

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
870-5-1**

Première édition
First edition
1990-02

Matériels et systèmes de téléconduite

Cinquième partie:

Protocoles de transmission.

Section un – Formats de trames de transmission

Telecontrol equipment and systems

Part 5:

Transmission protocols.

Section One – Transmission frame formats



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 870-5-1: 1990

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 auprès du Bureau Central de la CEI.

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

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

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

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

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 from the IEC Central Office.

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

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

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

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
870-5-1

Première édition
First edition
1990-02

Matériels et systèmes de téléconduite

Cinquième partie:

Protocoles de transmission.

Section un – Formats de trames de transmission

Telecontrol equipment and systems

Part 5:

Transmission protocols.

Section One – Transmission frame formats

© CEI 1990 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

W

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

SOMMAIRE

	Pages
PREAMBULE	6
PREFACE	6
INTRODUCTION	8
 Articles	
1. Domaine d'application	12
2. Objet	12
3. Exigences en matière de transmissions de données dans les systèmes de téléconduite	12
3.1 Intégrité des données élevées, forte cohérence des données	12
3.2 Temps de transfert réduit	14
3.3 Transparence de la transmission de donnée	14
4. Eléments quantitatifs caractérisant l'intégrité des données	14
4.1 Exigences quantitatives concernant l'intégrité des données dans les systèmes de téléconduite	16
5. Eléments quantitatifs caractérisant l'efficacité de transmission	20
6. Spécifications des protocoles de transmission	22
6.1 Couche physique	22
6.2 Couche liaison de données	24
6.2.1 Classes de services fournis par la couche liaison de données	26
6.2.2 Procédures de dialogue	28
6.2.3 Norme de synchronisation de trame	30
6.2.4 Formats de trame normalisés	30
6.2.5 Synchronisation sur les canaux de transmission utilisant la coupure de porteuse	50
6.2.6 Principaux domaines d'application des classes de format définies	52
6.2.7 Utilisation des protocoles HDLC (Procédure de commande de liaison de données à haut niveau)	52
ANNEXE A - Influence de la surveillance de la qualité du signal sur l'efficacité de la transmission et sur l'intégrité des données	54
ANNEXE B - Eléments quantitatifs caractérisant l'intégrité des données et l'efficacité de transmission	62

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7
INTRODUCTION	9
Clause	
1. Scope	13
2. Object	13
3. Requirements for data transmission in telecontrol systems	13
3.1 High data integrity and data consistency	13
3.2 Short telecontrol transfer time	15
3.3 Support of bit oriented (code transparent) data transmission	15
4. Quantified rating of data integrity	15
4.1 Quantitative requirements for data integrity in telecontrol systems	17
5. Quantified rating of transmission efficiency	21
6. Transmission protocol specifications	23
6.1 Physical layer	23
6.2 Link layer	25
6.2.1 Link service classes provided	27
6.2.2 Dialogue procedures	29
6.2.3 Standard frame synchronization	31
6.2.4 Standard frame formats	31
6.2.5 Synchronization in transmission channels using switched carrier frequency	51
6.2.6 Main application fields of the defined format classes	53
6.2.7 Use of HDLC (High level data link control)-protocols ...	53
APPENDIX A - Effect of signal quality supervision on transmission efficiency and data integrity	55
APPENDIX B - Quantitative ratings of data integrity and transmission efficiency	63

TABLEAU:

1	Spécifications des formats de trame et des codes de contrôle normalisés	34
---	---	----

FIGURES:

1	Classes d'intégrité des données	16
A.1	Détection du signal correspondant aux éléments binaires:	
	<i>a)</i> sans surveillance de la qualité du signal	
	<i>b)</i> avec surveillance de la qualité du signal	58
A.2	Influence de la surveillance de la qualité du signal sur l'efficacité de transmission de trame et sur l'intégrité des données	60
B.1	Erreurs résiduelles des classes de format FT1.1, FT1.2, FT2 et FT3	76
B.2	Efficacité de transmission des trames pour les classes de format FT1.1, FT1.2, FT2 et FT3	78

TABLE:

1	Standard frame formats and code specifications	35
---	--	----

FIGURES:

1	Data integrity classes	17
A.1	Bit signal detection:	
	<i>a)</i> without and	
	<i>b)</i> with signal quality supervision	59
A.2	Influence of signal quality supervision on frame transmission efficiency and on data integrity	61
B.1	Residual errors of format classes FT1.1, FT1.2, FT2 and FT3	77
B.2	Frame transmission efficiency of format classes FT1.1, FT1.2, FT2 and FT3	79

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATERIELS ET SYSTEMES DE TELECONDUITE

Cinquième partie: Protocoles de transmission

Section un - Formats de trames de transmission

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 voeu 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

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 57 de la CEI: Téléconduite, téléprotection et télécommunications connexes pour systèmes électriques de puissance.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapports de vote	Procédure des Deux Mois	Rapport de vote
57(BC)31 57(BC)50	57(BC)37 57(BC)54	57(BC)40	57(BC)45

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

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

- Publications n^{os} 50(371) (1984): Vocabulaire Electrotechnique International, Chapitre 371: Téléconduite.
- 870-1-1 (1988): Matériels et systèmes de téléconduite, Première partie: Considérations générales - Section un: Principes généraux.
- 870-5-2: Cinquième partie: Protocoles de transmission - Section deux: Procédures de transmission (en préparation).

Autre publication citée:

- ISO 3309 (1984): Systèmes de traitement de l'information - Communication de données - Procédures de commande de liaison de données à haut niveau - Structure de trame.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

TELECONTROL EQUIPMENT AND SYSTEMS

Part 5: Transmission protocols

Section One - Transmission frame formats

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

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

Six Months' Rule	Reports on Voting	Two Months' Procedure	Report on Voting
57(C0)31 57(C0)50	57(C0)37 57(C0)54	57(C0)40	57(C0)45

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

The following IEC publications are quoted in this standard:

Publications Nos. 50(371) (1984): International Electrotechnical Vocabulary, Chapter 371: Telecontrol.

870-1-1 (1988): Telecontrol equipment and systems, Part 1: General considerations - Section One: General principles.

870-5-2: Part 5: Transmission protocols - Section Two: Transmission procedures (in preparation)

Other publication quoted:

ISO 3309 (1984): Information processing systems - Data communication - High-level data link control procedures - Frame structure.

MATERIELS ET SYSTEMES DE TELECONDUITE

Cinquième partie: Protocoles de transmission

Section un - Formats de trames de transmission

INTRODUCTION

La présente section met en évidence les exigences et conditions spécifiques de transmission de données dans les systèmes de téléconduite et décrit les moyens de répondre à ces exigences. Les normes de protocoles de transmission existantes sont adoptées chaque fois qu'elles répondent aux exigences spécifiques de la téléconduite.

Selon les termes du modèle de référence OSI (interconnexion des systèmes ouverts) de l'ISO-CCITT, qui subdivise la fonction de communication en sept couches, la présente section constitue une norme relative aux deux premières couches, en l'occurrence la couche physique et la couche liaison de données. Elle spécifie en particulier les formats pour la transmission de trames de bits en série qui satisfont aux classes d'intégrité spécifiées.

La Publication 870-5-2: Section deux: Procédures de transmission (en préparation) spécifiera des normes complémentaires pour la couche liaison de données et pour les couches supérieures, y compris des dispositions concernant le contenu des données dans les trames, c'est-à-dire les services fournis dans différents modes de trafic et pour diverses configurations de liaison de données et de réseau.

Le but fondamental de la fonction de communication dans la surveillance et la conduite de processus est d'arriver à la cohérence maximale du système, c'est-à-dire qu'il ne devrait y avoir aucune différence entre l'état physique d'un processus et son image dans la base de données du système de téléconduite. Cet objectif fondamental ne peut être complètement réalisé. Les lois de causalité font que l'information donnant l'état du processus est transmise avec un certain retard; par ailleurs, l'information peut être faussée par le bruit ambiant ou la panne d'un composant. Tout ce que l'on peut espérer, c'est que la transmission puisse assurer un haut degré de cohérence au système. Pour cette raison, la méthode de transmission de données doit permettre un transfert *fiable* et *efficace* des informations en particulier pour les messages courts et urgents. L'utilisation de la bande passante disponible en respectant ces deux critères constitue le point délicat des protocoles de téléconduite, dans la mesure où les bandes passantes disponibles sont limitées.

Cependant, dans un environnement imparfait, une intégrité des données élevée et une transmission à haut débit sont des propriétés contradictoires: l'accroissement des exigences concernant l'intégrité des données ne peut être obtenu qu'aux dépens d'une réduction du débit réel des informations. C'est pourquoi il est nécessaire de trouver un compromis acceptable entre ces deux propriétés, basé sur une analyse des besoins. Une hypothèse préalable d'analyse consiste dans la mesure objective des qualités exigées.

TELECONTROL EQUIPMENT AND SYSTEMS

Part 5: Transmission protocols

Section One - Transmission frame formats

INTRODUCTION

This section highlights specific requirements and conditions for data transmission in telecontrol systems and shows ways to meet those requirements. Existing standards for data transmission protocols are adopted where they fulfil the specific telecontrol requirements.

In terms of the OSI (Open System Interconnection) reference model of ISO-CCITT, which subdivides communication into seven layers, this specifies standards for the two lowest layers, namely the physical layer and the link layer. In particular the document specifies formats for bit serial frame transmission which comply with specified classes of data integrity.

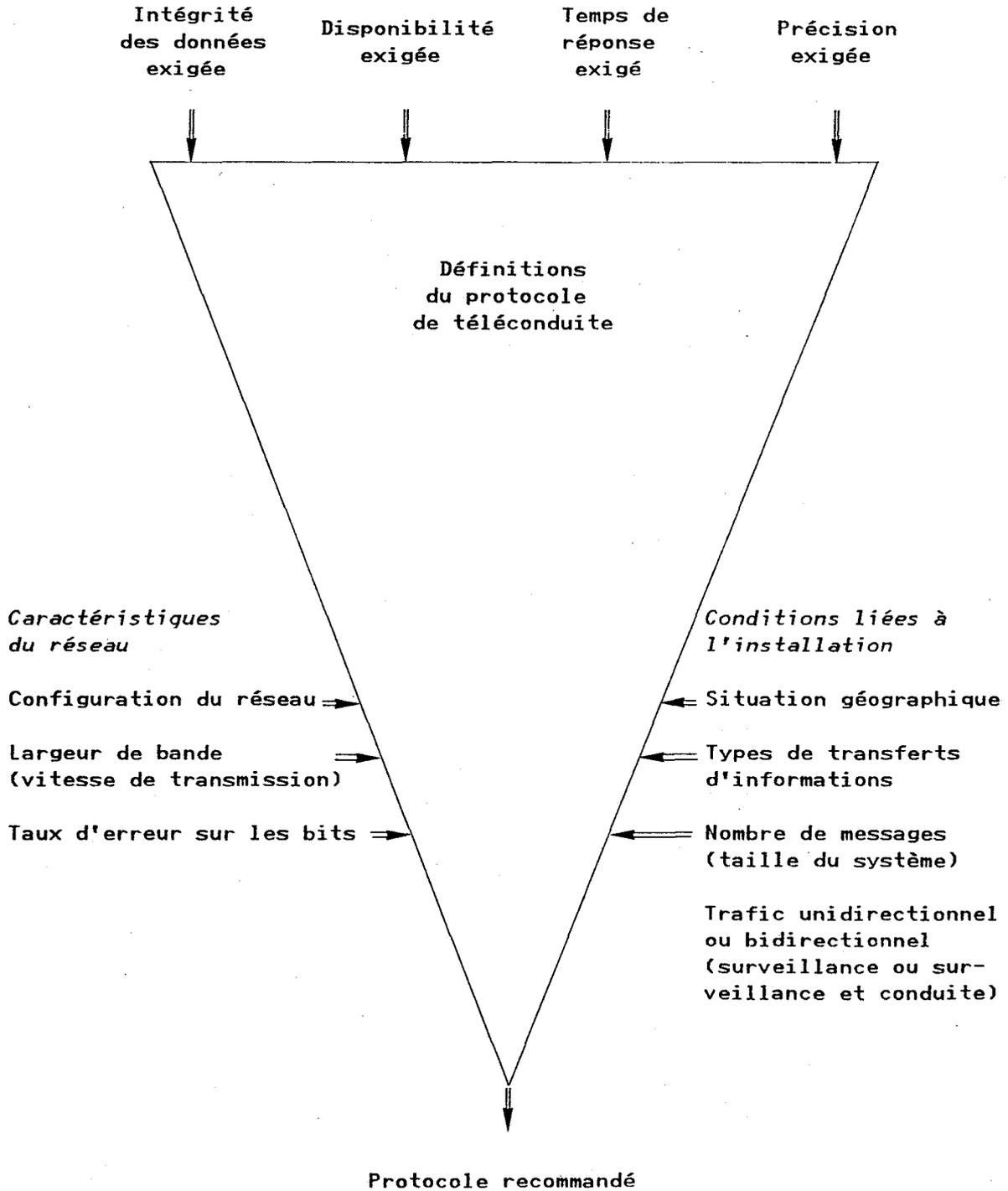
Publication 870-5-2: Section Two: Transmission Procedures (in preparation) will specify further standards for the link layer and for higher layers. This comprises dispositions for data contents within frames, i.e. services in various traffic modes and for various link - and network configurations.

The ultimate purpose of the communication function in process monitoring and control is to achieve maximum system consistency, i.e. there should be no discrepancies between the physical states of process variables and their image in the data base of the telecontrol system. This ultimate goal cannot be achieved completely. The laws of causality dictate that the information about process states is delayed and environmental noise or component failures may falsify the information. All that can be expected is that the communication allows a high degree of system consistency to be maintained. For this reason the data transmission method shall support upgraded *reliable* and *efficient* information throughput in particular for short and urgent messages. The exploitation of the installed bandwidth with respect to these two qualities is the critical measure for telecontrol protocols, because the available bandwidths are limited.

In an imperfect environment, however, high data integrity and efficient data transmission are conflicting properties: increasing demands for data integrity can be fulfilled at the expense of decreasing net speed of information flow. It is necessary, therefore, to find an acceptable compromise between these two properties, based on an analysis of the requirements. A pre-supposition for analytical treatment is the objective measurement of the required properties.

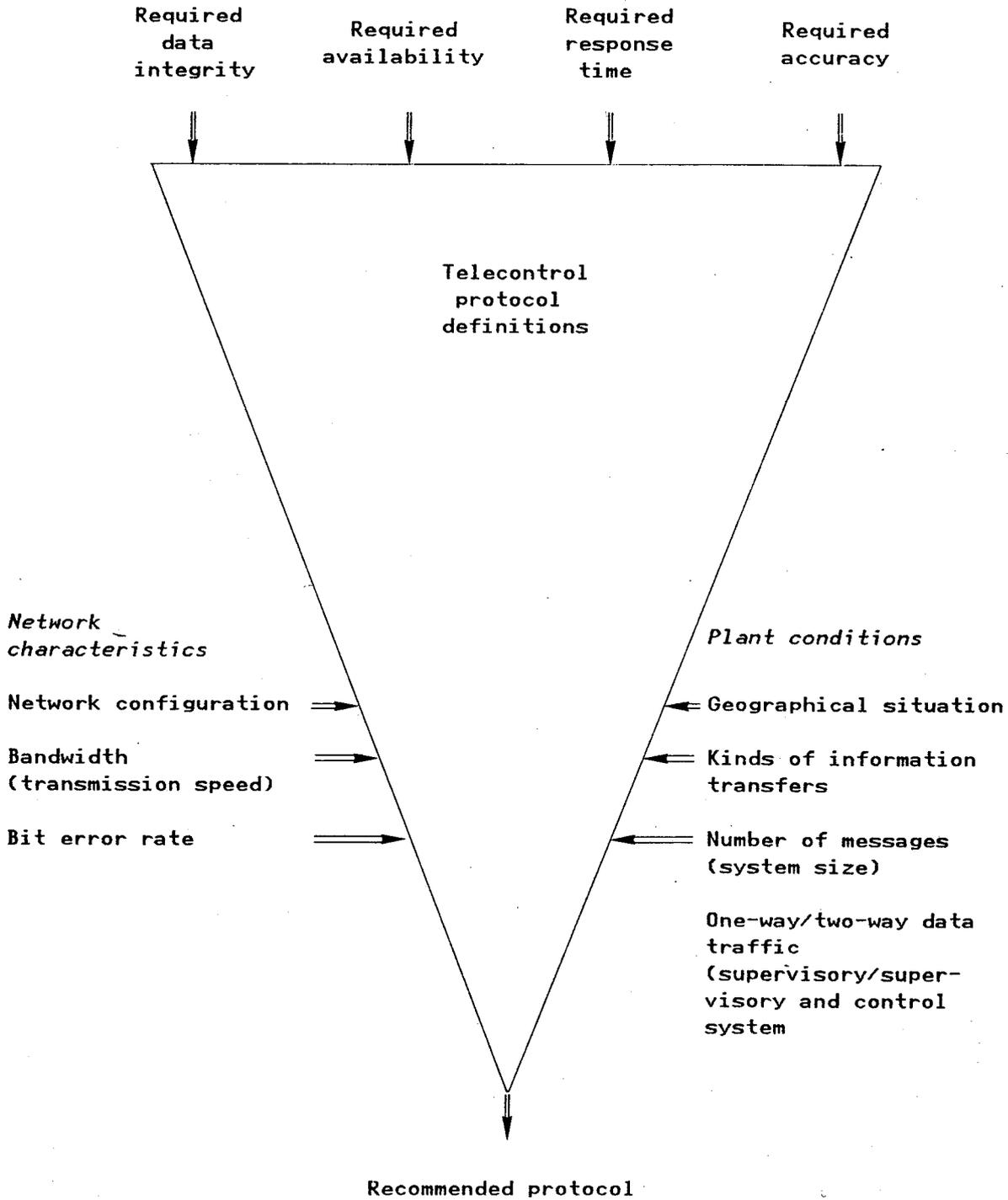
Le transport des données n'est que l'une des fonctions du système global. Les prescriptions concernant la vitesse de transmission et l'intégrité des données doivent être choisies de façon cohérente avec la précision de ce système, c'est-à-dire que tous les paramètres du système doivent être harmonisés. En plus du compromis nécessaire entre vitesse de transmission et intégrité des données, d'autres conditions peuvent influencer le choix d'un protocole de transmission approprié, comme le montre le schéma ci-dessous.

Exigences fonctionnelles



Data transport is only one function of the total system. The speed and integrity requirements of data transmission shall be chosen to be consistent with the accuracy of the total system, i.e. all the system parameters should be matched. In addition to the required compromise between transmission speed and transmission integrity there are further conditions which influence the choice of an appropriate telecontrol protocol, as shown in the following diagram:

Functional requirements



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. La présente norme se rapporte à des protocoles de transmission de données asynchrones semi-duplex et duplex de niveau liaison de données, fonctionnant avec une largeur de fenêtre égale à 1 pour les transferts de messages.

2. Objet

La présente section spécifie les exigences de base des services devant être fournies par les couches physique et liaison de données pour les applications de téléconduite. En particulier, elle définit des normes concernant le codage, le formatage et la synchronisation de trames de longueurs variables ou fixes qui répondent à des prescriptions d'intégrité des données spécifiées.

Les codages spécifiés pour les blocs sont adaptés à la transmission en série de trames composées d'éléments binaires sur des canaux de transmission binaires symétriques utilisant une méthode de codage *sans mémoire* au niveau de l'élément binaire, ce qui signifie que la spécification du signal correspondant à chaque élément binaire émis ne doit pas dépendre des signaux émis préalablement à cet élément binaire.

Note. - Des recommandations concernant des services de transmission de données utilisant des méthodes différentes du codage sans mémoire des éléments binaires (par exemple modulation numérique de durée d'impulsion (DPDM), HDLC, etc.) et des protocoles de liaison de données duplex fonctionnant avec des largeurs de fenêtre supérieures à 1 sont à l'étude.

3. Exigences en matière de transmissions de données dans les systèmes de téléconduite

En fonction des objectifs fondamentaux des systèmes de téléconduite et des conditions particulières d'environnement, il est nécessaire que les transmissions de données satisfassent aux exigences suivantes:

3.1 *Intégrité des données élevée, forte cohérence des données*

La transmission des données doit s'effectuer de manière correcte en présence de conditions d'environnement sévères (perturbations électromagnétiques, différences de potentiel entre terres, vieillissement des composants, et toutes autres sources de perturbations ou de parasites affectant la voie de transmission). Dans ces conditions, il est nécessaire d'assurer une protection efficace des messages contre:

- les erreurs non détectées sur les éléments binaires;
- les erreurs non détectées sur les trames, causées par des problèmes de synchronisation;

1. Scope

This series of standards applies to telecontrol equipment and systems with coded bit serial data transmission for monitoring and controlling geographically widespread processes. This standard covers asynchronous data transmission with half duplex and duplex link protocols operating with window size one for message transfers.

2. Object

This section specifies the basic requirements for services to be provided by the link plus physical layers, for telecontrol applications. In particular it specifies standards on coding, forming and synchronizing data frames of variable and fixed lengths which meet specified data integrity requirements.

The specified block codes are suited for the transmission of bit serial frames over binary symmetric transmission channels using a *memoryless* bit encoding method. This means that the signal specification of each transmitted bit shall not depend on signals transmitted before that bit.

Note.- Recommendations for data transmission services using other than memoryless bit encoding methods (for example digital pulse duration modulation (DPDM), HDLC, etc.) and duplex link protocols with window sizes greater than one are under consideration.

3. Requirements for data transmission in telecontrol systems

According to the basic goals of telecontrol systems and to the particular environmental conditions, it is necessary that data transmission fulfils the following requirements:

3.1 *High data integrity and data consistency*

Correct data transmission is required in the presence of harsh environmental conditions, such as electromagnetic interferences, differences in earth potential, ageing components and other sources of disturbance and noise incident on the transmission path. Under these conditions it is necessary to provide efficient protection of messages against:

- undetected bit errors;
- undetected frame errors caused by synchronization errors;

- les pertes non détectées d'informations;
- la prise en compte d'informations intempestives (par exemple simulation de messages par des parasites);
- la séparation ou la perturbation d'informations cohérentes.

3.2 Temps de transfert réduit (voir VEI 371-08-16)

Un temps de transfert réduit doit être assuré par l'application de protocoles de transmission de trames efficaces, en particulier pour ce qui concerne les messages à transmission spontanée, sur des voies de transmission à bande passante limitée et sujettes à des parasites de caractéristiques imprévisibles.

