

**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 Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **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.

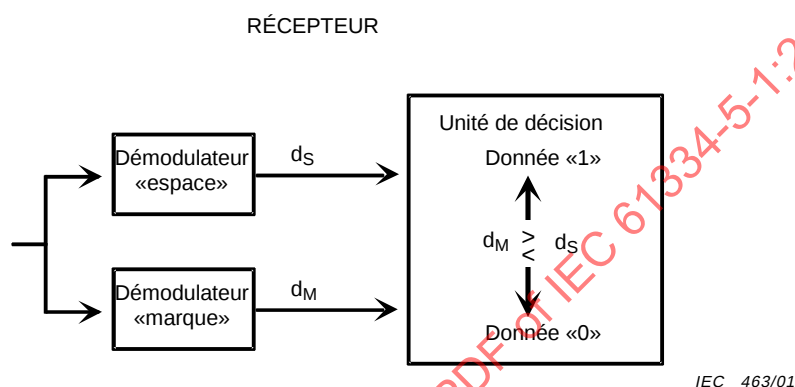
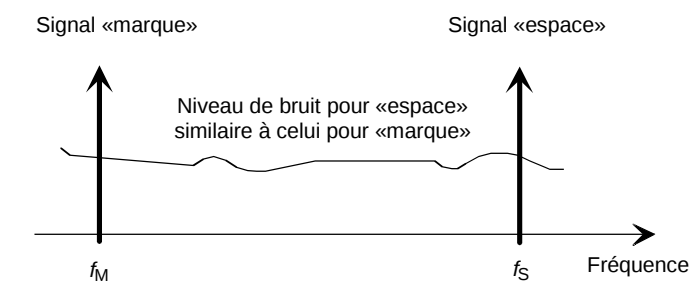


Figure 1 – Qualité «espace» similaire à qualité «marque»

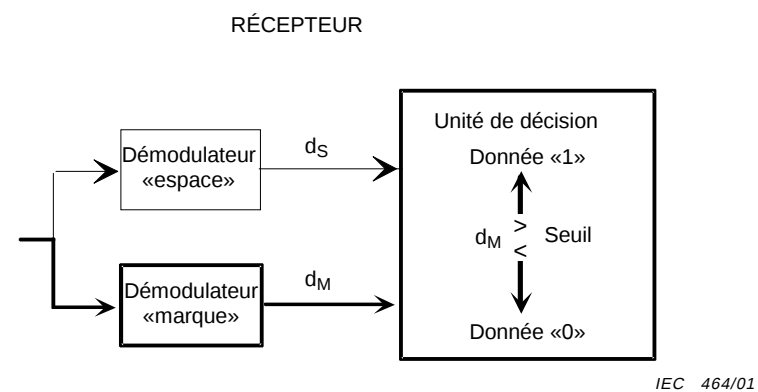
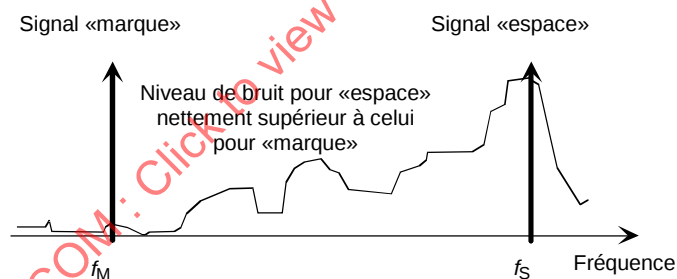
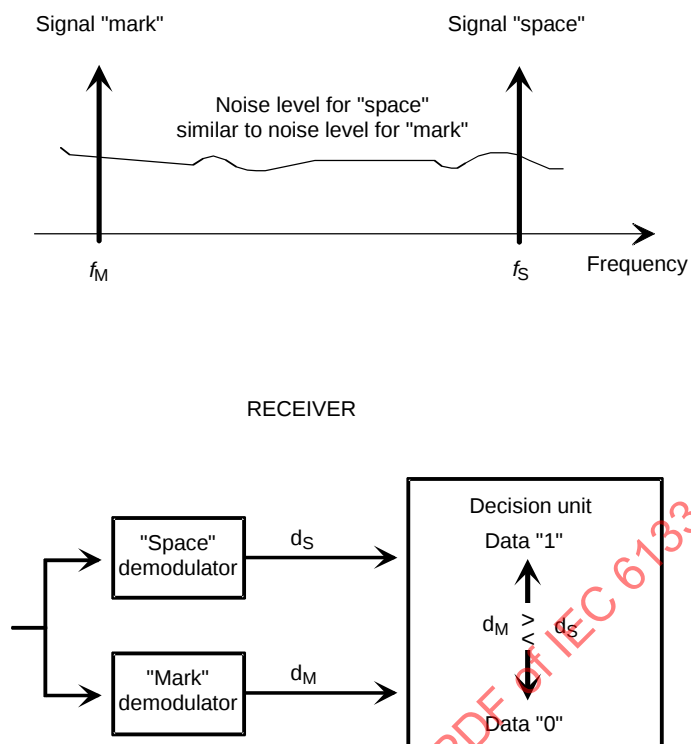
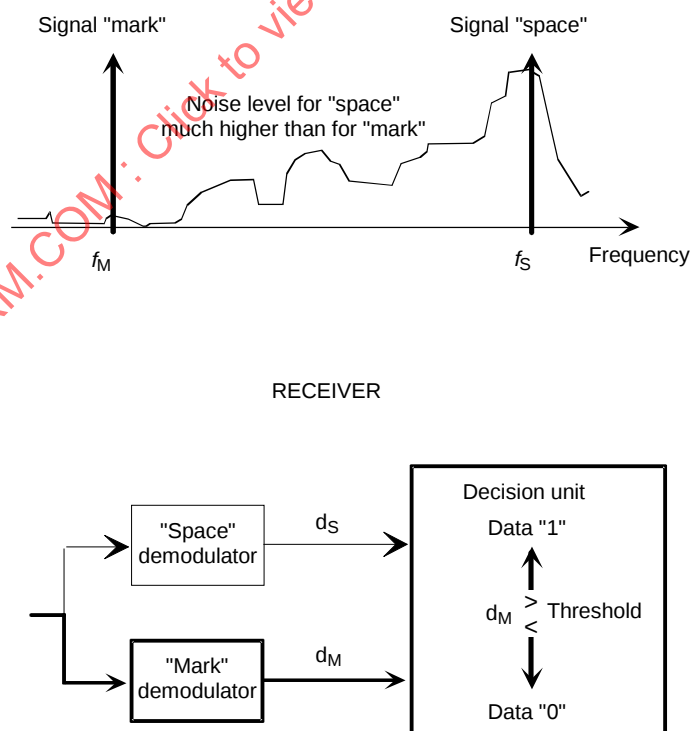


Figure 2 – Qualité «marque» nettement meilleure que qualité «espace»



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 $2 \text{ mV}_{\text{eff}}$ 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:

- AC single-phase or three-phase;
- 50 Hz or 60 Hz $\pm 10 \%$;
- 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).

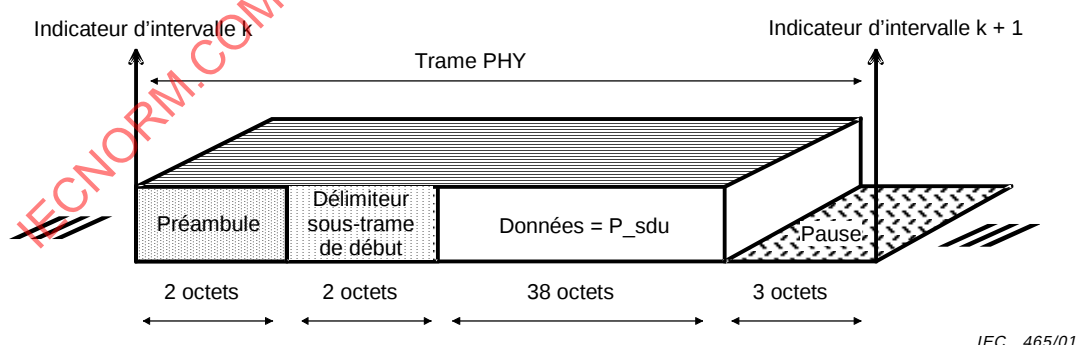


Figure 3 – Intervalle de temps et structure de trame physique

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

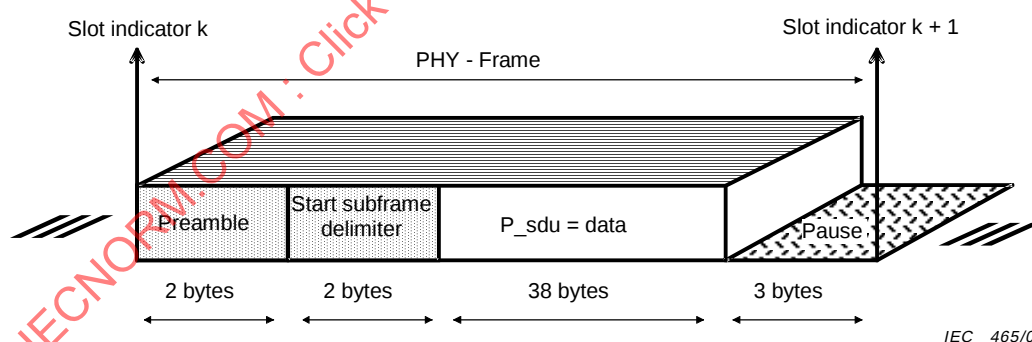
For the remote station (server), the system wide synchronization of the slot indicators is achieved by means of any subframe received using the preamble and the start delimiter.

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

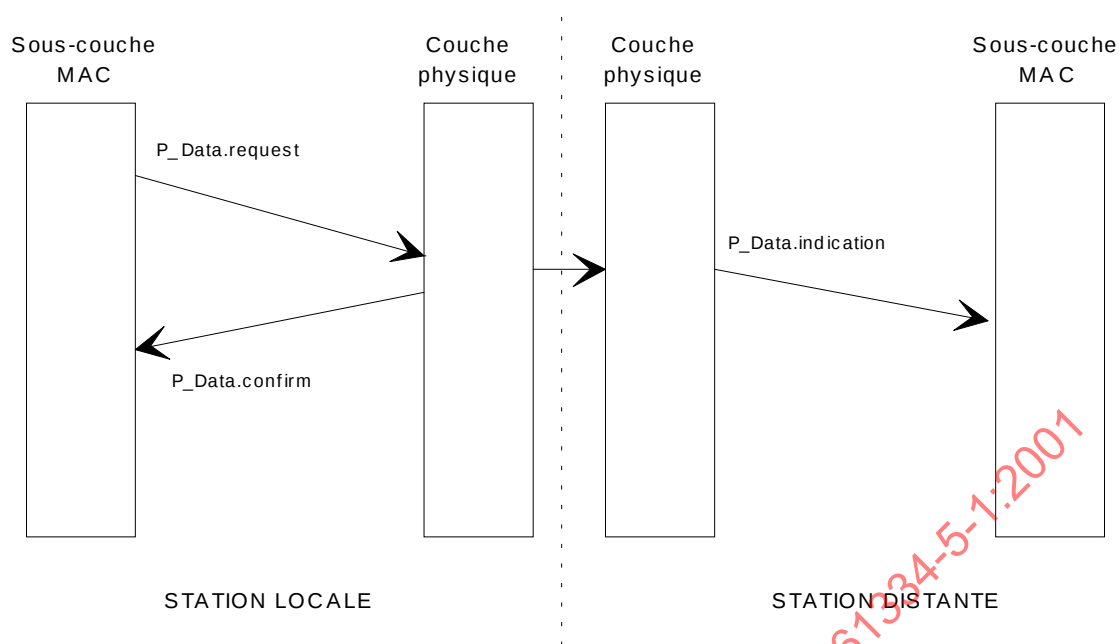
3.4.1.1 The P_Data services

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.



IEC 466/01

Figure 4 – Services P_Data

3.4.1.2 Services P_Sync

Les services P_Sync fournis par la couche physique permettent à la sous-couche MAC

- de demander une nouvelle synchronisation,
- d'être informée de l'apport de modifications à l'état de synchronisation de la couche physique.

Il existe deux primitives P_Sync, à savoir celles utilisées localement par la sous-couche MAC:

- P_Sync.request;
- P_Sync.indication.

3.4.2 P_Data.request

3.4.2.1 Fonction

Cette primitive définit le transfert des données depuis une sous-couche MAC locale vers une ou des sous-couches MAC identiques dans le cas d'un groupe d'adresses.

