

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61334-5-1

Deuxième édition
Second edition
2001-05

**Automatisation de la distribution à l'aide de
systèmes de communication à courants porteurs –**

**Partie 5-1:
Profils des couches basses –
Profil S-FSK (modulation par saut
de fréquences étalées)**

**Distribution automation using distribution
line carrier systems –**

**Part 5-1:
Lower layer profiles –
The spread frequency shift keying
(S-FSK) profile**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61334-5-1:2001

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI (www.iec.ch)**
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site (www.iec.ch)**
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61334-5-1

Deuxième édition
Second edition
2001-05

**Automatisation de la distribution à l'aide de
systèmes de communication à courants porteurs –**

**Partie 5-1:
Profils des couches basses –
Profil S-FSK (modulation par saut
de fréquences étalées)**

**Distribution automation using distribution
line carrier systems –**

**Part 5-1:
Lower layer profiles –
The spread frequency shift keying
(S-FSK) profile**

© IEC 2001 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XB**

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
1 Généralités	8
1.1 Domaine d'application et objet.....	8
1.2 Références normatives	8
1.3 Définitions.....	10
2 Modulation	10
2.1 Objectif	10
2.2 Principe S-FSK (spread frequency shift keying)	10
2.3 Etalement	14
2.4 Essais sur les performances	14
2.4.1 Objectif	14
2.4.2 Essais sur le TEB du bruit blanc	14
2.4.3 Essais sur le TEB du brouilleur de bande étroite	16
2.4.4 Essais sur le TEB de bruit impulsif	16
3 Couche physique.....	16
3.1 Objectif	16
3.2 Méthode de transmission	16
3.2.1 Codage	16
3.2.2 Cadencement des bits	16
3.2.3 Cadencement de trame	18
3.2.4 Cadencement d'intervalle de temps	18
3.3 Encapsulation des paquets.....	18
3.3.1 Objectif	18
3.3.2 Séquence de bits et d'octets.....	18
3.3.3 Délimiteur de préambule et de début de sous-trame	20
3.3.4 Pause	20
3.4 Définitions des services de la couche physique	20
3.4.1 Description générale	20
3.4.2 P_Data.request	22
3.4.3 P_Data.confirm	24
3.4.4 P_Data.indication	24
3.4.5 P_Sync.request.....	26
3.4.6 P_Sync.indication.....	26
3.5 Envoi et réception de sous-couches physiques	28
3.5.1 Envoi	28
3.5.2 Réception.....	28
3.5.3 Synchronisation – désynchronisation d'un serveur	30
3.5.4 Tableaux de transition d'état physique	32
3.5.5 Description des tableaux de transition	34

CONTENTS

FOREWORD	7
1 General.....	9
1.1 Scope and object	9
1.2 Normative references.....	9
1.3 Definitions	11
2 Modulation	11
2.1 Purpose	11
2.2 Spread frequency shift keying (S-FSK) principle	11
2.3 Spreading	15
2.4 Performance tests.....	15
2.4.1 Purpose	15
2.4.2 White noise BER tests	15
2.4.3 Narrowband interferer BER tests.....	17
2.4.4 Impulsive noise BER tests.....	17
3 Physical layer	17
3.1 Purpose	17
3.2 Transmission method.....	17
3.2.1 Coding	17
3.2.2 Bit timing.....	17
3.2.3 Frame timing.....	19
3.2.4 Slot timing.....	19
3.3 Packet encapsulation.....	19
3.3.1 Purpose	19
3.3.2 Byte and bit ordering.....	19
3.3.3 Preamble and start subframe delimiter	21
3.3.4 Pause	21
3.4 Physical layer services definitions.....	21
3.4.1 General description.....	21
3.4.2 P_Data.request	23
3.4.3 P_Data.confirm	25
3.4.4 P_Data.indication.....	25
3.4.5 P_Sync.request.....	27
3.4.6 P_Sync.indication	27
3.5 Sending and receiving physical sublayer.....	29
3.5.1 Sending	29
3.5.2 Receiving.....	29
3.5.3 Synchronization – desynchronization of a server.....	31
3.5.4 Physical state transition tables.....	33
3.5.5 Transition table description	35

4	Sous-couche MAC (medium access control)	44
4.1	Spécification des services MAC	44
4.1.1	Objectif	44
4.1.2	Caractéristiques	44
4.1.3	Vue d'ensemble des services	44
4.1.4	MA_Data.request	46
4.1.5	MA_Data.confirm	48
4.1.6	MA_Data.indication	50
4.1.7	MA_Sync.indication	52
4.2	Structure de la trame MAC	54
4.2.1	Indicateur de trame	56
4.2.2	Format de trame MAC longue	56
4.2.3	Éléments de la trame MAC longue	64
4.2.4	Trame MAC longue incorrecte	74
4.3	Méthode MAC	74
4.3.1	Modèle fonctionnel	74
4.3.2	Description de la transmission	76
4.3.3	Description de la réception	76
4.3.4	Description de la gestion MAC	76
4.3.5	Spécification formelle	76
4.3.6	Tableau des états d'accès au support	78
4.3.7	Description des tableaux de transition	96
	Annexe A (normative) Description des valeurs d'erreur	118
	Bibliographie	122
	Figure 1 – Qualité «espace» similaire à qualité «marque»	12
	Figure 2 – Qualité «marque» nettement meilleure que qualité «espace»	12
	Figure 3 – Intervalle de temps et structure de trame physique	18
	Figure 4 – Services P_Data	22
	Figure 5 – Relations avec le modèle de référence	44
	Figure 6 – Primitives de service MA_Data	46
	Figure 7 – Format de sous-trame MAC	56
	Figure 8 – Trame MAC longue constituée d'une seule sous-trame	58
	Figure 9 – Trame MAC longue constituée de deux sous-trames	60
	Figure 10 – Trame MAC longue constituée de plus de deux sous-trames	62
	Tableau 1 – Valeurs E_b/N_0 maximales permises pour atteindre un TEB donné	16
	Tableau 2 – Tableau de transition de la couche physique du serveur	32
	Tableau 3 – Tableau de transition de la couche physique client	34
	Tableau 4 – Codage et décodage du champ NS	70
	Tableau 5 – Valeur du champ PL	70
	Tableau 6 – Tableaux de transition des états du serveur MAC	80
	Tableau 7 – Tableau de transition des états client MAC	92
	Tableau 8 – Variables de gestion MAC serveur et client utilisées dans le profil S-FSK	102

4	Medium access control sublayer (MAC)	45
4.1	MAC service specification	45
4.1.1	Purpose	45
4.1.2	Characteristics	45
4.1.3	Overview of the services	45
4.1.4	MA_Data.request	47
4.1.5	MA_Data.confirm	49
4.1.6	MA_Data.indication	51
4.1.7	MA_Sync.indication	53
4.2	MAC frame structure	55
4.2.1	Frame indicator	57
4.2.2	Long MAC frame format	57
4.2.3	Elements of the long MAC frame	65
4.2.4	Invalid long MAC frame	75
4.3	Medium access control method	75
4.3.1	Functional model	75
4.3.2	Transmission description	77
4.3.3	Reception description	77
4.3.4	MAC management description	77
4.3.5	Formal specification	77
4.3.6	Medium access state table	79
4.3.7	Transition table description	97
	Annex A (normative) Description of error values	119
	Bibliography	123
	Figure 1 – Quality "space" similar to quality "mark"	13
	Figure 2 – Quality "mark" much better than quality "space"	13
	Figure 3 – Time slot and physical frame structure	19
	Figure 4 – P_Data services	23
	Figure 5 – Relationship with reference model	45
	Figure 6 – MA_Data service primitives	47
	Figure 7 – MAC subframe format	57
	Figure 8 – Long MAC frame made of one subframe only	59
	Figure 9 – Long MAC frame made of two subframes	61
	Figure 10 – Long MAC frame made of more than two subframes	63
	Table 1 – Maximum E_b/N_0 allowed to achieve a given BER	17
	Table 2 – Server physical layer transition table	33
	Table 3 – Client physical layer transition table	35
	Table 4 – Encoding and decoding of the NS field	71
	Table 5 – Value of the PL field	71
	Table 6 – MAC server state transition tables	81
	Table 7 – MAC client state transition table	93
	Table 8 – Server and client MAC management variables used in the S-FSK profile	103

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

AUTOMATISATION DE LA DISTRIBUTION À L'AIDE DE SYSTÈMES DE COMMUNICATION À COURANTS PORTEURS –

Partie 5-1: Profils des couches basses – Profil S-FSK (modulation par saut de fréquences étalées)

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 5) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61334-5-1 a été établie par le comité d'études 57 de la CEI: Conduite des systèmes de puissance et communications associées.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue comme rapport technique en 1996. Elle constitue une révision technique qui conduit au statut de Norme internationale.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
57/512/FDIS	57/523/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2010. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**DISTRIBUTION AUTOMATION
USING DISTRIBUTION LINE CARRIER SYSTEMS –****Part 5-1: Lower layer profiles –
The spread frequency shift keying (S-FSK) profile**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61334-5-1 has been prepared by IEC technical committee 57: Power system control and associated communications.

This second edition cancels and replaces the first edition which was issued as a technical report in 1996. It constitutes a technical revision and now has the status of an International Standard.

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

FDIS	Report on voting
57/512/FDIS	57/523/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annex A forms an integral part of this standard.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2010. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

AUTOMATISATION DE LA DISTRIBUTION À L'AIDE DE SYSTÈMES DE COMMUNICATION À COURANTS PORTEURS –

Partie 5-1: Profils des couches basses – Profil S-FSK (modulation par saut de fréquences étalées)

1 Généralités

1.1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 61334 décrit les exigences de la modulation S-FSK (spread frequency shift keying – Modulation par déplacement de fréquence étalée) en relation avec les services fournis par la couche physique et la sous-couche MAC. On suppose que le réseau de distribution sur les niveaux MT et BT constitue le support de transmission. La sous-couche MAC décrite dans cette norme sert d'interface avec la couche LLC (logical link control) décrite dans la CEI 61334-4-32.

