de données entre des systèmes informatiques scientifiques ou commerciaux et des terminaux éloignés. Les voies de transmission peuvent être des circuits loués à des services publics téléphoniques, couvrant des distances allant de quelques kilomètres à plusieurs centaines de kilomètres. Ce type de traitement de données est en général optimisé pour des applications de bureautique. Les trames de messages et les protocoles satisfont généralement aux contraintes de temps et au degré d'intégrité des données requis par ces services.

En revanche, la transmission des données de téléconduite s'effectue en ligne et en temps réel; elle est caractérisée par le fait que les systèmes de téléconduite commandent des mouvements de matières ou d'énergie et en conséquence requièrent des normes qui obéissent à des exigences rigoureuses en matière d'intégrité des données.

Les exigences typiques de la transmission des données de téléconduite sont les suivantes:

- très grande disponibilité;
- très haut degré d'intégrité des données;
- temps de transfert très court permettant une réponse en temps réel aux événements;
- grande efficacité dans le transfert de l'information;
- fonctionnement correct en présence de perturbations électromagnétiques et de différences de potentiel de terre importantes.

L'obstacle majeur s'opposant à la satisfaction de ces exigences est le fait que deux d'entre elles "haut degré d'intégrité de données" et "temps de transmission court" sont deux propriétés antagonistes sur des voies de transmission à largeur de bande réduite et dans des conditions d'environnement hostiles.

Il s'avère donc nécessaire de normaliser des méthodes de transmission réalisant un compromis équitable entre ces deux propriétés.

- *Acoustic signalization*
For attracting the operator's attention to dangerous situations.
- *Maintenance equipment*
For monitoring and maintenance of the telecontrol system itself.

6. Transmission of telecontrol data

6.1 *The role of data transmission standards*

Data transmission standards have been issued by international bodies such as CCITT and ISO. Existing standards are characterized by the fact that they cover commercial type data transmission, i.e. data transfer between scientific or commercial computer systems and remote terminals. Transmission paths may be circuits rented from the public telephone authority, covering distances from a few kilometres up to several hundred kilometres. Data handling of this type is typically optimized for office automation tasks. Message frames and protocols are mostly adequate for the degree of time requirements and data integrity required by those services.

On-line, real-time telecontrol data transmission on the other hand, which is characterized by the fact that telecontrol systems cause material or energy to move, require standards which fulfil stringent data integrity requirements.

The typical requirements of telecontrol data transmission are:

- very high availability;
- very high data integrity;
- short transfer time which allows real-time response to events;
- high information transfer efficiency;

proper operation in the presence of high electromagnetic interference and differences in earth potential.

The major obstacle in fulfilling these requirements is the fact that the two requirements, "high data integrity" and "low transmission delay", are two conflicting properties in transmission paths with restricted bandwidths and under inimical environmental conditions.

Consequently it is necessary to standardize transmission methods with fair compromises on these two properties.

Pour ces raisons, des supports de transmission appartenant aux compagnies, tels que câbles souterrains et aériens, liaisons CPL et faisceaux hertziens, sont très souvent mis en oeuvre afin d'obtenir une disponibilité élevée des liaisons de communication.

6.2 *Fonctions de transport, de réseau, de liaison et de transmission physique des données*

Les fonctions de transport de données couvrent toutes les fonctions impliquées dans la gestion efficace et sûre du transfert des informations entre les stations.

Des requêtes pour la transmission de messages avec des priorités, des longueurs, des types de dialogues et des destinations variés sont acceptées en provenance de la couche "application" dans chaque station. Les procédures de transmission appropriées sont déléguées aux couches inférieures de protocole qui à leur tour rendent compte aux couches supérieures de la bonne exécution ou des erreurs observées. Des procédures automatiques de récupération sont lancées pour les erreurs fugitives, et des comptes rendus d'erreur sont transmis aux couches supérieures en cas de détection d'erreurs persistantes.

Les fonctions typiques gérées par les couches supérieures en coopération avec les couches de protocole inférieures "liaison" et "transmission physique" sont:

- Organisation des priorités pour les transferts d'informations spontanés et cycliques.
- Exécution à la demande de programmes d'aide à la maintenance ou d'essais (par exemple activation ou désactivation de liaisons, de stations ou de parties du système).
- Stratégies de récupération des erreurs.
- Génération et surveillance de codes de détection d'erreurs.
- Génération et surveillance de la synchronisation de trame, accusé de réception des trames de messages et détection des erreurs de taille sur les trames.
- Sérialisation et désérialisation des trames de messages.
- Surveillance de la qualité du signal.
- Conversion des niveaux des signaux et des formats des données.