3.3 Transparence de la transmission de donnée

Aucune restriction de code quant aux données "utilisateur" n'est imposée: le protocole de liaison de données accepte, en provenance de la source de données, et émet des séquences d'éléments binaires de structure quelconque.

4. Eléments quantitatifs caractérisant l'intégrité des données

Une spécification quantitative de l'intégrité des données dans les systèmes de transport d'informations est obtenue en évaluant son complément: la non-intégrité des données. Fondamentalement, il y a deux causes de non-intégrité des données dans une station réceptrice, à savoir:

- (i) le taux d'erreur résiduelle (voir VEI 371-08-05) =

$$\frac{\text{nombre de messages faux non détectés}}{\text{nombre total de messages envoyés}}$$

- (ii) le taux de perte résiduelle d'informations (voir VEI 371-08-09) =

$$\frac{\text{nombre de messages perdus}}{\text{nombre total de messages envoyés}}$$

Il faut insister sur le fait que seuls les taux d'erreurs et de pertes *non détectées* contribuent à la non-intégrité de la transmission des informations. Les erreurs et les pertes détectées sont gérées selon une stratégie préétablie, telle que répétition automatique ou compte rendu à l'utilisateur. Ces erreurs peuvent affecter la disponibilité globale du système, mais le protocole de transmission en fournissant un compte rendu de ces erreurs, a rempli sa fonction.

- undetected loss of information;
- gain of unintended information (i.e. simulation of messages by noise);
- separation or perturbation of coherent information.

3.2 *Short telecontrol transfer time (see IEV 371-08-16)*

Provision of short information transmission times by application of efficient frame transmission protocols, particularly for event initiated messages over transmission paths with limited bandwidth and with uncertain noise characteristics.

3.3 *Support of bit oriented (code transparent) data transmission*

No code restrictions on user data are required. The data link protocol accepts and transmits arbitrary bit sequence structures from the data source.

4. Quantified rating of data integrity

A quantitative specification of the data integrity in information transport systems is achieved by evaluating the contributions of the complement of data integrity, the non integrity of data. Basically there are two sources causing non integrity of data in a receiving station, namely:

(i) residual error rate (see IEV 371-08-05) =

$$\frac{\text{number of undetected wrong messages}}{\text{total number of messages sent}}$$

(ii) rate of residual information loss (see IEV 371-08-09) =

$$\frac{\text{number of undetected lost messages}}{\text{total number of messages sent}}$$

It is emphasized that only rates of *undetected* errors or losses contribute to the non integrity of information transmission. Detected errors and losses are handled by predefined strategies such as automatic retransmission or reports to the user. They may affect the system availability as a whole but, in reporting these errors, the data transmission protocol has fulfilled its function.

4.1 Exigences quantitatives concernant l'intégrité des données dans les systèmes de téléconduite

Trois classes d'intégrité des données I1, I2 et I3 ont été établies pour la transmission des données de téléconduite. L'utilisation de chaque classe dépend de la nature des données. La figure 1 donne une représentation graphique des limites supérieures du taux d'erreur résiduelle R en fonction du taux d'erreur sur les éléments binaires (voir VEI 371-08-01) pour ces trois classes. Les courbes s'arrêtent à un taux d'erreur sur les éléments binaires $p = 0,5$ qui correspond à une réception d'éléments binaires aléatoires (réception de bruit sans signal). La pente des courbes pour $p < 10^{-4}$ représente la distance de Hamming d de la méthode de codage utilisée. Ce résultat provient de l'introduction d'une double échelle logarithmique sur la figure 1 et du fait que les configurations d'erreurs avec éléments binaires inversés d fournissent la contribution prédominante aux erreurs résiduelles pour $p < 10^{-4}$.

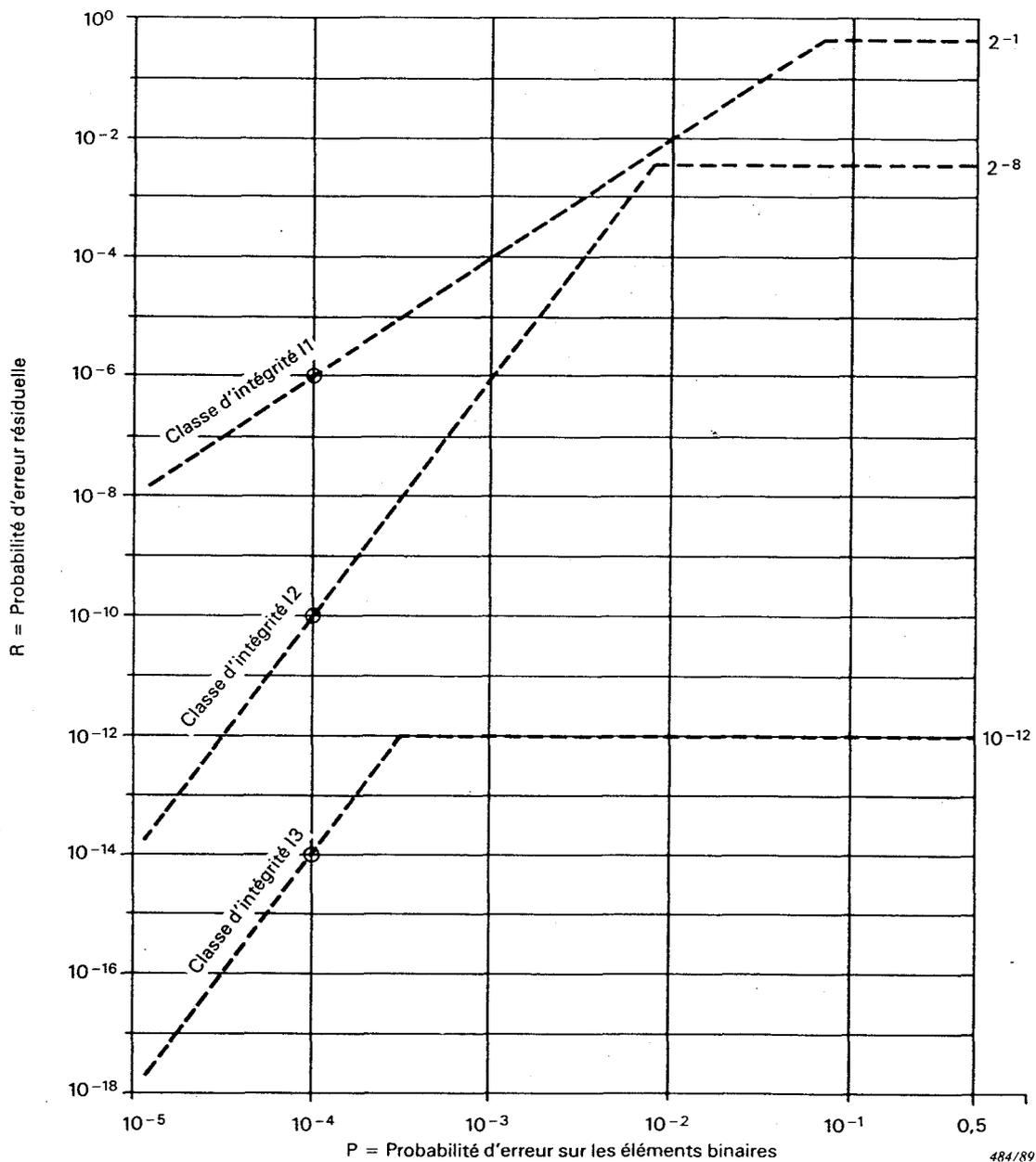


Figure 1. - Classes d'intégrité des données.

4.1 Quantitative requirements for data integrity in telecontrol systems

Three different data integrity classes 11, 12 and 13 have been established for telecontrol data transmission. The use of each class depends on the nature of the data. Figure 1 shows a graphical representation of the upper limits of the residual error rate R depending on the bit error rate (see IECV 371-08-01) for these three classes. The graphs end at the bit error rate $p = 0.5$, the case of arbitrary bit reception, where no signal and only noise is received. The slope of the curves for $p < 10^{-4}$ represents the Hamming distance d of the applied coding method. This results from the introduction of double logarithmic scaling in figure 1, and the fact that bit error patterns with d inverted bits furnish the predominating contribution to residual errors for $p < 10^{-4}$.

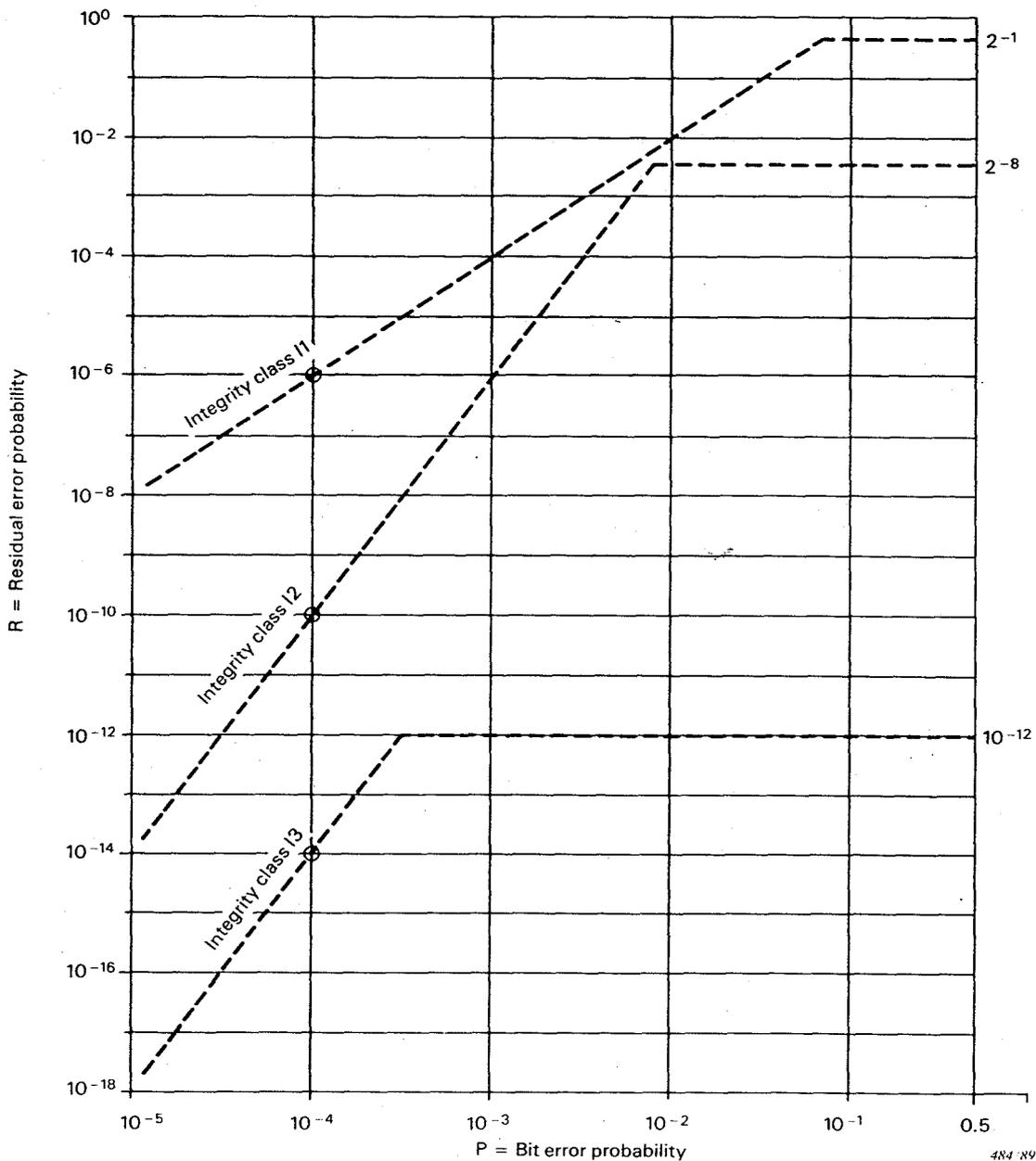


Figure 1.- Data integrity classes.

Il est recommandé de surveiller en permanence la qualité des voies de transmission. La probabilité d'erreur sur les éléments binaires est supposée inférieure à 10^{-4} de façon à atteindre les valeurs spécifiées pour l'intégrité globale des données et pour les temps de transfert globaux des informations.

Une distance de Hamming de 2 au minimum est exigée dans la classe I1 de plus faible intégrité des données, tandis que les classes I2 et I3 exigent des codes avec une distance de Hamming minimale de 4. De plus, dans la classe I3, le taux d'erreur résiduelle ne doit pas être supérieur à $R = 10^{-12}$ quel que soit le taux d'erreur par élément binaire. Afin d'illustrer la signification de ces trois classes d'intégrité des données, nous supposons un canal de transmission avec du bruit blanc entraînant un taux d'erreur par élément binaire $p = 10^{-4}$, ce qui correspond à une transmission de mauvaise qualité mais qui n'est pas le cas le plus défavorable.

Un système qui transmet en permanence des messages constitués de blocs de 100 bits à une vitesse de 1 200 bit/s par seconde sur ce canal conduit aux probabilités de messages erronés résiduels (R) et à un temps moyen (T) entre messages erronés non détectés donnés dans le tableau ci-dessous.

La relation entre le temps moyen entre messages erronés non détectés T et la probabilité d'erreur résiduelle R est donnée par la formule suivante:

$$T = \frac{n}{v \cdot R} \quad (\text{s})$$

où:

n est la longueur du message (en éléments binaires [bits]);

v est la vitesse de transmission (en éléments binaires par seconde [bit/s]).

Valeurs d'intégrité pour des trames de 100 bit pour $v = 1\ 200$ bit/s et $p = 10^{-4}$			
Classe d'intégrité de données	Taux d'erreur résiduelle R	Temps moyen entre erreurs non détectées T	Type d'application
I1	10^{-6}	1 jour	Systèmes de mise à jour cyclique; télémesures
I2	10^{-10}	26 ans	Transmission déclenchée sur événement; télésignalisation; télécomptage
I3	10^{-14}	260 000 ans	Transmission d'informations importantes; télécommandes

The quality of transmission channels should be supervised continuously. The average bit error probability is supposed to be less than 10^{-4} to achieve required overall data integrity values and overall information transfer times.

Minimum Hamming distance 2 is required in the lowest data integrity class I1 while classes I2 and I3 require codes with minimum Hamming distance 4. In addition there is the requirement that in class I3 the residual error rate shall not exceed $R = 10^{-12}$ for any bit error rate. In order to *illustrate* the significance of these three data integrity classes we assume a telecontrol channel with white noise causing the bit error rate $p = 10^{-4}$, which specifies low, but not worst case transmission quality.

A system which permanently transmits message blocks of 100 bit at a rate of 1 200 bit/s over this channel causes the following residual message error probabilities (R) and expected mean times (T) between undetected erroneous messages, as shown in the table below.

The relation between expected mean time between undetected erroneous message transfers T and residual error probability R is given by the relation:

$$T = \frac{n}{v \cdot R} \quad (s)$$

where:

n is the message length (in bits)

v is the transmission speed (in bit/s)

Integrity figures for: n = 100 bit frames at v = 1 200 bit/s and p = 10^{-4}			
Data integrity class	Residual error rate R	Mean time between undetected errors T	Typical application
I1	10^{-6}	1 day	Cyclic updating systems; telemetering
I2	10^{-10}	26 years	Event initiated transmission; teleindication; telecounting
I3	10^{-14}	260 000 years	Critical information transmission; telecommands

5. **Éléments quantitatifs caractérisant l'efficacité de transmission**

L'efficacité de transfert d'information est le rapport du contenu d'information d'un message transféré d'une source de données et accepté comme valide par un puits de données au nombre total d'éléments binaires nécessaires pour effectuer le transfert (voir VEI 371-08-12). Cela signifie que l'efficacité de transmission pour une trame donnée est le rapport du nombre k d'éléments binaires d'information correctement transmis au nombre total n d'éléments binaires de la trame.

EFFICACITE DE TRANSFERT DE L'INFORMATION AU NIVEAU DE LA TRAME =

$$k \cdot q^n / n$$

où:

- k est le nombre d'éléments binaires d'information par trame
- q est la probabilité de recevoir des éléments binaires corrects
- n est le nombre total d'éléments binaires par trame, y compris les délimiteurs de trame et les éléments binaires de contrôle d'erreur
- q est lié au taux d'erreur par élément binaire $p = (\text{nombre d'éléments binaires reçus inversés}) / (\text{nombre total d'éléments binaires envoyés})$ par la relation:

$$q = 1 - p$$

dans le cas d'une transmission sur un canal binaire symétrique sans surveillance de la qualité du signal.

Si la surveillance de la qualité du signal est utilisée ("canal symétrique avec effacement"), le taux d'éléments binaires reçus correctement se réduit à:

$$q = 1 - p - r$$

où:

- r est le taux d'éléments binaires reçus avec une qualité de réception insuffisante (voir en annexe A "taux d'effacement par élément binaire").

La cadence de transfert de l'information significative est définie comme le nombre moyen d'éléments binaires d'information transmis par seconde d'une source de données à un puits de données et acceptés comme valides par le puits de données (voir VEI 371-08-11):

CADENCE DE TRANSFERT DE L'INFORMATION SIGNIFICATIVE AU NIVEAU DE LA TRAME = (EFFICACITE DE TRANSFERT DE L'INFORMATION AU NIVEAU DE LA TRAME) · v bit/s

où:

- v est le débit binaire sur la ligne exprimé en éléments binaires par seconde.

5. Quantified rating of transmission efficiency

The information transfer efficiency is the ratio of the information content of a message transferred from a data source and accepted as valid by a data sink to the total number of bits used for the message transfer (see IEV 371-08-12). This means that the transmission efficiency of an individual frame is the ratio of correctly transferred information bits k to the total number of bits per frame n .

FRAME TRANSMISSION EFFICIENCY =

$$k \cdot q^n / n$$

where:

- k is the number of information bits per frame
- q is the probability of receiving correct bits
- n is the total number of bits per frame including frame delimiters and error check bits
- q is related to the bit error rate $p = (\text{number of bits received inverted}) / (\text{total number of bits sent})$ by:

$$q = 1 - p$$

in case of a transmission over a binary symmetric channel without signal quality supervision.

If signal quality supervision is used ("binary symmetric erasure channel"), the rate of receiving correct bits reduces to:

$$q = 1 - p - r$$

where:

- r specifies the rate of receiving bits with insufficient signal quality ("bit erasure rate", see Appendix A).

The information transfer rate is defined by the average number of bits of information per second transferred from a data source and accepted as valid by a data sink (see IEV 371-08-11):

FRAME TRANSMISSION RATE = (FRAME TRANSMISSION EFFICIENCY) $\cdot v$ bit/s

where:

- v specifies the bit signalling rate of the transmission line expressed in bits per second.

Les calculs d'efficacité globale de transfert d'information doivent tenir compte des retards dus à la transmission de trames d'interrogation sélectives et de trames d'acquiescement, et aux durées d'aller et retour.

6. Spécifications des protocoles de transmission

Comme indiqué dans la Publication 870-1-1, les fonctions d'un système de téléconduite se divisent en couches distinctes, conformément au modèle de référence pour l'interconnexion des systèmes ouverts (OSI) de l'ISO.

La présente section définit les normes de téléconduite relatives à la couche physique et les formats de trame de transmission normalisée de la couche liaison de données.

Le support physique de transmission qui véhicule les éléments binaires en série interconnecte les entités physiques des matériels et des systèmes de téléconduite. Les types de supports de transmission sont nombreux: câbles publics ou privés, radio, lignes d'énergie, fibres optiques, etc. Des précautions contre les perturbations du flux de données sont assurées en spécifiant un niveau de signal suffisant, en prévoyant des blindages contre les interférences et en surveillant la qualité du signal.

Les paramètres relatifs aux divers supports physiques de transmission sont spécifiés par le CCITT.

6.1 *Couche physique* (Équipement de terminaison du circuit de données (ETCD))

Le coupleur de ligne transforme les informations binaires série provenant de la couche liaison de données en une forme adaptée à la ligne de transmission. En conséquence, le coupleur de ligne réalise les fonctions suivantes:

- conversion du signal;
- isolement galvanique entre la station et la ligne de transmission;
- surveillance de la qualité du signal;
- synchronisation au niveau de l'élément binaire;
- adjonction et suppression de la synchronisation de trame si ceci n'est pas effectué par la couche liaison de données;
- détection des états actif, inactif et incomplet.

Le CCITT conseille des ensembles de normes telles que les séries V et X pour les circuits d'échange entre terminal de données (ETTD) et équipement de terminaison du circuit de données (ETCD).

Calculations of the overall information transmission efficiency shall consider delays caused by transmission of polling frames, acknowledgement frames and round trip intervals.

6. Transmission protocol specifications

As described in Publication 870-1-1, the functions of a telecontrol system are subdivided into distinct layers according to the Open System Interconnection (OSI) - reference model of ISO.

This section defines telecontrol standards of the physical layer and standard transmission frame formats of the link layer.

The physical transmission medium that carries bit serial data interconnects physical entities of telecontrol equipment and systems. The kinds of transmission media are manifold: private or public cables, radio, powerlines, fibre optics, etc. Precautions against disturbances of the data flow are realized by specifying sufficient signal energy, by providing shields against noise interference and by supervising the signal quality.

System parameters for the various physical transmission media are specified by CCITT.

6.1 *Physical layer* (Data circuit terminating equipment (DCE))

The line coupler converts the bit serial information from the form required by the link layer to that required by the transmission line. Thus the line coupler has typically the following tasks:

- convert signal;
- provide galvanic isolation between the station and the transmission line;
- monitor signal quality;
- provide bit synchronism;
- add and remove frame synchronization, if not done by the link;
- detect transmission line busy, idle and incomplete states.

CCITT recommends sets of standards, such as of the V and the X series for interchange circuits between data terminal equipment (DTE) and data circuit terminating equipment (DCE).

Les caractéristiques de cette couche relatives à l'intégrité des données et à l'efficacité de transmission sont le débit binaire, l'immunité au bruit et tous les éléments concernant le rapport signal sur bruit, la probabilité d'erreur par élément binaire et la probabilité d'effacement d'un élément binaire (voir annexe A).

6.2 Couche liaison de données

La couche liaison de données accepte, exécute, et contrôle les fonctions de service de transmission requises par les couches supérieures.