3.4.2.2 Structure

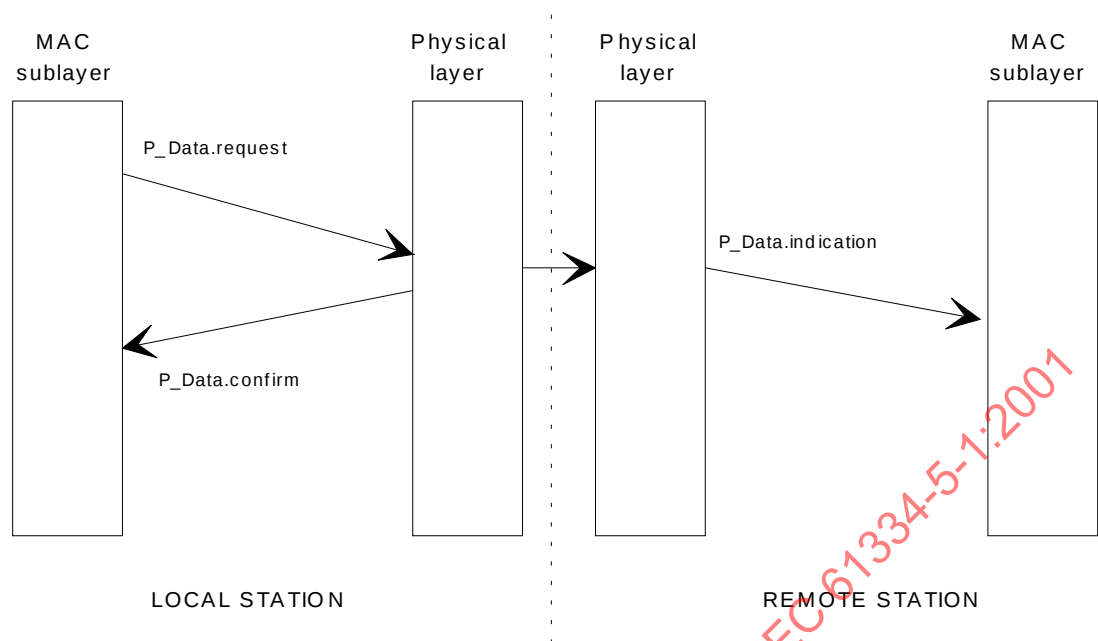
La sémantique de cette primitive est la suivante:

```

P_Data.request (
    P_sdu
)
    
```

3.4.2.3 Utilisation

Cette primitive est générée par la sous-couche MAC lors de toute transmission de données vers une ou des sous-couches MAC identiques. Elle peut être générée en réponse à une demande émanant de couches supérieures du protocole.



IEC 466/01

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.

- C_RPF: for receiving physical frames for a client, C_RPF.C for checking the preamble and the start subframe delimiter, C_RPF.R for receiving the P_sdu.
- SPF: for sending physical frames, SPF.W for preparing the physical frame and for waiting for the next time slot, SPF.S for sending the whole physical frame (preamble, SSD and P_sdu), pause excepted.

In the S_IDL and LFS states, the physical layer entity is ready to receive and process the incoming P_Sync primitives.

In the S_IDL, LFS and C_IDL states, the physical layer entity is ready to receive the incoming P_Data primitives, but they cannot be processed in the LFS state.

In the SPF.W state, the physical layer appends the preamble (AAAAH) and the start subframe delimiter (54C7H) to the received P_sdu and waits for the next time slot. In the SPF.S, it sends the corresponding 42 bytes (2+2+38). The pause time is achieved by waiting for the next time slot.

In the S_RPF.C and C_RPF states, the physical layer checks the validity of the preamble and the start subframe delimiter. It also defines the best demodulation method for the reception (see 2.2, for more information). In the RPF.R, it receives the 38 bytes corresponding to the P_sdu. The pause time is not taken into account (wait for the next time slot).

In the LFS state, the physical layer looks for the sequence preamble + start subframe delimiter (AAAA54C7H). It also determines the delta electrical phase.

3.5.5.2 Notation used in the state tables

3.5.5.2.1 Notation for physical primitives

This subclause defines abbreviations used in the state tables for physical primitives passed with the MAC sublayer and the systems management application entity:

- P_Tstat: transmission status passed to the MAC sublayer in a P_Data.confirm primitive, and passed to the systems management application entity in a Write_Conf() or Read_Conf() management primitive.
- P_sdu: physical service data unit exchanged with the MAC sublayer in a P_Data primitive.

3.5.5.2.2 Notation for physical protocol data units

This subclause defines abbreviations used in the state tables for physical protocol data units exchanged with the MAC sublayer.

- SSD: start subframe delimiter in a physical frame equal to 54C7 in hexadecimal.

3.5.5.3 Physical management variables

The physical management variables are the set of variables which are read or written by the physical sublayer entity during processing procedures.

The following array lists the server and client physical management variables that are used in the S-FSK profile. These variables are available for system management purposes. In DCP, the server physical management variables are linked to DLMS objects of the management information base (MIB). Refer to IEC 61334-4-512 for more details.

Variable de gestion physique	Système rattaché	Utilisée par la sous-couche physique dans	Disponible pour l'application de gestion de systèmes dans
Delta-electrical-phase	Serveur	Ecrire	Lire
Max-receiving-gain	Serveur/client	Lire	Ecrire

Ces variables sont localement accessibles à l'application de gestion des systèmes de DCP via les primitives de gestion Write_Request() et Read_Request().

Pour plus d'informations, se référer à la norme CEI 61334-4-511.

3.5.5.4 Fonctions des états

3.5.5.4.1 Check ()

La fonction Check () renvoie une indication sur l'aboutissement ou l'échec du traitement du paramètre P_sdu transmis dans une primitive P_Data.request et sur la disponibilité des ressources requises.

Les valeurs de retour peuvent être:

- OK: longueur du paramètre P_sdu égale à 38 octets et ressources disponibles;
- LP-TU: ressources temporairement indisponibles;
- LP-NI: service demandé non implémenté dans la couche physique locale;
- LP-HF: échec matériel;
- LP-NS: couche physique non synchronisée;
- LP-SE: longueur du paramètre P_sdu différente de 38 octets.

3.5.5.4.2 Check_Read()

La fonction Check_Read() indique si le traitement de la primitive de gestion Read_Request() a abouti ou échoué.

Les valeurs de retour peuvent être:

- OK: champs de paramètres correctement traités et ressources disponibles;
- LP-NI: service demandé non implémenté dans la sous-couche MAC locale;
- LP-TU: ressources locales temporairement indisponibles;
- LP-SE: erreur de syntaxe dans la primitive soumise;
- LP-HF: échec matériel.

3.5.5.4.3 Check_Write()

La fonction Check_Write() indique si le traitement de la primitive de gestion Write_Request() a abouti ou échoué.

Les valeurs de retour peuvent être:

- OK: champs de paramètres correctement traités et ressources disponibles;
- LP-NI: service demandé non implémenté dans la sous-couche MAC locale;
- LP-TU: ressources locales temporairement indisponibles;
- LP-SE: erreur de syntaxe dans la primitive soumise;
- LP-HF: échec matériel.

Physical management variable	Belonging system	Used by the physical sublayer entity in	Available to the systems management application entity in
Delta-electrical-phase	Server	Write	Read
Max-receiving-gain	Server/client	Read	Write

These variables can be locally accessed by the systems management application entity of DCP through the Write_Request() and Read_Request() management primitives.

For further details, refer to IEC 61334-4-511.

3.5.5.4 State functions

3.5.5.4.1 Check ()

The Check () function returns an indication about the success or failure of the processing of the P_sdu transmitted in a P_Data.request primitive and the availability of the required resources.

The possible returned values are:

- OK: length of the P_sdu equal to 38 bytes and resources available;
- LP-TU: resources temporally unavailable;
- LP-NI: asked service not implemented in the local physical layer;
- LP-HF: hardware failure;
- LP-NS: physical layer not synchronized;
- LP-SE: length of the P_sdu different from 38 bytes.

3.5.5.4.2 Check_Read()

The Check_Read() function returns an indication of the success or failure of the processing of the Read_Request() management primitive.

The possible returned values are the following:

- OK: parameter fields successfully processed and resources available;
- LP-NI: asked service not implemented in the local MAC sublayer;
- LP-TU: local resources temporally unavailable;
- LP-SE: syntax error in the submitted primitive;
- LP-HF: hardware failure.

3.5.5.4.3 Check_Write()

The Check_Write() function returns an indication of the success or failure of the processing of the Write_Request() management primitive.

The possible returned values are the following:

- OK: parameter fields successfully processed and resources available;
- LP-NI: asked service not implemented in the local MAC sublayer;
- LP-TU: local resources temporally unavailable;
- LP-SE: syntax error in the submitted primitive;
- LP-HF: hardware failure.

Les contrôles devant être réalisés par la sous-couche physique dépassent le cadre de la présente norme.

3.5.5.4.4 End_Receiving()

La fonction End_Receiving est un événement généré par la couche physique après la réception de 38 octets (P_sdu), puis des octets correspondant au préambule et au délimiteur de sous-trame de début.

3.5.5.4.5 End_Sending()

La fonction End_Sending est un événement généré par la couche physique après l'envoi de 42 octets (Préambule + SSD + P_sdu).

3.5.5.4.6 Is_Server()

La fonction Is_Server renvoie la valeur TRUE si la couche physique doit faire office de couche physique de serveur. Dans le cas contraire, la fonction Is_Server renvoie la valeur FALSE.

Cette fonction contrôle une variable de gestion définie par l'application de gestion.

3.5.5.4.7 Local_Status ()

La fonction Local_Status renvoie la valeur VALID si tous les éléments nécessaires à garantir l'envoi ou la réception sont disponibles (par exemple: synchronisation à 50 Hz, vitesse de transmission). Dans le cas contraire, la fonction Local_Status renvoie la valeur INVALID.

Cette fonction contrôle d'une part une variable de gestion définissant la vitesse de transmission et d'autre part l'initialisation matérielle.

3.5.5.4.8 Preamble_SSD()

La fonction Preamble_SSD renvoie la valeur OK si les quatre octets reçus correspondent au préambule (AAAAH) et au délimiteur de sous-trame de début (54C7H). Dans le cas contraire, elle renvoie la valeur pas OK. Cette fonction génère un événement après la réception de quatre octets dans les états S_RPF.C ou C_RPF.C.

3.5.5.4.9 Read_Request()

Cet événement correspond à une primitive de gestion générée par l'application de gestion des systèmes (SMAE voir la norme CEI 61334-4-512) pour soumettre la lecture d'une variable de gestion physique serveur ou client (voir 3.5.5.3).

L'argument Server-Physical-Management-Variable signifie qu'un événement Read_Request est réalisé sur une variable de gestion physique serveur (delta-electrical-phase).

3.5.5.4.10 Synchro_Found(Delta_Phase)

La fonction Synchro_Found est un événement généré par la couche physique immédiatement après la fin de la synchronisation. Associée à cet événement, elle renvoie la valeur calculée de la phase électrique delta. Six valeurs sont définies pour cette phase. Elles sont énumérées dans la CEI 61334-4-512.

The different controls to be realized by the physical sublayer entity are outwith the scope of this standard.

3.5.5.4.4 End_Receiving()

The End_Receiving function is an event generated by the physical layer after the receiving of the 38 bytes (P_sdu) following the preamble and start subframe delimiter bytes.

3.5.5.4.5 End_Sending()

The End_Sending function is an event generated by the physical layer after the sending of 42 bytes (preamble + SSD + P_sdu).

3.5.5.4.6 Is_Server()

The Is_Server function returns TRUE if the physical layer shall act as a server physical layer. Otherwise, the Is_Server function returns FALSE.

This function checks a management variable set by the management application.

3.5.5.4.7 Local_Status ()

The Local_Status function returns VALID if all that is required to ensure sending or receiving is available (for example, 50 Hz synchronization, baud rate). Otherwise, the Local_Status function returns INVALID.

This function checks a management variable which defines the baud rate and checks the hardware initialization.

3.5.5.4.8 Preamble_SSD()

The Preamble_SSD function returns OK if the four received bytes correspond to the preamble (AAAAH) and the start subframe delimiter (54C7H). Otherwise, it returns not OK. This function generates an event after the reception of four bytes in the S_RPF.C or C_RPF.C states.

3.5.5.4.9 Read_Request()

This event corresponds to a management primitive generated by the systems management application entity (SMAE: refer to IEC 61334-4-512) for submitting the reading of a server or client physical management variable (see 3.5.5.3).

The Server-Physical-Management-Variable argument means that a Read_Request is carried out on a server physical management variable (delta-electrical-phase).

3.5.5.4.10 Synchro_Found(Delta_Phase)

The Synchro_Found function is an event generated by the physical layer immediately after the synchronization is achieved. Associated with this event, it returns the computed value of the delta electrical phase. Six values are defined for the delta electrical phase. These are enumerated in IEC 61334-4-512.

3.5.5.4.11 Time_Slot()

La fonction Time_Slot est un événement généré par la couche physique pour chaque intervalle de temps. Cet événement est systématiquement généré après une synchronisation.

3.5.5.4.12 Write_Request()

Cet événement est généré par l'application de gestion des systèmes (SMAE: voir la CEI 61334-4-512) afin de soumettre l'écriture des variables de gestion physiques max-receiving-gain lues par la couche physique.

3.5.5.4.13 Zero_Crossing()

Cet événement est généré lorsque la tension du réseau traverse la valeur zéro.

3.5.5.5 Description des actions

3.5.5.5.1 Build_P_Frame ()

La fonction Build_P_Frame() crée une trame physique par l'ajout du préambule et du délimiteur de sous-trame de début au paramètre P_sdu reçu de la sous-couche MAC.