Les trois parties, à savoir la modulation, la couche physique et la sous-couche MAC, sont mises en relation les unes avec les autres de manière à atteindre un niveau de performances optimal en termes de coût.

Le profil décrit dans la présente norme constitue l'un de l'ensemble des profils (décrits dans la série CEI 61334-5) conçus pour la transmission de données via le réseau de distribution. Etant donné les progrès techniques dans ce domaine, les profils sont d'abord publiés en tant que spécifications techniques avec pour objectif d'intégrer dans des normes les profils fonctionnant dans la réalité.

1.2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 61334. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 61334 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI/TR 61334-1-4:1995, *Automatisation de la distribution à l'aide de systèmes de communication à courants porteurs – Partie 1: Considérations générales – Section 4: Identification des paramètres de transmission de données des réseaux de distribution moyenne et basse tension*

CEI 61334-4-1:1996, *Automatisation de la distribution à l'aide de systèmes de communication à courants porteurs – Partie 4: Protocoles de communication de données – Section 1: Modèle de référence du système de communication*

CEI 61334-4-32:1996, *Automatisation de la distribution à l'aide de systèmes de communication à courants porteurs – Partie 4: Protocoles de communication de données – Section 32: Couche liaison de données – Contrôle de liaison logique (LLC)*

DISTRIBUTION AUTOMATION USING DISTRIBUTION LINE CARRIER SYSTEMS –

Part 5-1: Lower layer profiles – The spread frequency shift keying (S-FSK) profile

1 General

1.1 Scope and object

This part of IEC 61334 describes the requirements of S-SFK (frequency shift keying modulation) in conjunction with the services provided by the physical layer entity and the MAC sublayer. The transmission medium is assumed to be the distribution network on both MV or LV level. The MAC sublayer described in this standard interfaces with the logical link control layer described in IEC 61334-4-32.

The three parts – modulation, physical layer and MAC sublayer – are matched to each other so that an optimum cost-performance relation can be achieved.

The profile described in this standard is one of several profiles (described in series IEC 61334-5) which are all designed for data transmission via the distribution network. Considering the ongoing technical development in this field, the profiles are published first as technical specifications with the intention to transform into standards those profiles which are successful in practice.

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 61334. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 61334 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC/TR 61334-1-4:1995, *Distribution automation using distribution line carrier systems – Part 1: General considerations – Section 4: Identification of data transmission parameters concerning medium and low voltage distribution mains*

IEC 61334-4-1:1996, *Distribution automation using distribution line carrier systems – Part 4: Data communication protocols – Section 1: Reference model of the communication system*

IEC 61334-4-32:1996, *Distribution automation using distribution line carrier systems – Part 4: Data communication protocols – Section 32: Data link layer – Logical link control (LLC)*

CEI 61334-4-511:2000, *Automatisation de la distribution à l'aide de systèmes de communication à courants porteurs – Partie 4-511: Protocoles de communication de données – Administration de systèmes – Protocole CIASE*

CEI 61334-4-512, *Automatisation de la distribution à l'aide de systèmes de communication à courants porteurs – Partie 4-512: Protocoles de communication de données – Administration de systèmes à l'aide du profil 61334-5-1 MIB (Base d'Informations d'Administration)* ¹⁾

ISO/CEI 7498-1:1994, *Technologies de l'information – Interconnexion de systèmes ouverts (OSI) – Modèle de référence de base – Le modèle de base*

ISO/CEI 7498-3:1997, *Technologies de l'information – Interconnexion de systèmes ouverts (OSI) – Modèle de référence de base – Dénomination et adressage*

EN 50065-1:1991, *Transmission de signaux sur les réseaux électriques basse tension dans la bande de fréquences de 3 kHz à 148,5 kHz – Première partie: Règles générales, bandes de fréquences et perturbations électromagnétiques*

1.3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61334 les définitions contenues dans les normes ISO/IEC 7498-1 et EN 50065-1 s'appliquent.

2 Modulation

2.1 Objectif

S-FSK est une technique de modulation et de démodulation combinant certains des avantages d'un système classique d'étalement du spectre (par exemple, immunité contre les brouilleurs de bande étroite) avec ceux d'un système FSK classique (peu complexe, implémentations bien étudiées).

2.2 Le principe S-FSK (spread frequency shift keying)

L'émetteur affecte la fréquence espace f_S à «donnée 0» et la fréquence marque f_M à «donnée 1». La différence entre le système S-FSK et le système FSK classique réside dans le fait que f_S et f_M sont désormais éloignées l'une de l'autre (étalement). En plaçant le signal pour «espace» loin de celui pour «marque», la qualité de leurs transmissions respectives devient indépendante (les forces des petites perturbations de bandes et les atténuations de signaux sont indépendantes d'une fréquence à l'autre).

Le récepteur effectue une démodulation FSK classiques aux deux fréquences possibles (les demi-canaux), ce qui génère deux signaux démodulés d_S et d_M . Si la qualité de réception moyenne des deux demi-canaux est similaire (voir figure 1), l'unité de décision opte pour le canal démodulé le plus élevé («donnée 0» si $d_S > d_M$, «donnée 1» si $d_S < d_M$). Toutefois, si la qualité de réception moyenne de l'un des deux demi-canaux est réellement meilleure que celle de l'autre (voir figure 2), l'unité de décision compare le signal démodulé du meilleur canal à un seuil T , ignorant donc l'autre canal.

Les mesures de qualité et le calcul du seuil peuvent être fondés sur un préambule prédéfini précédant la transmission de la trame de données réelles.

¹⁾ A publier.

IEC 61334-4-511:2000, *Distribution automation using distribution line carrier systems – Part 4-511: Data communication protocols – Systems management – CIASE protocol*

IEC 61334-4-512, *Distribution automation using distribution line carrier systems – Part 4-512: Data communication protocols – Systems management using profile 61334-5-1 MIB ¹⁾*

ISO/IEC 7498-1:1994, *Information technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model – The Basic Model*

ISO/IEC 7498-3:1997, *Information technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model – Naming and addressing*

EN 50065-1:1991, *Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz – Part 1: General requirements, frequency bands and electromagnetic disturbances*

1.3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 61334, the definitions of ISO/IEC 7498-1 and EN 50065-1 apply.

2 Modulation

2.1 Purpose

S-FSK is a modulation and demodulation technique which combines some of the advantages of a classical spread spectrum system (for example, immunity against narrowband interferers) with the advantages of a classical FSK system (low-complexity, well-investigated implementations).

2.2 Spread frequency shift keying (S-FSK) principle

The transmitter assigns the space frequency f_S to "data 0" and the mark frequency f_M to "data 1". The difference between S-FSK and the classical FSK lies in the fact that f_S and f_M are now placed far from each other (spreading). By placing the signal for "space" far from the signal for "mark", their transmission quality becomes independent (the strengths of the small-band interferences and the signal attenuations are both independent at the two frequencies).

The receiver performs conventional FSK demodulation at the two possible frequencies (the half-channels) resulting in two demodulated signals d_S and d_M . If the average reception quality of the two half-channels is similar (see figure 1), then the decision unit decides on the higher of the two demodulated channels ("data 0" if $d_S > d_M$, "data 1" if $d_S < d_M$). If, however, the average reception quality of one half-channel is significantly better than the quality of the other half-channel (see figure 2), then the decision unit compares the demodulated signal of the better channel with a threshold T , thus ignoring the worse channel.

The quality measurements and the threshold computation may be based on a predefined preamble which precedes the transmission of the actual data frame.

¹⁾ To be published.

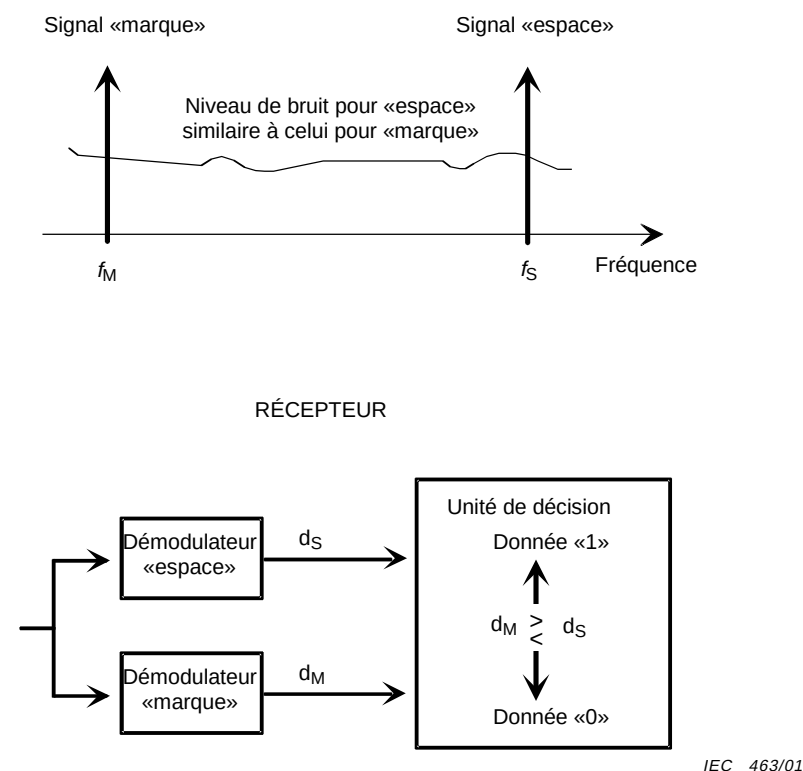


Figure 1 – Qualité «espace» similaire à qualité «marque»