Elle contrôle à un moment donné les procédures permettant la transmission non interruptible des trames. La réussite ou l'échec des transmissions ainsi que l'observation de l'état de bon fonctionnement de la ligne et des stations de transmission donnent lieu à des comptes rendus destinés aux couches supérieures. Cette couche assure, en particulier, les fonctions suivantes:

- accès au support de transmission;
- conversion parallèle-série et série-parallèle des trames;
- adjonction et retrait des délimiteurs de trame, si ces opérations ne sont pas effectuées par le coupleur de ligne;
- détection des erreurs de synchronisation de trame;
- détection des erreurs de longueur de trame;
- surveillance de la distorsion du signal, si cette surveillance n'est pas effectuée par le coupleur de ligne;
- reconnaissance des trames qui concernent la station considérée;
- protection contre une émission permanente par la station pendant un temps excessif;
- protection des messages contre les pertes et les erreurs à l'intérieur de valeurs limites prédéterminées d'intégrité de données par la génération et le contrôle de codes détecteurs d'erreur, par l'indication des erreurs détectées et par la commande de certaines procédures de récupération d'erreurs;
- compte rendu des erreurs de transmission persistantes;
- compte rendu de l'état de la configuration de la liaison de données;
- traitement efficace de trames de longueurs diverses;

Note.- Les champs d'information dans les trames typiques de téléconduite varient entre un et quelques centaines d'octets.

- commutation de la voie de transmission sur une voie redondante, si nécessaire;
- support des fonctions de maintenance et d'initialisation.

The relevant characteristics of this layer concerning data integrity and transmission efficiency are: signalling rate, noise immunity and associated relations with respect to the signal to noise ratio, bit error probability and bit erasure probability (see Appendix A).

6.2 Link layer

The link layer accepts, performs and controls transmission service functions required by the higher layers.

It controls single noninterruptable frame transmission procedures at a time. The success or failure of transmissions are reported to higher layers as well as observations on the operating states of transmission lines and stations. In particular it performs the following functions:

- provides access to the transmission medium;
 - serializes and deserializes frames;
 - adds and removes frame delimiters if not performed by the line coupler;
 - detects frame synchronization errors;
 - detects frame size errors;
 - monitors signal distortion if not performed by the line coupler;
 - recognizes frames addressed to a designated station;
 - prevents the station from transmitting without pause for an excessive time;
 - protects messages against loss and error within predetermined data integrity limits by generation and supervision of error detecting codes, by indicating detected errors and by controlling certain error recovery procedures;
 - reports on persistent transmission errors;
 - reports on the status of the link configuration;
 - handles frames of different lengths efficiently;
- Note.-* Information fields in telecontrol frames typically range from one octet to some hundred octets.
- performs switchover to a redundant transmission line when appropriate;
 - supports initiation and maintenance functions.

6.2.1 *Classes de services fournis par la couche liaison de données*

Fondamentalement, il y a trois classes de service (voir le tableau ci-dessous), dont l'exécution en tant que *procédure non interruptible* peut être demandée:

Classe de service de liaison de données	Fonctions	Explications
S1	ENVOI/PAS DE REPONSE	Emission d'un message; aucun acquittement ni réponse n'est demandé au niveau de la couche liaison de données
S2	ENVOI/CONFIRMATION	Emission d'un message; un acquittement est demandé au niveau de la couche liaison de données
S3	DEMANDE/REPONSE	Emission d'une demande; une réponse est requise au niveau de la couche liaison de données; la réponse peut contenir des données ou un accusé de réception négatif

La classe de service S1, ENVOI/PAS DE REPONSE, est fournie dans les systèmes de mise à jour cyclique ou dans les systèmes de transmission unidirectionnels, où aucun canal de retour n'est disponible. Les erreurs de trames, détectées par le ou les récepteurs, entraînent la perte des messages correspondants.

La classe de service S2, ENVOI/CONFIRMATION, permet les transferts d'information sur demande ou spontanés. La couche de liaison de données de la station réceptrice contrôle les messages reçus: si aucune erreur n'est détectée et si le tampon de réception est disponible, un accusé de réception positif (ACK) est renvoyé à l'émetteur. Si le tampon de réception n'est pas disponible un accusé de réception négatif (NACK) peut être renvoyé. Si des erreurs sont détectées dans la trame du message, aucune réponse n'est effectuée et le message est supprimé.

La couche liaison de données de la station initiatrice n'acceptera une nouvelle requête qu'après réception d'un accusé de réception positif. Elle peut rendre compte à la couche supérieure de la réception des accusés de réception. L'émission du message est répétée si aucun accusé de réception n'est détecté. Des mesures particulières doivent être prises pour les informations de type incrémental de sorte qu'une perturbation des accusés de réception ne puisse entraîner une répétition de l'information de sortie à la station réceptrice. De mauvais fonctionnements de ce type peuvent être évités soit en utilisant des trames numérotées séquentiellement, soit en imposant que les stations

6.2.1 Link service classes provided

Basically, there are the following three service classes which may be required to be executed as *non-interruptable procedures*:

Link service class	Function	Explanation
S1	SEND/NO REPLY	Transmit message; neither acknowledgement nor answer is requested within link layer
S2	SEND/CONFIRM	Transmit message; acknowledgement is requested within link layer
S3	REQUEST/RESPOND	Transmit request; a response is requested within the link layer; the response may contain data or a negative acknowledgement

Service class S1, SEND/NO REPLY, is supplied in cyclic updating systems or in simplex transmission systems, where no return channel is available. Frame errors detected at the receiver(s) cause the loss of corresponding messages.

Service class S2, SEND/CONFIRM, supports event initiated or spontaneous information transfers. The link layer in the receiving station checks the received message: if no errors are detected and the receiving buffer is available, a positive acknowledgement (ACK) is returned to the initiator. If the receiving buffer is not available a negative acknowledgement (NACK) may be returned. If message frame errors are detected, no answers are generated and the message is discarded.

The link layer of the initiating station will accept another request upon the receipt of a positive acknowledgement. It may report the receipt of acknowledgements to the higher layer. The message transmission is repeated if no acknowledgement is detected. Special care shall be taken, for incremental types of information, that disturbed acknowledgements shall not cause repetitive information outputs at the receiving stations. Malfunctions of this type can be avoided by using, for example, sequential frame numbers or by prescribing that the receiving stations buffer correctly received messages until they receive

réceptrices mémorisent les messages reçus correctement jusqu'à ce qu'elles reçoivent une trame indiquant que la station initiatrice ne répétera plus la trame précédemment émise. Si un nombre spécifié de répétitions est atteint sans que le message soit acquitté, un compte rendu "erreur de transmission" est fourni à la couche supérieure de la station initiatrice et le message est supprimé dans la couche liaison de données.

La classe de service S3, DEMANDE/REPONSE, permet des opérations de "lecture". La couche liaison de données de la station réceptrice fournit les données demandées si elles sont disponibles, sinon elle répond par un accusé de réception négatif. Aucune réponse n'est fournie sur détection d'une erreur dans la trame.

La couche liaison de données de la station initiatrice répète la transmission de la trame de demande, s'il n'y a aucune réponse ou si une réponse perturbée est détectée. Si le nombre maximum de répétitions est atteint sans succès, un compte rendu "erreur de transmission" est fourni à la couche supérieure, sinon la réponse reçue est fournie.

En fonction de la configuration de la liaison de données, les trois classes de service peuvent se rapporter à la transmission d'informations entre une station initiatrice et:

- une station destinataire unique (adresse simple);
- un groupe de stations destinataires (adresse de groupe);
- toutes les stations comme destinataires (adresse globale).

Les trois classes de service permettent les trois modes de transmission de base décrits dans la Publication 870-1-1, paragraphe 6.3.2.

Mode de déclenchement de la transmission	Classe de service
Transmission cyclique	Classe S1 - ENVOI/PAS DE REPONSE
Transmission sur changement d'état (transmission spontanée)	Classe S2 - ENVOI/CONFIRMATION
Transmission à la demande	Classe S3 - DEMANDE/REPONSE

6.2.2 Procédures de dialogue

La variété des procédures de dialogues utilisables dépend pour une large part des besoins spécifiques de l'utilisateur. Les normes correspondantes exigent, en plus des normes concernant la constitution de la trame, le codage et la synchronisation, définies ci-après, des normes relatives au contenu de l'information à l'intérieur de la trame.

a frame which indicates that the initiating station will not repeat the previously transmitted frame. If a specified number of repetitive message transmissions remains unacknowledged, a "transmission error" is reported to the higher layer at the initiating station and the message is discarded in the link.

Service class S3, REQUEST/RESPOND, supports "Read" operations. The link layer of the receiving station supplies the requested data if available. Otherwise it answers with a negative acknowledgement. No answers are generated upon detection of frame errors.

The link layer of the initiating station repeats the transmission of the requesting frame, if no answer or a disturbed answer is detected. If a specified number of retries is not successful a "transmission error" is reported to the higher layer, otherwise the received answer is delivered.

Depending on link configurations, all three service classes may refer to information transmission between one initiating station and:

- a single destination station (single address);
- a group of destination stations (group address);
- all other stations as destination (global address).

The three service classes support the basic three transmission initiating modes, described in Publication 870-1-1, Subclause 6.3.2.

Transmission initiating mode	Service class
Cyclic transmission	Class S1 - SEND/NO REPLY
Event initiated transmission (spontaneous transmission)	Class S2 - SEND/CONFIRM
Transmission on demand	Class S3 - REQUEST/RESPOND

6.2.2 Dialogue procedures

The variety of applicable dialogue procedures depends largely on specific user requirements. Corresponding standards require, in addition to the standards for message framing, coding and synchronization defined in the following sections, standards for the

Il est en particulier nécessaire de spécifier à l'intérieur de la trame des champs d'informations normalisés pour la commande de la transmission (champs de commande) et pour l'identification de la station (champs d'adresse). La règle suivante décrit l'approche générale pour établir les normes dans ce domaine:

- les longueurs des champs d'informations varient par multiples de 8 éléments binaires (octet).

Les définitions précises des champs seront spécifiées dans la Publication 870-5-2.

6.2.3 Norme de synchronisation de trame

Les méthodes de synchronisation de trame qui remplissent les conditions des classes d'intégrité de données spécifiées sont fonction du mode de transmission (fonctionnement synchrone ou asynchrone) et de la méthode de modulation utilisée sur le circuit de données.

Les normes de synchronisation de trame définies ici sont applicables à la transmission asynchrone de trames sur des canaux de transmission binaires sans mémoire.

Des méthodes de synchronisation de trame pour un fonctionnement synchrone et pour des méthodes de codage de canal à mémoire (voir note de l'article 2) sont à l'étude.

6.2.4 Formats de trame normalisés

La présente section définit trois classes de format distinctes, adaptées aux besoins spéciaux en matière de débit d'information et d'intégrité des données exigés par les systèmes de téléconduite, avec des volumes d'informations très variés, des postes satellites présentant des degrés d'intelligence variés, et permettant d'assurer des fonctions de conduite et de surveillance à différents niveaux de systèmes hiérarchisés comprenant des postes satellites, des postes de regroupement et des postes principaux.

Les formats de trame décrits dans le tableau 1 sont adaptés à la transmission en série de trames composées d'éléments binaires sur des canaux de transmission binaires symétriques utilisant une méthode de codage sans mémoire au niveau de l'élément binaire.

Des séquences de blocs choisis parmi les classes de format FT1.1, FT1.2, FT2 ou FT3 peuvent être combinées pour former une trame comme indiqué dans le tableau 1.

La classe de format FT1.1 définit un codage de bloc possédant une distance de Hamming de 2, et est obtenue en ajoutant un bit de départ, un bit de parité et un bit de fin à un octet d'information.

Des suites de blocs FT1.1, complétés par un caractère de contrôle forment des codes-produits FT1.2 avec une distance de Hamming de 4.

information content within a frame. It is particularly necessary to specify standard information fields for traffic control (control fields) and station identifications (address fields) within a frame. The following rule describes the general approach for establishing standards in this domain:

- information field lengths vary by multiples of octets.

Detailed field definitions will be specified in Publication 870-5-2.

6.2.3 *Standard frame synchronization*

Frame synchronization methods which fulfil the conditions of specified data integrity classes depend on the transmission mode (synchronous or asynchronous operation) and on the channel code (bit signaling method) used in the data circuit.

The defined standards for frame synchronization are applicable for asynchronous frame transmission over binary, memoryless transmission channels.

Frame synchronization methods for synchronous operation and for channel encoding methods with memory (see note in Clause 2) are under consideration.

6.2.4 *Standard frame formats*

This section defines three distinct frame format classes suited for the upgraded requirements of information throughput and data integrity in telecontrol systems with widely different information volumes and various degrees of intelligence in outstations and for the support of supervisory and control functions in different levels of hierarchic systems consisting of outstations, subcentres and main centres.

The format classes, shown in table 1, are suited for transmission of bit serial frames over binary symmetric transmission channels using a memoryless bit encoding method.

Sequences of block codes, selected from either format class FT1.1, FT1.2, FT2 or FT3, may be combined to form a frame as shown in table 1.

The format class FT1.1 defines a block code with Hamming distance 2, which is generated by adding a start bit, a parity bit and a stop bit to 8 information bits.

Sequences of FT1.1 blocks supplemented by a check sum character form FT1.2 product codes with Hamming distance 4.

La classe de format FT2 est définie par un bloc de distance de Hamming de 4 qui contient jusqu'à 15 octets de données utilisateur, complétés par un octet de contrôle.

La classe de format FT3 est définie par un bloc de distance de Hamming de 6 qui contient jusqu'à 16 octets de données utilisateur, complétés par deux octets de contrôle. Des versions raccourcies de FT2 et FT3, dans lesquelles le champ d'information k est réduit par pas de 1 octet jusqu'à un champ d'information minimal de $k = 8$ bit, sont admises.

Les formats de trame FT1.2 et FT2 satisfont les exigences de la classe d'intégrité des données I2. FT2 présente une efficacité de transmission plus élevée (voir figure B.2 et FT1.2 des taux d'erreurs résiduelles plus faibles, notamment lorsque les probabilités d'erreur sur les bits sont importantes (voir figure B.1).

Des services de transport de données variés exigent la transmission de trames de longueur constante ou variable.

Les systèmes qui utilisent des trames de longueur variable annoncent la taille réelle de la trame dans un champ spécifiant cette longueur, au début du champ de données. Avec les formats de trame FT2 et FT3, le premier bloc qui contient la spécification de la longueur a toujours une longueur constante, prédéfinie.

The format class FT2 is defined by a block code with Hamming distance 4 that contains up to 15 user data octets supplemented by one check octet.

The format class FT3 is defined by a block code with Hamming distance 6 that contains up to 16 user data octets supplemented by two check octets. Shortened versions of FT2 and FT3, in which the information field k is reduced in steps of octets down to a minimum information field length of $k = 8$ bits are admitted.

Both frame formats FT1.2 and FT2 fulfil the requirements of data integrity class I2. FT2 gives a higher frame transmission efficiency (see Figure B.2). FT1.2 gives smaller residual error rates, particularly in the case of high bit error probabilities (see Figure B.1).

Various data transport services require the transmission of either constant or variable frame lengths.

Systems using variable frame lengths announce the actual frame size in a length specifying field at the beginning of the data field. With the frame formats FT2 and FT3, the first block which contains the length specification always has a predetermined constant length.

Tableau 1 - Spécifications des formats de trame et des codes de contrôle normalisés

Classe de format	Format de bloc	Distance de Hamming	Classe d'intégrité	Format de trame	Polynômes générateurs et spécifications de codage
FT	$(n,k)^{1)}$	d	I		
FT1.1	$(11i,8i)$	2	I1		Par octet de données utilisateur: 1 bit de début "0" 1 bit de fin "1" 1 bit de parité paire "p"
FT1.2	$(11i+11,8i)$	4	I2		Par octet de données utilisateur: 1 bit de début "0" 1 bit de fin "1" 1 bit de parité paire "p" Par trame: caractère de contrôle de 8 bit "CS" par somme modulo 256
FT2	$(8i+8,8i)$ $i = 1, 2 \dots 15$	4	I2		Polynôme P1: $x^7+x^6+x^5+x^2+1$; code cyclique (127,120) étendu par un bit de parité paire globale; les 8 bit du code CS-8 sont inversés
FT3	$(8i+16,8i)$ $i = 1, 2 \dots 16$	6	I2		Polynôme P2: $x^{16}+x^{13}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^8+x^6+x^5+x^2+1$; code cyclique (151,135); les 16 bit de contrôle CS-16 sont inversés

1) La notation (n,k) spécifie le format du bloc:

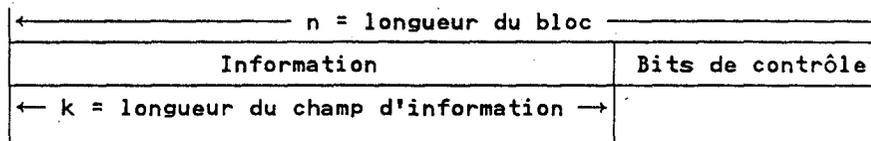
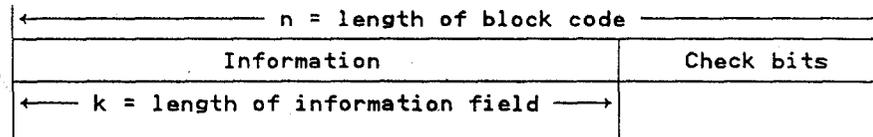


Table 1 - Standard frame formats and code specifications

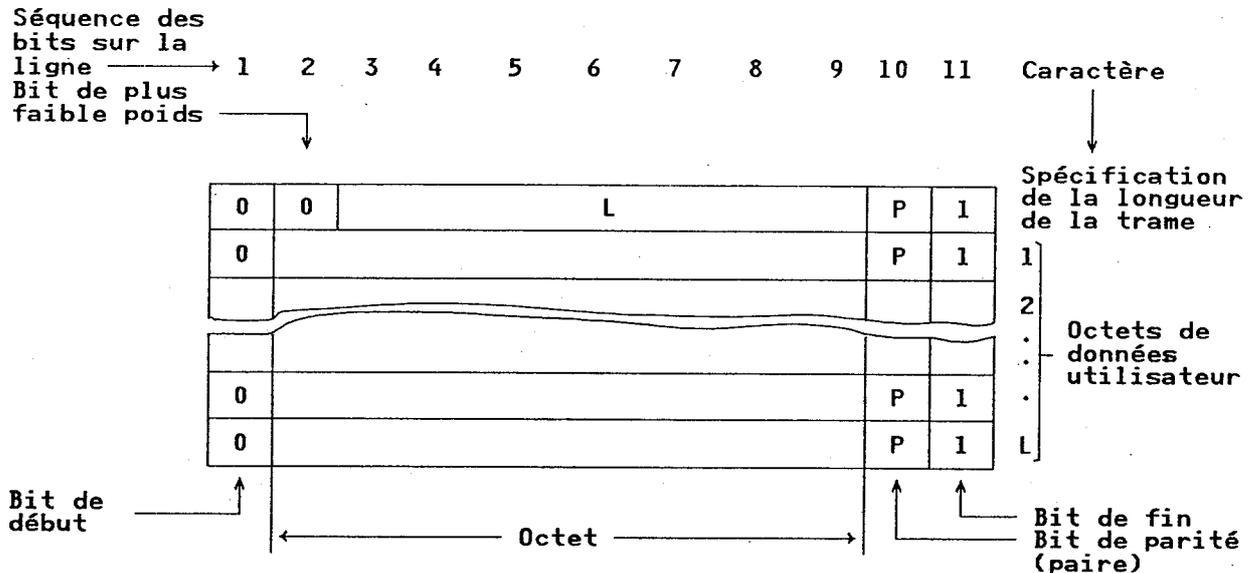
Format class	Block format	Hamming distance	Integrity class	Frame format	Generator polynomials and coding specifications
FT	$(n,k)^{1)}$	d	I		
FT1.1	$(11i,8i)$	2	I1		Per user data octet: 1 start bit "0" 1 stop bit "1" 1 even parity bit "p"
FT1.2	$(11i+11,8i)$	4	I2		Per user data octet: 1 start bit "0" 1 stop bit "1" 1 even parity bit "p" Per frame: 8 bits check sum modulo 256 "CS"
FT2	$(8i+8,8i)$ $i = 1, 2 \dots 15$	4	I2		Polynomial P1: $x^7+x^6+x^5+x^2+1$; cyclic (127,120)-Code extended by an overall even parity bit; inversion of all 8 check bits CS-8
FT3	$(8i+16,8i)$ $i = 1, 2 \dots 16$	6	I2		Polynomial P2: $x^{16}+x^{13}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^8+x^6+x^5+x^2+1$; cyclic (151,135)-Code; inversion of all 16 check bits CS-16

1) The (n,k) notation specifies block formats:



6.2.4.1 *Format FT1.1: trames avec distance de Hamming = 2*

Formats avec nombre variable de données utilisateur.



Règles de transmission

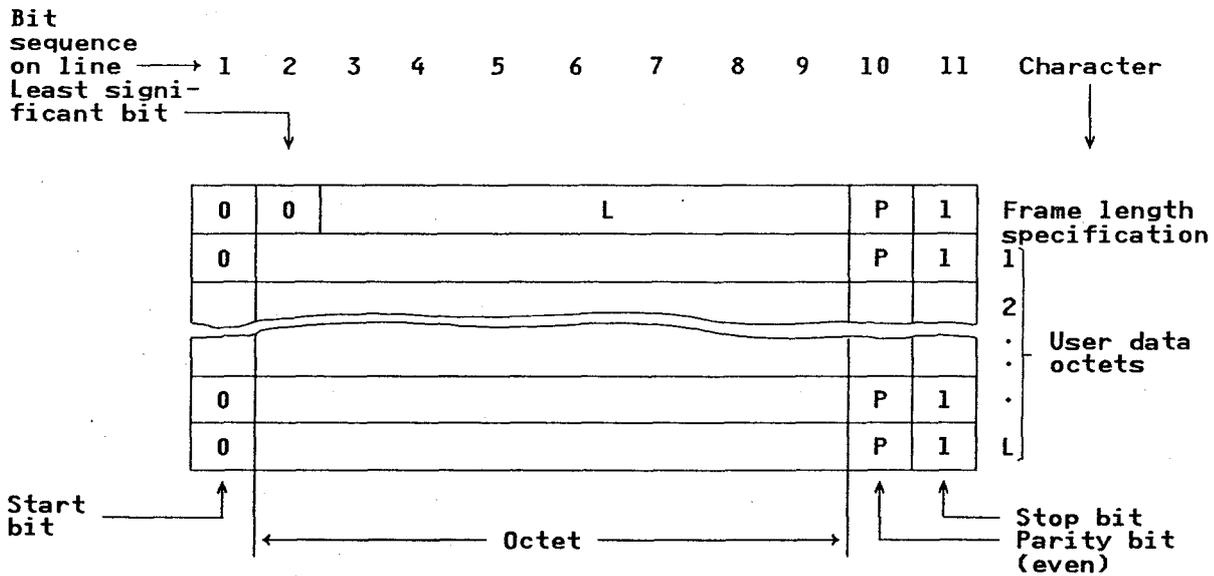
- R1 - L'état de repos de la ligne correspond au 1 binaire.
- R2 - Chaque caractère comprend un bit de début (zéro binaire), 8 bits d'information, un bit de parité paire et un bit de fin (1 binaire).
- R3 - Aucun intervalle (ligne au repos) n'est admis entre caractères d'une trame.
- R4 - En cas de détection d'une erreur conformément à la règle R7, un intervalle minimal de 22 bits de silence (ligne au repos) est requis entre trames.
- R5 - La longueur réelle L du bloc, c'est-à-dire le nombre d'octets de données utilisateur suivants, est spécifiée dans le premier caractère. L est un paramètre codé en binaire allant de 0 à 127.
- R6 - Le premier bit émis du premier caractère (D1) est zéro.
- R7 - Les bits de début, de fin, de parité (paire), le premier bit D1 à zéro du premier caractère et, en cas de détection d'une erreur, l'intervalle de silence (ligne au repos) spécifié en R4 sont vérifiés par le récepteur. La trame est rejetée si l'une de ces vérifications échoue, sinon la trame est remise à l'utilisateur.