3.5.5.5.2 Init_Time_Slot()

La fonction Init_Time_Slot initialise la génération d'intervalles de temps.

3.5.5.5.3 Set_Delta_Electrical_phase(Delta_Phase)

La fonction Set_Delta_Electrical_phase initialise la variable MIB Delta_Electrical_Phase avec la valeur soumise.

3.5.5.5.4 Set_Value(PHY_Management_Variable)

La fonction Set_Value() prend en compte la valeur de la variable de gestion physique soumise via l'événement Write_Request().

3.5.5.5.5 Read_Conf()

La fonction Read_Conf() génère une primitive destinée à l'application de gestion de systèmes. Cette primitive contient les résultats du traitement de la dernière primitive Read_Request() reçue.

3.5.5.5.6 Write_Conf()

La fonction Write_Conf() génère une primitive destinée à l'application de gestion de systèmes. Cette primitive contient les résultats du traitement de la dernière primitive Write_Request() reçue.

3.5.5.4.11 Time_Slot ()

The Time_Slot function is an event generated by the physical layer for each time slot. This event is systematically generated after synchronization.

3.5.5.4.12 Write_Request()

This event is generated by the systems management application entity (SMAE: refer to IEC 61334-4-512) for submitting the writing of the max-receiving-gain physical management variables which is read by the physical layer entity.

3.5.5.4.13 Zero_Crossing()

This event is generated when the mains voltage crosses the zero value.

3.5.5.5 Action description

3.5.5.5.1 Build_P_Frame ()

The Build_P_Frame() function constructs a physical frame by appending the preamble and the start subframe delimiter to the P_sdu received from the MAC sublayer.

3.5.5.5.2 Init_Time_Slot()

The Init_Time_Slot function initializes the time slots generation of the time slot.

3.5.5.5.3 Set_Delta_Electrical_phase(Delta_Phase)

The Set_Delta_Electrical_phase function initializes the MIB variable Delta_Electrical_Phase with the submitted value.

3.5.5.5.4 Set_Value(PHY_Management_Variable)

The Set_Value() function takes into account the value of the physical management variable submitted through the Write_Request() event.

3.5.5.5.5 Read_Conf()

The Read_Conf() function generates a primitive intended for the systems management application entity. This primitive contains the processing result of the last received Read_Request() primitive.

3.5.5.5.6 Write_Conf()

The Write_Conf() function generates a primitive intended for the systems management application entity. This primitive contains the processing result of the last received Write_Request() primitive.

4 Sous-couche MAC (Medium access control)

4.1 Spécification des services MAC

4.1.1 Objectif

Ce paragraphe décrit, schématiquement, les services fournis par la sous-couche MAC (Medium Access Control) à la sous-couche LLC (Logical Link Control) (voir figure 5) et à l'application de gestion de systèmes. Les services sont décrits de façon abstraite.

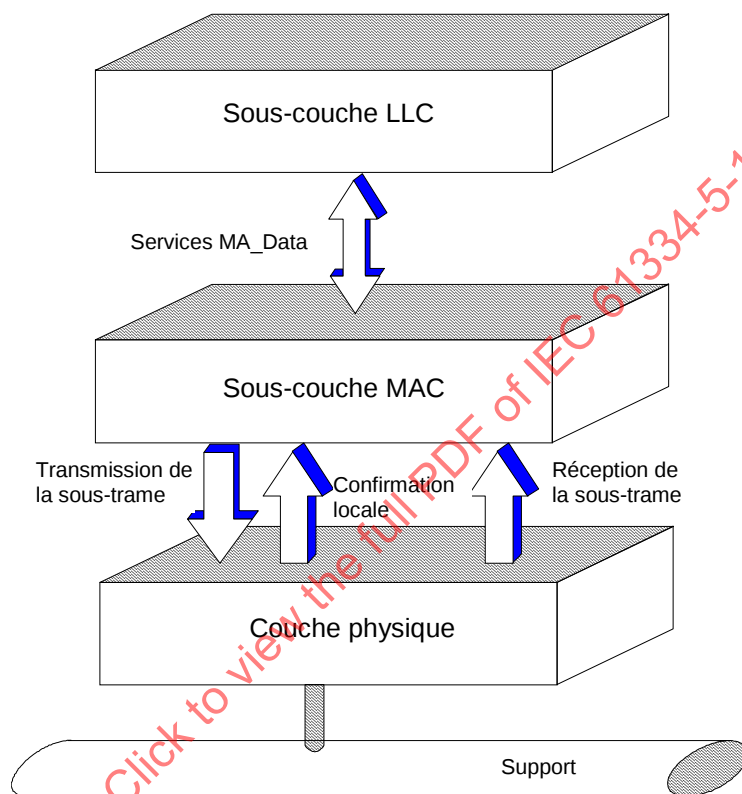


Figure 5 – Relations avec le modèle de référence

IEC 467/01

4.1.2 Caractéristiques

La sous-couche MAC permet d'accéder uniquement aux protocoles supérieurs gérant le partage du temps entre systèmes. Il convient qu'un seul système à la fois soit en mesure de transmettre des données.

4.1.3 Vue d'ensemble des services

Il existe deux classes de services fournis par la sous-couche MAC.

4.1.3.1 Les services MA_Data

Les services MA_Data permettent à la sous-couche LLC d'échanger des données LLC avec des sous-couches LLC identiques (voir figure 6).

Le modèle OSI propose trois primitives de base:

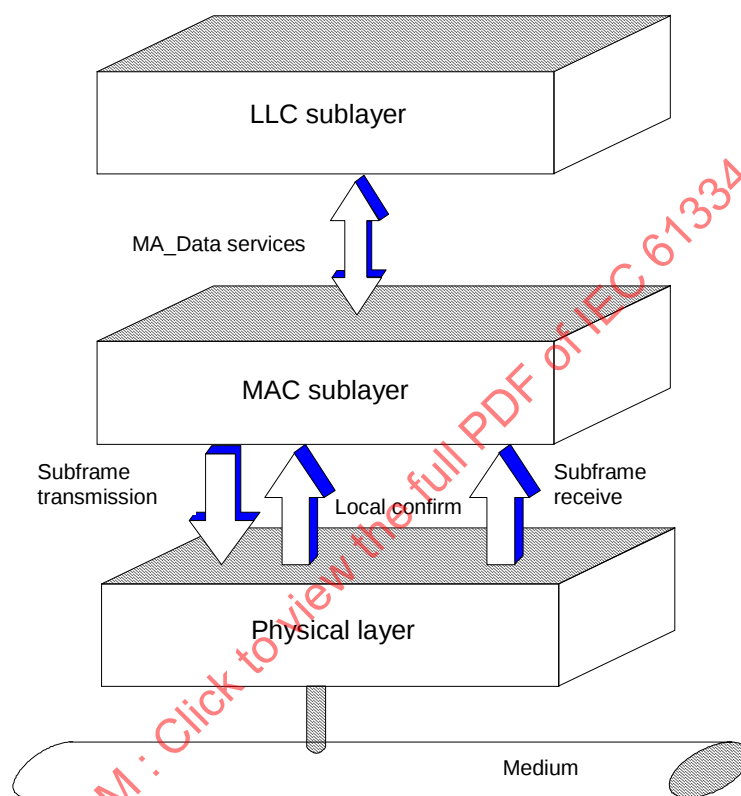
- MA_Data.request
- MA_Data.confirm
- MA_Data.indication

4 Medium access control sublayer (MAC)

4.1 MAC service specification

4.1.1 Purpose

This subclause specifies the services provided by the medium access control (MAC) sublayer to the logical link control (LLC) sublayer (see figure 5) and the systems management application entity. The services are described in an abstract way.



IEC 467/01

Figure 5 – Relationship with reference model

4.1.2 Characteristics

The MAC sublayer only provides access facilities for upper protocols which manage time-sharing between systems. At any time, there should be only one system able to transmit.

4.1.3 Overview of the services

There are two classes of services provided by the MAC sublayer.

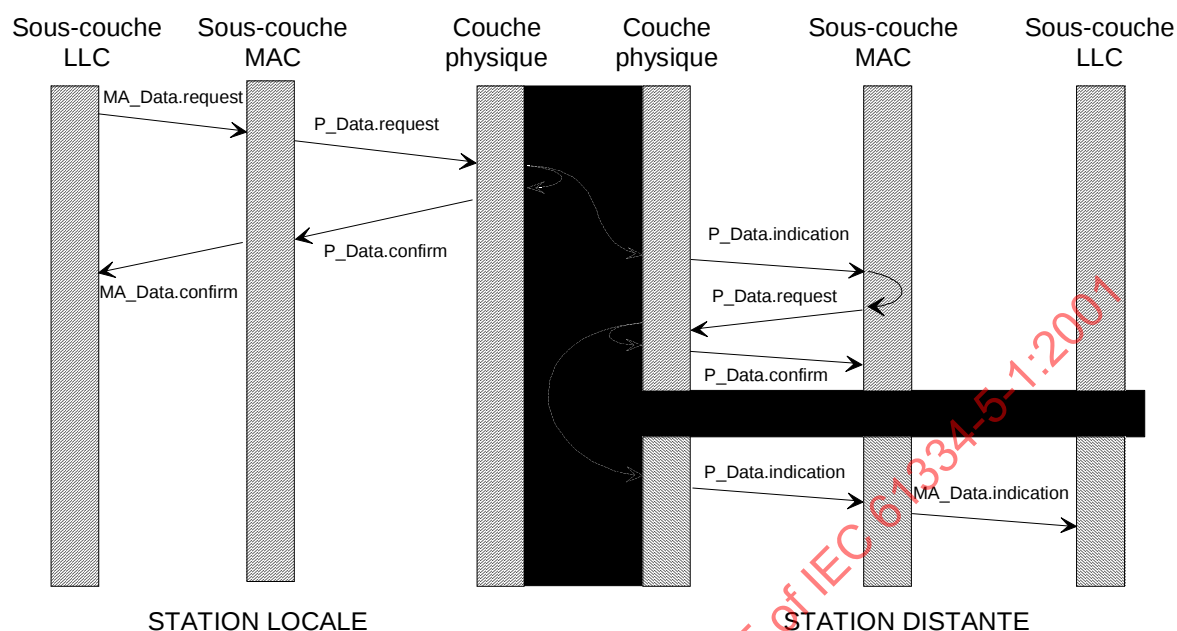
4.1.3.1 The MA_Data services

The MA_Data services allow the LLC sublayer entity to exchange LLC data units with peer LLC sublayer entities (see figure 6).

Three ground primitives are proposed, as usual in the OSI model.

- MA_Data.request
- MA_Data.confirm
- MA_Data.indication

La figure 6 ci-dessous décrit l'échange des primitives MA_Data entre une station locale et deux stations distantes.



IEC 468/01

Figure 6 – Primitives de service MA_Data

Le schéma est décrit ci-dessous. Il est conseillé de lire les paragraphes suivants pour comprendre cette description.

La première station distante (partie supérieure du schéma) ne génère pas de primitive *MA_Data.indication*, car la primitive *P_Data.indication* reçue n'est pas adressée à cette station. Toutefois, cette dernière est configurée comme un répéteur et la trame reçue doit être répétée (valeur du crédit courant > 0). C'est pourquoi la sous-couche MAC émet une primitive *P_Data.request* dès réception de la primitive *P_data.indication*.

La seconde station distante (partie inférieure du schéma) génère une primitive *MA_Data.indication*, car la primitive *P_Data.indication* reçue est adressée à cette station. La station n'étant pas configurée comme un répéteur ou la valeur du champ de crédit courant de la trame reçue étant égale à 0, le système ne génère aucune primitive *P_Data request*.

4.1.3.2 Le service MA_Sync

Le service *MA_Sync* permet à l'application de gestion de systèmes d'être informée de l'état de la synchronisation et de celui de la configuration.

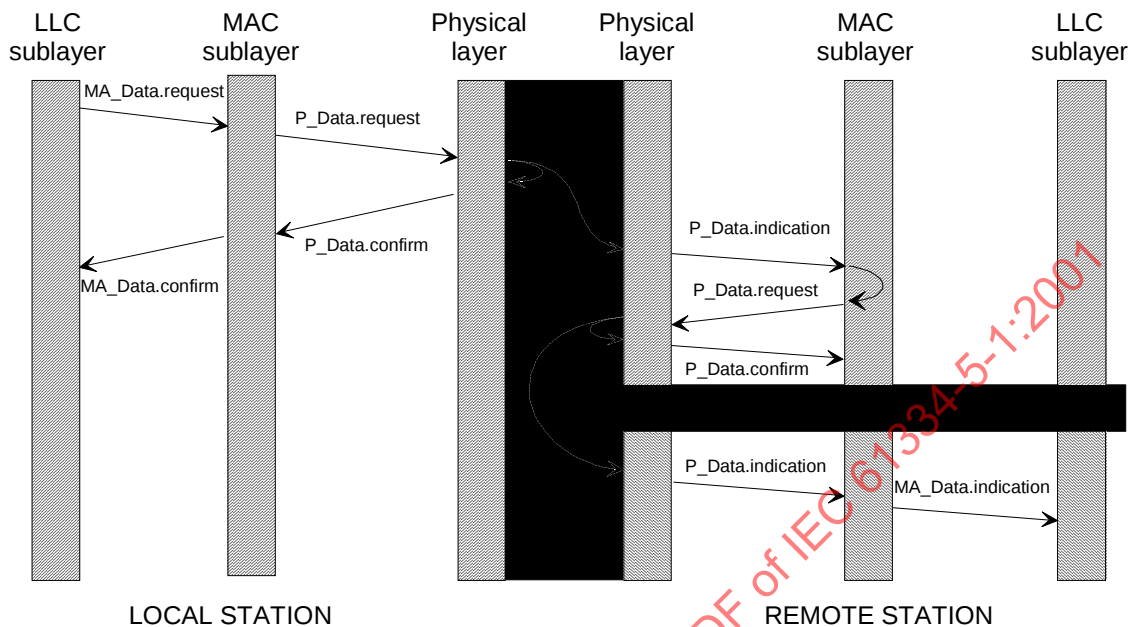
La seule primitive fournie par la sous-couche MAC est appelée *MA_Sync.indication*.