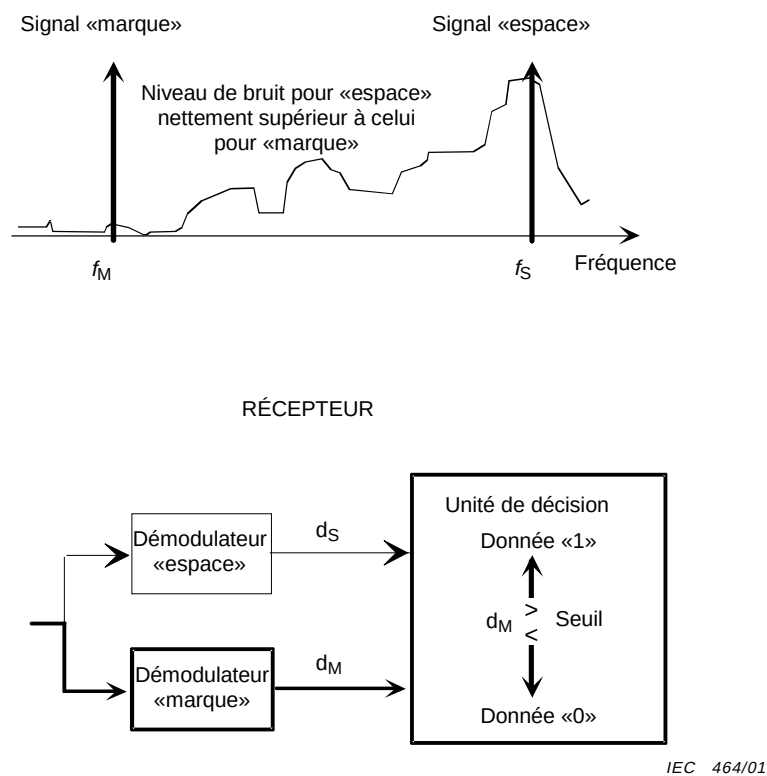
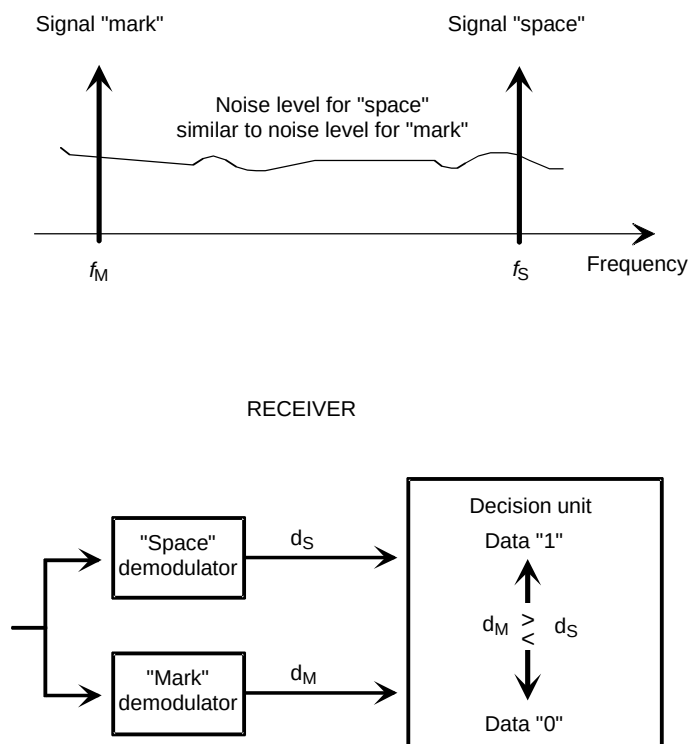
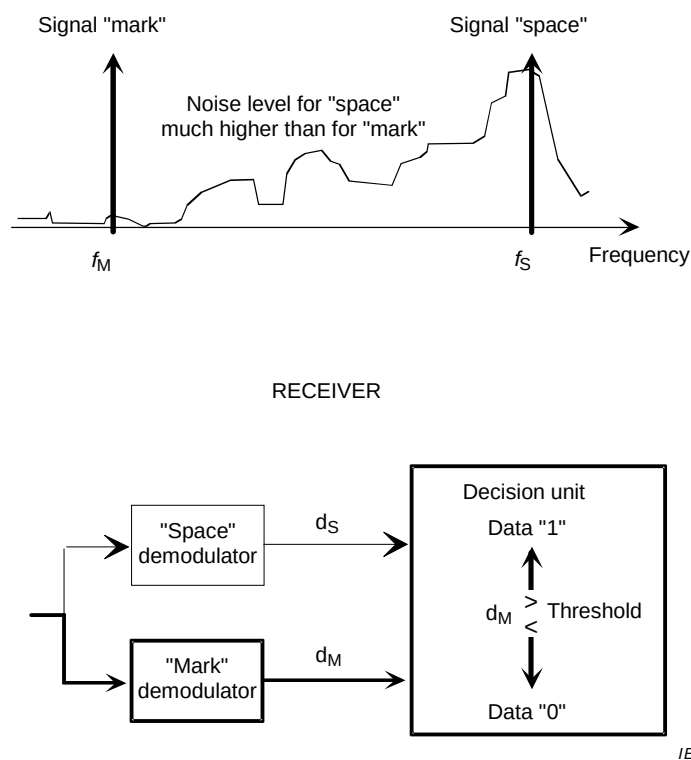


Figure 2 – Qualité «marque» nettement meilleure que qualité «espace»



IEC 463/01

Figure 1 – Quality "space" similar to quality "mark"



IEC 464/01

Figure 2 – Quality "mark" much better than quality "space"

2.3 Etalement

Il convient que la valeur absolue de la déviation de fréquence $|f_M - f_S|$ rende les qualités de transmission de signaux aux fréquences f_M et f_S indépendantes l'une de l'autre. Compte tenu des mesures présentées dans la CEI 61334-1-4, il est recommandé d'utiliser une valeur de $|f_M - f_S| > 10$ kHz.

f_M et f_S doivent être situées dans la bande de fréquence définie dans la norme EN 50065-1.

2.4 Essais sur les performances

2.4.1 Objectif

Plusieurs essais sur les performances garantissent la qualité de l'implémentation. Les essais peuvent être effectués dans les mêmes conditions qu'en laboratoire et doivent être reproductibles.

Les mesures de TEB (taux d'erreurs de bits) sont effectuées via la transmission d'un préambule, d'un délimiteur de trames et d'un bloc de données de 38 octets. Il est admis qu'aucune erreur de synchronisation de trame ne devra survenir. Le TEB est mesuré à l'aide du compte d'erreurs dans le bloc de données.

Les essais décrits dans les paragraphes suivants doivent être effectués pour les signaux d'entrée du récepteur dans la plage comprise entre 2 mV_{eff} et 2 V_{eff}.

Plusieurs types de brouilleurs sont ajoutés au signal transmis.

2.4.2 Essais sur le TEB du bruit blanc

Le bruit blanc gaussien est ajouté au signal transmis.

N_0 [W/Hz] indique la densité spectrale de la puissance de bruit mesurée à l'entrée du récepteur aux fréquences $f_c - f_d$, f_c et $f_c + f_d$. Il est nécessaire de s'assurer que le spectre de bruit est plat entre $f_c - f_d$ et $f_c + f_d$.

E_b [Ws] indique l'énergie du signal reçu par bit. $E_b = V_{\text{signal}}^2(\text{eff.})$, où $V_{\text{signal}}(\text{eff.})$ représente la valeur efficace réelle du signal transmis à l'entrée du récepteur. La largeur de bande du voltmètre efficace doit permettre de prendre en compte l'intégralité de la plage de fréquences du signal.

Le canal pouvant se comporter différemment avec chaque fréquence transmise (niveaux de bruit différents et/ou atténuation différente), les essais sur le bruit blanc additif sont réalisés à l'aide de différents niveaux de signaux. E_{b1} représente l'énergie du signal reçu si «logique 1» est transmis et E_{b0} , l'énergie du signal reçu si «logique 0» est transmis. L'énergie moyenne par bit atteint alors $E_b = (E_{b1} + E_{b0})/2$.

Le rapport entre les deux niveaux d'énergie de signal est indiqué en tant que rapport d'énergie x , où $x = E_{b1}/E_{b0}$.

Les valeurs E_b/N_0 suivantes ne doivent pas être dépassées lorsque les TEB donnés sont atteints.

2.3 Spreading

The values for the absolute frequency deviation $|f_M - f_S|$ should be such that the signal transmission qualities at f_M and at f_S are independent of each other. Taking into account the measurements presented in IEC 61334-1-4, it is recommended that $|f_M - f_S| > 10$ kHz be used.

f_M and f_S shall be situated in the frequency band defined in EN 50065-1.

2.4 Performance tests

2.4.1 Purpose

The quality of the implementation is guaranteed by different performance tests. The tests can be performed under laboratory conditions and shall be reproducible.

The BER (bit error rate) measurements are made by transmitting a preamble, a frame delimiter followed by a block of 38 bytes of data. It is assumed that no frame synchronization errors are encountered. The BER is measured by counting the errors in the block of data.

The tests which will be described in the following subclauses shall be accomplished for receiver input signals in the range of $2 \text{ mV}_{\text{rms}}$ to 2 V_{rms} .

Different kinds of interferences are added to the transmitted signal.

2.4.2 White noise BER tests

White Gaussian noise is added to the transmitted signal.

N_0 [W/Hz] denotes the noise power spectral density measured at the input of the receiver at frequencies $f_c - f_d$, f_c and $f_c + f_d$. It shall be ensured that the noise spectrum is flat between $f_c - f_d$ and $f_c + f_d$.

E_b [Ws] denotes the received signal energy per bit. $E_b = V_{\text{signal}}^2(\text{r.m.s.})$, where $V_{\text{signal}}(\text{r.m.s.})$ is the true r.m.s. (root mean square) value of the transmitted signal at the receiver input. The bandwidth of the r.m.s. voltmeter shall be such that the entire frequency range of the signal is considered.