6.3 *Caractéristiques des transmissions de données en téléconduite*

6.3.1 *Structure du message de téléconduite*

La structure générale d'un message de téléconduite est représentée à la figure 3, page 58 (pour les détails, voir Publication 870-5 de la CEI). Des formats de trame normalisés fournissent des champs d'information qui peuvent varier seulement par multiples d'un octet.

Utility owned transmission media, such as underground and overhead cables, PLC and microwave links are very often put into operation in order to achieve high availability of the communication links.

6.2 *Data transport, network, link and physical transmission functions*

Data transport functions cover all functions involved in the management of efficient and reliable information transfer between stations.

Requests for the transmission of messages with various priorities, lengths, dialogue types and destinations are accepted from the "application" layer in each station. Appropriate transmission procedures are delegated to the lower protocol layers which report on the successful performance or on observed errors to the higher layers. Automatic recovery procedures are initiated upon dynamic errors, while error reports to the higher layers are generated upon the detection of persistent errors.

Typical functions which are managed in the higher layers in co-operation with the lower protocol layers "link" and "physical transmission" are:

- Priority organization for spontaneous and cyclic information transfers.
- Performance of maintenance and test routines upon request (e.g. activating or deactivating links, stations or system parts).
- Error recovery strategies.
- Generating and monitoring error-detecting codes.
- Generating and monitoring frame synchronization, acknowledgement of message frames and detecting frame size errors.
- Serializing and deserializing of message frames.
- Monitoring signal quality.
- Converting signal levels and data formats.

6.3 *Characteristics of telecontrol data transmission*

6.3.1 *Telecontrol message structure*

The general structure of a telecontrol message is shown in Figure 3, page 59 (for details, see IEC Publication 870-5). Standard frame formats provide information field lengths which may vary only by multiples of octets.

6.3.2 *Modes de déclenchement de la transmission des dispositifs de téléconduite*

Trois modes principaux de déclenchement de la transmission sont utilisés pour la transmission de données de téléconduite:

- *Transmission déclenchée par changement d'état (transmission spontanée)*

La transmission des données est déclenchée par des changements d'état (changements de position des disjoncteurs, changements des valeurs mesurées, etc.) dans les postes où ceux-ci se produisent. Cette méthode répond le mieux aux exigences du temps réel. On vérifie le fonctionnement correct de la transmission déclenchée par changement d'état en émettant périodiquement des informations de test (fonction "chien de garde").

- *Transmission à la demande*

Dans ce cas le poste de conduite requiert du poste satellite la transmission des informations d'état réel. Dans le cas de plusieurs postes satellites, ce mode est également appelé mode à interrogation sélective ou mode à scrutation.

- *Transmission cyclique*

Ce mode est fréquemment utilisé pour la transmission de valeurs mesurées et d'informations binaires des postes satellites vers le poste de conduite. Des ensembles de valeurs mesurées et/ou d'informations binaires d'état sont transmis selon un plan de multiplexage temporel. Il faut noter que la transmission cyclique amène un retard dans la mise à jour, retard qui augmente avec le volume d'informations à explorer en un cycle. Une seule voie de données est nécessaire, dans le sens de circulation des informations.

La transmission déclenchée par changement d'état et la transmission à la demande, où les données sont transmises une seule fois, exigent de la transmission un très haut degré d'intégrité des données. Pour le mode à mise à jour cyclique, dans lequel une fausse information occasionnelle est corrigée durant le cycle suivant, une classe d'intégrité plus basse serait suffisante (pour les détails, voir Publication 870-5 de la CEI).

6.3.3 *Combinaisons des modes de déclenchement de la transmission et des procédures de dialogue*

Les configurations des liaisons, les modes de déclenchement de la transmission et les types de trafic sont essentiellement indépendants les uns des autres et par conséquent une multitude de combinaisons serait en théorie possible. Les solutions pratiques se trouvent cependant limitées par une série de restrictions, imposées pour la plupart par des considérations d'ordre technique ou économique.