4.1.4 MA_Data.request

4.1.4.1 Fonction

Cette primitive définit le transfert des données à partir d'une sous-couche LLC locale vers une (des) entité(s) LLC identique(s) dans le cas d'un groupe d'adresses.

The following figure 6 describes the exchange of MA_Data primitives between a local station and two remote stations.



IEC 468/01

Figure 6 – MA_Data service primitives

An interpretation of this figure is given below. The reader is advised to read the subclauses which follow in order to understand this interpretation.

The first remote station (upper part of the schema) does not generate an MA_Data.indication because the receive P_Data.indication primitive is not addressed to this station. Nevertheless, this one is configured as a repeater and the received frame has to be repeated (current credit value > 0). That is why the MAC sublayer issues a P_Data.request primitive on reception of the P_data.indication.

The second remote station (lower part of the schema) generates an MA_Data.indication because the receive P_Data.indication primitive is addressed to this station. No P_Data.request is generated by this system because either the station is not configured as a repeater, or the current credit field value of the received frame is equal to 0.

4.1.3.2 The MA_Sync service

The MA_Sync service allows the systems management application entity to be informed of the synchronization and configuration status.

The only primitive provided by the MAC sublayer is named MA_Sync.indication.

4.1.4 MA_Data.request

4.1.4.1 Function

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

4.1.4.2 Structure

La sémantique de cette primitive est la suivante:

```
MA_Data.request (
    Destination_address,
    M_sdu,
    Service_class
)
```

Le paramètre `Destination_address` peut spécifier une adresse MAC individuelle ou de groupe. L'application de gestion de systèmes (SMAE) fournit la sous-couche MAC avec l'IC et les champs de crédit DC associés à cette adresse de destination. Ces éléments sont inclus par la sous-couche MAC dans l'en-tête de la trame. La sous-couche MAC insérant automatiquement le champ de crédit CC, il n'est pas fourni par la SMAE.

NOTE 1 Le champ d'adresse source (SA) n'est pas spécifié, car il s'agit d'un paramètre local renseigné par la sous-couche MAC conformément aux règles de protocole.

NOTE 2 Des adresses individuelles et de groupe sont définies dans la norme CEI 61334-4-1, reference model (modèle de référence). Une adresse de groupe MAC constitue une adresse MAC prédéfinie (NO-BODY, ALL-configured et ALL-physical) ou une adresse de groupe définie dans la variable de gestion MAC `mac-group-addresses`.

NOTE 3 L'adresse NEW est considérée comme constituant l'adresse MAC individuelle des serveurs non configurés.

Le paramètre `M_sdu` (unité de données de service MAC) spécifie l'unité des données de service MAC devant être transmis par la sous-couche MAC. Les informations associées à ce paramètre sont suffisantes pour permettre à la sous-couche MAC de déterminer la longueur de l'unité de données.

Le paramètre `Service_class` doit être égal à 0. D'autres valeurs sont réservées pour des extensions futures et ne sont pas définies dans cette norme.

4.1.4.3 Utilisation

Cette primitive est générée par la sous-couche LLC lorsque des données doivent être transmises à une ou plusieurs LLC identique(s), en réponse à une requête émanant de couches supérieures du protocole.

La réception de cette primitive entraîne la création par l'entité MAC d'une trame appelée trame MAC.

La sous-couche MAC ajoute l'ensemble des champs MAC spécifiques, puis transmet les sous-frames correctement formées aux couches inférieures de protocole de transfert vers la ou les sous-couches MAC identiques.

4.1.5 MA_Data.confirm

4.1.5.1 Fonction

Cette primitive n'est utilisée que localement et fournit une réponse appropriée à la sous-couche LLC ayant émis une primitive `MA_Data.request`. La primitive `MA_Data.confirm` indique à la sous-couche LLC si la transmission du paramètre `P_sdu` de la précédente primitive `MA_Data.request` par la couche physique a abouti.

4.1.4.2 Structure

The semantics of the primitive are as follows:

```
MA_Data.request (  
    Destination_address,  
    M_sdu,  
    Service_class  
)
```

The Destination_address parameter may specify either an individual or a group MAC address. The systems management application entity (SMAE) provides the MAC sublayer entity with the IC, and DC credit fields associated with this destination address. These elements will be included in the header of the frame by the MAC sublayer entity. The CC credit field is not provided by the SMAE since the MAC sublayer entity inserts it automatically by itself.

NOTE 1 The source address (SA) is not specified because it is a local parameter that the MAC sublayer will fill itself regarding the protocol rules.

NOTE 2 Individual and group addresses are defined in the IEC 61334-4-1 reference model. A MAC group address is either a predefined MAC address (NO-BODY, ALL-configured and ALL-physical) or a group address defined in the mac-group-addresses MAC management variable.

NOTE 3 The NEW address is considered as the individual MAC address of the unconfigured servers.

The M_sdu (MAC service data unit) parameter specifies the MAC service data unit to be transmitted by the MAC sublayer entity. There is sufficient information associated with M_sdu for the MAC sublayer entity to determine the length of the data unit.

The Service_class parameter shall be equal to 0. Other values are reserved for future extensions and are not defined in this standard.

4.1.4.3 Use

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

The reception of this primitive will cause the MAC entity to construct a frame called MAC frame.

The MAC sublayer entity appends all MAC specific fields and passes the properly formed subframes to the lower layers of protocol for transfer to the peer MAC sublayer entity or entities.

4.1.5 MA_Data.confirm

4.1.5.1 Function

This primitive has only local significance and provides an appropriate response to the LLC sublayer entity which initiated the MA_Data.request primitive. The MA_Data.confirm primitive tells the LLC sublayer entity whether the P_sdu of the previous MA_Data.request has successfully been transmitted by the physical layer.

4.1.5.2 Structure

La sémantique de cette primitive est la suivante:

```
MA_Data.confirm (
    Transmission_status)
```

Le paramètre `Transmission_status` permet de renvoyer des informations relatives à l'état vers la sous-couche LLC locale qui a émis une demande et d'indiquer si la précédente primitive `MA_Data.request` associée a abouti ou a échoué.

La valeur de retour de l'état du paramètre `Transmission_status` peut être:

- OK: aucune erreur détectée;
- LM-TU: ressources temporairement indisponibles au niveau de la sous-couche MAC;
- LM-NI: ressources non implémentées ou désactivées au niveau de la sous-couche MAC;
- LM-HF: échec matériel au niveau de la sous-couche MAC;
- LM-SE: erreur de syntaxe au niveau de la sous-couche MAC;
- l'une des valeurs possibles du paramètre `Transmission_status` renvoyée par la couche physique.

4.1.5.3 Utilisation

Cette primitive est générée en réponse à une primitive `MA_Data.request` émanant de la sous-couche LLC locale.

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

4.1.6 MA_Data.indication

4.1.6.1 Fonction

Cette primitive définit le transfert des données à partir de la sous-couche MAC vers la sous-couche LLC.

4.1.6.2 Structure

La sémantique de cette primitive est la suivante:

```
MA_Data.indication (
    Destination_address,
    Source_address,
    M_sdu
)
```

Le paramètre `Destination_address` permet d'indiquer une adresse individuelle ou de groupe, comme spécifié dans le champ DA de la trame entrante.

Le paramètre `Source_address` représente une adresse individuelle, comme spécifié dans le champ SA de la trame entrante.

Le paramètre `M_sdu` spécifie l'unité de données de service MAC telle qu'elle est reçue par la sous-couche MAC locale.

4.1.5.2 Structure

The semantics of this primitive are as follows:

```
MA_Data.confirm (  
    Transmission_status)
```

The Transmission_status parameter is used to pass status information back to the local requesting LLC sublayer entity. It is used to indicate the success or failure of the previous associated MA_Data.request.

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

- OK: no error has been found;
- LM-TU: resources temporally unavailable at the MAC sublayer;
- LM-NI: resources not-implemented or inactivated at the MAC sublayer;
- LM-HF: hardware failure at the MAC sublayer;
- LM-SE: syntax error at the MAC sublayer;
- one of the possible Transmission_status values returned by the physical layer.

4.1.5.3 Use

This primitive is generated in response to a MA_Data.request from the local LLC sublayer entity.

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

4.1.6 MA_Data.indication

4.1.6.1 Function

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

4.1.6.2 Structure

The semantics of this primitive are as follows:

```
MA_Data.indication (  
    Destination_address,  
    Source_address,  
    M_sdu  
)
```

The Destination_address parameter may be either an individual or a group MAC address as specified by the DA field of the incoming frame.

The Source_address parameter is an individual address as specified by the SA field of the incoming frame.

The M_sdu parameter specifies the MAC service data unit received by the local MAC sublayer entity.

4.1.6.3 Utilisation

La primitive MA_Data.indication est transmise de la sous-couche MAC vers la (les) sous-couche(s) LLC pour indiquer l'arrivée d'une trame dans la sous-couche MAC locale.

- Dans un système serveur, ce type de trame est signalé uniquement si
 - elles sont écrites à un format valable;
 - elles sont reçues sans erreur. Le système n'est pas configuré (son adresse mac-address est égale à l'adresse NEW) et l'adresse de destination de la trame MAC reçue correspond à l'adresse NEW, à l'adresse de groupe ALL-physical prédéfinie ou à l'une des adresses de groupe contenues dans la variable de gestion MAC mac-group-addresses;
 - le système est configuré (son adresse mac-address est différente de son adresse NEW) et l'adresse de destination désigne l'entité MAC locale via son adresse individuelle (mac-address) ou via une adresse de groupe différente de NO-BODY (ALL-physical, ALL-configured ou l'une des adresses de groupe contenues dans la variable de gestion MAC mac-group-addresses).

Si l'état du système serveur est «verrouillé», un essai supplémentaire est réalisé avec pour objectif de contrôler l'adresse source de la trame MAC reçue. Si celle-ci n'est pas égale à l'adresse contenue dans la variable de gestion MAC initiator-mac-address, la trame reçue n'est pas transférée vers la sous-couche LLC.

Si l'état du système serveur est «déverrouillé», aucun essai supplémentaire n'est réalisé sur le champ d'adresse source de la trame reçue.

- Dans un système client, ce type de trame est signalé dès son écriture au format valable et sa réception sans erreur.

4.1.7 MA_Sync.indication

4.1.7.1 Fonction

Cette primitive définit le transfert des informations d'état à partir de la sous-couche MAC vers l'application de gestion des systèmes.

4.1.7.2 Structure

La sémantique de cette primitive est la suivante:

MA_Sync.indication (

Synchronisation State,

Synchro Loss Cause: Optional,

Source Address: Optional,

Destination Address: Optional)

Le paramètre synchronisation state indique l'état de synchronisation de la couche physique. Ce paramètre peut prendre les valeurs suivantes:

- SYNCHRO_FOUND: la couche physique a trouvé une référence de synchronisation;
- SYNCHRO_LOSS: la couche physique a perdu sa référence de synchronisation;
- SYNCHRO_CONF: les caractéristiques de la trame reçue conviennent, la synchronisation est alors confirmée.

4.1.6.3 Use

The MA_Data.indication is passed from the MAC sublayer entity to the LLC sublayer entity to indicate the arrival of a frame to the local MAC sublayer entity.

- In a server system, such frames are reported only if
 - they are written in a valid format;
 - they are received without errors. The system is unconfigured (its mac-address is equal to NEW) and the destination address of the received MAC frame corresponds to the NEW address, the predefined ALL-physical group address or one of the group addresses contained in the mac-group-addresses MAC management variable;
 - the system is configured (its mac-address is different from NEW) and the destination address designates the local MAC entity through its individual address (mac-address) or through a group address different from NO-BODY (ALL-physical, ALL-configured, or one of the group addresses contained in the mac-group-addresses MAC management variable).

If the server system is in the so-called "locked" state, an additional test is carried out. The purpose of this test is to check the source address of the received MAC frame. If this one is not equal to the address contained in the initiator-mac-address MAC management variable, the received frame is not transferred to the LLC sublayer entity.