Because the channel may behave differently for the two transmitted frequencies (different noise levels and/or different attenuation) the AWGN (additive white Gaussian noise) tests are made using different signal levels. E_{b1} is the energy of the received signal if "logical 1" is transmitted, E_{b0} is the energy of the received signal if "logical 0" is transmitted. The average energy per bit then becomes $E_b = (E_{b1} + E_{b0})/2$.

The ratio between the two signal energy levels is denoted as energy ratio x , where $x = E_{b1}/E_{b0}$.

The following E_b/N_0 values shall not be exceeded while achieving the given BERs.

Tableau 1 – Valeurs E_b/N_0 maximales permises pour atteindre un TEB donné

TEB	$-5 \text{ dB} < x < 5 \text{ dB}$	$x = \pm 10 \text{ dB}$	$x = \pm 20 \text{ dB}$
10^{-5}	$E_b/N_0 < 21 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < 17 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < 7 \text{ dB}$
10^{-4}	$E_b/N_0 < 19 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < 15 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < 5 \text{ dB}$
10^{-3}	$E_b/N_0 < 17 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < 13 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < 3 \text{ dB}$
10^{-2}	$E_b/N_0 < 14 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < 11 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < 1 \text{ dB}$
10^{-1}	$E_b/N_0 < 10 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < 7 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < -3 \text{ dB}$
2×10^{-1}	$E_b/N_0 < 8 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < 4 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < -5 \text{ dB}$
NOTE Il convient que les limites E_b/N_0 servent de directives. Elles dépassent d'au moins 3 dB les valeurs pouvant être théoriquement atteintes.			

2.4.3 Essais sur le TEB du brouilleur de bande étroite

Un brouilleur sinusoïdal de fréquence f_N est ajouté au signal transmis. La puissance moyenne du brouilleur atteint la valeur $S_N = V_{\text{brouilleur}}^2(\text{eff.})$. La puissance moyenne du signal atteint la valeur $S_S = V_{\text{signal}}^2(\text{eff.})$.

Pour $S_N/S_S < 30 \text{ dB}$, aucune erreur ne doit se produire ($\text{TEB} < 10^{-5}$) à une fréquence de $20 \text{ kHz} < f_N < 95 \text{ kHz}$.

2.4.4 Essais sur le TEB de bruit impulsif

Le bruit impulsif périodique d'une amplitude de 5 V crête à crête, une fréquence f et des rapports cycliques compris entre 10 % et 50 % sont utilisés. L'amplitude du signal est fixée à 20 mV_{eff}. Le TEB doit être inférieur à 10^{-5} pour $f=100 \text{ Hz}$ et $f=1\,000 \text{ Hz}$.

3 Couche physique

3.1 Objectif

Cet article décrit les services requis par la couche physique DCP au niveau des interfaces logiques avec la sous-couche MAC. Elle définit également les méthodes de transmission utilisés pour transférer le flux d'informations via le canal physique (réseau de distribution de puissance basse tension).

3.2 Méthode de transmission

L'équipement de signalisation de lignes distributrices est interfacé avec les systèmes de câblage de lignes distributrices aux caractéristiques suivantes:

- courant alternatif monophasé ou triphasé;
- 50 Hz ou 60 Hz $\pm 10 \%$;
- 230 V_{eff} (190 V_{eff} min., 250 V_{eff} max.).

3.2.1 Codage

Utilisation du codage sans retour à zéro (NRZ).

3.2.2 Cadencement des bits

A 50 Hz, la durée maximale d'une donnée (moment de transmission) est de 3,333 ms. La durée définie d'un bit correspond à une vitesse de transmission minimale de 300 bits/s à 50 Hz et de 360 bits/s à 60 Hz.

Table 1 – Maximum E_b/N_0 allowed to achieve a given BER

BER	$-5 \text{ dB} < x < 5 \text{ dB}$	$x = \pm 10 \text{ dB}$	$x = \pm 20 \text{ dB}$
10^{-5}	$E_b/N_0 < 21 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < 17 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < 7 \text{ dB}$
10^{-4}	$E_b/N_0 < 19 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < 15 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < 5 \text{ dB}$
10^{-3}	$E_b/N_0 < 17 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < 13 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < 3 \text{ dB}$
10^{-2}	$E_b/N_0 < 14 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < 11 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < 1 \text{ dB}$
10^{-1}	$E_b/N_0 < 10 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < 7 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < -3 \text{ dB}$
2×10^{-1}	$E_b/N_0 < 8 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < 4 \text{ dB}$	$E_b/N_0 < -5 \text{ dB}$
NOTE The E_b/N_0 limits should serve as guidelines. They are at least 3 dB above the theoretically achievable values.			

2.4.3 Narrowband interferer BER tests

One sinusoidal interferer of frequency f_N is added to the transmitted signal. The average interferer power is $S_N = V_{\text{interferer}}^2(\text{r.m.s.})$. The average signal power is $S_s = V_{\text{signal}}^2(\text{r.m.s.})$.

For $S_N/S_s < 30 \text{ dB}$, no errors shall be encountered ($\text{BER} < 10^{-5}$) for any frequency $20 \text{ kHz} < f_N < 95 \text{ kHz}$.

2.4.4 Impulsive noise BER tests

Periodic impulsive noise with an amplitude of 5 V peak to peak, a frequency f and duty cycles between 10 % and 50 % is used. The signal amplitude is set to 20 mV_{rms}. The BER shall be lower than 10^{-5} for $f=100 \text{ Hz}$ and $f=1\,000 \text{ Hz}$.

3 Physical layer

3.1 Purpose

This clause covers the services required of the DCP physical layer entity at the logical interfaces with the MAC sublayer. It also defines the transmission methods which are used to provide the information flow through the physical channel (LV power distribution network).

3.2 Transmission method

Distribution line signalling equipment will interface with distribution power-line wiring systems with the following characteristics:

- a) AC single-phase or three-phase;
- b) 50 Hz or 60 Hz $\pm 10 \%$;
- c) 230 V_{rms} (190 V_{rms} min., 250 V_{rms} max.).

3.2.1 Coding

Non-return-to-zero (NRZ) coding is used.

3.2.2 Bit timing

At 50 Hz, the maximum duration of a data (transmission moment) is 3,333 ms. The defined bit duration corresponds to a minimum transmission speed of 300 bits/s at 50 Hz, and 360 bits/s at 60 Hz.

A la vitesse de transmission minimale (300 bits/s ou 360 bits/s), la durée de trois bits de donnée peut correspondre à l'intervalle de temps séparant deux passages par zéro réussis de l'une des trois phases du réseau. Lorsqu'ils sont synchronisés par rapport au réseau, les bits de donnée sont placés de manière à ce que le début d'un bit sur trois corresponde au passage par zéro d'une phase. Ceci signifie que la synchronisation des bits peut être obtenue en divisant par trois l'intervalle de temps séparant deux passages par zéro de l'une des trois phases. Les autres vitesses de transmission multiples de 300 bits/s pour le signal réseau de 50 Hz (600 bits/s, 900 bits/s, 1 200 bits/s etc.) sont possibles.

3.2.3 Cadencement de trame

Les PHY_frames (consistant en un préambule, un délimiteur de sous-trame de début, une sous-trame MAC et une pause) sont transmis au cours d'intervalles de temps prédéfinis (voir figure 3), ce qui signifie que les PHY_frames commencent toujours à des multiples de nombres entiers de la durée de l'intervalle de temps de base. Ces occurrences de temps sont appelées indicateurs d'intervalles de temps. Une fois la synchronisation d'intervalle de temps réalisée, la couche physique de chaque unité suit chacun des indicateurs indépendamment à l'aide de son horloge interne.

3.2.4 Cadencement d'intervalle de temps

Pour la station distante (le serveur), la synchronisation des indicateurs d'intervalles de temps à l'échelle du système est effectuée à l'aide de toute sous-trame reçue à l'aide du préambule et du délimiteur de début.

3.3 Encapsulation des paquets

3.3.1 Objectif

Afin d'assurer une protection optimale contre les erreurs de synchronisation au niveau physique, une trame PHY_frame consiste en

- un paramètre P_sdu (38 octets) égal au paramètre M_pdu transmis par la sous-couche MAC;
- un paramètre P_pci encapsulant le paramètre P_sdu avec un préambule (2 octets) suivi du délimiteur de sous-trame (2 octets) et d'une pause réussie (3 octets).

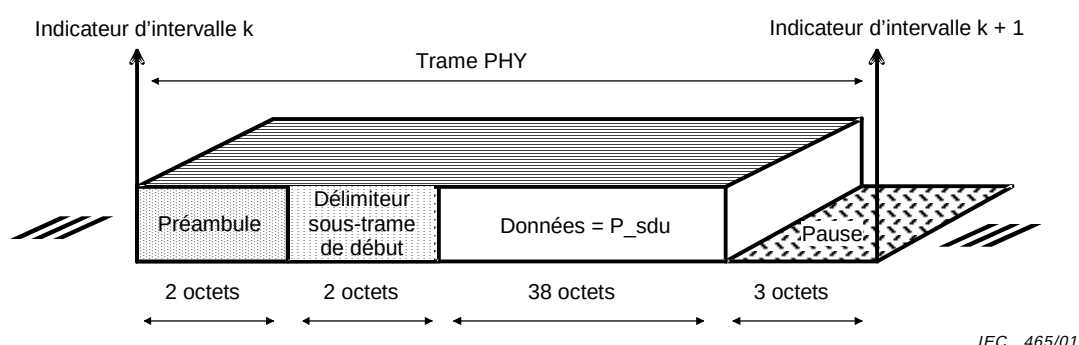


Figure 3 – Intervalle de temps et structure de trame physique

3.3.2 Séquence de bits et d'octets

Les octets sont envoyés selon l'ordre suivant: de l'octet le plus significatif (MSB) vers l'octet le moins significatif (LSB). Par convention, l'octet le plus significatif correspond à l'octet de poids fort.

La même convention est appliquée aux bits: le premier bit d'un octet est le plus significatif (poids fort).