6.2.4.2 *Format FT1.2: trames avec distance de Hamming = 4*

Des trames de longueur fixe et de longueur variable, spécifiées ci-après aux paragraphes 6.2.4.2.1 et 6.2.4.2.2, peuvent être transmises sur les mêmes lignes de transmission.

6.2.4.1 *Format FT1.1: frames with Hamming distance 2*

Formats with variable number of user data.

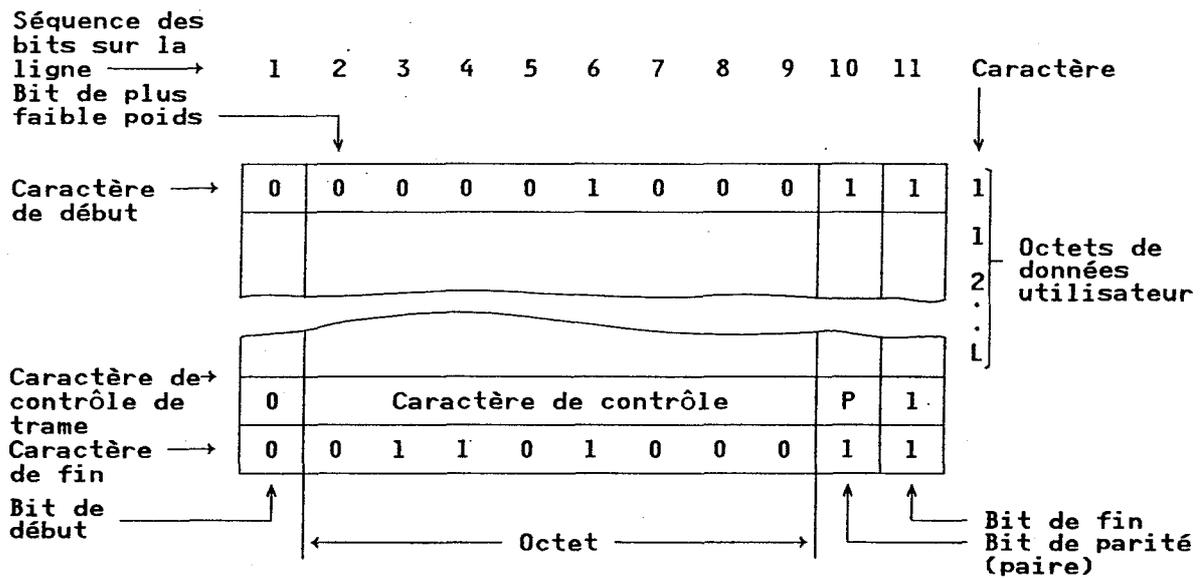
*Transmission rules*

- R1 - Line idle is binary 1.
- R2 - Each character has one start bit (binary 0), 8 information bits, one even parity bit and one stop bit (binary 1).
- R3 - No line idle intervals are admitted between characters of a frame.
- R4 - Upon detecting an error according to rule R7, a minimum interval of 22 line idle bits is required between frames.
- R5 - The actual block length L, i.e. the number of subsequent user data octets is specified in the first character. L is a parameter in a binary notation which ranges from 0 to 127.
- R6 - The first transmitted data bit of the first character (D1) is zero.
- R7 - Start bit, stop bit, even parity bit, the data bit D1 = "0" of the first character and, upon detecting an error, the line idle interval specified by R4 are checked by the receiver. The frame is rejected, if one of these checks fails, otherwise the frame is released to the user.

6.2.4.2 *Format FT1.2: frames with Hamming distance 4*

Frames with fixed lengths and variable lengths, specified by the following Subclauses 6.2.4.2.1 and 6.2.4.2.2, may be transmitted over the same transmission lines.

6.2.4.2.1 Format FT1.2 avec nombre fixe de données utilisateur



Les trames comportant des données utilisateur se composent d'un caractère de début, d'un nombre fixe L d'octets de données utilisateur, d'un caractère de contrôle (CS) et d'un caractère de fin.

Règles de transmission

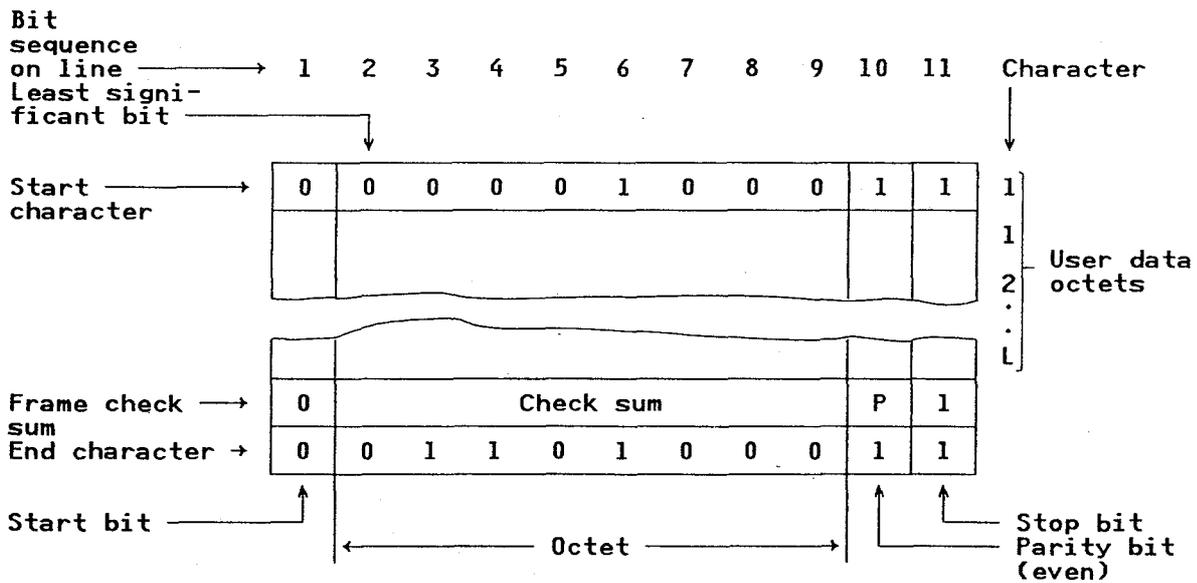
- R1 - L'état de repos de la ligne correspond au 1 binaire.
- R2 - Chaque caractère comprend un bit de début (zéro binaire), 8 bits d'information, un bit de parité paire et un bit de fin (1 binaire).
- R3 - Aucun intervalle (ligne au repos) n'est admis entre caractères d'une même trame.
- R4 - En cas de détection d'une erreur conformément à la règle R6, un intervalle minimal de 33 bits de silence (ligne au repos) est requis entre trames.
- R5 - La suite de caractères de données utilisateur se termine par un caractère de contrôle de 8 bits (CS). Ce caractère de contrôle est la somme modulo 256 de tous les octets de données utilisateur.
- R6 - Le récepteur vérifie:

pour chaque caractère: le bit de début, le bit de fin et le bit de parité (paire);

pour chaque trame: le caractère de début, le caractère de contrôle de trame et le caractère de fin et, en cas de détection d'une erreur, l'intervalle de silence (ligne au repos) spécifié en R4.

Si une de ces vérifications échoue, la trame est rejetée; sinon, elle est remise à l'utilisateur.

6.2.4.2.1 Format FT1.2 with fixed number of user data



Frames with user data consist of a start character, a fixed number L of user data octets, a check sum (CS) and an end character.

Transmission rules

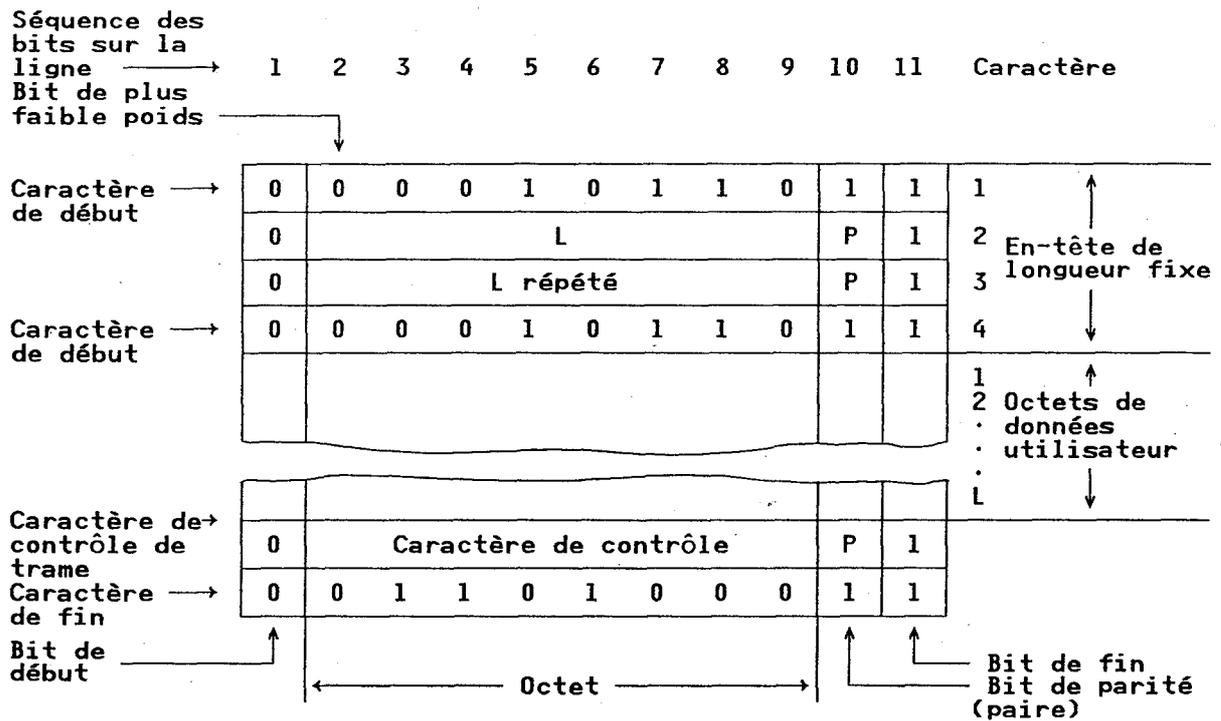
- R1 - Line idle is binary 1.
- R2 - Each character has one start bit (binary 0), 8 information bits, one even parity bit and one stop bit (binary 1).
- R3 - No line idle intervals are admitted between characters of a frame.
- R4 - Upon detecting an error according to rule R6, a minimum interval of 33 line idle bits is required between frames.
- R5 - The sequence of user data characters is terminated by a 8 bits check sum (CS). The check sum is the arithmetic sum disregarding overflows (sum modulo 256) over all user data octets.
- R6 - The receiver checks:

per character: the start bit, the stop bit and the even parity bit;

per frame: the start character, the frame check sum and the end character and, upon detecting an error, the line idle interval specified by R4.

The frame is rejected if one of these checks fails, otherwise it is released to the user.

6.2.4.2.2 *Formats FT1.2 avec nombre variable de données utilisateur*



Les trames comportant des données utilisateur se composent d'un premier caractère de début, de deux caractères identiques spécifiant le nombre L d'octets de données utilisateur, d'un second caractère de début, des données utilisateur, d'un caractère de contrôle de trame et d'un caractère de fin.

L est un paramètre codé en binaire, dont la valeur va de 0 à 255.

Règles de transmission

R1, R2, R3, R4 et R5: voir le paragraphe 6.2.4.2.1.

R6 - Le récepteur vérifie:

pour chaque caractère:

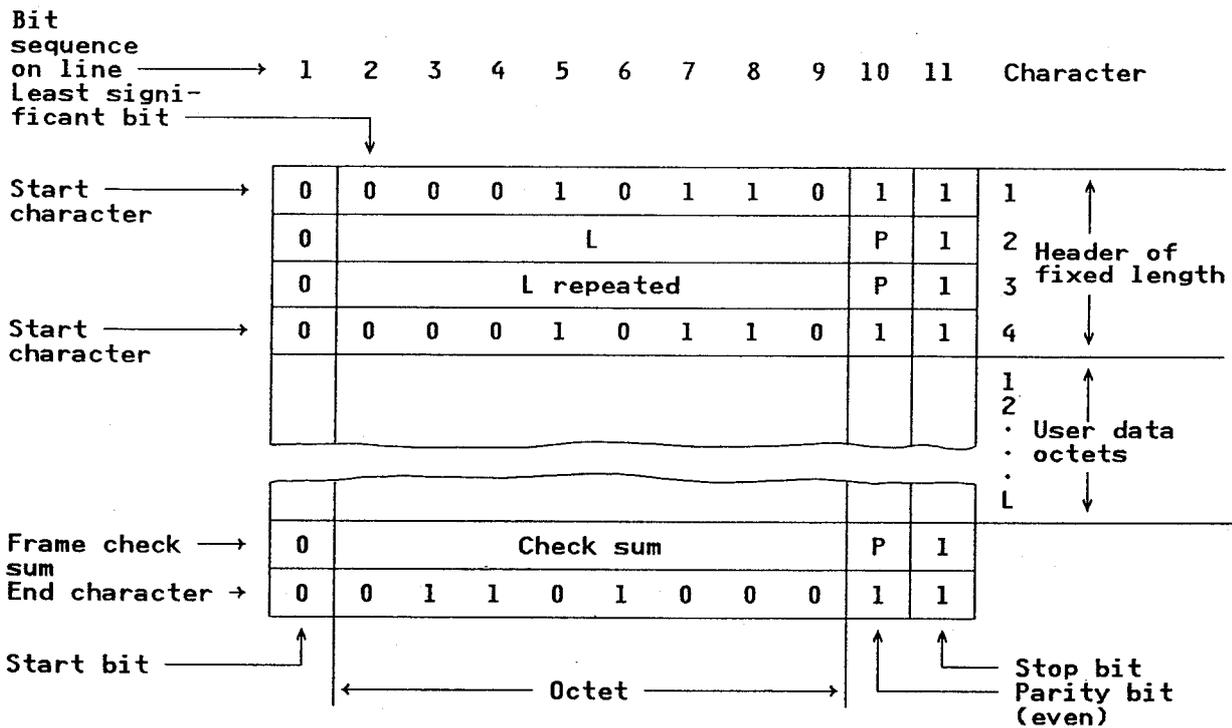
le bit de début, le bit de fin et le bit de parité (paire);

pour chaque trame:

- le caractère de début spécifié au commencement et à la fin de l'en-tête;
- l'identité des deux spécifications de longueur L;
- que le nombre total de caractères est égal à L + 6;
- le caractère de contrôle de trame;
- le caractère de fin;
- en cas de détection d'une erreur, l'intervalle de silence (ligne au repos) spécifié en R4.

Si une de ces vérifications échoue, la trame est rejetée; sinon, elle est remise à l'utilisateur.

6.2.4.2.2 FT1.2 formats with variable number of user data



Frames with user data consist of a start character, two equal characters which specify the number L of user data octets, a second start character, the user data, a frame check sum character and an end character.

L is a parameter in binary notation which ranges from 0 to 255.

Transmission rules

R1, R2, R3, R4 and R5: see Subclause 6.2.4.2.1.

R6 - The receiver checks:

per character:

the start bit, the stop bit and the even parity bit;

per frame:

- the specified start character at the beginning and at the end of the frame header,
- the identity of the two length specifications L,
- that the number of received characters is equal to L + 6,
- the frame check sum,
- the end character,
- upon detecting an error, the line idle interval specified by R4.

The frame is rejected if one of these checks fails, otherwise it is released to the user.

6.2.4.2.3 *Format de trame pour les caractères de commande isolés*

Deux caractères de commande isolés sont spécifiés:

Caractère de commande I:

Séquence des bits
sur la ligne → 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Caractère de commande II:

Séquence des bits
sur la ligne → 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Ces caractères de commande isolés peuvent être utilisés pour la transmission d'informations de commande particulières telles qu'un accusé de réception positif. L'utilisation de ces caractères de commande sera spécifiée dans la Publication 870-5-2.

6.2.4.3 *Format FT2: trames avec distance de Hamming = 4*

Chaque trame commence par un caractère de début (1 octet). Deux caractères de début distincts sont définis:

Caractère de début 1:

0	0	1	0	0	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Caractère de début 2:

0	0	0	1	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

L'utilisation des deux caractères de début sera spécifiée dans les définitions des normes de protocoles.

6.2.4.3.1 *Trames FT2 de longueur fixe*

Les trames comportant des données utilisateur sont complétées par une séquence de contrôle de bloc de 1 octet après chaque bloc de 15 octets de données utilisateur.

6.2.4.2.3 Frame format of single control characters

Two single characters are specified.

Control character I:

Bit sequence on line →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1

Control character II:

Bit sequence on line →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1

The single control characters may be used for the transmission of particular control information, such as for example a positive acknowledgement. The use of these control characters will be specified in Publication 870-5-2.

6.2.4.3 Format FT2: frames with Hamming distance 4

Each frame begins with a start character (1 octet). Two distinct start characters are defined:

Start character 1:

0	0	1	0	0	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Start character 2:

0	0	0	1	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

The use of the two start characters will be specified by definitions of procedural protocol standards.

6.2.4.3.1 FT2 frames with fixed length

Frames with user data are supplemented with a block check sequence of 1 octet after each block of 15 user data octets.

Séquence des bits sur la ligne → 1 2 3 4 5 6 7 8 Octets
 Bit de plus fort poids ↓

Caractère de début	1	
Octets de données utilisateur	1 2 . . 15 max.	Bloc 1
Séquence de contrôle	1	
Octets de données utilisateur	1 2 . . 15 max.	Bloc 2
Séquence de contrôle	1	
Octets de données utilisateur	1 2 . . 15 max.	Bloc n
Séquence de contrôle	1	

Règles de transmission

- R1 - L'état de repos de la ligne correspond au 1 binaire.
- R2 - Le premier octet d'une trame est un caractère de début.
- R3 - [Les blocs comportent] au plus 15 octets de données utilisateur, complétés par une séquence de contrôle.
- R4 - La séquence de contrôle forme un code engendré par le polynôme $X^7 + X^6 + X^5 + X^2 + 1$, complété par un bit de parité paire portant sur tous les bits du bloc. Les 8 bits de la séquence de contrôle élaborée suivant cette spécification sont inversés.
- R5 - En cas de détection d'une erreur conformément à la règle R6, un intervalle minimal de $L + 3$ octets de repos de la ligne est requis, L étant le nombre maximal de données utilisateur par trame, si L est inférieur à 45 octets. Si $L \geq 45$ octets, l'intervalle est au moins de 48 octets.
- R6 - Le récepteur vérifie la qualité du signal, le caractère de début, les séquences de contrôle, la longueur de la trame et, en cas de détection d'une erreur, l'intervalle de repos de la ligne, tel que spécifié par R5. Si une de ces vérifications échoue, la trame est rejetée; sinon, elle est remise à l'utilisateur.