If the server system is in the unlocked state, no additional test is carried out on the source address field of the received frame.

- In a client system, such frames are reported as soon as they are written in a valid format and received without errors.

4.1.7 MA_Sync.indication

4.1.7.1 Function

This primitive defines the transfer of status information from the MAC sublayer entity to the systems management application entity.

4.1.7.2 Structure

The semantics of this primitive are as follows:

```
MA_Sync.indication(
    Synchronization State,
    Synchro Loss Cause: Optional,
    Source Address: Optional,
    Destination Address: Optional)
```

The synchronization state parameter indicates the synchronization state of the physical layer. The possible values of this parameter are:

- SYNCHRO_FOUND: the physical layer entity has found a synchronization reference;
- SYNCHRO_LOSS: the physical layer entity has lost its synchronization reference;
- SYNCHRO_CONF: the characteristics of the received frame are OK: the synchronization is confirmed.

Le paramètre synchro loss cause est facultatif. Il existe uniquement si le paramètre Synchronisation State est fixé à SYNCRO_LOSS. Il indique l'origine de la perte de synchronisation. Les valeurs de retour peuvent être:

- synchronization-confirmation-time-out: la perte de synchronisation est due au compteur synchronization-confirmation-time-out;
- time-out-not-addressed: la perte de synchronisation est due au compteur time-out-not-addressed;
- time-out-frame-not-OK: la perte de synchronisation est due au compteur time-out-frame-not-OK;
- write_request: la perte de synchronisation est due à une action d'écriture sur l'une des variables MAC Management (écriture des variables new-synchronisation et mac-address (mise à NEW));
- wrong_initiator: la synchronisation a été rejetée, car les champs d'adresse de la trame reçue sont incompatibles avec le contenu la variable initiator-mac-address MAC Management (si ce contenu est différent de NO-BODY).

Les paramètres source address et destination address sont facultatifs. Ils existent uniquement si

- le paramètre synchronization state est égal à SYNCRO_LOSS et le paramètre synchro loss cause est égal à wrong_initiator

ou

- le paramètre synchronization state est égal à SYNCRO_CONF.

Les paramètres Source Address et Destination Address peuvent constituer des adresses MAC individuelles ou de groupe. Ils correspondent aux champs d'adresse SA et DA de la trame MAC reçue.

4.1.7.3 Utilisation

La primitive MA_Sync.indication est transmise de la sous-couche MAC vers l'application de gestion de systèmes, afin de signaler une modification apportée à l'état de synchronisation et de configuration.

Il convient qu'une primitive MA_Sync.indication contenant une notification SYNCRO_FOUND soit toujours suivie d'une seconde primitive MA_Sync.indication. Celle-ci fournira ensuite une confirmation positive ou négative du processus de synchronisation. Néanmoins, aucune autre primitive MA_Sync.indication n'est transmise si une primitive MA_Data.indication peut être générée à la place. Celle dernière peut être associée à une confirmation positive du processus de synchronisation.

4.2 Structure de la trame MAC

Ce paragraphe décrit en détail la structure de trame pour les systèmes de communication de données utilisant des procédures DCP MAC. Il définit les diverses composantes des trames MAC, ainsi que leurs positions.

Plusieurs types de trames MAC peuvent être définis. L'objectif de cette norme est de décrire la structure associée au type de trame MAC long. D'autres types de trames MAC peuvent être définis (trois maximum). Ils ne sont pas décrits dans la présente norme.

Quel que soit le type de trame MAC, la sous-couche MAC crée et traite les unités de données de protocole MAC (M_pdu) dont la taille est égale à 38 octets. Ces unités M_pdu commencent par un champ de deux octets appelé Indicateur de trame (voir figure 7). Ce champ identifie le type de trame MAC et fait partie des informations de contrôle du protocole MAC (M_pci). Par convention, une unité M_pdu est appelée sous-trame MAC. Le champ FI est suivi d'un paquet de données de 36 octets fourni par la sous-couche MAC pour la transmission et par la couche physique pour la réception.

The synchro loss cause parameter is optional. It is only present if the synchronization state parameter is set to SYNCRO_LOSS. It indicates the cause of the synchronization loss. The possible returned values are:

- synchronization-confirmation-time-out: the synchronization loss is due to the synchronization-confirmation-time-out counter;
- time-out-not-addressed: the synchronization loss is due to the time-out-not-addressed counter;
- time-out-frame-not-OK: the synchronization loss is due to the time-out-frame-not-OK counter;
- write_request: the synchronization loss is due to a writing action on one MAC Management Variable (writing of the new-synchronization variable, writing of the mac-address variable (set to NEW));
- wrong_initiator: the synchronization has been rejected because the address fields of the received frame are not compatible with the initiator-mac-address MAC Management Variable content (if this content is different from NO-BODY).

The source address and destination address parameters are optional. They are only present if

- the synchronization state parameter is set to SYNCRO_LOSS and the synchro loss cause parameter is set to wrong_initiator,

or

- the synchronization state parameter is set to SYNCRO_CONF.

The source address and destination address parameters may be either an individual or group MAC address. They correspond to the SA and DA address fields of the received MAC frame.

4.1.7.3 Use

The MA_Sync.indication primitive is passed from the MAC sublayer entity to the system management application entity to indicate a change in the synchronization and configuration status.

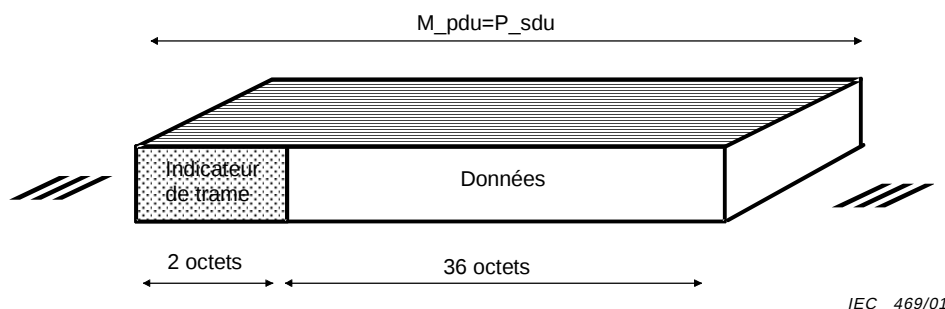
A MA_Sync.indication primitive containing a SYNCRO_FOUND notification should always be followed by a second MA_Sync.indication primitive. This would then provide a positive or negative confirmation of the synchronization process. Nevertheless, no second MA_Sync.indication is transmitted if a MA_Data.indication can be generated instead. The latter can be associated with a positive confirmation of the synchronization process.

4.2 MAC frame structure

This subclause defines in detail the frame structure for data communication systems using the DCP MAC procedures. It defines the various components of the MAC frames and their relative positions.

Several types of MAC frames can be defined. The aim of this standard is to describe the structure associated to the long MAC frame type. Other MAC frame types can be defined (up to three) which are not described in this standard.

Whichever type the MAC frame is, the MAC sublayer constructs and processes MAC protocol data units (M_pdu) the size of which is equal to 38 bytes. These M_pdu start with a two-byte field called the frame indicator (see figure 7). This field identifies the type of the MAC frame and is a part of the MAC protocol control information (M_pci). By convention, a M_pdu is called a MAC subframe. The FI field is followed by a 36 byte data packet provided by the MAC sublayer for transmission and provided by the physical layer for reception.



IEC 469/01

Figure 7 – Format de sous-trame MAC

4.2.1 Indicateur de trame

Le paramètre d'indicateur de trame (FI) utilise deux bits d'informations pour définir le type de trame. La valeur 00 indique une trame MAC longue. Les valeurs 01, 10 et 11 sont réservées à des applications futures.

Le paramètre d'indicateur de trame est sécurisé avec son propre code de correction. La longueur du champ de l'indicateur de trame est égale à 2 octets.

Le contenu des informations du paramètre FI consiste en 2 bits: $[b_1 \ b_2]$

b_1	b_2
0	0 Trame MAC longue
0	1 Réserve
1	0 Réserve
1	1 Réserve

Le code de chaque bit d'information est un mot de code $\underline{c}$ de 8 bits (1 octet) créé à l'aide d'un code de répétition (8,1).

$$\underline{c}_1 = b_1 \ b_1 \ b_1 \ b_1 \ b_1 \ b_1 \ b_1 \ b_1 \quad \underline{c}_2 = b_2 \ b_2 \ b_2 \ b_2 \ b_2 \ b_2 \ b_2 \ b_2.$$

Ce code de répétition (8,1) peut corriger jusqu'à trois erreurs (par décision majoritaire) et détecter jusqu'à quatre erreurs (si le nombre de bits-0 est égal à celui de bits-1).

4.2.2 Format de trame MAC longue

La présente norme décrit un modèle MAC fonctionnel traitant uniquement des formats de trames MAC longues.

La sous-couche MAC crée des trames MAC longues lorsqu'elle reçoit de la sous-couche LLC une primitive MA_Data.request avec une classe de service égale à 0.

La sous-couche MAC traite une trame MAC longue lorsqu'elle reçoit de la couche physique un $P_sdu = M_pdu$ avec un champ d'indicateur de trame égal à 0.

Une trame MAC longue consiste en une structure pouvant être associée à plusieurs paramètres M_pdu de 38 octets (7 paramètres maximum) généralement appelés Sous-trames MAC. Cette structure contient une seule unité de données de service MAC (M_sdu).

La longueur d'une trame MAC peut varier. Le nombre de sous-trames d'une trame MAC longue dépend de la longueur du paramètre M_sdu . Une sous-trame MAC est un paquet de 38 octets égal à un seul paramètre M_pdu .

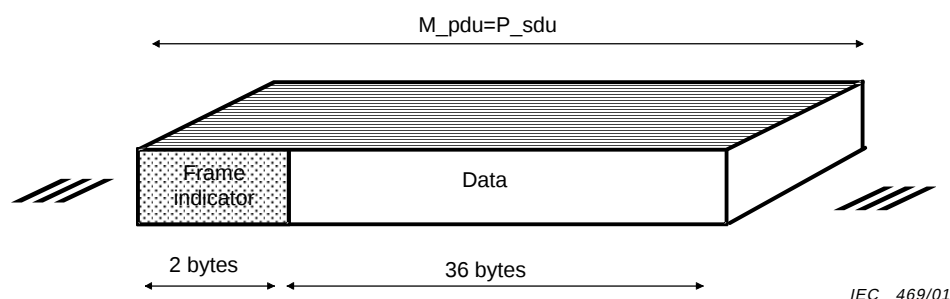


Figure 7 – MAC subframe format

4.2.1 Frame indicator

The frame indicator parameter (FI) defines the type of the frame with information of 2 bits. The 00 value indicates a long MAC frame. The 01, 10, 11 values are reserved for further applications.

The frame indicator parameter is secured with its own error correcting code. The frame indicator field is 2 bytes long.

The information content of the FI consists of 2 bits: $[b_1 \ b_2]$

b_1	b_2	
0	0	long MAC frame
0	1	Reserved
1	0	Reserved
1	1	Reserved

Each of the information bits is coded into a code word $\underline{c}$ of 8 bits (1 byte) by using a (8,1) repetition code.

$$\underline{c}_1 = b_1 \ b_1 \ b_1 \ b_1 \ b_1 \ b_1 \ b_1 \ b_1 \quad \underline{c}_2 = b_2 \ b_2 \ b_2 \ b_2 \ b_2 \ b_2 \ b_2 \ b_2.$$

The (8,1) repetition code can correct up to three errors (by majority decision) and it can detect up to four errors (if the number of 0-bits is equal to the number of 1-bits).

4.2.2 Long MAC frame format

This standard describes a functional MAC model which only processes long MAC frames formats.

The MAC sublayer constructs long MAC frames when it receives from the LLC sublayer a MA_Data.request primitive with a service class equal to 0.

The MAC sublayer processes a long MAC frame structure when it receives from the physical layer a P_sdu=M_pdu with a frame indicator field equal to 0.

A long MAC frame is a structure which can be associated to several M_pdu of 38 bytes (up to 7) commonly called MAC subframes. This structure contains a single MAC service data unit (M_sdu).

The length of a long MAC frame is variable. The number of subframes in a long MAC frame depends on the length of the M_sdu. A MAC subframe is a packet of 38 bytes equal to a single M_pdu.

Une trame MAC longue contient les champs suivants (voir figures 8, 9 et 10):

- nombre de sous-trames (NS): 2 octets;
- crédit delta, initial et courant (IC, CC, DC): 1 octet;
- adresses source et de destination (SA, DA): 3 octets;
- longueur des octets de remplissage (PL): 1 octet;
- champ de données (Data): 242 octets maximum;
- champ des octets de remplissage (Pad);
- séquence de contrôle de trame (FCS): 3 octets.

Le nombre de sous-trames, les champs de crédit et d'adresse, ainsi que la longueur des octets de remplissage sont appelés «en-tête de trame»(FH) ou plus communément «en-tête».

L'en-tête de trame, la séquence de contrôle de trame et l'indicateur de trame représentent les informations de contrôle du protocole MAC (M_pci) de la trame MAC longue.