At the minimum transmission speed (300 bits/s or 360 bits/s), the duration of three data bits might correspond to the time interval between two succeeding zero crossings of one of the three phases of the mains. When mains-synchronized, the data bits are placed in time so that the start of every third bit corresponds to the zero crossing of one phase. This means that bit synchronization can be achieved by dividing the interval between two zero crossings of one of the three phases by three. Other transmission speeds which are multiples of 300 bits/s for 50 Hz mains signal (600 bits/s, 900 bits/s, 1 200 bits/s, etc.) are possible.

3.2.3 Frame timing

The PHY_frames (consisting of a preamble, a start subframe delimiter, a MAC-subframe, and a pause) are transmitted during predefined time slots (see figure 3); this means that the PHY_frames will always start at integer multiples of the basic time slot duration. These time instances are called slot indicators. After slot synchronization is achieved, the physical layer of each unit will keep track of the slot indicators independently by means of its internal clock.

3.2.4 Slot timing

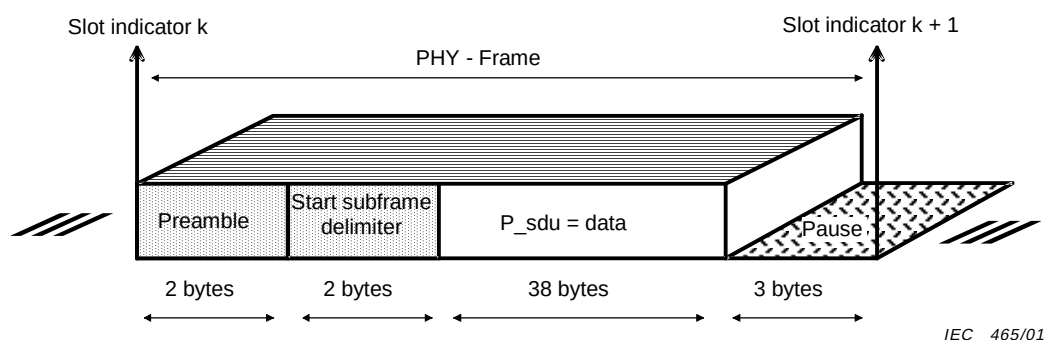
For the remote station (server), the system wide synchronization of the slot indicators is achieved by means of any subframe received using the preamble and the start delimiter.

3.3 Packet encapsulation

3.3.1 Purpose

In order to ensure optimum robustness against synchronization errors at the physical level a PHY_frame consists of

- a P_sdu (38 bytes) equal to the M_pdu transmitted by the MAC sublayer;
- a P_pci encapsulating the P_sdu with a preceding preamble (2 bytes) followed by the subframe delimiter (2 bytes) and a succeeding pause (3 bytes).



IEC 465/01

Figure 3 – Time slot and physical frame structure

3.3.2 Byte and bit ordering

The bytes are sent from the most significant byte (MSB) to the least significant byte (LSB). By convention, the most significant byte corresponds to the leftmost byte.

Bit fields are packed with the same convention as byte fields. That is, the first bit in an octet is the most significant (leftmost) bit.

3.3.3 Délimiteur de préambule et de début de sous-trame

Le préambule est un champ de 16 bits, égal à AAAA (hex).

Le délimiteur de sous-trame de début est un champ de 16 bits égal à 54C7 (hex) et suivant le préambule.

Le préambule et le délimiteur de sous-trame de début consistent en une série de quatre octets permettant:

- a) l'adaptation de la commande automatique de gain (CAG);
- b) la mesure de la qualité et le calcul des seuils (détermination de la méthode de démodulation);
- c) le réglage précis de la synchronisation des bits (le cas échéant);
- d) le contrôle de la trame, afin de vérifier que la structure du signal démodulé reçu correspond à un extrait d'une trame physique. Le contrôle est réalisé sur une partie des champs du préambule et du délimiteur de sous-trame de début;
- e) la resynchronisation de l'indicateur d'intervalle de temps (le cas échéant).

NOTE Le gain à la réception (déterminé à la réception des champs du préambule et du délimiteur de sous-trame de début) peut être limité à une valeur maximale. Cette valeur est enregistrée dans la variable de gestion physique max-receiving-gain.

3.3.4 Pause

Champ de 24 bits sans transmission.

La pause consiste à fournir au récepteur le temps de décoder et de traiter des données avant de passer à la trame suivante.

3.4 Définitions des services de la couche physique

3.4.1 Description générale

3.4.1.1 Les services P_Data

Les services P_Data fournis par la couche physique permettent à la sous-couche MAC de transférer un seul paramètre M_pdu vers une ou des sous-couches MAC identiques via le réseau de distribution basse tension.

Il existe trois primitives de service P_Data générales et deux primitives de service P_Sync spécifiques à des fins de gestion de synchronisation locale.

Les trois primitives de service P_Data générales sont:

- P_Data.request,
- P_Data.confirm,
- P_Data.indication.

3.3.3 Preamble and start subframe delimiter

The preamble is a 16-bit field equal to: AAAA (hex).

The start subframe delimiter is a 16-bit field equal to: 54C7 (hex) which follows the preamble.

The preamble and the start subframe delimiter form a set of four bytes which serves the following purposes:

- a) adaptation of the automatic gain control (AGC);
- b) quality measurement and threshold computation (determination of the demodulation method);
- c) fine tuning of the bit synchronization (if necessary);
- d) frame checking: the aim is to verify that the received demodulated signal structure corresponds to an extract of a physical frame. The checking is carried out on a part of the preamble and start subframe delimiter fields;
- e) slot indicator resynchronization (if necessary).

NOTE The receiving gain (determined when receiving the preamble and start subframe delimiter field) can be bounded to a maximum value. This value is memorized in the max-receiving-gain physical management variable.

3.3.4 Pause

Twenty-four-bit field of no transmission.

The purpose of the pause is to give the receiver time to perform decoding and data processing before it has to be ready for the next frame.

3.4 Physical layer services definitions

3.4.1 General description

3.4.1.1 The P_Data services

The P_Data services provided by the physical layer allow the MAC sublayer entity to transfer a single M_pdu to a peer MAC sublayer entity (or entities) using the low-voltage distribution network as the transport medium.

There are three general P_Data service primitives and two specific P_Sync service primitives for local synchronization management purposes.

The three general P_Data service primitives are:

- P_Data.request,
- P_Data.confirm,
- P_Data.indication.



Figure 4 – Services P_Data

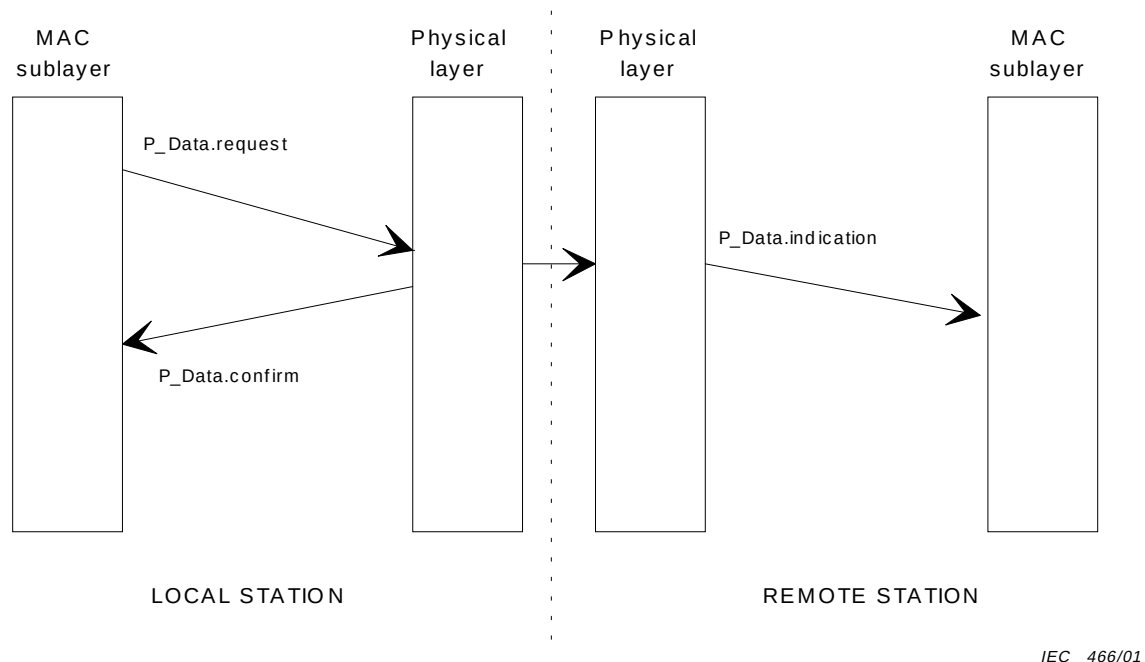


Figure 4 – P_Data services

3.4.1.2 The P_Sync services

The P_Sync services provided by the physical layer allow the MAC sublayer entity to:

- ask for a new synchronization,
- be informed of a change in the synchronization state of the physical layer.

There are two P_Sync primitives which are used locally by the MAC sublayer:

- P_Sync.request;
- P_Sync.indication.

3.4.2 P_Data.request

3.4.2.1 Function

This primitive defines the transfer of data from a local MAC sublayer entity to a single peer MAC entity or multiple peer MAC entities in the case of a group address.

3.4.2.2 Structure

The semantics of the primitive are as follows:

```
P_Data.request (
    P_sdu
)
```

3.4.2.3 Use

This primitive is generated by the MAC sublayer entity whenever data shall be transmitted to a peer MAC entity or entities. This can be in response to a request from higher layers of protocol.

La réception de cette primitive engendre la création d'une trame physique (PHY_frame) par la couche physique, comme décrit dans la figure 3, ainsi que son transfert vers une (des) couche(s) physique(s) identique(s).