Bit sequence
 sequence on line → 1 2 3 4 5 6 7 8 Octets
 Most
 significant bit →

Start character	1
User data octets	1 2 ⋮ 15 max. Block 1
Check sequence	1
User data octets	1 2 ⋮ 15 max. Block 2
Check sequence	1
User data octets	1 2 ⋮ 15 max. Block n
Check sequence	1

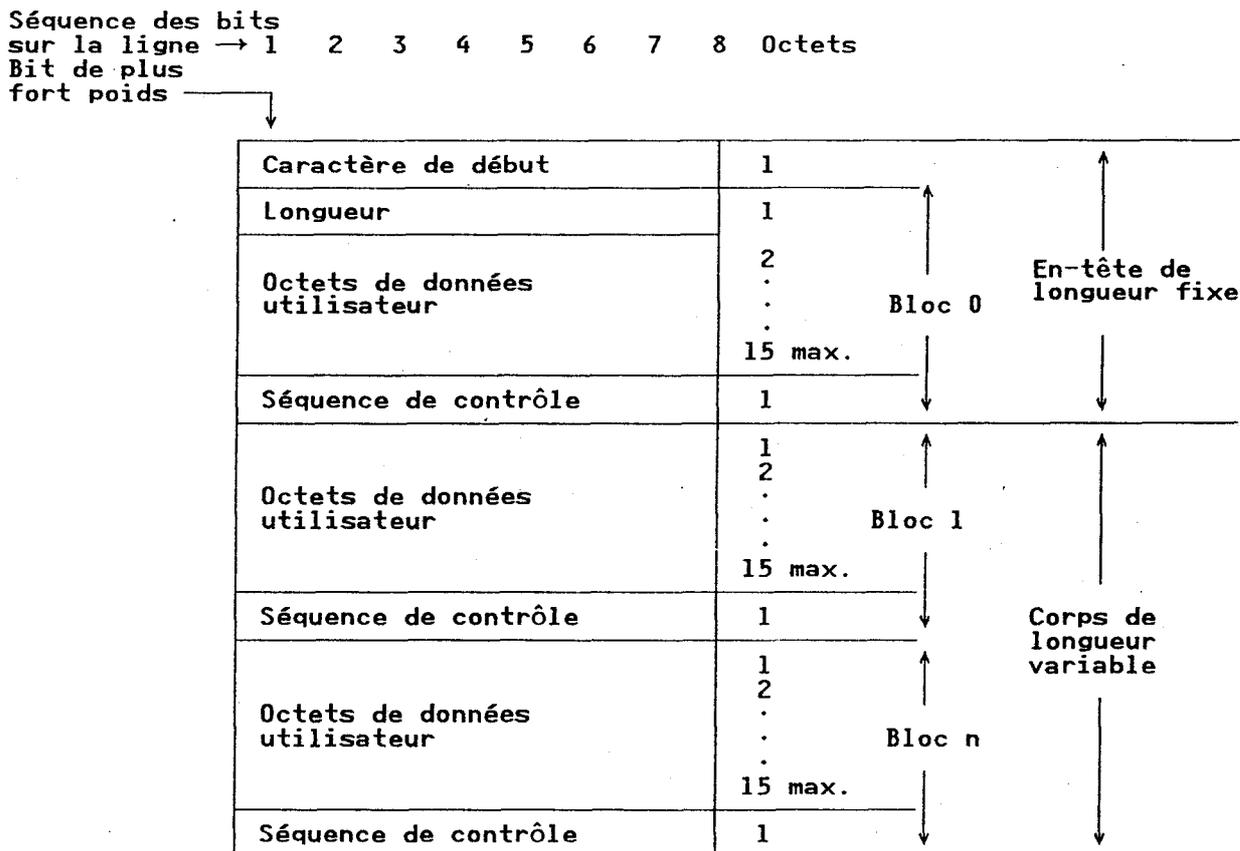
Transmission rules

- R1 - Line idle is binary 1.
- R2 - The first octet of a frame is a start character.
- R3 - Up to 15 user data octets are completed by a check sequence octet.
- R4 - The check sequence forms a code generated by the polynomial $X^7 + X^6 + X^5 + X^2 + 1$, completed by an even parity bit over all bits of the block. The 8 bits of the check sequence generated by this specification are inverted.
- R5 - Upon detecting an error according to rule R6, a minimum line idle interval of $L + 3$ octets is required if L characterizes the maximum number of user data octets per frame; provided that L is smaller than 45 octets. For $L \geq 45$ octets, the interval is at least 48 octets.
- R6 - The receiver checks the signal quality, the start character, the check sequences, the frame length and, upon detecting an error, the line idle interval specified by R5. The frame is rejected if one of these checks fails, otherwise it is released to the user.

6.2.4.3.2 Trames FT2 de longueur variable

Le premier bloc de données (en-tête) des trames de longueur variable a une longueur fixe; il commence par un caractère de début et se termine par une séquence de contrôle, et contient jusqu'à 15 octets de données.

Le caractère de longueur, situé dans l'en-tête de longueur fixe, spécifie le nombre d'octets de données utilisateur dans le corps de la trame.



Règles de transmission

R1 à R6: voir le paragraphe 6.2.4.3.1.

6.2.4.4 Format FT3: trames avec distance de Hamming = 6

Chaque trame commence par un caractère de début (2 octets).

Deux caractères de début distincts sont définis:

Caractère de début 1: 0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0 1 0 0

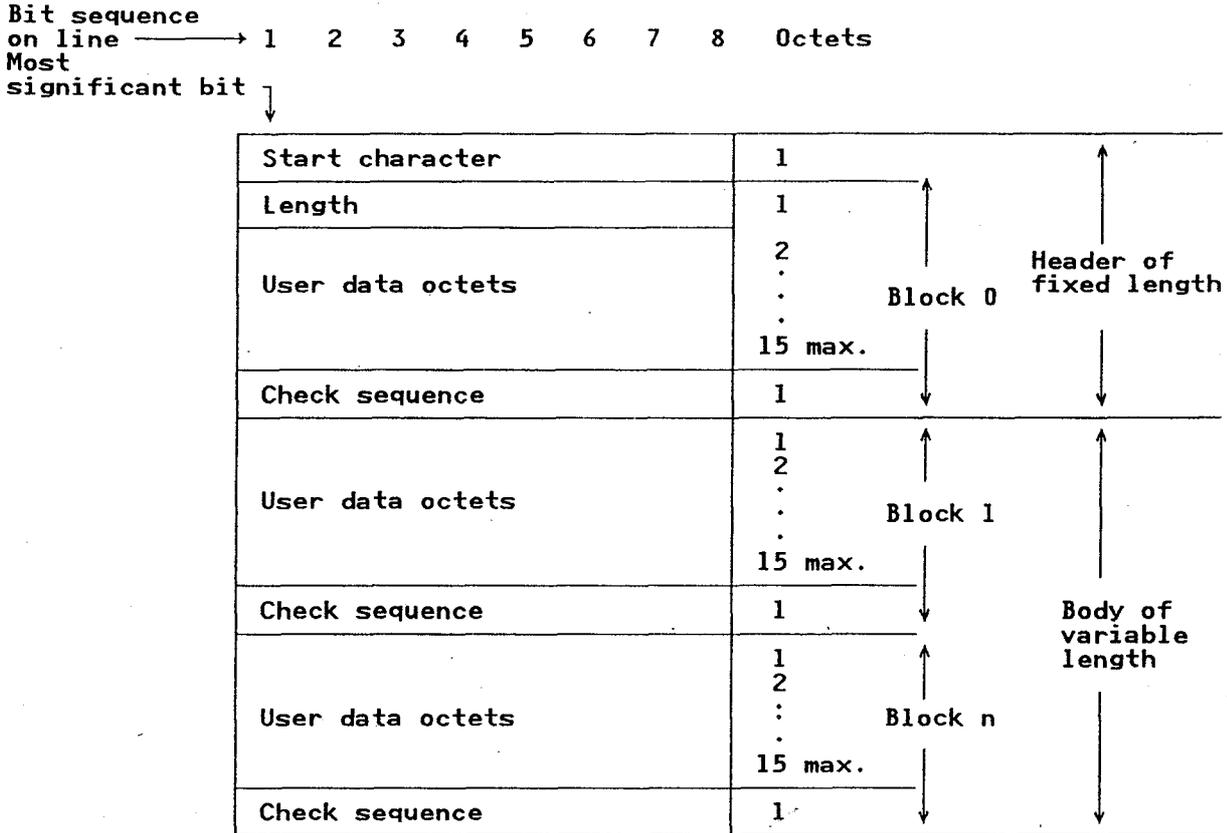
Caractère de début 2: 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 1 0 1

L'utilisation des deux caractères de début sera spécifiée dans les définitions des normes de protocole.

6.2.4.3.2 FT2 frames with variable length

The first data block (header) of frames with variable lengths is of fixed length, beginning with a start character and ending with a check sequence and containing up to 15 data octets.

The length character, located in the header of fixed length specifies the number of user data octets in the body of the frame.



Transmission rules

R1 to R6: see subclause 6.2.4.3.1.

6.2.4.4 Format FT3: frames with Hamming distance 6

Each frame begins with a start character (2 octets).

Two distinct start characters are defined:

Start character 1: 0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0 1 0 0

Start character 2: 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 1 0 1

The use of the two start characters will be specified by definitions of procedural protocol standards.

6.2.4.4.1 Trames de longueur fixe

Séquence des bits sur la ligne → 1 2 3 4 5 6 7 8 Octets
 Bit de plus fort poids ↓

Caractère de début	1 2	
Octets de données utilisateur	1 2 . . 16 max.	Bloc 1
Séquence de contrôle	1 2	
Octets de données utilisateur	1 2 . . 16 max.	Bloc 2
Séquence de contrôle	1 2	
Octets de données utilisateur	1 2 . . 16 max.	Bloc n
Séquence de contrôle	1 2	

Règles de transmission

- R1 - L'état de repos de la ligne correspond au 1 binaire.
- R2 - Les deux premiers octets de la trame sont composés d'un caractère de début.
- R3 - Les blocs comportent au plus 16 octets de données utilisateur, complétés par une séquence de contrôle de 16 bits.
- R4 - La séquence de contrôle forme un code engendré par le polynôme $X^{16} + X^{13} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^6 + X^5 + X^2 + 1$.
 Les 16 bits de la séquence de contrôle élaborée suivant cette spécification sont inversés.
- R5 - En cas de détection d'une erreur conformément à la règle R6, un intervalle minimal de L + 6 octets de repos de la ligne est requis, L étant le nombre maximal de données utilisateur par trame, si L est inférieur à 48 octets. Si $L \geq 48$ octets, l'intervalle est au moins de 54 octets.
- R6 - Le récepteur vérifie la qualité du signal, le caractère de début, les séquences de contrôle, la longueur de la trame et, en cas de détection d'une erreur, l'intervalle de repos de la ligne, tel que spécifié par R5.

Si une de ces vérifications échoue, la trame est rejetée; sinon, elle est remise à l'utilisateur.

6.2.4.4.1 Frames with fixed length

Bit sequence
 sequence on line → 1 2 3 4 5 6 7 8 Octets
 Most
 significant bit ↙

Start character	1 2	
User data octets	1 2 . . . 16 max.	Block 1
Check sequence	1 2	
User data octets	1 2 . . . 16 max.	Block 2
Check sequence	1 2	
User data octets	1 2 . . . 16 max.	Block n
Check sequence	1 2	

Transmission rules

- R1 - Line idle is binary 1.
- R2 - The first two octets of a frame represent a start character.
- R3 - Up to 16 user data octets are completed by a 16 bits check sequence.
- R4 - The check sequence forms a code generated by the polynomial $X^{16} + X^{13} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^6 + X^5 + X^2 + 1$.

The 16 bits of the check sequence generated by this specification are inverted.

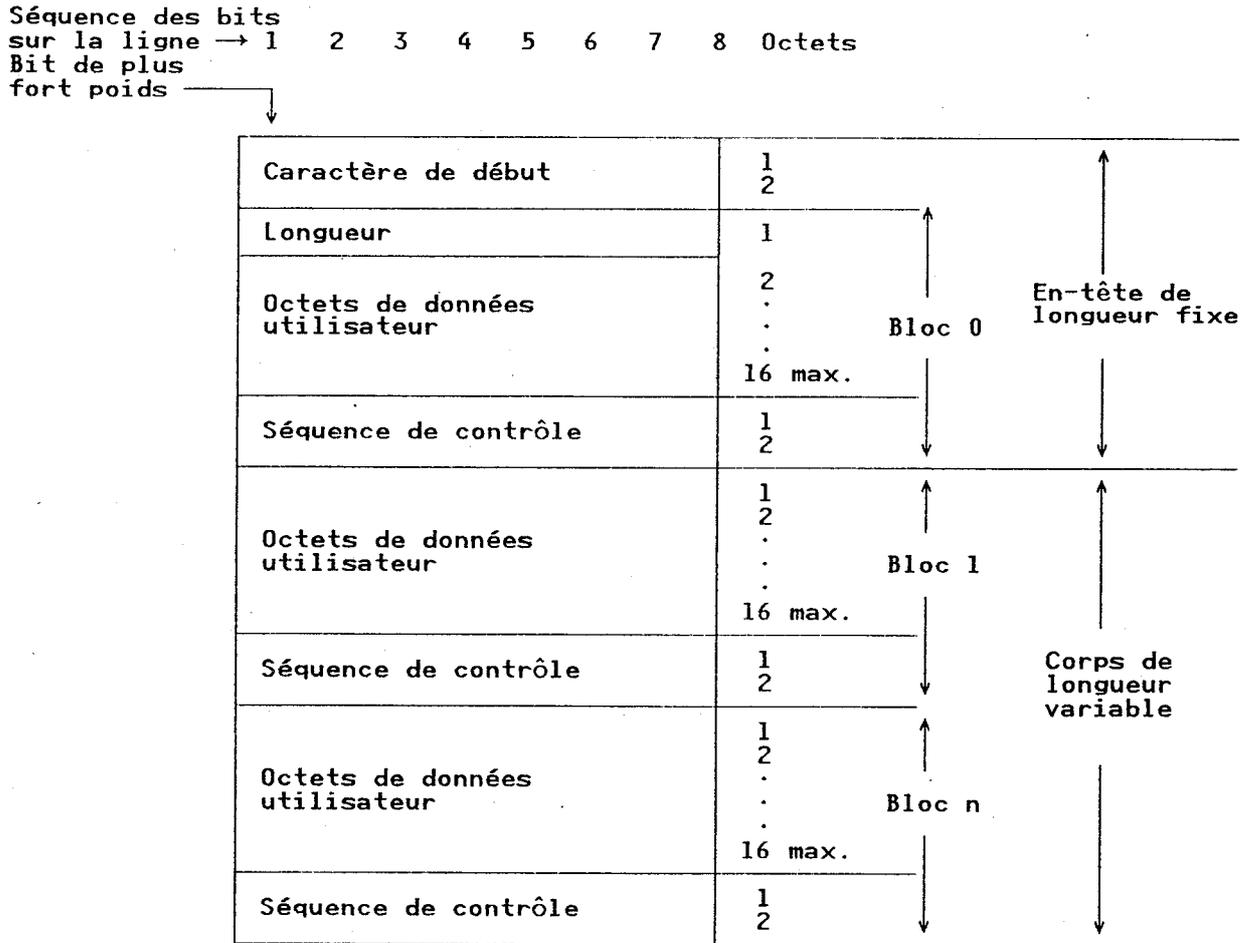
- R5 - Upon detecting an error according to rule R6, a minimum line idle interval of L + 6 octets is required if L characterizes the number of user data octets per frame, provided that L is smaller than 48 octets. For L ≥ 48 octets, the interval is at least 54 octets.
- R6 - The receiver checks the signal quality, the start character, the check sequences, the frame length and, upon detecting an error, the line idle interval, specified by R5.

The frame is rejected if one of these checks fails, otherwise it is released to the user.

6.2.4.4.2 Trames de longueur variable

Le premier bloc de données (en-tête) des trames de longueur variable a une longueur fixe; il commence par un caractère de début et se termine par une séquence de contrôle, et contient jusqu'à 16 octets de données.

Le caractère de longueur, situé dans l'en-tête de longueur fixe, spécifie le nombre d'octets de données utilisateur dans le corps de la trame.



Règles de transmission

R1 à R6: voir le paragraphe 6.2.4.4.1.

6.2.5 Synchronisation sur les canaux de transmission utilisant la coupure de porteuse

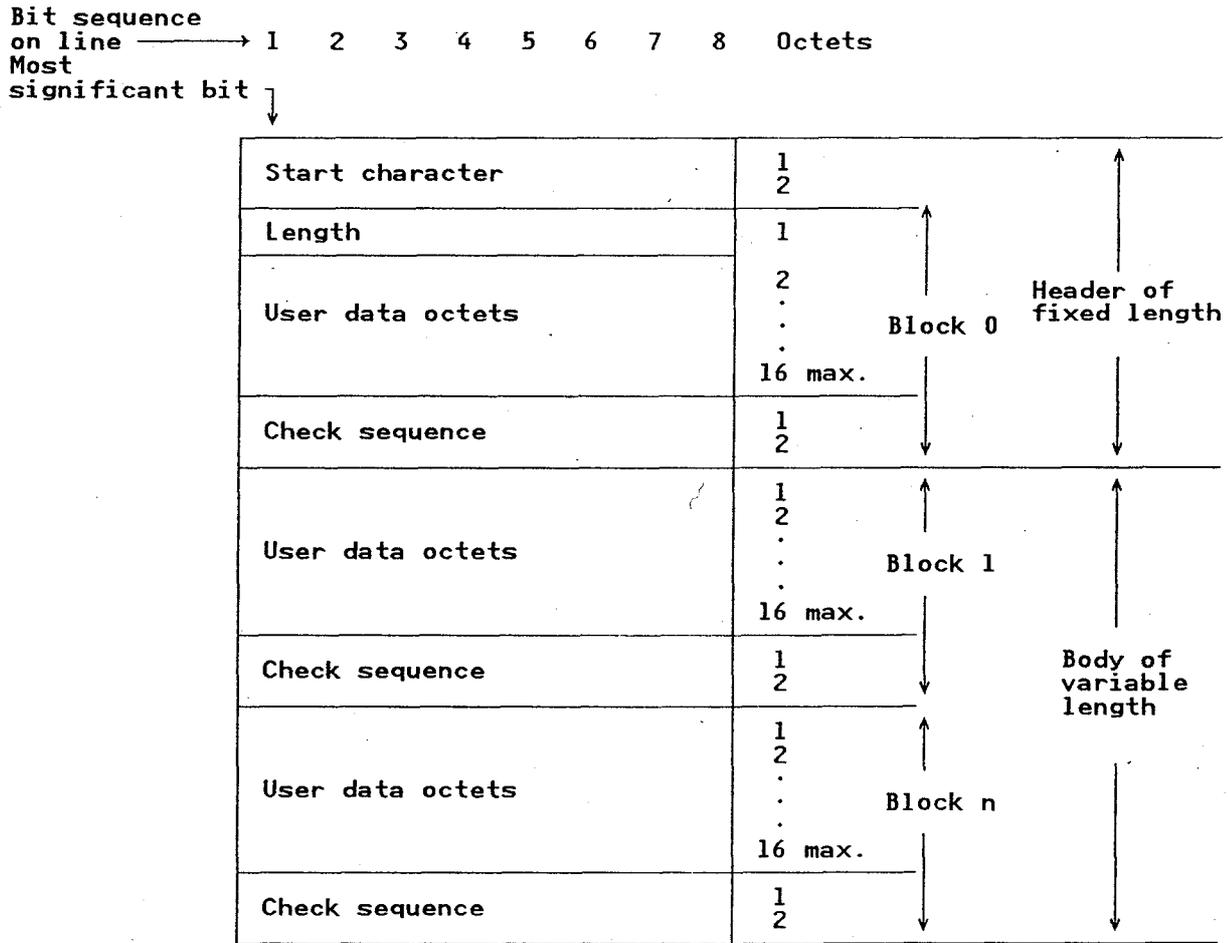
L'état "repos" de la ligne est caractérisé par la coupure de la porteuse.

Après le début de l'émission de la porteuse, un minimum de m bits de repos à "1" doivent être émis avant le début de la première trame, ces m bits de repos devant suffire pour permettre à la porteuse d'être correctement établie à la réception.

6.2.4.4.2 *Frames with variable lengths*

The first data block (header) of frames with variable lengths is of fixed length, beginning with a start character and ending with a check sequence and containing up to 16 data octets.

The length character, located in the header of fixed length specifies the number of user data octets in the body of the frame.



Transmission rules

R1 to R6: see Subclause 6.2.4.4.1.

6.2.5 *Synchronization in transmission channels using switched carrier frequency*

The "idle line" state is characterized by the carrier being switched off.

After switching on the carrier, a minimum of m idle bits ("1") shall be transmitted before starting the first frame. m idle bits are sufficient to allow the received carrier to become properly established.

Après émission de la dernière trame, un bit de repos à "1" doit être émis avant la coupure de la porteuse.

Note.- La durée de l'intervalle où la ligne doit être au repos après détection d'une erreur dans une trame peut être réduite à des valeurs inférieures à celles données au paragraphe 6.2.4, si l'état de repos de la ligne est représenté par la coupure de la porteuse.

6.2.6 Principaux domaines d'application des classes de format définies

La classe de format FT1.1, avec une distance de Hamming = 2, est principalement utilisée dans les systèmes simples à mise à jour cyclique, qui n'exigent qu'une faible classe d'intégrité.

Les classes de format FT1.2 et FT2, avec une distance de Hamming = 4, sont applicables à des systèmes de commande ayant des exigences plus élevées en matière d'intégrité des données; la classe de format FT3 enfin est adaptée à des systèmes ayant des exigences particulièrement élevées en matière d'intégrité des données.

6.2.7 Utilisation des protocoles HDLC (Procédure de commande de liaison de données à haut niveau)

La spécification de liaison de données HDLC définie par l'ISO 3309 concerne un canal qui n'est pas sans mémoire. Elle est utilisée fondamentalement pour la transmission synchrone de données. Elle convient à un trafic duplex fonctionnant avec une largeur de fenêtre supérieure à 1. L'utilisation de trames HDLC pour la téléconduite nécessite quelques adaptations. Les protocoles HDLC non modifiés protègent les trames de longueur variable contre les erreurs indétectables avec une distance de Hamming de 1 seulement. Cela signifie qu'une erreur sur un seul élément binaire par trame peut conduire à des erreurs de message indétectables. La distance de Hamming peut être élevée à 2 en ajoutant de la redondance et un contrôle supplémentaire des trames de longueur variable ou en n'admettant que des trames de longueur fixe. Pour obtenir les classes d'intégrité I2 et I3, il est nécessaire de spécifier des procédures de transmission appropriées dans les couches supérieures à la couche liaison de données, ce qui diminue encore l'efficacité de transmission.

After transmitting the last frame, one idle bit ("1") shall be transmitted before switching off the carrier.

Note.- The duration of the line idle interval necessary after detecting an error in a frame may be reduced below the values given in Subclause 6.2.4, when using the carrier-off condition to represent the line idle state.

6.2.6 *Main application fields of the defined format classes*

Format class FT1.1 with Hamming distance 2 is mainly used for simple cyclic updating systems with low class data integrity requirements.

Format class FT1.2 with Hamming distance 4 and format class FT2 support control systems with upgraded data integrity requirements and format class FT3 are suited for systems with particularly high data integrity requirements.

6.2.7 *Use of HDLC (High level data link control)-protocols*

The HDLC link specification defined by ISO 3309 is not memoryless and is basically used for synchronous data transmission. It is suitable for duplex traffic operating with window size greater than one. The use of HDLC frames in telecontrol needs some adaptations. The unmodified HDLC protocols protect frames of variable lengths only with Hamming distance 1 against undetectable errors. This means that a single bit error per frame can produce an undetectable message error. The Hamming distance can be increased to 2 by adding redundancy and additional supervision of variable frame lengths or by admitting only fixed frame lengths. In order to achieve data integrity class I2 or I3, it is necessary to specify appropriate transmission procedures in the layers above the link layer causing further reductions of the transmission efficiency.

ANNEXE A

(Concerne l'article 5: Eléments quantitatifs caractérisant l'efficacité de transmission, et le paragraphe 6.1: Couche physique)

INFLUENCE DE LA SURVEILLANCE DE LA QUALITE DU SIGNAL SUR L'EFFICACITE DE LA TRANSMISSION ET SUR L'INTEGRITE DES DONNEES

Toute transmission de données exige la transmission d'éléments de signal, convertis en paramètres physiques, tels que amplitude, fréquence, phase, durée d'impulsion, etc. Les valeurs de ces paramètres doivent se situer à l'intérieur de tolérances définies qui sont surveillées par le récepteur; si un paramètre dépasse la tolérance permise, le récepteur signale une réception de mauvaise qualité.