La trame MAC longue est divisée en plusieurs sous-trames. La première sous-trame d'une trame MAC longue contient l'en-tête de trame. Chaque sous-trame commence avec les deux octets du champ de l'indicateur de trame égaux à 0.

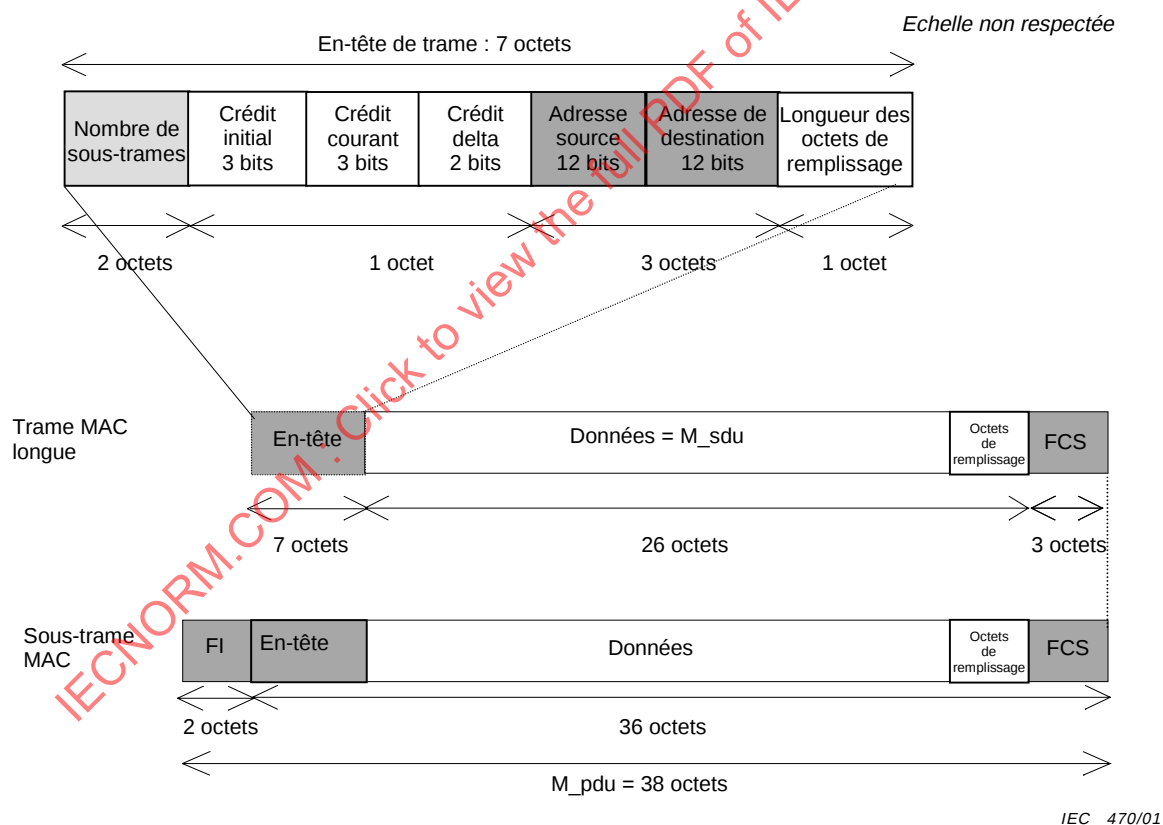


Figure 8 – Trame MAC longue constituée d'une seule sous-trame

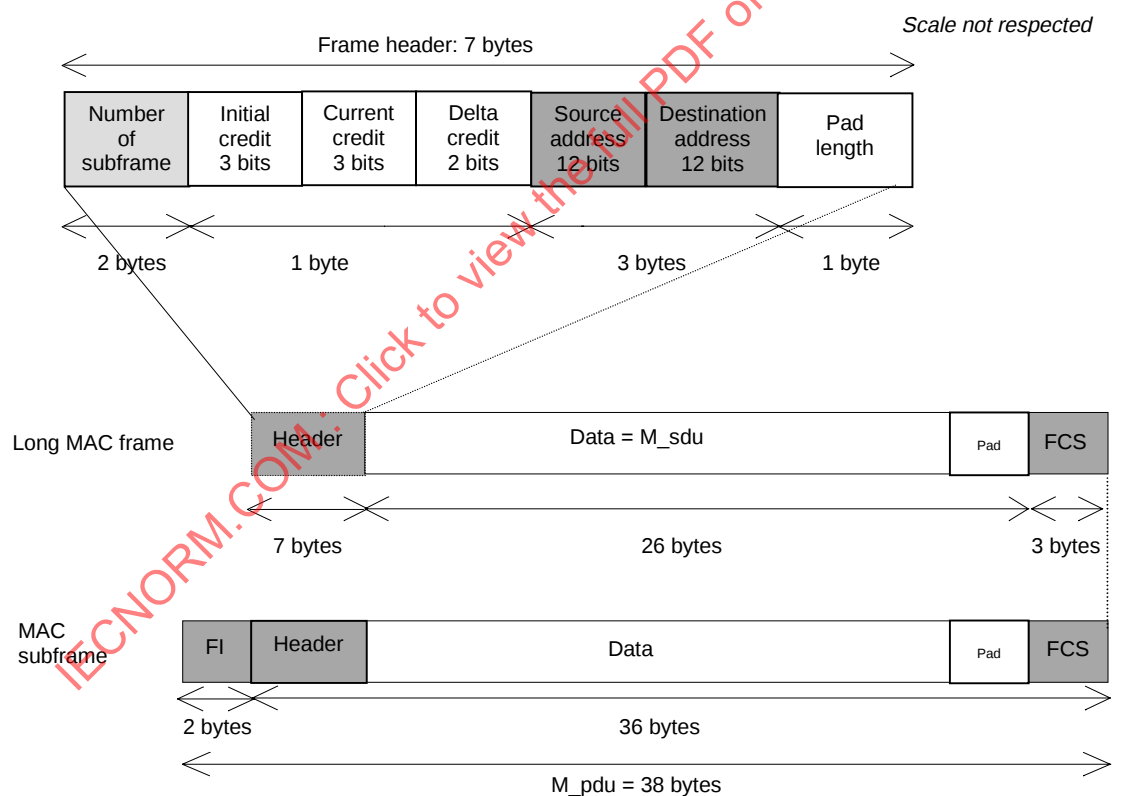
A long MAC frame contains the following fields (see figures 8, 9, 10):

- number of subframes (NS): 2 bytes;
- initial, current and delta credit (IC, CC, DC): 1 byte;
- source and destination addresses (SA, DA): 3 bytes;
- pad length (PL): 1 byte;
- data field (Data), up to 242 bytes;
- pad field (Pad);
- frame check sequence (FCS), 3 bytes.

The number of subframes, the credit fields, the address fields and the pad length are called frame header (FH) or, more commonly, header.

The frame header, the frame check sequence and the frame indicator form the MAC protocol control information (M_pci) of the long MAC frame.

The long MAC frame is divided into several subframes. The first subframe of a long MAC frame contains the frame header. Each subframe starts with the two bytes of the frame indicator field equal to 0.