3.4.3 P_Data.confirm

3.4.3.1 Fonction

Cette primitive n'est utilisée que localement et fournit une réponse appropriée à la sous-couche MAC qui a généré une primitive P_Data.request. La primitive P_Data.confirm indique à la sous-couche MAC le mode de transmission de la trame PHY_frame de la précédente primitive P_Data.request.

3.4.3.2 Structure

La sémantique de cette primitive est la suivante:

```
P_Data.confirm (
    Transmission_status)
```

Le paramètre Transmission_status est utilisé pour transmettre les informations relatives à l'état vers la sous-couche MAC locale émettant la demande. Il permet d'indiquer si la primitive précédente P_Data.request associée a abouti ou a échoué et éventuellement si la couche physique a perdu la synchronisation de sa trame.

La valeur de retour de Transmission_status peut être:

- OK: aucune erreur n'a été détectée;
- LP-TU: ressources temporairement indisponibles au niveau de la sous-couche physique;
- LP-NI: ressources non implémentées ou inactivées au niveau de la couche physique;
- LP-HF: échec matériel au niveau de la sous-couche physique;
- LP-NS: couche physique non synchronisée;
- LP-SE: erreur de syntaxe sur le paramètre P_sdu transmis par la sous-couche MAC (longueur du P_sdu différent de 38 octets).

3.4.3.3 Utilisation

Cette primitive est générée en réponse à une primitive P_Data.request émanant de la sous-couche MAC locale.

Les informations nécessaires doivent être disponibles pour permettre à la sous-couche MAC d'associer la confirmation à la demande correspondante.

3.4.4 P_Data.indication

3.4.4.1 Fonction

Cette primitive définit le transfert des données de la sous-couche physique vers la sous-couche MAC.

3.4.4.2 Structure

La sémantique de cette primitive est la suivante:

```
P_Data.indication(
    P_sdu
)
```

The reception of this primitive will cause the PHY entity to construct a PHY_frame as described in figure 3 and the transfer to the peer PHY layer entity or entities.

3.4.3 P_Data.confirm

3.4.3.1 Function

This primitive has only local significance and provides an appropriate response to the MAC sublayer entity which initiated a P_Data.request primitive. The P_Data.confirm primitive tells the MAC sublayer entity how the PHY_frame of the previous P_Data.request has been transmitted on the medium.

3.4.3.2 Structure

The semantics of this primitive are as follows:

```
P_Data.confirm (  
    Transmission_status)
```

The Transmission_status parameter is used to pass status information back to the local requesting MAC sublayer entity. It is used to indicate the success or failure of the previous associated P_Data.request. It may also indicate that the physical layer has lost its frame synchronization.

The possible returned value of the Transmission_status is one of the following:

- OK: no error has been found;
- LP-TU: resources temporally unavailable at the PHY sublayer;
- LP-NI: resources not implemented or inactivated at the physical layer;
- LP-HF: hardware failure at the PHY sublayer;
- LP-NS: physical layer not synchronized;
- LP-SE: syntax error on the P_sdu transmitted by the MAC sublayer (length of the P_sdu different from 38 bytes).

3.4.3.3 Use

This primitive is generated in response to a P_Data.request from the local MAC sublayer entity.

It is assumed that sufficient information is available to the MAC sublayer to associate the confirm with the appropriate request.

3.4.4 P_Data.indication

3.4.4.1 Function

This primitive defines the transfer of data from the PHY sublayer entity to the MAC sublayer entity.

3.4.4.2 Structure

The semantics of this primitive are as follows

```
P_Data.indication(  
    P_sdu  
)
```

3.4.4.3 Utilisation

La primitive P_Data.indication est transmise de la sous-couche physique vers la sous-couche MAC pour indiquer l'arrivée d'une trame vers la sous-couche physique locale. Les trames sont signalées uniquement si elles sont correctement synchronisées et écrites au format valable.

3.4.5 P_Sync.request

3.4.5.1 Fonction

Cette primitive n'est utilisée que localement. Elle permet à la sous-couche MAC de demander une resynchronisation de la couche physique.

3.4.5.2 Structure

La sémantique de cette primitive est la suivante:

P_Sync.request (state)

Le paramètre state prend une seule valeur: state=rejected. Une nouvelle demande de synchronisation doit être effectuée.

3.4.5.3 Utilisation

Cette primitive est générée par la sous-couche MAC chaque fois qu'une synchronisation est nécessaire (pour plus d'informations, voir 4.3.6).

3.4.6 P_Sync.indication

3.4.6.1 Fonction

Cette primitive n'est utilisée que localement. Elle informe la sous-couche MAC d'une modification de l'état de synchronisation de la couche physique.

3.4.6.2 Structure

La sémantique de cette primitive est la suivante:

P_Sync.indication (
 New Synchronization State
)

Le paramètre New Synchronization State indique le nouvel état de synchronisation de la couche physique et prend une seule valeur:

- SYNCHRO_FOUND: la couche physique dispose d'une nouvelle référence de synchronisation.

3.4.6.3 Utilisation

Cette primitive est générée par la sous-couche physique à chaque fois qu'une nouvelle référence de synchronisation est trouvée. Aucun service P_Sync.indication() n'est renvoyé lorsque la perte de synchronisation est requise par la sous-couche MAC via la primitive P_Sync.request (State=Rejected).

3.4.4.3 Use

The P_Data.indication is passed from the PHY sublayer entity to the MAC sublayer entity to indicate the arrival of a frame to the local PHY sublayer entity. Such frames are reported only if they are properly synchronized and written in a valid format.

3.4.5 P_Sync.request

3.4.5.1 Function

This primitive has only local significance. It provides the MAC sublayer with a means to ask for a resynchronization of the physical layer.

3.4.5.2 Structure

The semantics of the primitive are as follows:

P_Sync.request (state)

The state parameter takes only one value: state=rejected. This information is submitted to ask for a new synchronization.

3.4.5.3 Use

This primitive is generated by the MAC sublayer each time a new synchronization is needed (for more details, see 4.3.6).

3.4.6 P_Sync.indication

3.4.6.1 Function

This primitive has only local significance. It informs the MAC sublayer of a synchronization state change at the physical layer level.

3.4.6.2 Structure

The semantics of the primitive are as follows:

P_Sync.indication (
 New Synchronization State
)

The New Synchronization State parameter indicates the new synchronization state of the physical layer. It takes only one value:

- SYNCHRO_FOUND: the physical layer entity has found a synchronization reference.

3.4.6.3 Use

This primitive is generated by the physical sublayer entity each time a new synchronization reference is found. No P_Sync.indication() service is returned when the synchronization loss is required by the MAC sublayer through the P_Sync.request (State=Rejected) primitive.

3.5 Envoi et réception de sous-couches physiques

Le modèle fonctionnel est analysé du point de vue d'un client ou d'un serveur. Le modèle permet l'écriture et la lecture des variables de gestion physique (voir 3.5.5.3) via les primitives de gestion.

3.5.1 Envoi

3.5.1.1 Envoi client

Le client dirige la communication DLC. Il faut qu'il transmette des trames physiques dans des intervalles de temps prédéfinis. Un intervalle de temps commence à une occurrence de temps appelée indicateurs d'intervalle de temps. Ces indicateurs correspondent au passage par zéro de l'une des trois phases du réseau. A chaque fois que la couche physique client trouve une nouvelle référence d'indicateur d'intervalle de temps, elle le signale à la sous-couche MAC via une primitive `P_Sync.indication(SYNCHRO_FOUND)`.

NOTE La sous-couche MAC est en mesure de demander la recherche d'une nouvelle référence d'intervalle de temps grâce à la primitive `P_Sync.request (state=rejected)`.

Lorsque la couche physique reçoit une primitive `P_data.request` de la sous-couche MAC, elle contrôle tout d'abord la longueur du paramètre `P_sdu` reçu. Si la longueur n'est pas égale à 38 octets, une primitive `P_Data.confirm` négative est immédiatement renvoyée à la sous-couche MAC.

Si la longueur du paramètre `P_sdu` est égale à 38 octets, la couche physique attend l'apparition de l'occurrence d'indicateur d'intervalle de temps pour commencer la transmission. Lorsque cet événement survient, la couche physique transmet d'abord le préambule (2 octets égaux à AAAA H), puis le délimiteur du début de la sous-trame (2 octets égaux à 54C7 H) et enfin les 38 octets du paramètre `P_sdu` provenant de la sous-couche MAC.

Une fois la transmission de ces 42 octets terminée, la couche physique reprend un état d'attente dès qu'elle est prête à traiter des trames physiques entrantes ou des primitives `P_Data.request`.

3.5.1.2 Envoi serveur

Le serveur est l'esclave de la communication DLC. Pour transmettre une trame physique, le serveur doit être synchronisé avec un client.

Si le serveur est synchronisé avec le client, la procédure d'envoi est identique à celle du client.

3.5.2 Réception

3.5.2.1 Réception client

Si la couche physique n'a pas reçu de primitive `P_Data.request` dans l'intervalle de temps courant, elle passe automatiquement en mode de réception pour la prochaine occurrence d'indicateur d'intervalle de temps.

La couche physique utilise les quatre premiers octets des données reçues, afin de

- stabiliser le gain;
- mesurer la qualité de chaque demi-canal et de déterminer le seuil de décision à utiliser pour le processus de réception;
- vérifier la structure du signal démodulé reçu.

3.5 Sending and receiving physical sublayer

The functional model is analysed from a client or server point of view. The model allows writing and reading of the physical management variables (see 3.5.5.3) through management primitives.

3.5.1 Sending

3.5.1.1 Client sending

The client is the master of the DLC communication. He must transmit physical frames during predefined time slots. The beginning of a time slot starts at time instances called slot indicators. These indicators correspond to a zero crossing of one of the three phases of the mains. Each time the client physical layer finds a new slot indicator reference, it notifies it to the MAC sublayer by providing a P_Sync.indication(SYNCHRO_FOUND) primitive.