La spécification de tolérances sur la qualité du signal, leur mise en oeuvre ainsi que la méthode de synchronisation utilisée établissent des relations entre le rapport signal sur bruit, le taux d'erreur par élément binaire (taux d'inversions indétectables d'éléments binaires) et le taux d'effacement par élément binaire (taux d'éléments binaires reçus avec une qualité insuffisante) du circuit de données utilisé.

Ces relations peuvent être mesurées ou calculées en supposant un modèle simplifié de canal. Par exemple l'effet de la surveillance de la tolérance sur l'amplitude du signal sur un canal de transmission binaire en bande de base peut être calculé de la façon suivante:

Si les symboles binaires, sur un canal de transmission binaire, sont décodés en effectuant une simple scrutation au milieu des intervalles de bits, il n'y a pas de surveillance de la qualité du signal, et une erreur sur l'élément binaire se produit lorsqu'une transition du signal subit une distorsion supérieure à 50% de la durée T d'un bit (voir figure A.1a)).

Supposons un bruit de distribution gaussienne à moyenne nulle, et d'écart type normalisé s = 1

p = erfc (T/(2 √2)) = probabilité d'erreur par élément binaire (a1)

q = 1 - p = probabilité de recevoir un élément binaire correct

où: erfc(x) = 1 - 2/√π ∫₀^x e^{-u²} du

désigne le complément de la fonction d'erreur.

La surveillance de la qualité du signal consiste, pour chaque bit, à examiner trois fenêtres de temps distinctes (voir figure A.1b)) au lieu d'effectuer une seule scrutation au milieu de l'intervalle de bit:

- une fenêtre - D ≤ q ≤ + D qui caractérise l'étendue permise de la distorsion de la transition du signal, et
- deux fenêtres (- T + D) ≤ r ≤ - D et D ≤ r ≤ (T - D) qui caractérisent des violations de l'étendue tolérée de la distorsion d'une transition de signal.

APPENDIX A

(Refers to Clause 5: Quantified rating of transmission efficiency, and Subclause 6.1: Physical layer)

EFFECT OF SIGNAL QUALITY SUPERVISION ON TRANSMISSION EFFICIENCY AND DATA INTEGRITY

Each data transmission requires the transmission of signal elements, realized by physical parameters like amplitude, frequency, phase, pulse duration, etc. The values of these parameters are restricted to discrete tolerances which are supervised in the receiver: if a parameter exceeds the prescribed tolerance, the receiver signals a quality error detection.

The specification of signal quality tolerances, their implementation as well as the used synchronization method establish relations between *signal to noise ratio* and *bit error rate* (rate of undetectable bit inversions) and *bit erasure rate* (rate of bits with insufficient quality) of the used data circuit.

These relations can be measured or may be calculated by assuming simplifying channel models. For example the effect of supervision signal distortion tolerances in a base band binary transmission channel may be calculated in the following way:

If the bit symbols in a binary transmission channel are decoded by a single scan impulse in the centre of a bit cell, then there is no signal quality supervision, and bit errors occur, whenever a signal transition is distorted more than 50% of a bit duration T (see figure A.1a)).

By assuming a normal, zero-mean (Gaussian) distribution of noise with normalized r.m.s. value $s = 1$

$$p = \operatorname{erfc}(T/(2\sqrt{2})) = \text{bit error probability} \quad (\text{a1})$$

$$q = 1 - p = \text{probability of receiving a correct bit}$$

$$\text{where:} \quad \operatorname{erfc}(x) = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-u^2} du$$

designates the complement of the error function.

The signal quality is supervised, if the single scan in the centre of each bit is replaced by an inspection of three distinct time slots per bit, (see figure A.1b)):

- one time slot - $D \leq q \leq +D$ which characterizes the permitted range of distortion of a signal transition, and
- two time slots $(-T + D) \leq r \leq -D$ and $D \leq r \leq (T - D)$ which characterize violations of the permitted tolerance range of distortion of a signal transition.

Si une transition de signal se produit dans la fenêtre $\pm D$, on décodera soit un élément binaire correct (q), soit un élément binaire erroné (p).

Si une transition de signal se produit dans une des fenêtres r, une mauvaise qualité du signal est détectée. Dans ce cas, les probabilités de recevoir des éléments binaires erronés et des probabilités de recevoir des éléments binaires corrects se réduisent à:

$$p' = \operatorname{erfc}((T - D)/\sqrt{2}) - \operatorname{erfc}((T + D)/\sqrt{2}) + \operatorname{erfc}((2T - D)/\sqrt{2}) - \operatorname{erfc}((2T + D)/\sqrt{2}) + \dots - \dots$$

$$q' = 1 - \operatorname{erfc}(D/\sqrt{2})$$

Des effacements d'éléments binaires (r) causés par des distorsions supérieures à $|T + D|$ ne sont à considérer qu'en cas de niveaux de bruit très élevés ($p \rightarrow 0,5$) et peuvent être négligés lorsque l'on évalue l'efficacité de la tolérance de largeur de $\pm D$ sur les distorsions de signal permises.

Avec cette simplification, seuls les deux premiers termes de la relation définissant p' fournissent une contribution appréciable à la probabilité réduite d'erreur sur les éléments binaires, et les relations p' et q' peuvent être exprimées en fonction de la probabilité initiale d'erreur sur les éléments binaires p (voir équation (a1)) de la façon suivante:

$$p' \approx \operatorname{erfc}(2(1 - D/T) \operatorname{erfc}^{-1}(p))$$

$$q' = 1 - \operatorname{erfc}((2D/T) \operatorname{erfc}^{-1}(p))$$

où:

$y = \operatorname{erfc}^{-1}(x)$ désigne la fonction inverse du complément de la fonction d'erreur $x = \operatorname{erfc}(y)$.

Ces deux relations décrivent le *canal binaire symétrique avec effacement* qui fournit trois évaluations possibles par élément binaire, à savoir:

q' ... élément binaire correct

p' ... élément binaire erroné (inversion indétectable d'un élément binaire)

$r = 1 - p' - q'$... élément binaire effacé (mauvaise qualité du signal)

L'exemple analysé, dans lequel la distorsion du signal est surveillée par rapport à un ou plusieurs seuils de décision, peut être de même appliqué à la surveillance des étendues de variation tolérées d'autres paramètres du signal, utilisés dans diverses méthodes de modulation du canal.

L'influence de la surveillance de la qualité du signal sur l'efficacité de la transmission et sur le taux d'erreurs résiduelles est montrée dans la figure A.2: un bloc de $n = 128$ bit codé suivant le format FT2 est décodé:

- sans surveillance de la qualité du signal (tolérance de $\pm 50\%$ sur la distorsion du signal,
- avec une surveillance grossière (tolérance de $\pm 40\%$ sur la distorsion du signal), et
- avec une surveillance plus serrée (tolérance de $\pm 30\%$ sur la distorsion du signal).

If a signal transition occurs within time slot $\pm D$, either a correct bit (q) or an erroneous bit (p) will be decoded.

If a signal transition occurs within one of the time slots r , a bad signal quality is detected. In this case, the probabilities of receiving erroneous bits and the probabilities of receiving correct bits reduce to:

$$p' = \operatorname{erfc}((T - D)/\sqrt{2}) - \operatorname{erfc}((T + D)/\sqrt{2}) + \operatorname{erfc}((2T - D)/\sqrt{2}) - \operatorname{erfc}((2T + D)/\sqrt{2}) + \dots - \dots$$

$$q' = 1 - \operatorname{erfc}(D/\sqrt{2})$$

Bit erasures (r) caused by distortions greater than $|T + D|$ are relevant only under extremely high noise conditions ($p \rightarrow 0.5$) and may be neglected for an assessment of the efficacy of the tolerance width $\pm D$ for allowed signal distortions.

With this simplification only the first two terms of the relation of p' furnish relevant contributions to the reduced bit error probability and the relations p' and q' can be expressed in terms of the original bit error probability p (see equation (a1)), by:

$$p' \approx \operatorname{erfc}(2(1 - D/T) \operatorname{erfc}^{-1}(p))$$

$$q' = 1 - \operatorname{erfc}((2D/T) \operatorname{erfc}^{-1}(p))$$

where:

$y = \operatorname{erfc}^{-1}(x)$ designates the inversion of the complement of the error function $x = \operatorname{erfc}(y)$.

These two relations describe the *binary symmetric erasure channel* which provides three possible evaluations per bit, namely:

q' ... correct bit

p' ... bit error (i.e. undetectable bit inversion)

$r = 1 - p' - q'$... bit erasure (i.e. bad signal quality)

The analysed example in which the signal distortion is supervised by one or several decision thresholds may be applied accordingly to the supervision of tolerance ranges of other signal parameters used in various channel encoding methods.

The influence of the signal quality supervision on the transmission efficiency and on the residual error rates is depicted in Figure A.2: an FT2-block code with block length $n = 128$ bit is decoded:

- without signal quality supervision (admitted signal distortion tolerance $\pm 50\%$),
- with coarse quality supervision (admitted signal distortion tolerance $\pm 40\%$), and
- with restricted signal quality supervision (admitted signal distortion tolerance $\pm 30\%$).

Les courbes montrent que les taux d'erreurs résiduelles sont réduits de manière significative lorsque l'on fait décroître la tolérance définissant la qualité acceptable du signal, au prix toutefois d'une perte considérable d'efficacité de la transmission.

Dans tous les cas, le maximum d'erreurs résiduelles se produit toujours pour une probabilité d'erreur sur les éléments binaires correspondant à une efficacité de transmission pratiquement nulle.

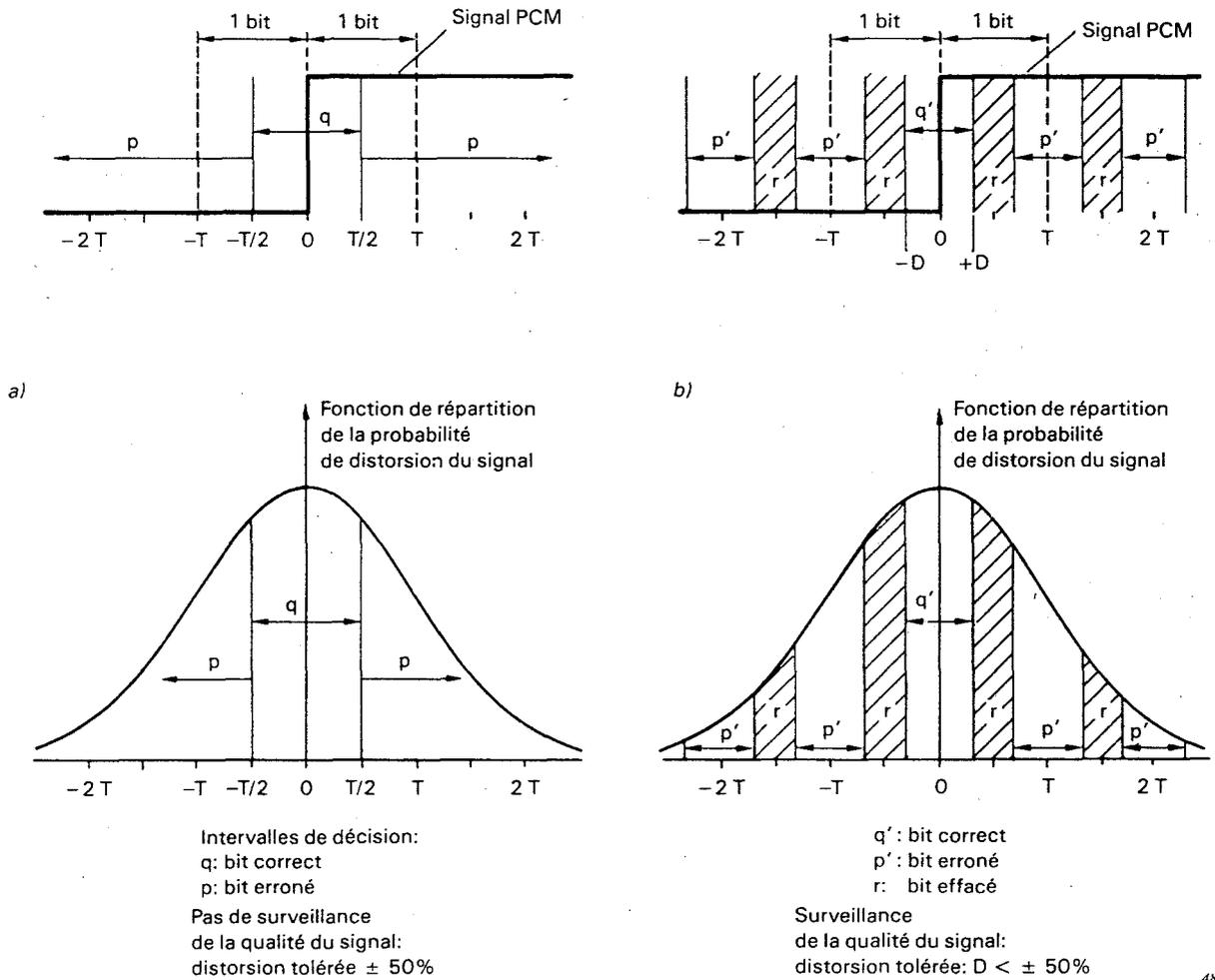


Figure A.1 - Détection du signal correspondant aux éléments binaires:
a) sans surveillance de la qualité du signal
b) avec surveillance de la qualité du signal.

The curves show that the residual errors are significantly reduced with decreasing tolerance widths for acceptable signal quality, however at cost of considerable loss of transmission efficiency.

In all cases, the maximum of residual errors occurs at a bit error probability, where the transmission efficiency is practically zero.

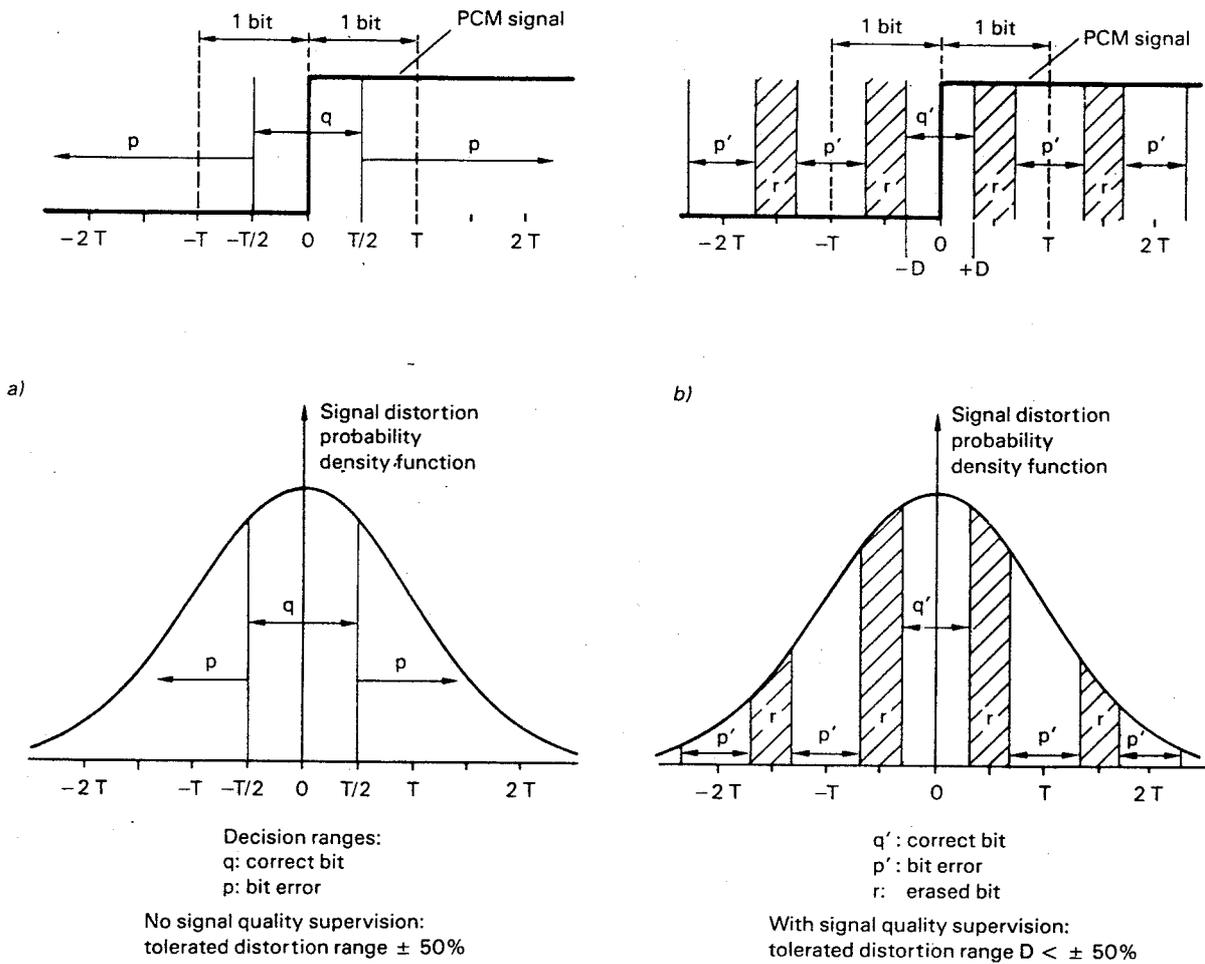


Figure A.1 - Bit signal detection:
 a) without and
 b) with signal quality supervision.

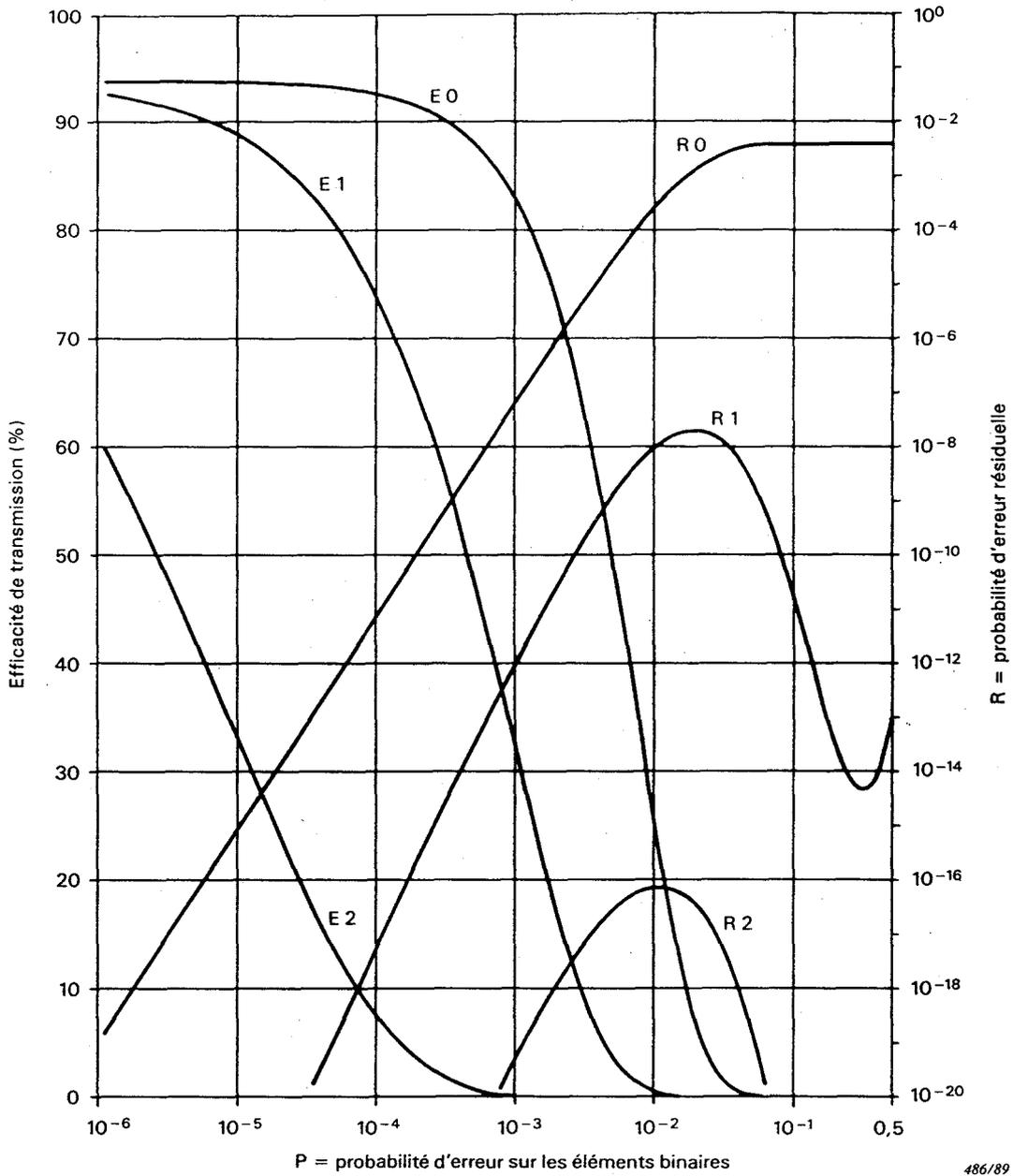


Figure A.2 - Influence de la surveillance de la qualité du signal sur l'efficacité de transmission de trame et sur l'intégrité des données.

Caractéristiques d'efficacité de transmission de trame et d'intégrité des données pour des blocs de 128 bits codés suivant le format FT2.