IEC 470/01

Figure 8 – Long MAC frame made of one subframe only

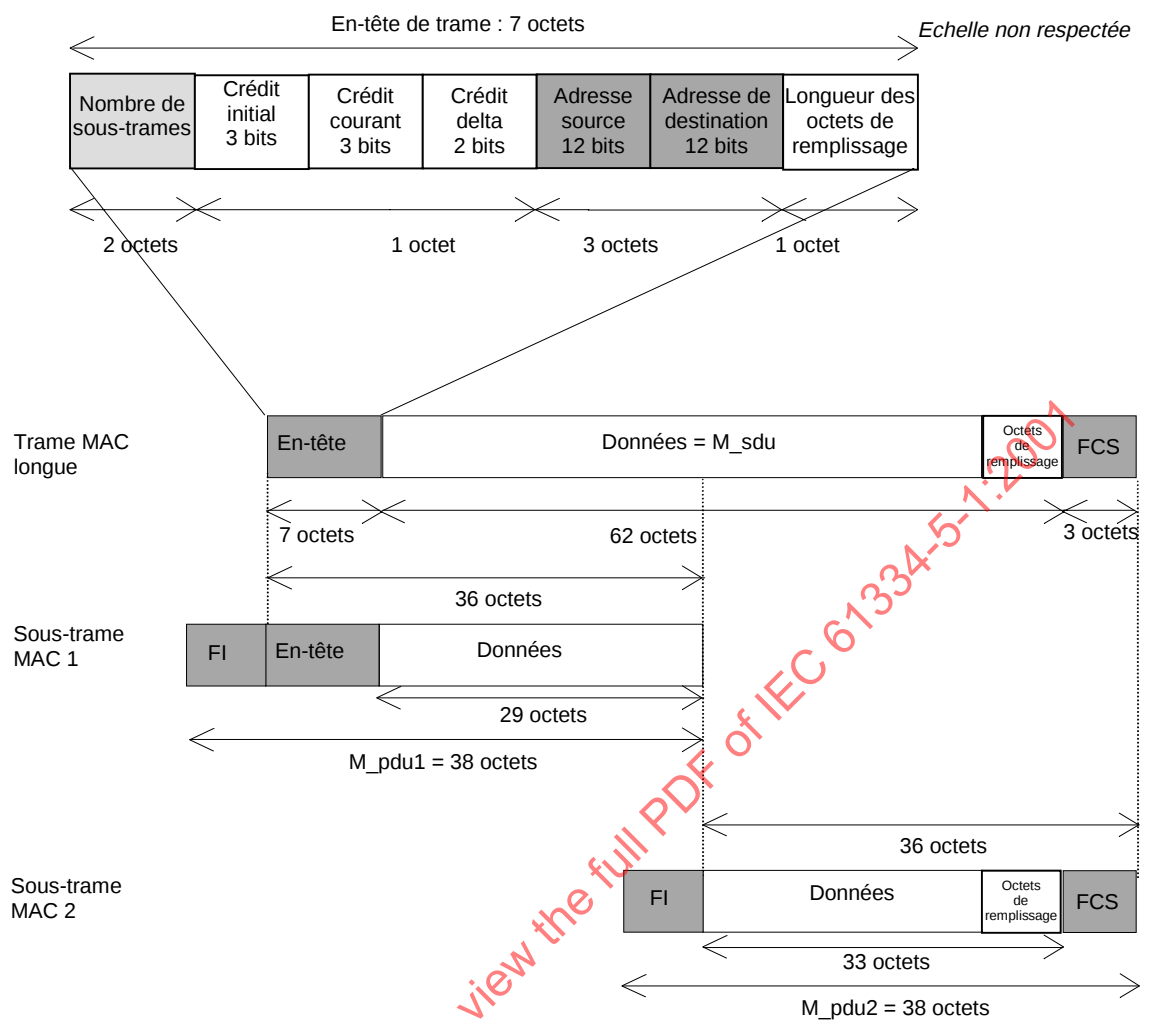


Figure 9 – Trame MAC longue constituée de deux sous-trames

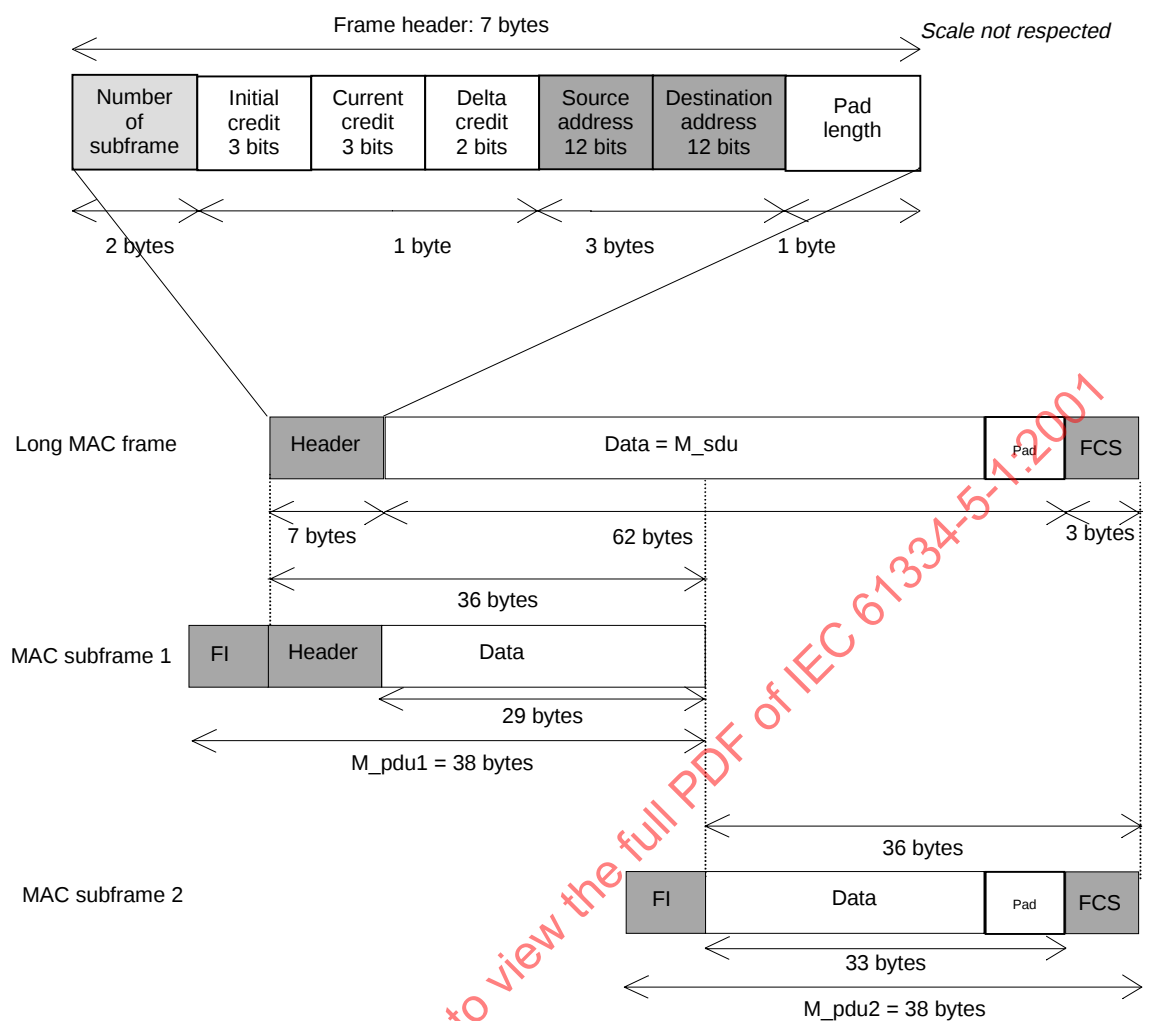
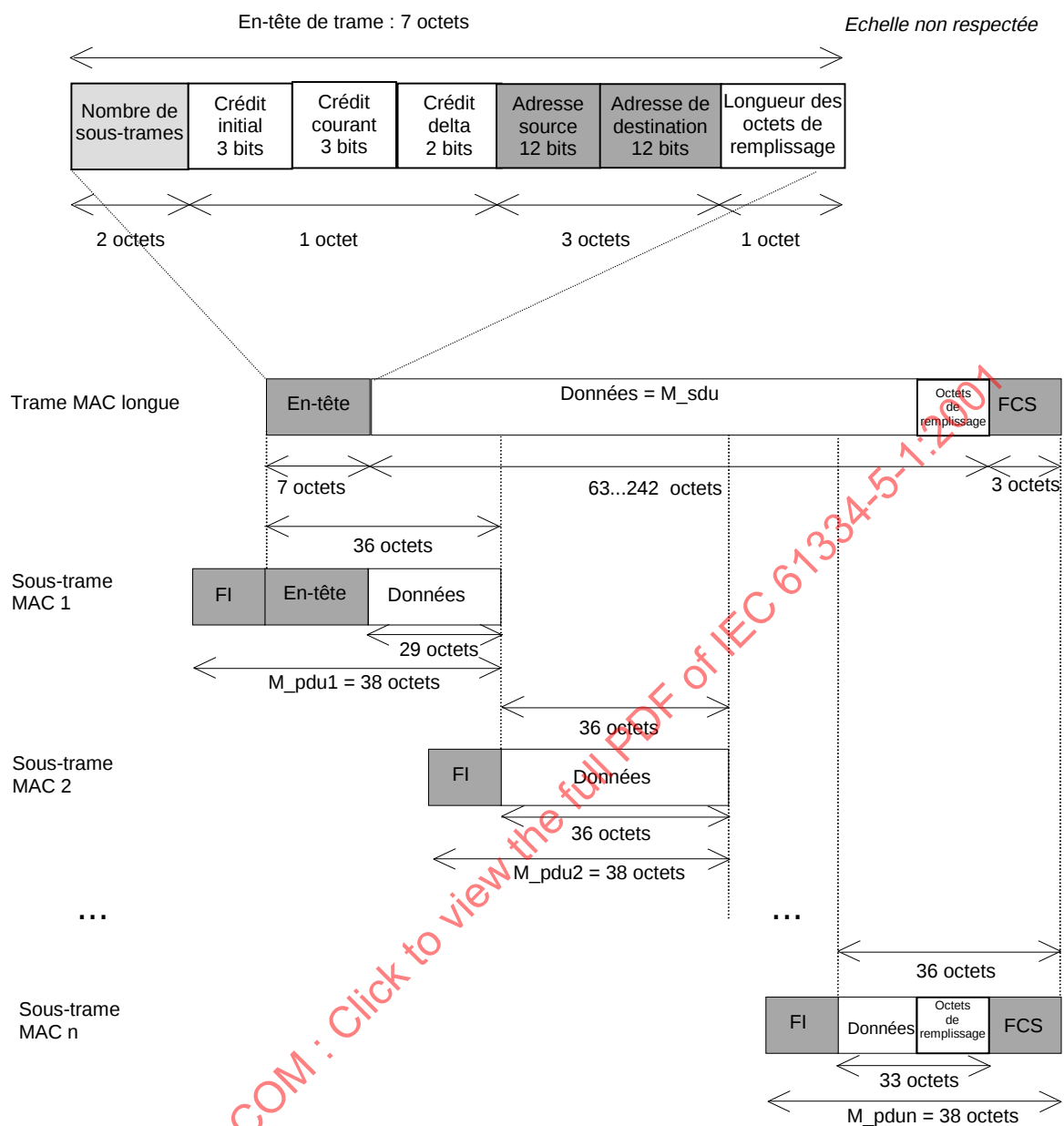
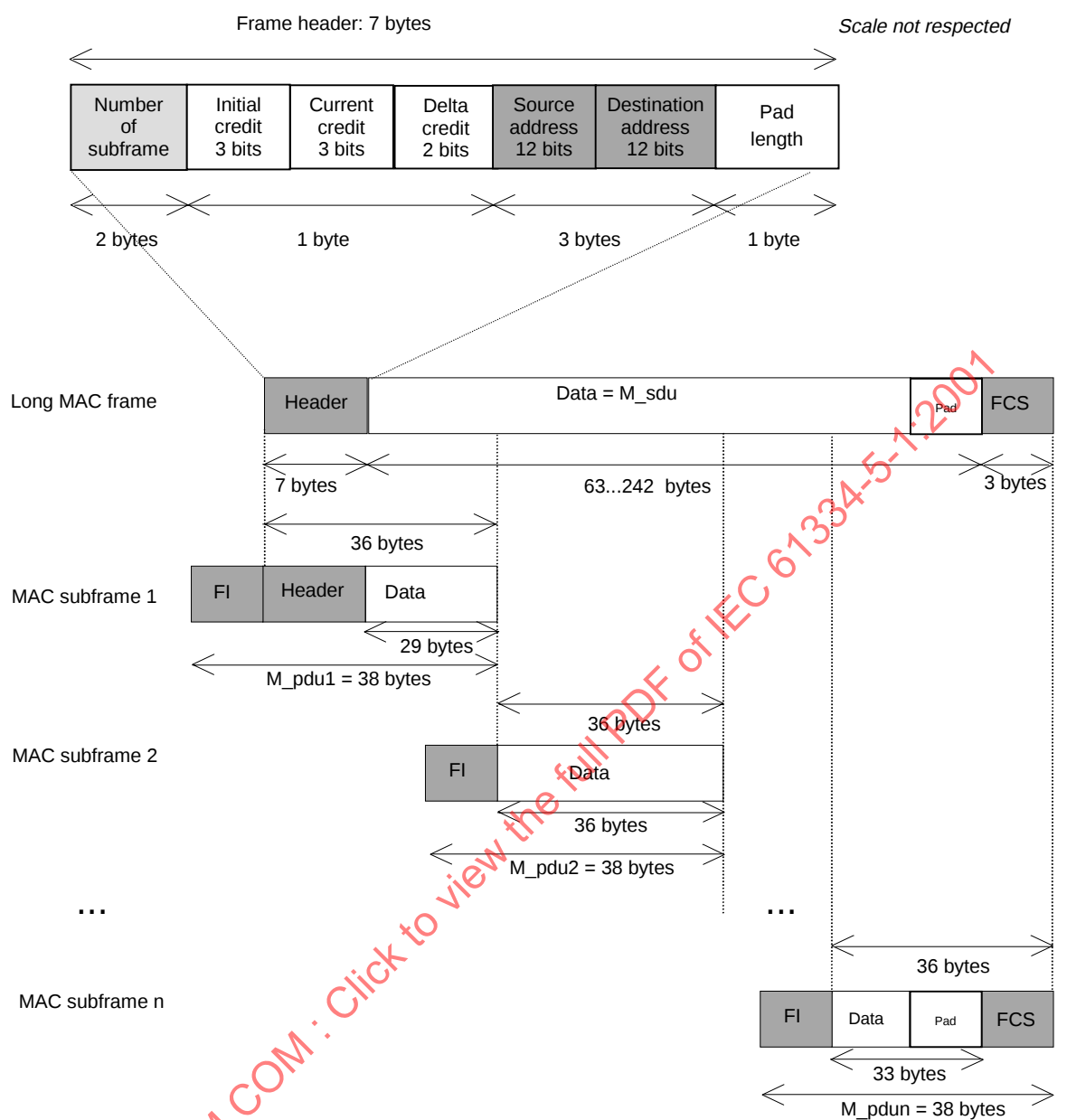


Figure 9 – Long MAC frame made of two subframes



IEC 472/01

Figure 10 – Trame MAC longue constituée de plus de deux sous-trames



IEC 472/01

Figure 10 – Long MAC frame made of more than two subframes

4.2.3 Eléments de la trame MAC longue

4.2.3.1 Champs de crédit

DCP recourt au principe de répétition avec des crédits de transmission vers des utilisateurs distants.

Le paramètre de crédit initial contient la valeur de crédit initial existant lors de la génération de l'émission. Le paramètre de crédit courant contient la valeur courante du crédit. Une trame dont la valeur courante est égale à 0 n'est pas retransmise. Des trames correctement reçues dont le crédit courant est supérieur à 0 sont retransmises et le crédit courant est réduit de 1.

Au moment de la réception d'une trame correcte, la valeur du champ CC indique le nombre de trames restantes après cette transmission. Par exemple, lorsque $CC = 2$, cela signifie que deux trames MAC doivent être répétées.

Le champ DC d'une trame MAC reçue n'a d'importance que pour les systèmes client. Il représente la différence ($IC - CC$) de la dernière communication provenant du système identifié par l'adresse DA et envoyée au système identifié par l'adresse SA. Il est utilisé par l'application de gestion de systèmes client pour la gestion de crédits. Pour un système serveur, le champ DC ne présente aucune importance. Aussi, la valeur de ce champ dans une trame MAC transmise par un système client est arbitrairement fixée à 0.

4.2.3.1.1 Spécifications de la SMAE pour la gestion de crédits

Lors de la création d'une trame MAC, les valeurs de crédit IC et DC sont fournies par l'application de gestion de systèmes (SMAE). Ces valeurs dépendent de l'adresse de destination. La valeur CC de la première trame MAC transmise est toujours égale à la valeur IC.

Lors de la réception d'une trame, la sous-couche MAC fournit à la SMAE les valeurs de crédit IC, CC et DC avec l'adresse SA correspondante. La SMAE met alors à jour une variable de gestion locale appelée reception-credits-array.

La SMAE gère les valeurs de crédit pour l'émission et la réception.

Les valeurs de crédit soumises à la sous-couche MAC lors de la création d'une trame MAC sont extraites d'un tableau mis à jour par la SMAE. Ce tableau est appelé sending-credits-array.

Reception-credits-array et sending-credits-array sont des variables de gestion locale utilisées par la SMAE à des fins de gestion de crédits. L'objectif de la présente norme n'est pas de décrire les spécifications fonctionnelles de la SMAE dans le cadre de cette gestion.

a) Gestion de crédits par une SMAE serveur

Lorsqu'un système serveur répond à une requête transmise par un système client, il crée généralement une trame MAC dont la valeur IC est égale à celle de la dernière trame MAC reçue. Le contenu du champ DC correspond à la différence ($IC - CC$) calculée à la réception de la trame MAC correspondant à cette requête. Une SMAE serveur n'utilise pas les informations fournies par le champ DC d'une trame MAC reçue. Ce champ concerne donc uniquement un client SMAE.

NOTE La SMAE ne suit pas les mêmes règles lorsqu'un service CIASE est reçu. La valeur IC utilisée comme réponse envoyée à un service discover ne correspond pas à celle de la trame MAC reçue. (Pour plus d'informations, se référer à la CEI 61334-4-511).

4.2.3 Elements of the long MAC frame

4.2.3.1 Credit fields

DCP uses the principle of repetition with credits for transmission to distant users.

The initial credit parameter contains the value of the initial credit when the emission was initiated. The current credit parameter contains the current value of the credit. A frame with a 0 current credit value is not retransmitted. Correctly received frames with current credit greater than 0 are re-transmitted whereas the current credit is decremented by 1.