NOTE The MAC sublayer is able to order the search of a new time slot reference thanks to the P_Sync.request (state=rejected) primitive.

When the physical layer receives a P_data.request primitive from the MAC sublayer, it first checks the length of the received P_sdu. If this length is different from 38 bytes, a negative P_Data.confirm is immediately returned to the MAC sublayer.

If the length of the P_sdu is equal to 38 bytes, the physical layer waits for the occurrence of a time slot indicator to start the transmission. When this event appears, the physical layer first transmits the preamble (2 bytes equal to AAAA H) followed by the start subframe delimiter (2 bytes equal to 54C7 H) and the 38 bytes of the P_sdu issued from the MAC sublayer.

Once the transmission of these 42 bytes is over, the physical layer resumes an idle state when it is ready for processing incoming physical frames or P_Data.request primitives.

3.5.1.2 Server sending

The server is the slave of the DLC communication. To transmit a physical frame, the server shall be synchronized with a client.

If the server is synchronized with the client, the sending procedure is identical to that of the client.

3.5.2 Receiving

3.5.2.1 Client receiving

If the physical layer has not received any P_Data.request primitive in the current time slot, it automatically enters the reception mode for the next time slot indicator occurrence.

The physical layer uses the first four bytes of the received data to

- stabilize the gain;
- measure the quality on each half-channel and determine the decision threshold to be used for the reception process;
- check the received demodulated signal structure.

Si la structure du signal démodulé reçu correspond au début d'une trame physique, la couche physique poursuit la démodulation des 38 octets suivants. Une primitive A P_Data.indication est alors envoyée vers la sous-couche MAC supérieure, puis prend l'état d'attente jusqu'à la prochaine occurrence d'indicateur d'intervalle de temps.

Si la structure du signal démodulé reçu ne correspond pas au début d'une trame physique, il s'agit d'un bruit. La couche physique prend immédiatement l'état d'attente.

3.5.2.2 Réception serveur

Le serveur est l'esclave de la communication DLC. Pour recevoir une trame physique, le serveur doit être synchronisé avec un client.

Le gain maximal utilisé par le serveur en mode réception peut être contrôlé par le système client via l'objet MIB max-receiving-gain (se référer à la norme CEI 61334-4-512).

Si le serveur est synchronisé avec le client, la procédure de réception est identique à celle du client.

3.5.3 Synchronisation – désynchronisation d'un serveur

Un serveur non synchronisé analyse toujours le canal de transmission pour découvrir des données correspondant aux champs du préambule (AAAAH) et du délimiteur de sous-trame de début (54C7H). Lorsque la couche physique trouve une séquence conforme au chemin, elle le signale à la sous-couche MAC via une primitive P_Sync.indication(SYNCHRO_FOUND), puis elle passe en mode réception et acquiert les 38 octets de données suivants. Le paramètre A P_sdu est conçu à partir de ce paquet d'octets, puis est soumis à la sous-couche MAC.

Le serveur est supposé trouver une référence de synchronisation dès que la sous-couche MAC reçoit une notification SYNCHRO_FOUND. Toutefois, cette référence est conservée par le système uniquement si la sous-couche MAC est en mesure de se conformer à la réception d'une trame MAC valable au cours d'une période limitée appelée synchronisation-confirmation-time-out.

Si aucune trame MAC valable n'est reçue par la sous-couche MAC pendant cette période, il est supposé que le système a trouvé sa référence de synchronisation sur un signal parasite. La sous-couche MAC demande alors une désynchronisation de la couche physique via l'envoi d'une primitive P_Sync.request (State=Rejected). Si une trame MAC valable est reçue, le système considère que la référence de synchronisation est correcte et il la conserve.

Parallèlement aux désynchronisations dues à l'expiration du compteur synchronization-confirmation-time-out spécifique, d'autres événements contrôlés par la sous-couche MAC peuvent provoquer une désynchronisation du système. Ces événements sont:

- l'expiration du compteur time-out-frame-not-OK: aucune trame valable n'a été reçue au cours d'une période de temps égale à la durée en secondes de time-out-frame-not-OK;
- l'expiration du compteur time-out-not-addressed: aucune trame adressée personnellement n'a été reçue par le système sur une période égale à la durée en minutes de time-out-not-addressed;
- l'identification d'un initiateur erroné: la sous-couche MAC a identifié une trame MAC transmise ou indiquée à un système client non autorisé. Le système ne doit pas être synchronisé sur de telles trames, d'où la demande de désynchronisation;

NOTE Un tel événement peut survenir uniquement si le système est configuré sur l'état verrouillé. Dans ce cas, le système du serveur accepte d'être synchronisé uniquement sur les trames émises par ou indiquées à un système client spécifique, appelé l'initiateur. Ce dernier est identifié par son adresse MAC contenue dans la variable de gestion MAC initiator-mac-address. Si cette variable est fixée à la valeur NO-BODY, l'état du système du serveur est déverrouillé.

- l'écriture de la variable de gestion MAC new-synchronization;
- l'écriture de la variable de gestion MAC mac-address (uniquement si elle est égale à la valeur NEW).

If the received demodulated signal structure corresponds to the beginning of a physical frame, the physical layer carries on the demodulation of the next 38 bytes. A P_Data.indication primitive is then issued to the upper MAC sublayer. It then enters the idle state, waiting for the next time slot indicator occurrence.

If the received demodulated signal structure does not correspond to the beginning of a physical frame, it is deduced that it is noise. The physical layer immediately enters the idle state.

3.5.2.2 Server receiving

The server is the slave of the DLC communication. To receive a physical frame, the server shall be synchronized with a client.

The maximum gain used by the server in the receiving mode can be controlled by the client system through the max-receiving-gain MIB object (see IEC 61334-4-512).

If the server is synchronized with the client, the receiving procedure is identical to that of the client.

3.5.3 Synchronization – desynchronization of a server

An unsynchronized server always analyses the transmission channel to discover data corresponding to the preamble (AAAAH) and the start subframe delimiter (54C7H) fields. When the physical layer finds a sequence true to the path, it notifies it to the MAC sublayer by providing a P_Sync.indication(SYNCHRO_FOUND) primitive. It then enters the reception mode and acquires the next 38 data bytes. A P_sdu is formed from this packet of bytes and is submitted to the MAC sublayer.

The server is supposed to have found a synchronization reference as soon as the MAC sublayer receives a SYNCHRO_FOUND notification. Nevertheless, this reference is kept by the system only if the MAC sublayer is able to observe the reception of a valid MAC frame during a limited period called synchronization-confirmation-time-out.

If no valid MAC frame is received by the MAC sublayer during this period, it is supposed that the system found its synchronization reference on parasite signal. The MAC sublayer then orders a desynchronization of the physical layer by sending a P_Sync.request(State=Rejected) primitive. If a valid MAC frame is received, the system considers that the synchronization reference is correct. This reference is kept.

Besides desynchronizations due to the expiration of the specific synchronization-confirmation-time-out counter, other events controlled by the MAC sublayer may cause a desynchronization of the system. These are:

- the expiration of the time-out-frame-not-OK counter: no valid frame has been received during a period of time equal to time-out-frame-not-OK seconds;
- the expiration of the time-out-not-addressed counter: no personally addressed frame has been received by the system during a period of time equal to time-out-not-addressed minutes;
- the identification of a wrong initiator: the MAC sublayer has identified a MAC frame transmitted or designated to an unauthorized client system. The system should not be synchronized on such frames: desynchronization is then ordered;

NOTE Such an event can only occur if the system is configured in the so-called locked state. In the locked state, the server system only accepts synchronization on frames which are issued by, or designated to, a specific client system called the initiator. The initiator is identified by its MAC address contained in the initiator-mac-address MAC management variable. If this variable is set to the NO-BODY value, the server system works in an unlocked state.

- the writing of the new-synchronization MAC management variable;
- the writing of the mac-address MAC management variable (only if set to NEW).

3.5.4 Tableaux de transition d'état physique

Tableau 2 – Tableau de transition de la couche physique du serveur

Etat initial	Evénements	Actions	Etat final
Config	Local_Status() = OK et Is_server()=TRUE	Aucune	LFS
LFS ou S_IDL	Write_Request() et Check_Write()<>OK	Write_Conf(P_Tstat=Check_Write())	Etat inchangé
LFS ou S_IDL	Read_Request() et Check_Read()<>OK	Read_Conf(P_Tstat=Check_Read())	Etat inchangé
LFS ou S_IDL	Write_Request(max-receiving-gain) et Check_Write()=OK	Set_Value(max-receiving-gain) Write_Conf(P_Tstat=OK)	Etat inchangé
LFS ou S_IDL	Read_Request(Server-Physical- Management-Variable) et Check_Read()=OK	Read_Conf(Server-Physical-Management- Variable)	Etat inchangé
LFS ou S_IDL	P_Data.request (P_sdu) et Check()<>OK	P_Data.confirm (P_Tstat = Check())	LFS
LFS	P_Sync.request(State)	Aucune	LFS
LFS	Synchro_Found(Delta_Phase)	Init_Time_slot() Init_Counter(synchronisation- confirmation-time-out) Set_Delta_Electrical_Phase(Delta_Phase) P_Sync.indication(SYNCHRO_FOUND)	S_RPF.R
S_IDL	P_Sync.request (State=Rejected)	Aucune	LFS
S_IDL	Time_Slot()	Aucune	S_RPF.C
S_IDL	P_Data.request (P_sdu) et Check()<>OK	P_Data.confirm(P_Tstat= Check())	S_IDL
S_IDL	P_Data.request (P_sdu) et Check()=OK	Build_P_Frame (preamble = AAAAH SSD = 54C7H P_sdu)	SPF.W
S_RPF.C	Preamble_SSD() = OK	Aucune	S_RPF.R
S_RPF.C	Preamble_SSD() <> OK	Aucune	S_IDL
S_RPF.R	End_Receiving() et Sync_Conf = FALSE	P_Data.indication(P_sdu)	S_IDL
SPF.W	Time_Slot()	Aucune	SPF.S
SPF.S	End_Sending()	P_Data.confirm (P_Tstat= OK)	S_IDL