Les combinaisons des modes de déclenchement de la transmission sont les suivantes:

6.3.2 *Transmission initiation modes of telecontrol devices*

Three basic transmission initiation modes are used for telecontrol data transmission:

- *Event initiated transmission (spontaneous transmission)*

Data transmission is initiated by events in stations where they occur, such as changes of breaker positions, changes of measured values, etc. This method best meets real-time requirements. The proper operation of event initiated transmission is ascertained by transmission of periodic test information ("watchdog" function).

- *Transmission on demand*

In this case the outstation is requested by the master station to transmit the actual information status. In the case of several outstations this mode is also called interrogative or polling mode.

- *Cyclic transmission*

This mode is frequently used for transmission of measured values and binary information from outstation to the control station. Sets of measured values and/or binary status information are transmitted in a time division scheme. It has to be noted that cyclic transmission causes a time delay in updating which increases with the amount of information to be scanned in one cycle. A data path is needed in the direction of information flow only.

Event initiated transmission and transmission on demand, where data is transmitted only once, call for transmission with very high data integrity. For the cyclic updating mode, where occasional wrong information is corrected during the following cycle, a lower data integrity class would be sufficient (for details, see IEC Publication 870-5).

6.3.3 *Combinations of transmission initiation modes and dialog procedures*

Link configurations, initiation modes of transmission and types of traffic are principally independent of each other and a multitude of combinations would therefore theoretically be possible. Practical solutions, however, are limited by a series of restrictions imposed mostly by considerations of a partly technical and a partly economical nature.

Combinations of transmission initiation modes are:

- Déclenchement par changement d'état et transmission à la demande, interrogation d'un ou de plusieurs postes satellites pour rapatrier des informations d'état, ou scrutation pendant une période prédéterminée d'un ensemble de valeurs mesurées spécifiques et/ou d'informations d'état simples ou doubles, etc.
- Transmission déclenchée par changement d'état et transmission cyclique. La transmission cyclique peut être interrompue, permettant ainsi la transmission de changements d'état dont la priorité est supérieure. La transmission de données de test déclenchée périodiquement peut également être utilisée comme fonction "chien de garde".
- Combinaison des trois modes de déclenchement de transmission avec la répartition de priorités suivante:
 - 1) transmission déclenchée par changement d'état;
 - 2) transmission à la demande;
 - 3) transmission cyclique.

En ce qui concerne les configurations de réseau, il convient de prendre en considération les points suivants:

- Les configurations radiales peuvent être décomposées en un nombre équivalent d'éléments de liaison point à point, tous dotés de terminaux de liaison indépendants aux deux extrémités. Les trois modes de déclenchement de transmission et leurs combinaisons peuvent s'appliquer individuellement à chaque liaison. Le flux de données provenant de n postes satellites sera limité par le débit des unités centrales des systèmes et non par la capacité des terminaux individuels de liaison.

Les restrictions sur le flux de données, en particulier dans le cas de liaisons utilisant des transmissions cycliques, sont dues aux priorités de transmission imposées.

- Tous les types de configurations multipoints (telles que multipoint en étoile et ligne partagée) réduisent le débit de transmission possible dans un rapport supérieur au nombre n de postes satellites.

D'autres restrictions sont dues au choix des combinaisons des trois modes de déclenchement de la transmission et aux priorités de transmission imposées. Il faut noter que les stratégies de transmission des informations dans les configurations multipoints sont identiques à celles des bus de transmission en série de données binaires. Ces bus peuvent mettre en oeuvre divers modes de déclenchement et nécessitent, en conséquence, des méthodes de transmissions de données très évoluées.

Les transmissions déclenchées peuvent être, en cas de situation critique, à l'origine d'un accroissement soudain de la quantité d'informations à transmettre en un laps de temps réduit (de l'ordre de 1 s à 2 s) au niveau d'un seul ou de l'ensemble de postes satellites. Les configurations radiales présentent plus de souplesse que les configurations multipoints pour faire face à des situations critiques.

- Event initiation and transmission on demand, polled status information from one or more outstations, or a set of specific measured values and/or single-point or double-point status information is scanned during a requested time period, etc.
- Event initiated and cyclic transmission. Cyclic transmission can be interrupted, thus enabling event transmission which has higher priority. Periodically initiated test data transmission may also be used as "watchdog" function.
- Combination of the three transmission initiation modes with the following priority allocation:
 - 1) event initiated transmission;
 - 2) transmission on demand;
 - 3) cyclic transmission.