Caractéristique d'erreurs résiduelles	Caractéristique d'efficacité de transmission de trame	Tolérance pour la surveillance de la qualité du signal
R0	E0	Pas de surveillance
R1	E1	Distorsion admise sur le signal: ±40%
R2	E2	Distorsion admise sur le signal: ±30%

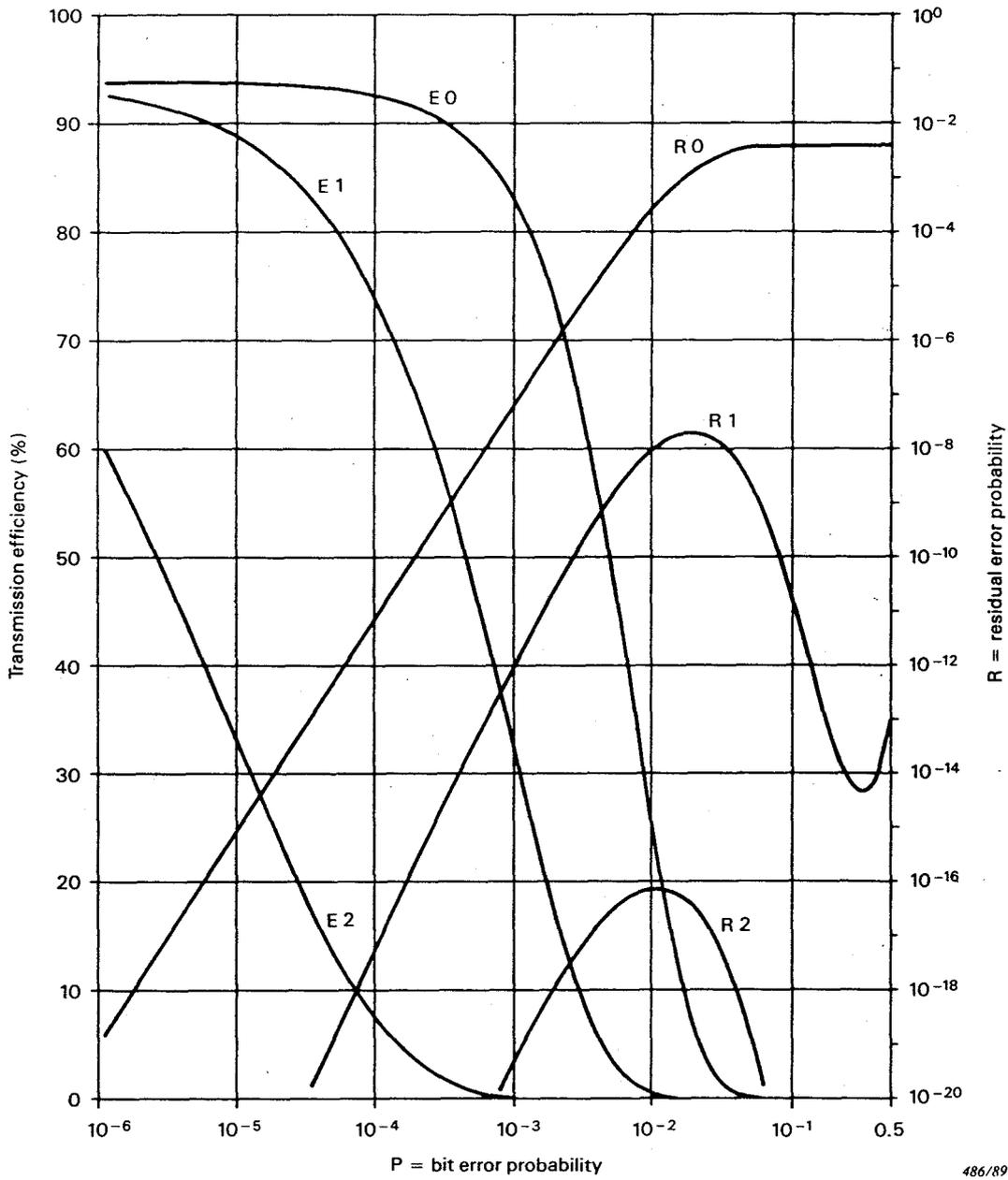


Figure A.2 - Influence of signal quality supervision on frame transmission efficiency and on data integrity

Frame transmission efficiency and data integrity characteristics of a format Class FT2 - block code with block length 128 bits

Residual error characteristic	Frame transmission efficiency characteristic	Tolerance range of signal quality supervision
R0	E0	No signal quality supervision
R1	E1	Tolerated signal distortion: ±40%
R2	E2	Tolerated signal distortion: ±30%

ANNEXE B

(Concerne le paragraphe 6.2.4: Formats de trame normalisés)

ELEMENTS QUANTITATIFS CARACTERISANT L'INTEGRITE DES DONNEES ET L'EFFICACITE DE TRANSMISSION

Les éléments quantitatifs caractérisant les probabilités d'erreur résiduelle et les efficacités de transmission sont dérivés des codages des blocs pour chaque classe de format.

Les valeurs réelles des critères caractérisant les probabilités d'erreur résiduelle et les efficacités de transmission des protocoles dépendent d'autres caractéristiques des procédures de dialogue spécifiées.

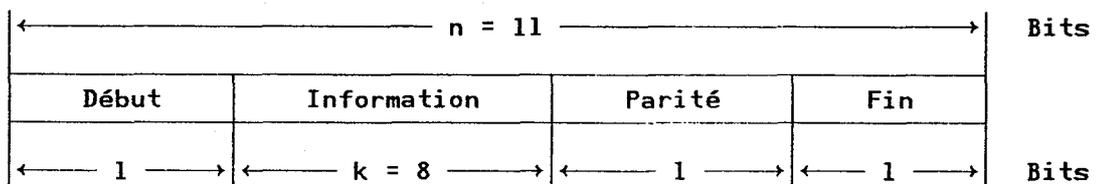
En particulier, si une trame est composée de i blocs de la classe de format FT, de longueur n bits, une erreur indétectable se produit si au moins un des blocs contient une erreur indétectable, les autres blocs ne contenant pas d'erreur détectable:

R(iFT) = (R(FT) + q^n)^i - q^ni ≈ iR(FT) si (1 - q) << 0,5

où:

R(FT) désigne la probabilité d'erreur résiduelle d'un bloc individuel de la classe de format FT et q la probabilité de recevoir des bits corrects.

B.1 Classe de format FT1.1



- Code (11,8)
- Distance de Hamming d = 2
- Un octet d'information est complété par un bit de début ("0"), un bit de contrôle de parité (paire) et un bit de fin ("1").

B.1.1 Mesure de l'intégrité des données

Le nombre de configurations d'erreurs indétectables contenant e éléments binaires erronés est:

A(FT1.1)_e = (9/e), e = 2, 4, 6 et 8.

APPENDIX B

(Refers to Subclause 6.2.4: Standard frame formats)

QUANTITATIVE RATINGS OF DATA INTEGRITY AND TRANSMISSION EFFICIENCY

The quantitative ratings of residual error probabilities and transmission efficiencies are derived for block codes of each format class.

Actual ratings of residual error probabilities and transmission efficiencies of protocols depend on further characteristics of specified dialogue procedures.

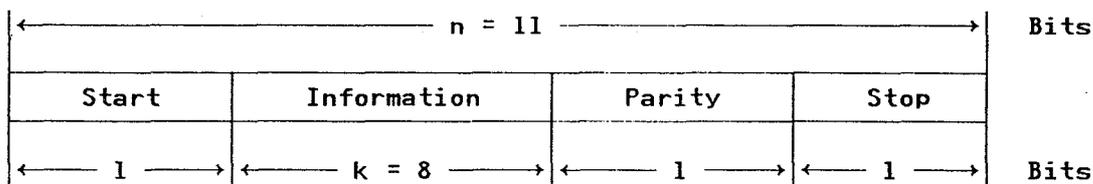
In particular, if a frame is composed of i blocks of format class FT with the length n bit, an undetectable error occurs if at least one of the blocks contains an undetectable error and the other blocks contain no detectable errors:

$$R(iFT) = (R(FT) + q^n)^i - q^{ni} \approx iR(FT) \quad \text{if } (1 - q) \ll 0.5$$

where:

$R(FT)$ designates the residual error probability of an individual block of format class FT, and q designates the probability of receiving correct bits.

B.1 Format class FT1.1



- (11,8)-Code
- Hamming distance $d = 2$
- One information octet is completed with one start bit ("0"), one even parity check bit and one stop bit ("1").

B.1.1 Measure of data integrity

The number of undetectable bit error patterns containing e bit errors is:

$$A(FT1.1)_e = \binom{9}{e}, \quad e = 2, 4, 6 \text{ and } 8.$$

La probabilité d'erreur résiduelle qui en résulte est:

$$R(FT1.1) = (36p^2q^7 + 126p^4q^5 + 84p^6q^3 + 9p^8q)q^2$$

où:

p est la probabilité qu'un élément binaire soit erroné;

q est la probabilité qu'un élément binaire soit correct.

Le code répond aux prescriptions de la classe d'intégrité des données de 11 (voir figure B.1).

B.1.2 Mesure de l'efficacité de transmission du codage de bloc

$$EFF(FT1.1) = \frac{8}{11} q^{11} = 0,73 q^{11} \text{ (voir figure B.2)}$$

B.1.3 Mesure de l'efficacité de transmission de la trame

Une trame composée de i caractères FT1.1 avec un caractère de tête spécifiant la longueur de la trame (voir paragraphe 6.2.4.1) présente l'efficacité de transmission de trame suivante:

$$EFF(iFT1.1) = \frac{8i}{11(i+1)} q^{11(i+1)}$$

où:

i est le nombre d'octets de données utilisateur.

B.2 Classe de format FT1.2

- (11i + 11,8i) Code-produit avec vérification par parité simple modifiée
- Distance de Hamming d = 4
- i octets de données utilisateur de format FT1.1 sont complétés par un caractère de contrôle par somme arithmétique.

B.2.1 Mesure de l'intégrité des données

Le taux d'erreurs résiduelles du code-produit avec vérification par parité simple, qui spécifie des bits de contrôle de parité verticale sous forme d'un caractère de contrôle par somme, est:

$$R(FT1.2) = 2^{-i-9} q^{2i+2} (q+p)^{9i+9} \sum_{j=0}^8 \binom{8}{j} \left[\left(\frac{q-p}{q+p} \right)^j + \left(\frac{q-p}{q+p} \right)^{9-j} \right]^{i+1} - q^{11i+11}$$

où:

i est le nombre d'octets de données utilisateur pour i > 1.

The resulting residual error probability is:

$$R(\text{FT1.1}) = (36p^2q^7 + 126p^4q^5 + 84p^6q^3 + 9p^8q)q^2$$

where:

p is the bit error probability

q is the probability of correct bit transmission

The code fulfils the requirements of data integrity class 11 (see Figure B.1).

B.1.2 Measure of block code transmission efficiency

$$\text{EFF}(\text{FT1.1}) = \frac{8}{11} q^{11} = 0.73 q^{11} \text{ (see Figure B.2)}$$

B.1.3 Measure of frame transmission efficiency

A frame composed of i FT1.1 characters with a leading character specifying the frame length (see Subclause 6.2.4.1) has the following transmission efficiency:

$$\text{EFF}(i\text{FT1.1}) = \frac{8i}{11(i+1)} q^{11(i+1)}$$

where:

i is the number of user data octets.

B.2 Format class FT1.2

- (11i + 11, 8i) - Modified single parity check product-code
- Hamming distance d = 4
- i user data octets of format FT1.1 are completed by an arithmetic check sum character.

B.2.1 Measure of data integrity

The residual error rate of the single parity check product-code, which specifies vertical parity check bits as a check sum character, is:

$$R(\text{FT1.2}) = 2^{-i-9} q^{2i+2} (q+p)^{9i+9} \sum_{j=0}^8 \binom{8}{j} \left[\left(\frac{q-p}{q+p} \right)^j + \left(\frac{q-p}{q+p} \right)^{9-j} \right]^{i+1} - q^{11i+11}$$

where:

i is the number of user data octets for i > 1.

Le caractère de contrôle par somme arithmétique spécifié pour la classe de format FT1.2 réduit les erreurs résiduelles de ce mode approximativement d'un facteur 0,5, et la surveillance de l'exactitude des caractères de début et de fin, telle qu'elle est spécifiée, entraîne la réduction de $R(\text{FT1.2})$ par le facteur q^{11s} , si s spécifie le nombre de caractères de commande additionnels (en dehors du caractère de contrôle par somme) par trame: $R'(\text{FT1.2}) = 0,5 R(\text{FT1.2})q^{11s}$.

Dans le cas de trames de longueur fixe, $s = 2$ (1 caractère de début, 1 caractère de fin).

Dans le cas de trames de longueur variable, $s = 5$ (2 caractères de début, 2 caractères spécifiant la longueur, 1 caractère de fin).

La figure B.1 montre les caractéristiques d'erreurs résiduelles pour une trame de longueur fixe, avec 1 octet de données utilisateur (FT1.2, $i = 1$) et pour une trame de longueur fixe avec 15 octets de données utilisateur (FT1.2, $i = 15$).

B.2.2 *Mesure de l'efficacité de transmission de trame*

$$\text{EFF}(\text{FT1.2}) = \frac{8i}{11(i+s+1)} q^{11(i+s+1)}$$

où :

i est le nombre d'octets de données utilisateur

s est le nombre de caractères de commande additionnels (en dehors du caractère de contrôle par somme) par trame.

La figure B.2 montre l'efficacité de transmission de trame pour une trame de longueur fixe avec 1 octet de données utilisateur (FT1.2, $i = 1$) et pour une trame de longueur fixe avec 15 octets de données utilisateur (FT1.2, $i = 15$).

B.2.3 *Raisons du choix*

- Les classes de format FT1.1 et FT1.2 assurent la compatibilité matérielle avec la plupart des calculateurs (personnels et autres), processeurs et équipements d'essai standard.
- Elles sont faciles et économiques à intégrer dans des équipements de faible coût.
- Le même matériel supporte les communications avec les autres périphériques d'usage courant tels que traceurs, imprimantes, terminaux de visualisation, etc.
- Pas besoin de matériel supplémentaire pour la synchronisation de bit.

The arithmetic check sum character specified for format class FT1.2 reduces the residual errors of this code approximately by the factor 0.5 and the specified supervision of correct start and end characters cause the reduction of $R(\text{FT1.2})$ by the factor q^{11s} , if s specifies the number of additional control characters - except for the check sum character - per frame: $R'(\text{FT1.2}) = 0.5 R(\text{FT1.2})q^{11s}$.

In case of fixed frame lengths: $s = 2$ (1 start character, 1 end character).

In case of variable frame lengths: $s = 5$ (2 start characters, 2 characters specifying length, 1 end character).

Figure B.1 shows the residual error characteristics for a fixed frame length with 1 user data octet (FT1.2, $i = 1$) and for a fixed frame length with 15 user data octets (FT1.2, $i = 15$).

B.2.2 Measure of frame transmission efficiency

$$\text{EFF}(\text{FT1.2}) = \frac{8i}{11(i+s+1)} q^{11(i+s+1)}$$

where:

i is the number of user data octets

s is the number of additional control characters - except for the check sum character - per frame

Figure B.2 shows the frame transmission efficiency for a frame length with 1 user data octet (FT1.2, $i = 1$), and for a fixed frame length with 15 user data octets (FT1.2, $i = 15$).

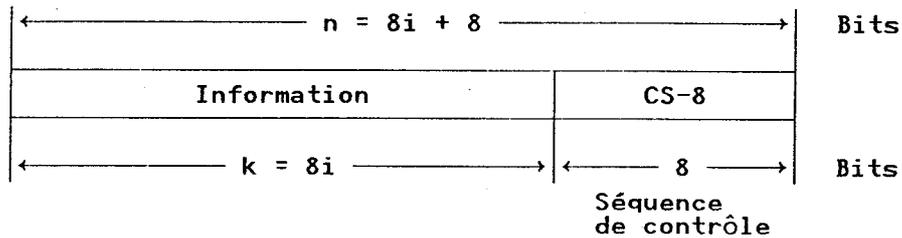
B.2.3 Motivations

- The format classes FT1.1 and FT1.2 provide hardware compatibility with most personal and other computers, processors and standard test equipment.
- Easy and economic to integrate in small and low-cost equipment.
- The same hardware supports software for communication with other commonly used peripherals, for example plotters, printers, VDU terminals, etc.
- No additional hardware is required for bit synchronization.

- Taux d'erreur résiduelle faible sans recours à la surveillance de la qualité du signal, particulièrement en cas de taux élevés d'erreurs sur les éléments binaires (voir figure B.1).

Note.- Les règles exigeant l'émission contiguë des caractères à l'intérieur d'une trame, et l'utilisation de 8 bits plus 1 bit de parité par caractère (au lieu des 7 bits plus 1 bit de parité ou 8 bits sans parité utilisés habituellement) imposent d'examiner avec attention les possibilités du système d'exploitation et des modules logiciels de communication série du calculateur hôte.

B.3 Classe de format FT2



- Code $(8i + 8, 8i)$, $i = 1, 2, 3, \dots, 15$
- Distance de Hamming $d = 4$
- Polynôme générateur $X^7 + X^6 + X^5 + X^2 + 1$
- Extension par un élément de parité paire
- Inversion de tous les éléments binaires de contrôle.

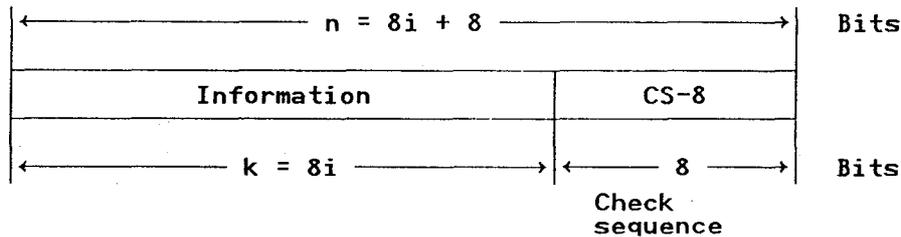
B.3.1 Raisons du choix

- Assure l'efficacité de transmission de trame la plus élevée pour la classe d'intégrité des données I2 (voir figure B.2).
- Format adapté à des exigences de performances rigoureuses.
- Le format de trame (format en multiples d'octets) est approprié pour l'utilisation avec certaines liaisons de données synchrones multipoints normalisées.
- Le code BCH généré par le polynôme spécifié et complété par un bit de parité binaire portant sur l'ensemble définit un code optimal non cyclique $(128, 120)$ avec une distance $d = 4$, comprenant 120 éléments binaires d'information, c'est-à-dire 15 octets d'information. C'est le bloc de longueur maximale de distance $d = 4$ utilisant 8 éléments binaires de contrôle.
- Le polynôme générateur spécifié est choisi dans l'ensemble des 18 polynômes irréductibles de degré 7 de telle sorte que le nombre de configurations d'erreurs d'éléments binaires indétectables de 4 éléments binaires soit minimisé pour des blocs raccourcis de longueur $n = 16$ et 24 bits.

- Low residual error rate without signal quality supervision, particularly at high bit error rates (see Figure B.1).

Note.- The rules requiring contiguous transmission of characters within a frame and the use of 8 bits plus parity per character (in contrast to the commonly used 7 bits plus parity or 8 bits without parity) require careful attention to the host operating system and associated bit serial communication drive routines.

B.3 Format class FT2



- $(8i + 8, 8i)$ - Code, $i = 1, 2, 3, \dots, 15$
- Hamming distance $d = 4$
- Generator polynomial $X^7 + X^6 + X^5 + X^2 + 1$
- Extension by an even parity bit
- Inversion of all check bits.

B.3.1 Motivations

- Provides the highest frame transmission efficiency for data integrity class 12 (see Figure B.2).
- Convenient format for stringent performance requirements.
- The frame format (multiple octet format) is suitable for use with certain standard synchronous multidrop data links.
- The BCH-code generated by the specified polynomial and extended by an overall even parity bit defines a $(128, 120)$ non-cyclic optimum code with distance $d = 4$, comprising 120 information bit, i.e. 15 information octets. This is the maximum block length for block codes with distance $d = 4$ using 8 check bits.
- The specified generator polynomial is selected from the set of totally existing 18 irreducible polynomials of degree 7 such that the number of undetectable bit error patterns with 4 bit errors is minimized for shortened block lengths $n = 16$ and 24 bits.

- L'inversion des 8 bits de contrôle améliore la protection contre des risques de glissement de la synchronisation en fournissant un poids minimal de 2 et au moins une transition sur un élément binaire par bloc.

B.3.2 Mesure de l'intégrité des données

Le nombre de configurations d'erreurs indétectables contenant e éléments binaires erronés dans un bloc non raccourci de 128 éléments binaires est:

$$A(FT2)_{128,e} = \frac{1}{128} \left[\binom{128}{e} + (-1)^{e/2} 127 \binom{64}{e/2} \right],$$

$e = 4, 6, 8, \dots, 122, 124, 128$

Pour les blocs raccourcis admis ayant une longueur $n = 8i + 8$ bits, $i = 1, 2, \dots$ octets de données utilisateur, une bonne approximation du nombre de configurations d'erreurs indétectables sur les éléments binaires est:

$$A(FT2)_{n,e} \approx \binom{n}{e} / 128, \quad e = 4, 6, 8 \dots n$$

La probabilité d'erreurs résiduelles qui en résulte est:

$$R(FT2)_n = \sum_e A(FT2)_{n,e} p^e q^{n-e}, \quad e = 4, 6, 8 \dots n$$

La classe de format FT2 répond aux prescriptions de la classe d'intégrité de données I2 (voir figure B.1). L'adjonction à la trame d'un caractère de début de 8 bits, spécifiée pour des systèmes de transmission PCM est quantifiée en multipliant par le facteur q^8 : $R'(FT2)_n = R(FT2)_n q^8$.

La figure B.1 montre les caractéristiques d'erreurs résiduelles correspondantes pour des trames comportant 1 octet de données utilisateur (FT2, $i = 1$) et pour des trames comportant 15 octets de données utilisateur (FT2, $i = 15$).

B.3.3 Mesure de l'efficacité de transmission d'une trame, composée d'un caractère de début et de 8 bits et de $i \leq 15$ octets de données utilisateur:

$$EFF(FT2) = \frac{i}{i+2} q^{8(i+2)}$$

La figure B.2 montre l'efficacité de transmission de trame pour $i = 1$ octet de données et pour $i = 15$ octets de données.

- The inversion of the 8 check bits improves the protection against sync slip errors and provides the minimum weight 2 and at least one bit transition per block code.

B.3.2 Measure of data integrity

The number of undetectable bit error patterns containing e bit errors in non-shortened blocks of 128 bits is:

$$A(\text{FT2})_{128,e} = \frac{1}{128} \left[\binom{128}{e} + (-1)^{e/2} 127 \binom{64}{e/2} \right],$$

$$e = 4, 6, 8, \dots, 122, 124, 128$$

For the admitted shortened block codes with block lengths $n = 8i + 8$ bits, $i = 1, 2, \dots$, user data octets, a good approximation for the number of undetectable bit error patterns is:

$$A(\text{FT2})_{n,e} \approx \binom{n}{e} / 128, \quad e = 4, 6, 8 \dots n$$

The resulting residual error probability is:

$$R(\text{FT2})_n = \sum_e A(\text{FT2})_{n,e} p^e q^{n-e}, \quad e = 4, 6, 8 \dots n$$

Format class FT2 fulfils the requirements of data integrity class 12 (see Figure B.1). The frame extension of a block code with an 8 bits start character, specified for PCM transmission systems, is quantified by the multiplication of factor q^8 : $R'(\text{FT2})_n = R(\text{FT2})_n q^8$.