3.5.4 Physical state transition tables

Table 2 – Server physical layer transition table

Initial state	Events	Actions	Final state
Config	Local_Status() = OK and Is_server()=TRUE	None	LFS
LFS or S_IDL	Write_Request() and Check_Write()<>OK	Write_Conf(P_Tstat=Check_Write())	Unchanged state
LFS or S_IDL	Read_Request() and Check_Read()<>OK	Read_Conf(P_Tstat=Check_Read())	Unchanged state
LFS or S_IDL	Write_Request(max-receiving-gain) and Check_Write()=OK	Set_Value(max-receiving-gain) Write_Conf(P_Tstat=OK)	Unchanged state
LFS or S_IDL	Read_Request(Server-Physical- Management-Variable) and Check_Read()=OK	Read_Conf(Server-Physical-Management- Variable)	Unchanged state
LFS or S_IDL	P_Data.request (P_sdu) and Check()<>OK	P_Data.confirm (P_Tstat = Check())	LFS
LFS	P_Sync.request(State)	None	LFS
LFS	Synchro_Found(Delta_Phase)	Init_Time_slot() Init_Counter(synchronisation- confirmation-time-out) Set_Delta_Electrical_Phase(Delta_Phase) P_Sync.indication(SYNCHRO_FOUND)	S_RPF.R
S_IDL	P_Sync.request (State=Rejected)	None	LFS
S_IDL	Time_Slot()	None	S_RPF.C
S_IDL	P_Data.request (P_sdu) and Check()<>OK	P_Data.confirm(P_Tstat= Check())	S_IDL
S_IDL	P_Data.request (P_sdu) and Check()=OK	Build_P_Frame (preamble = AAAAH SSD = 54C7H P_sdu)	SPF.W
S_RPF.C	Preamble_SSD() = OK	None	S_RPF.R
S_RPF.C	Preamble_SSD() <> OK	None	S_IDL
S_RPF.R	End_Receiving() and Sync_Conf = FALSE	P_Data.indication(P_sdu)	S_IDL
SPF.W	Time_Slot()	None	SPF.S
SPF.S	End_Sending()	P_Data.confirm (P_Tstat= OK)	S_IDL

Tableau 3 – Tableau de transition de la couche physique client

Etat initial	Evénements	Actions	Etat final
Config	Local_Status() = OK et Is_server()= FALSE	Aucune	WFZC
WFZC	Zero_Crossing()	Init_Time_Slot() P_Sync.indication(SYNCHRO_FOUND)	C_IDL
C_IDL	P_Sync.request(State=Rejected)	Aucune	WFZC
C_IDL	Write_Request() et Check_Write()<>OK	Write_Conf(P_Tstat=Check_Write())	C_IDL
C_IDL	Read_Request() et Check_Read()<>OK	Read_Conf(P_Tstat=Check_Read())	C_IDL
C_IDL	Write_Request(max-receiving-gain) et Check_Write()=OK	Set_Value(max-receiving-gain) Write_Conf(P_Tstat=OK)	C_IDL
C_IDL	Read_Request(max-receiving-gain) et Check_Read()=OK	Read_Conf(max-receiving-gain)	C_IDL
C_IDL	P_Data.request(P_sdu) et Check()=OK	Build_P_Frame (preamble = AAAAH SSD = 54C7H P_sdu)	SPF.W
C_IDL	P_Data.request(P_sdu) et Check()<>OK	P_Data.confirm(P_Tstat=Check())	C_IDL
C_IDL	Time_Slot()	Aucune	C_RPF.C
C_RPF.C	Preamble_SSD() = OK	Aucune	C_RPF.R
C_RPF.C	Preamble_SSD() <> OK	Aucune	C_IDL
C_RPF.R	End_Receiving()	P_Data.indication(P_sdu)	C_IDL
SPF.W	Time_Slot()	Aucune	SPF.S
SPF.S	End_Sending()	P_Data.confirm (P_Tstat= OK)	C_IDL

3.5.5 Description des tableaux de transition

3.5.5.1 Etats de la couche physique

Onze états sont définis pour la couche physique:

- CONFIG: attente de la couche physique jusqu'à ce qu'elle soit prête à fonctionner (configuration matérielle);
- S_IDL: état IDLE pour un serveur;
- C_IDL: état IDLE pour un client;
- LFS: recherche de synchronisation;
- WFZC: attente du passage par zéro;
- S_RPF: réception de trames physiques pour un serveur, S_RPF.C: contrôle du préambule et du délimiteur de sous-trame de début, S_RPF.R: réception du paramètre P_sdu.;

Table 3 – Client physical layer transition table

Initial state	Events	Actions	Final state
Config	Local_Status() = OK and Is_server()= FALSE	None	WFZC
WFZC	Zero_Crossing()	Init_Time_Slot() P_Sync.indication(SYNCHRO_FOUND)	C_IDL
C_IDL	P_Sync.request(State=Rejected)	None	WFZC
C_IDL	Write_Request() and Check_Write()<>OK	Write_Conf(P_Tstat=Check_Write())	C_IDL
C_IDL	Read_Request() and Check_Read()<>OK	Read_Conf(P_Tstat=Check_Read())	C_IDL
C_IDL	Write_Request(max-receiving-gain) and Check_Write()=OK	Set_Value(max-receiving-gain) Write_Conf(P_Tstat=OK)	C_IDL
C_IDL	Read_Request(max-receiving-gain) and Check_Read()=OK	Read_Conf(max-receiving-gain)	C_IDL
C_IDL	P_Data.request(P_sdu) and Check()=OK	Build_P_Frame (preamble = AAAAH SSD = 54C7H P_sdu)	SPF.W
C_IDL	P_Data.request(P_sdu) and Check()<>OK	P_Data.confirm(P_Tstat=Check())	C_IDL
C_IDL	Time_Slot()	None	C_RPF.C
C_RPF.C	Preamble_SSD() = OK	None	C_RPF.R
C_RPF.C	Preamble_SSD() <> OK	None	C_IDL
C_RPF.R	End_Receiving()	P_Data.indication(P_sdu)	C_IDL
SPF.W	Time_Slot()	None	SPF.S
SPF.S	End_Sending()	P_Data.confirm (P_Tstat= OK)	C_IDL

3.5.5 Transition table description

3.5.5.1 Physical layer states

Eleven states are defined for the physical layer

- CONFIG: for waiting for the physical layer to be ready to work (hardware configuration);
- S_IDL: IDLE state for a server;
- C_IDL: IDLE state for a client;
- LFS: for looking for synchronization;
- WFZC: for waiting for zero crossing;
- S_RPF: for receiving physical frames for a server, S_RPF.C for checking the preamble and the start subframe delimiter, S_RPF.R for receiving the P_sdu.

- C_RPF: réception de trames physiques pour un client, C_RPF.C: contrôle du préambule et de délimiteur de sous-trame de début, C_RPF.R: réception du paramètre P_sdu;
- SPF: envoi de trames physiques, SPF.W: préparation de la trame physique et attente de l'intervalle de temps suivant, SPF.S: envoi de l'intégralité de la trame physique (préambule, SSD et P_sdu), à l'exception de la pause.

Les états S_IDL et LFS permettent à la couche physique de recevoir et de traiter les primitives P_Sync entrantes.

Les états S_IDL, LFS et C_IDL permettent à la couche physique de recevoir les primitives P_Data entrantes, mais elles ne peuvent pas être traitées à l'état LFS.

L'état SPF.W permet à la couche physique d'ajouter le préambule (AAAAH) et le délimiteur de sous-trame de début (54C7H) au paramètre P_sdu reçu, puis d'attendre l'intervalle de temps suivant. L'état SPF.S permet à la couche physique d'envoyer les 42 octets correspondants (2 + 2 + 38). Le temps de pause correspond à l'attente du prochain intervalle de temps.

Les états S_RPF.C et C_RPF permettent à la couche physique de contrôler la validité du préambule et du délimiteur de sous-trame de début. En outre, elle définit la meilleure méthode de démodulation pour la réception (pour plus d'informations, voir 2.2). L'état RPF.R lui permet de recevoir les 38 octets correspondant au paramètre P_sdu. La pause n'est pas prise en compte (attente de l'intervalle de temps suivant).

L'état LFS permet à la couche physique de rechercher le préambule de séquence, ainsi que le délimiteur de sous-trame de début (AAAA54C7H). Il détermine également la phase électrique delta.

3.5.5.2 Notation utilisée dans les tableaux d'états

3.5.5.2.1 Notation pour les primitives physiques

Ce paragraphe définit les abréviations utilisées dans les tableaux d'états pour les primitives physiques passées avec la sous-couche MAC et l'application de gestion de systèmes:

- P_Tstat: état de transmission envoyé à la sous-couche MAC dans une primitive P_Data.confirm, puis à l'application de gestion de systèmes via une primitive de gestion Write_Conf() or Read_Conf().
- P_sdu: unité de données de service physique échangées avec la sous-couche MAC dans une primitive P_Data.

3.5.5.2.2 Notation pour les unités de données de protocole physiques

Ce paragraphe définit les abréviations utilisées dans les tableaux des états pour les données de protocole physique échangées avec la sous-couche MAC.

- SSD: délimiteur de sous-trame de début dans une trame physique égale à 54C7 (système hexadécimal).

3.5.5.3 Variables de gestion physique

Les variables de gestion physique correspondent aux variables lues ou écrites par la sous-couche physique au cours des procédures de traitement.

Le tableau suivant répertorie les variables de gestion physique du serveur et du client utilisées dans le profil S-FSK. Ces variables sont disponibles pour la gestion du système. Dans DCP, les variables de gestion physique du serveur sont reliées aux objets DLMS de la base d'informations de gestion (MIB). Pour plus d'informations, se référer à la norme CEI 61334-4-512.