With regard to network configurations the following points have to be taken into consideration:

- Multiple point-to-point configurations can be broken up into the equivalent number of point-to-point link elements, all having independent link terminals on both ends. All three initiation modes of transmission and combinations thereof can be applied to each link individually. The data flow from n outstations will be limited by the throughput of the system's central processors and not by the capacity of the individual link terminals.

Restrictions in data flow, especially for links with cyclic transmission, are due to the imposed transmission priorities.

- All multipoint configurations, such as star and party line, restrict the possible data transmission rate from n outstations to less than $1/n$ per outstation.

Further restrictions are due to the choice of combinations of the three transmission initiation modes and the imposed transmission priorities. It has to be noted that the information handling strategies of multipoint configurations are equal to those of bit-serial data bus systems. Bus systems may operate in different initiation modes and therefore need sophisticated data transmission handling capabilities.

Event initiated transmission may in the case of emergency suddenly cause an increasing amount of information to be transmitted in a short time (of the order of magnitude of 1 or 2 s duration) at one or all outstations. Multiple point-to-point configurations are more flexible in coping with an emergency than multipoint configurations.

6.4 Types de trafic sur les voies de transmission

Les procédures particulières utilisées pour la transmission de données sur la liaison de communication, ainsi que le sens et l'ordre chronologique dans lequel les liaisons de communication peuvent être utilisées, sont fonction des types de trafic transmis par la liaison.

6.4.1 Trafic simplex

Le trafic simplex (à une voie) peut être utilisé dans le mode à mise à jour cyclique dans les systèmes de télésurveillance point à point et multipoint ou dans les systèmes utilisant le mode à sélection de voie.

6.4.2 Trafic semi-duplex

Le trafic semi-duplex est caractérisé par une liaison de transmission commune aux deux sens, interdisant ainsi une transmission simultanée dans les deux sens. Comparé à la transmission simplex, il offre une protection accrue des informations de changement d'état contre la perte en définissant des procédures de dialogue appropriées.

6.4.3 Trafic duplex

Une voie de transmission indépendante existe pour chaque direction (entrée et sortie), ce qui équivaut donc à un circuit de transmission à quatre fils dotés de la capacité de transmettre des données de manière simultanée dans les deux sens.

6.5 Systèmes de télécommunication

Les propriétés des systèmes de télécommunication sont mentionnées dans cette norme seulement dans la mesure où ces systèmes constituent un sous-système d'un système de téléconduite pour la transmission des données.

La transmission des données de téléconduite est assurée, dans la plupart des pays, par des systèmes de transmission d'information qui sont, en partie ou en totalité, la propriété des compagnies. Des voies de communications louées aux compagnies de téléphone sont également utilisées.

Les voies de communication comprennent habituellement les moyens suivants, pour les utilisations internes:

- téléphone avec commutation automatique (PABX);
- téléimprimeur, télécopie;
- transmission de données de téléconduite;
- téléprotection;
- télévision en circuit fermé.

Un choix de normes de transmissions existantes (CCITT, EIA et autres), satisfaisant aux prescriptions des systèmes de téléconduite, a été adopté.

6.5.1 Supports de transmission

Les supports de transmission suivants sont généralement utilisés:

6.4 *Types of traffic in transmission channels*

The particular procedures for conveying data over the communication link, together with the direction and the chronological sequence in which communication links may be needed, are functions of the types of traffic carried by the link.

6.4.1 *Simplex traffic*

Simplex (one way) traffic may be used in the cyclic updating mode in point-to-point and multipoint telemonitoring systems or in systems using the channel selecting mode.

6.4.2 *Halfduplex traffic*

Halfduplex traffic is characterized by a transmission link common to both directions, thus precluding simultaneous transmission in both directions. Compared to simplex transmission, it offers enhanced protection of event information against loss by defining appropriate dialogue procedures.

6.4.3 *Duplex traffic*

Independent transmission channels exist for the incoming and outgoing directions, thus representing a four-wire transmission path having the possibility of simultaneous data transmission in both directions.

6.5 *Telecommunication systems*

Properties of telecommunication systems are mentioned in this context only in so far as they serve as a subsystem to a telecontrol system for data transmission.

Transmission of telecontrol data is performed in most countries over fully or partly utility owned information transmission systems. Rented channels from telephone companies are also in use.