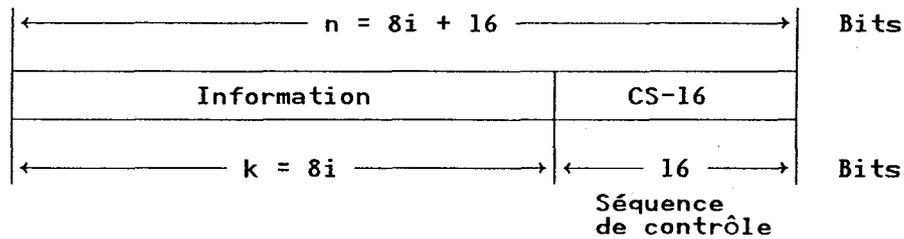
Figure B.1 shows the corresponding residual error characteristics for frames with 1 user data octet (FT2, $i = 1$) and for frames with 15 user data octets (FT2, $i = 15$).

B.3.3 Measure of frame transmission efficiency of a frame, composed of one 8 bits start character and $i \leq 15$ user data octets:

$$\text{EFF}(\text{FT2}) = \frac{i}{i+2} q^{8(i+2)}$$

Figure B.2 shows the frame transmission efficiency for $i = 1$ data octet and for $i = 15$ data octets.

B.4 Classe de format FT3



- Code (8i+16,8i) i = 1, 2, 3 ... 16
- Distance de Hamming d = 6
- Polynôme générateur $X^{16} + X^{13} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^6 + X^5 + X^2 + 1$
- Inversion des 16 éléments binaires de contrôle.

B.4.1 Raisons du choix

- Format adapté aux exigences plus élevées en matière d'intégrité des données dans les systèmes de conduite.
- La structure de trame (format en multiples d'octets) est appropriée pour l'utilisation avec certaines liaisons de données synchrones multipoints normalisées.
- Le polynôme spécifié génère un code BCH optimal avec une distance de Hamming d = 6 pour des blocs de longueur n ≤ 151 bits.
- Le polynôme générateur spécifié est choisi dans un ensemble de 8199 polynômes, de sorte que le nombre de schémas d'erreurs indétectables contenant 6 éléments binaires erronés soit minimisé pour des blocs de longueur réduite contenant plus de 3 octets de données utilisateur.
- L'inversion des éléments binaires de contrôle améliore la protection contre les risques de glissement de la synchronisation et fournit un poids minimal de 3 et au moins une transition sur un élément binaire par bloc.

8.4.2 Mesure de l'intégrité des données

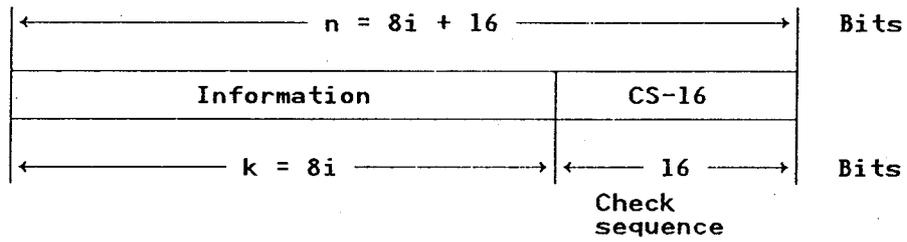
Le nombre de schémas d'erreurs indétectables contenant e éléments binaires erronés dans un bloc de longueur n = 8i, i = 3, 4, 5 ... 18 est approximativement:

$$A(\text{FT3})_{n,e} \approx 2^{-15} \binom{n}{e}, \quad e = 6, 8, \dots$$

La probabilité d'erreur résiduelle qui en résulte est:

$$R(\text{FT3})_n \approx \sum_e A(\text{FT3})_{n,e} p^e q^{n-e}$$

B.4 Format class FT3



- $(8i + 16, 8i)$ -Code, $i = 1, 2, 3 \dots 16$
- Hamming distance $d = 6$
- Generator polynomial $X^{16} + X^{13} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^6 + X^5 + X^2 + 1$
- Inversion of the 16 check bits.

B.4.1 Motivations

- Format for upgraded data integrity requirements in control systems.
- The frame structure (multiple octet format) is suitable for use with certain standard synchronous multidrop data links.
- The specified polynomial generates an optimum BCH-code with Hamming distance $d = 6$ for block lengths $n \leq 151$ bits.
- The specified polynomial is selected from a set of 8199 polynomials, such that the number of undetectable bit error patterns with 6 bit errors is minimized for shortened block lengths containing more than 3 user data octets.
- The inversion of the check bits improves the protection against sync slip errors, and provides the minimum weight 3 and at least one bit transition per block code.

8.4.2 Measure of data integrity

The number of undetectable bit error patterns containing e bit errors in blocks of length $n = 8i$, $i = 3, 4, 5 \dots 18$ is approximately:

$$A(FT3)_{n,e} \approx 2^{-15} \binom{n}{e}, \quad e = 6, 8, \dots$$

The resulting residual error probability is:

$$R(FT3)_n \approx \sum_e A(FT3)_{n,e} p^e q^{n-e}$$

La classe de format FT3 répond aux prescriptions de la classe d'intégrité de données I2 (voir figure B.1). L'adjonction à la trame d'un caractère de début de 16 bits, spécifiée pour des systèmes de transmission PCM est quantifiée en multipliant par le facteur q^{16} :
 $R'(FT3)_n = R(FT3)_n q^{16}$.

La figure B.1 montre les caractéristiques d'erreurs résiduelles correspondantes pour des trames comportant 1 octet de données utilisateur (FT3, $i = 1$) et pour des trames comportant 15 octets de données utilisateur (FT3, $i = 15$).

8.4.3 *Mesure de l'efficacité de transmission* d'une trame, composée d'un caractère de début de 16 bits et de $i \leq 16$ octets de données utilisateur:

$$EFF(FT3) = \frac{i}{i+4} q^{8(i+4)}$$

La figure B.2 montre l'efficacité de transmission de trame pour $i = 1$ octet de données et pour $i = 15$ octets de données.

Format class FT3 fulfils the requirements of data integrity class 12 (see Figure B.1). The frame extension of a block code with a 16 bits start character, specified for PCM transmission system is quantified by multiplication with factor q^{16} : $R'(FT3)_n = R(FT3)_n q^{16}$.

Figure B.1 shows the corresponding residual error characteristics for frames with 1 user data octet (FT3, $i = 1$) and for frames with 15 user data octets (FT3, $i = 15$).

8.4.3 *Measure of frame transmission efficiency* of a frame, composed of one 16 bits start character and $i \leq 16$ user data octets.

$$EFF(FT3) = \frac{i}{i+4} q^{8(i+4)}$$

Figure B.2 shows the frame transmission efficiency for $i = 1$ data octet and for $i = 15$ user data octets.

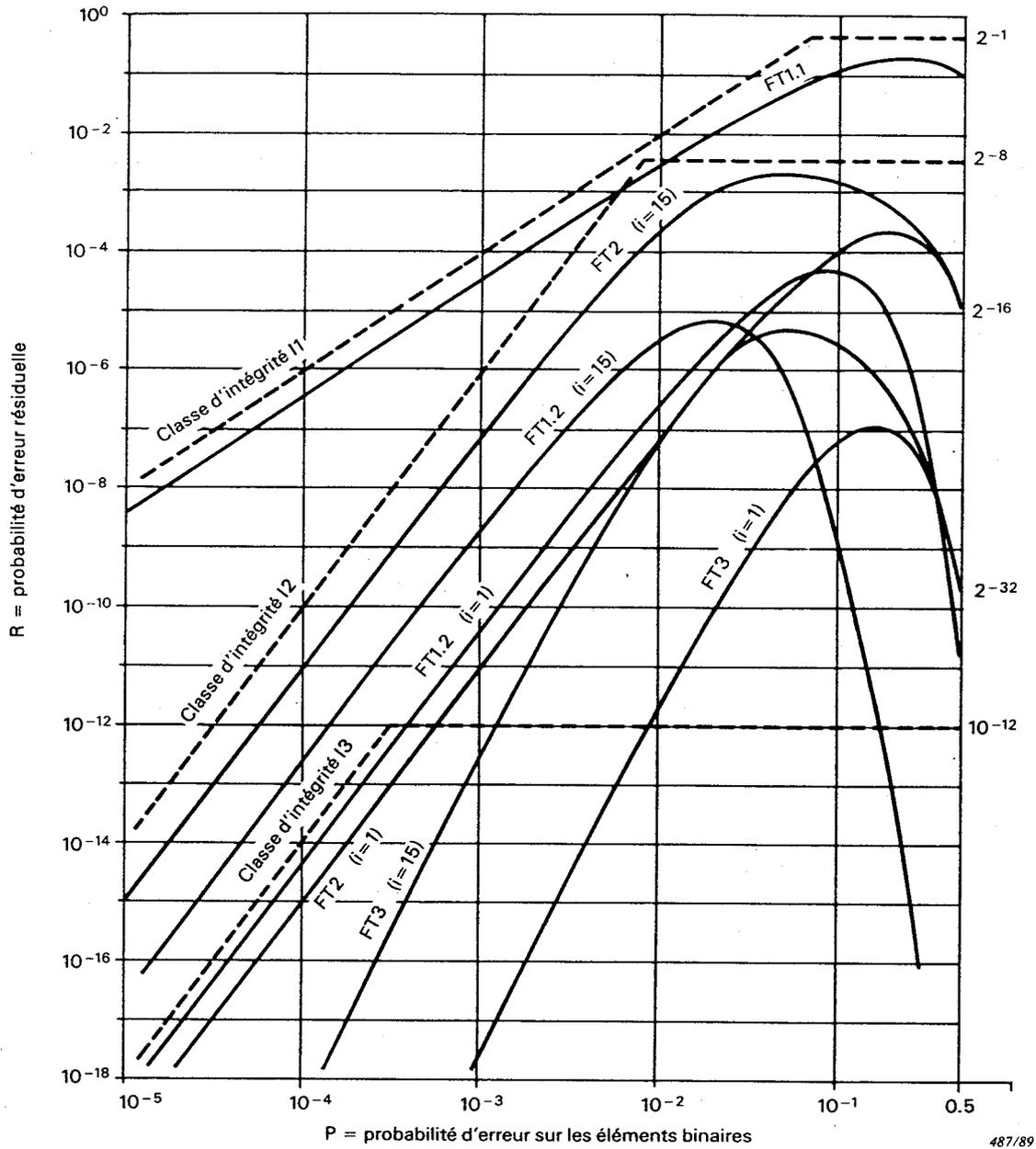


Figure B.1 - Erreurs résiduelles des classes de format FT1.1, FT1.2, FT2 et FT3
 i est le nombre d'octets d'information par bloc

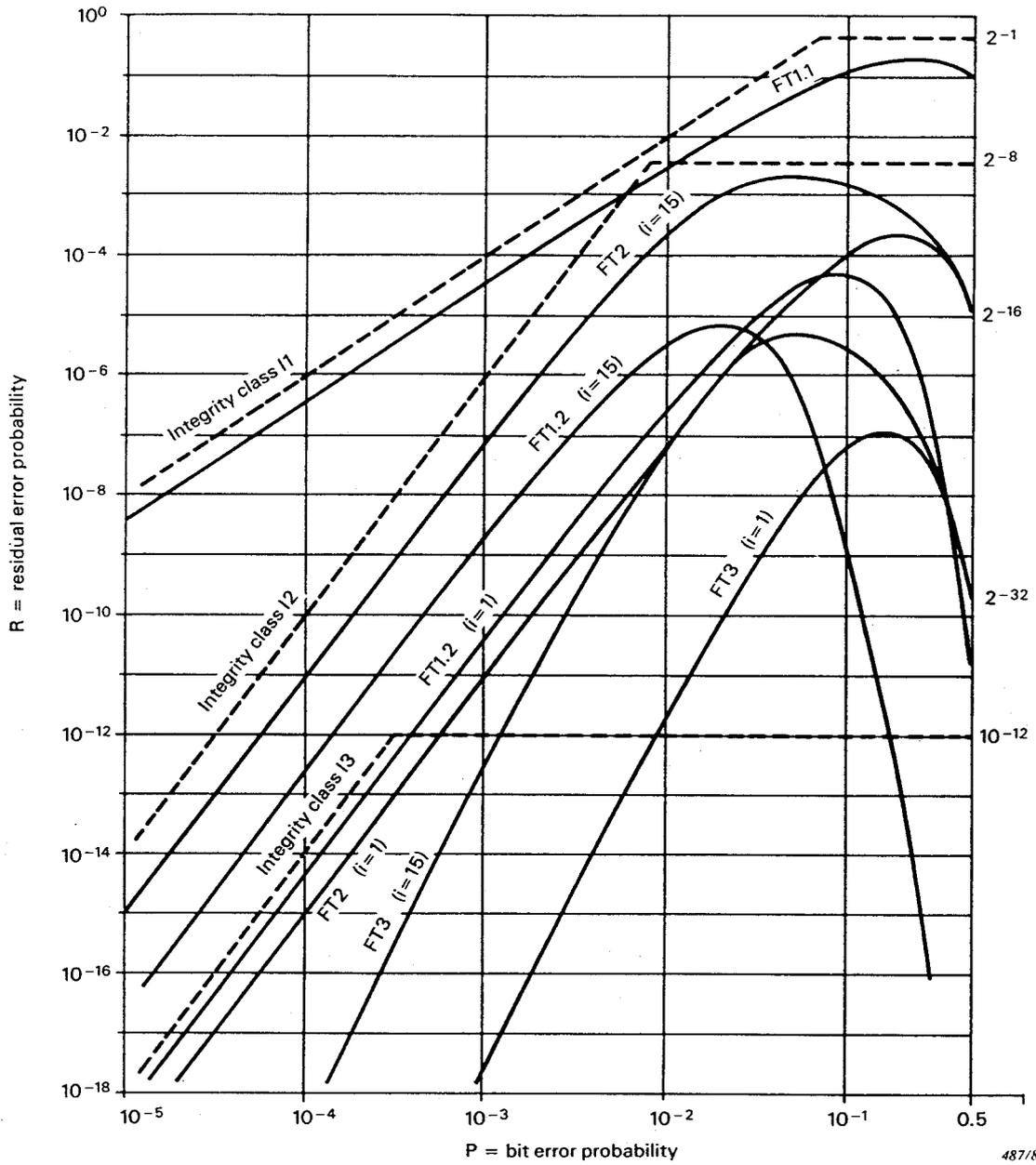
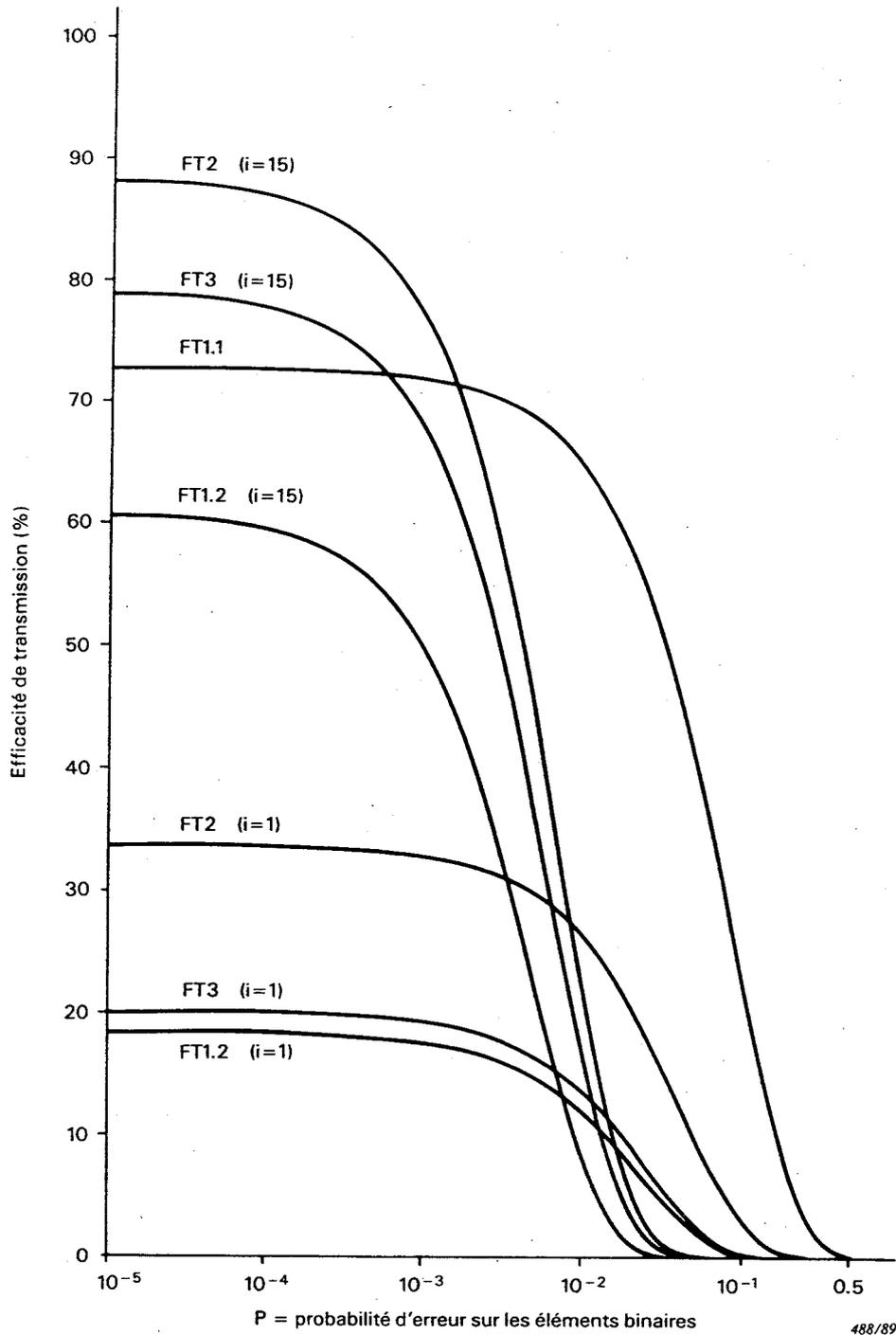


Figure B.1 - Residual errors of format classes FT1.1, FT1.2, FT2 and FT3
i is the number of information octets per block code.



LICENSED TO MECON Limited, - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Figure B.2 - Efficacité de transmission des trames pour les classes de format FT1.1, FT1.2, FT2 et FT3
i est le nombre d'octets d'information par bloc

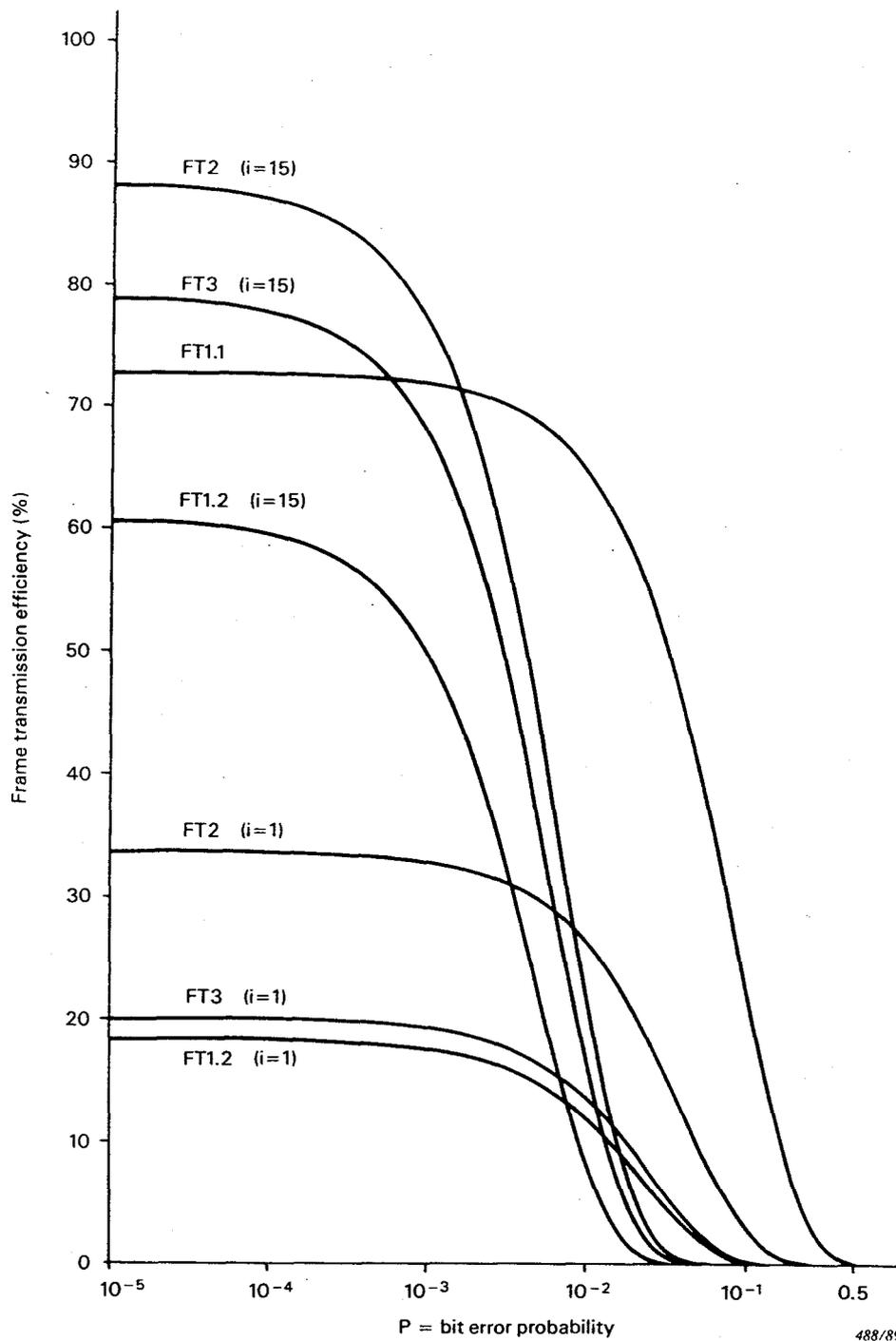


Figure B.2 - Frame transmission efficiency of format classes FT1.1, FT1.2, FT2 and FT3 i is the number of information octets per block code.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited, - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ICS 33.200