The channels usually comprise the following facilities for internal use:

- telephone with private automatic branch exchange (PABX);
- teleprinter, facsimile;
- telecontrol data transmission;
- teleprotection;
- closed circuit video.

Selections of existing transmission standards (CCITT, EIA and others) which fulfil the requirements of telecontrol systems are adopted.

6.5.1 *Transmission media*

The following transmission media are currently in use:

- radio (VHF, UHF);
- faisceaux hertziens point à point;
- transmission par courants porteurs sur lignes de transport d'énergie (CPL);
- câble de communication incorporé dans le câble de garde
- câble de communication suspendu
- câble de communication souterrain

} câbles multipaires,
câbles coaxiaux,
fibres optiques.

Les moyens de transmission constituent un réseau de télécommunication plus ou moins complet. La cadence de transmission de données des systèmes de téléconduite est généralement de l'ordre de 50 bits/s à 2 400 bits/s, ces cadences atteignant rarement 4 800 bits/s et 9 600 bits/s. Les débits binaires dépassant 9 600 bits/s exigent généralement des voies de transmission spéciales à grande largeur de bande, qui peuvent être obtenues en utilisant des techniques conventionnelles de transmission sur divers supports de télécommunication.

6.5.2 Méthodes de transmission

Les systèmes de téléconduite s'appuient exclusivement sur la transmission en série de données binaires. La représentation physique des éléments d'information (bits) sur la voie de transmission dépend du support de transmission utilisé, des limitations de largeur de bande et des autres conditions d'environnement.

Les méthodes de transmission les plus courantes sont:

- Modulation par impulsions et codage (PCM) dans laquelle l'information binaire est représentée par deux niveaux de signal distincts de durée fixe dans le cas de transmission par câble sur des courtes distances (transmission en bande de base) ou au moyen de deux fréquences distinctes de durée différente dans le cas de distances plus grandes ou d'autres supports de transmission. Dans le cas de cadences de transmission peu élevées (jusqu'à 1 200 bits/s) on utilise des voies ordinaires à déplacement de fréquence qui convertissent les deux niveaux de signaux en deux fréquences distinctes. Pour des cadences de transmission plus élevées, diverses techniques de modulation à plusieurs niveaux sont appliquées, techniques qui nécessitent et élaborent, en plus du flux de données binaires, des informations d'horloge et d'autres informations de commande.
- Modulation numérique d'impulsions en durée (DPDM) dans laquelle l'information binaire est représentée par des impulsions de signal de deux durées distinctes. Le nombre d'impulsions et d'intervalles entre impulsions représente un nombre donné de bits. Des voies à déplacement de fréquence ou des techniques de modem peuvent être utilisées en DPDM comme en PCM.

6.6 Protection des messages contre le bruit sur la voie de transmission

Pour la transmission des données de téléconduite et l'intégrité de ces données, il est important, pour chaque type de voie de transmission, de considérer les caractéristiques suivantes:

- largeur de bande disponible par voie;

- radio (VHF, UHF);
 - point-to-point microwave;
 - power line carrier (PLC);
 - communication cable embedded in earth wire
 - suspended communication cable
 - underground communication cable
- } multiwire cables,
coax cables,
optical fibres.

The transmission facilities form a more or less complete telecommunication network. Data transmission rates of telecontrol systems are usually in the range of 50 bits/s to 2 400 bits/s, infrequently as high as 4 800 bits/s and 9 600 bits/s. Signalling speeds in excess of 9 600 bits/s generally require special broadband channels which can be provided using conventional telecommunication transmission techniques over various telecommunication media.

6.5.2 Transmission methods

Telecontrol systems rely exclusively on bit-serial binary data formats. The physical representation of the information units (bits) on the transmission path depends on the transmission medium used, on bandwidth limitations, and other environmental conditions.

The most common transmission methods are:

- Pulse code modulation (PCM) in which binary information is represented by two distinct signal levels of fixed duration, in the case of cablebound transmission over short distances (baseband transmission), or by two distinct frequencies of distinct duration for longer distances or other transmission media. In the case of low transmission rates (up to 1 200 bits/s) ordinary "frequency shift" channels are used which convert the two distinct signal levels into two distinct frequencies. For higher transmission speeds various multilevel modulation techniques are applied which require and deliver, in addition to the binary data flow, "signal-element-timing" information and other data control information.
- Digital pulse duration modulation (DPDM) in which binary information is represented by signal pulses of two distinct durations. The number of pulses and pulse intervals represent a given number of bits. Frequency shift channels and modem techniques can be implemented with DPDM and PCM.

6.6 Protection of messages against noise on the transmission channel

With regard to telecontrol data transmission and its integrity the following characteristics of specific channel types are of interest:

- available bandwidth per channel;

- valeur prévue pour le rapport signal sur bruit dans les conditions normales d'environnement, ce rapport pouvant prendre des valeurs très basses durant les rafales de parasites;
- atténuation (dB/km) et ses variations dues à des influences extérieures (conditions météorologiques, givrage, etc.);
- retard dans le temps de transmission (ms/100 km).

Ces caractéristiques sont très différentes pour les divers supports de transmission cités précédemment et sont liées entre elles pour un type déterminé de voie.

Sur les faisceaux hertziens, les rafales de parasites causées par le fonctionnement de disjoncteurs ou de sectionneurs sont pratiquement inexistantes, mais les variations d'atténuation dues aux phénomènes atmosphériques peuvent avoir à être compensées par le fonctionnement en diversité. Les CPL, par contre, sont caractérisées par de faibles rapports signal sur bruit durant les rafales de parasites de courte durée, mais l'atténuation par kilomètre est faible, permettant ainsi un espacement plus grand des répéteurs.

6.6.1 *Protection des informations contre les altérations*

Des mesures peuvent être appliquées à tous les niveaux des systèmes de téléconduite pour réduire la possibilité d'altération des informations, par exemple:

- Amélioration du rapport signal sur bruit. Les méthodes passives comprennent un blindage des câbles coaxiaux, un choix adéquat des fréquences porteuses et sous-porteuses. Les méthodes actives comprennent l'augmentation de la puissance de l'émetteur, etc.
- Une réduction maximale des erreurs résiduelles (non détectées) dans les liaisons de transmission peut être obtenue en combinant de façon appropriée des codes redondants et une surveillance de la qualité du signal (amplitude des impulsions, distorsion du signal).

Après détection d'erreur, l'information fautive doit être supprimée.

- Utilisation de contrôles de vraisemblance, d'estimateurs d'états et de procédures étendues de transmission d'informations (telles que "vérifier avant d'exécuter" pour la transmission de commandes).

6.6.2 *Protection contre la perte d'informations*

Les systèmes de téléconduite à transmission spontanée peuvent perdre des informations si des informations sont supprimées après détection d'erreurs sur la voie de transmission. Cela peut être évité par différentes méthodes, telles que:

- *Accusés de réception*

Diverses méthodes sont utilisées, par exemple accusé de réception positif et retransmission automatique, au cas où l'accusé de réception positif ne parvient pas.

- planned signal/noise ratio figures which prevail during normal environmental conditions and extremely low signal/noise ratios during intervals of burst type noise;
- attenuation (db/km) and its variations due to external influences (weather, icing, etc.);
- transmission time delay (ms/100 km).

These characteristics are very different for the transmission media cited above and interrelated for specific channel type.

Burst type noise, produced by operation of circuit breakers and isolators, is practically absent on microwave channels, although variations in attenuation due to atmospheric scattering may have to be compensated by diversity operation. PLC on the other hand is characterized by poor signal/noise ratios during the short periods of burst type noise but attenuation per kilometre is low, thus allowing increased repeater spacing.

6.6.1 *Protection of information against falsification*

Measures can be applied in all layers of telecontrol systems to reduce the possibility of information falsification. Examples of typical measures are:

- Improving the signal-to-noise ratio. Passive methods include screening of coaxial cables, proper choice of carrier and sub-carrier frequencies. Active methods include increase of the transmitter power, etc.
- By weighted superposition of redundant coding and signal quality supervision (pulse amplitude, signal distortion), maximum reduction of residual (undetected) errors in transmission links can be obtained.

After error detection, the output of the falsified information has to be suppressed.

- Using plausibility checks, state estimators and extended information transmission procedures (such as "check before operate" for command transmission).

6.6.2 *Protection against loss of information*

Spontaneous telecontrol systems may lose information if the information is discarded after error detection on the transmission path. This can be avoided by different methods such as:

- *Decision feed back*

Various methods are in use, for example positive acknowledgement and automatic repetition of transmission if the positive acknowledgement does not arrive.