At the reception of a correct frame, the value of the CC field indicates the number of frames that remain after this transmission. For instance, if $CC = 2$, it means that there remains two MAC frames to be repeated.

The DC field of a received MAC frame is only meaningful for client systems. It represents the difference ($IC - CC$) of the last communication from the system identified by the DA address to the system identified by the SA address. It is used by the systems management application entity of client systems for credits management. For a server system, the DC field has no meaning. That is why the DC field of a MAC frame transmitted by a client system is arbitrarily set to 0.

4.2.3.1.1 Specifications of the SMAE for the credits management

When building a MAC frame, the IC and DC credit values are provided by the systems management application entity (SMAE). The credit values depend on the destination address. The CC value of the first transmitted MAC frame is always equal to the IC value.

When receiving a frame, the MAC sublayer entity provides the IC, CC and DC credit values with the corresponding SA address to the SMAE. The SMAE then updates a local management variable called reception-credits-array.

The SMAE is the entity which manages credits values for emission and reception.

The credits values which are submitted to the MAC sublayer entity when constructing a MAC frame, are extracted from an array updated by the SMAE. This array is called sending-credits-array.

The reception-credits-array and sending-credits-array variables are local management variables used by the SMAE for credits management purposes. It is not the scope of this standard to give functional specifications of the SMAE with reference to credits management.

a) Credits management by a server SMAE

When a server system responds to a request transmitted by a client system, it generally builds a MAC frame with an IC value equal to the IC value of the last received MAC frame. The DC field content is the difference ($IC - CC$) computed on reception of the MAC frame corresponding to the request. A server SMAE does not use the information provided by the DC field of a received MAC frame. This field has only significance for a client SMAE.

NOTE The SMAE does not follow the same rule when a CIASE service is received. The IC value used for the response to a discover service does not correspond to the IC value of the received MAC frame (refer to IEC 61334-4-511 for more information).

b) SMAE client

Un système client doit connaître l'ensemble des caractéristiques de crédit (IC, CC et DC) d'une trame MAC reçue à partir d'un serveur. Ces informations sont nécessaires pour la SMAE client, afin de déterminer la valeur du champ IC à utiliser pour la prochaine transmission. Cette valeur dépend de plusieurs critères faisant l'objet d'un algorithme spécifique. Les spécifications de cet algorithme dépassent le cadre de la présente norme.

NOTE 1 Lors de la réception, la différence (IC – CC) indique au client la nécessité d'un crédit pour la transmission de communication [serveur (identifié par SA) => client], alors que la valeur DC indique la nécessité d'un crédit pour la dernière transmission de communication [client => serveur].

NOTE 2 Le contenu du champ DC d'une trame transmise par un système client n'a pas d'importance pour un système serveur.

4.2.3.1.2 Codage

Les champs de crédit sont codés de la façon suivante.

Le contenu du champ IC est constitué de 3 bits. Les valeurs d'IC vont de 0 à 7, ce qui signifie qu'une trame MAC peut être répétée sept fois.

Le contenu du champ CC est constitué de 3 bits également.

Le champ DC comporte 2 bits d'information. 0, 1, 2 et 3 sont les seules valeurs possibles. Cette dernière valeur ne constitue pas une information précise sur la différence (IC – CC). En effet, un champ DC égal à 3 peut correspondre aux valeurs comprises entre 3 et 7.

4.2.3.2 Champs d'adresse

Chaque trame MAC longue contient deux champs d'adresses possibles, à savoir dans l'ordre celui de l'adresse source et celui de l'adresse de destination. Ce dernier spécifie l'adresse à laquelle la trame est destinée. Le champ de l'adresse source doit identifier la station à partir de laquelle la trame a été générée.

Chaque champ d'adresse contient 12 bits. Il existe deux types d'adresses de destination: l'adresse individuelle et l'adresse de groupe. Une adresse individuelle est utilisée pour les communications de point à point. Une adresse de groupe sert à la communication et à la diffusion à points multiples. Se référer à la norme ISO/CEI 7498-3.

NOTE L'adresse NEW représente une valeur prédéfinie (égale à FFE) particulière lorsqu'elle est utilisée en tant qu'adresse individuelle. Si un serveur n'est pas configuré, sa variable de gestion mac-address est égale par convention à NEW. Cela signifie que plusieurs systèmes serveur non configurés peuvent être associés à la même adresse individuelle (NEW). Cette caractéristique permet à un système client d'accéder à plusieurs systèmes via l'adresse individuelle NEW.

4.2.3.3 Champs de longueur: NS et PL

4.2.3.3.1 Description

Le champ du nombre de sous-trames (NS) indique le nombre de sous-trames associées à la trame MAC longue. Le nombre de sous-trames est déterminé par la longueur du champ de données. NS peut être un nombre entier positif compris entre 1 et 7.

Le champ de la longueur des octets de remplissage indique la longueur en octets.

4.2.3.3.2 Longueur

Chaque sous-trame MAC d'une trame MAC longue est constituée de 38 octets.

b) Client SMAE

A client system needs to know all the credits characteristics (IC, CC, DC) of a received MAC frame coming from a server. This information is necessary for the client SMAE to determine the IC value to be used for the next transmission. This value depends on several criteria which are the subject of a specific algorithm. The specifications of this algorithm are outwith the scope of this standard.

NOTE 1 On reception, the difference (IC–CC) informs the client about the credit actually needed for the communication way [server (identified by SA) => client] whereas the DC value informs about the credit actually needed for the last communication way [client => server].

NOTE 2 The DC field content of a frame transmitted by a client system has no meaning for a server system.

4.2.3.1.2 Encoding

The credit fields are coded as follows.

The IC field content consists of 3 bits. IC can take values from 0 to 7. This means that a MAC frame can be repeated up to seven times.

The CC field content also consists of 3 bits.

The DC field carries 2 bits of information. DC can only take the values: 0, 1, 2 and 3. The value 3 is not an accurate information about the difference (IC–CC). Indeed, a DC field content equal to 3 can correspond to the values 3 to 7.

4.2.3.2 Address fields

Each long MAC frame contains two address fields: the source address field and the destination address field, in that order. The destination address field specifies the destination address for which the frame is intended. The source address field shall identify the station from which the frame was initiated.

Each address field contains 12 bits. There are two types of destination addresses: individual address and group address. An individual address is used for point-to-point communications. A group address is used for multi-point communication and broadcasting. Refer to ISO/IEC 7498-3.

NOTE The NEW address is a predefined value (value equal to FFE) which is particular since it is used as an individual address. When a server is not configured, its mac-address management variable is conventionally set to NEW. This means that several server systems can be associated to the same individual address (NEW) if they are not configured. This characteristic allows a client system to have access to several systems through the NEW individual address.

4.2.3.3 Length fields: NS and PL**4.2.3.3.1 Description**

The number of subframes (NS) field indicates the number of subframes associated to the long MAC frame. The number of subframes is determined by the length of the data field. NS can be any positive integer between 1 and 7.

The pad length field indicates the length of the pad field in number of bytes.

4.2.3.3.2 Length

Each MAC subframe of a long MAC frame consists of 38 bytes.

Le champ NS comporte 3 bits d'information définissant la longueur de la trame MAC longue devant être reçue ou transmise. La longueur se mesure en nombre de sous-trames (1...7). La valeur NS est particulièrement importante, car elle indique au récepteur le nombre de sous-trames devant être concaténées et la localisation du FCS. Les 3 bits du champ NS sont vitaux pour les processus de réception suivants et sont par conséquent particulièrement protégés contre les erreurs à l'aide d'un code de longueur 16. Le code est élaboré selon le concept suivant:

détecter un maximum d'erreurs et ne corriger aucune erreur.

Il est en effet aberrant de corriger des erreurs dans le champ NS de 16 bits lorsque l'on compare la probabilité de l'existence d'erreurs (P_{16}) dans ce champ avec la probabilité de l'existence d'erreurs dans le reste de la trame longue (longueur comprise entre 34 octets et 250 octets ou entre 272 bits et 2 000 bits).

Codage:

Les 3 bits de l'information NS sont codés dans un mot de code c de 7 bits. La distance Hamming minimale du code BCH (7,3) choisi est $d_{\min} = 4$.

Le polynôme générateur $g(x)$ contient les racines 1, a , a^2 et a^4 , où a est la racine du polynôme irréductible $GF(2)$ $x^3 + x + 1$.

On obtient alors

$$g(x) = (x+1)(x+a)(x+a^2)(x+a^4) = x^4 + x^3 + x^2 + 1$$

Pour obtenir un octet entier, un bit nul est ajouté en tête du mot de code (MSB Bit). L'octet est dupliqué, afin de constituer le champ NS et une distance Hamming de 8 est atteinte. Le champ NS c_{NS} codé qui en résulte présente la structure suivante:

15	14.....8	7	6.....0
0	c	0	c

Décodage:

Un champ NS r_{NS} reçu = $[r_{15}... r_9, r_8... r_2, r_1, r_0]$ est accepté uniquement s'il correspond exactement à l'un des contenus du champ NS répertoriés précédemment et si les deux conditions suivantes sont remplies:

Condition 1: $r_7 = r_{15} = 0$ et $r_i = r_{i+8}$ pour $i = 0...6$

Condition 2: $r = [r_6... r_0]$ est un mot de code correct selon la définition de code énoncée précédemment.

Bien que le champ NS soit conçu pour des conditions d'émission normales, il doit également servir de protection lors de conditions d'émission très mauvaises. L'émetteur peut alors transmettre dans des conditions normales lorsque le récepteur reçoit dans de très mauvaises conditions.

The NS field carries 3 bits of information which define the length of the long MAC frame which is going to be received or transmitted. The length is measured in number of subframes (1...7). The NS value is very critical because it tells the receiver how many subframes it has to concatenate and where the FCS can be found. The 3 bits of NS information are vital for the following reception processes and are therefore heavily protected against errors with a code of length 16. The code design is based on the following philosophy:

to provide a maximum of error detecting power and to provide no error correcting power.

It can be easily seen that it makes no sense to correct any errors within the 16-bit NS field by comparing the probability that the NS field contains errors (P_{16}) with the probability that the rest of the long frame (length between 34 bytes and 250 bytes or between 272 bits and 2 000 bits) contains errors.

Encoding:

The 3 bits of NS information are encoded into a 7-bit systematic codeword c . The minimum Hamming distance of the chosen (7,3) BCH-code is $d_{\min} = 4$.

The generator polynomial $g(x)$ contains as roots: 1, a , a^2 , and a^4 where a is the root of the irreducible GF(2) polynomial x^3+x+1 .

Therefore, we obtain

$$g(x) = (x+1)(x+a)(x+a^2)(x+a^4) = x^4 + x^3 + x^2 + 1$$

In order to obtain a complete byte, a zero bit is added in front of the codeword (MSB Bit). The byte is duplicated to form the NS field. With the duplication, a Hamming distance of 8 is achieved. The resulting coded NS field c_{NS} has then the following structure:

15	14.....8	7	6.....0
0	c	0	c

Decoding:

A received NS field $r_{NS} = [r_{15}... r_9, r_8... r_2, r_1, r_0]$ is only accepted if it corresponds exactly to one of the NS field contents listed above, and if two following conditions are both satisfied:

Condition 1: $r_7 = r_{15} = 0$, and $r_i = r_{i+8}$ for $i = 0...6$

Condition 2: $r = [r_6... r_0]$ is a valid codeword according to the code definition above

Despite the fact that the NS field is designed for normal channel conditions, it shall also provide protection under very bad channel conditions. The transmitter may send under normal conditions whereas the receiver receives under very bad conditions.

Dans la pratique, le tableau suivant est utilisé par la sous-couche MAC pour le codage et le décodage du champ NS:

Tableau 4 – Codage et décodage du champ NS

Nombre de sous-trames MAC	Contenu du champ NS
1	6C6Ch
2	3A3Ah
3	5656h
4	7171h
5	1D1Dh
6	4B4Bh
7	2727h

Le champ de la longueur des octets de remplissage (PL) indique le nombre d'octets fictifs (octets de remplissage) insérés entre le dernier octet du champ de données et le premier octet du champ FCS. Les octets de remplissage permettent d'atteindre une longueur de sous-trames égale à 38 octets chacune. La longueur d'une trame MAC longue correspond à un multiple de 36 octets. Celle des octets de remplissage est égale à un octet.

Tableau 5 – Valeur du champ PL

Longueur L du paramètre M_sdu (en octets)	Nombre de sous-trames	Contenu du champ PL (valeurs décimales)
$L \leq 26$	1	26-L
$27 \leq L \leq 62$	2	62-L
$63 \leq L \leq 98$	3	98-L
$99 \leq L \leq 134$	4	134-L
$135 \leq L \leq 170$	5	170-L
$171 \leq L \leq 206$	6	206-L
$207 \leq L \leq 242$	7	242-L

4.2.3.4 Champ d'octets de remplissage et de données

Le champ de données comporte une séquence de n octets. La transparence des données est totale puisque toute séquence arbitraire de 242 octets maximum peut apparaître dans ce champ.

La longueur de la sous-trame MAC étant définie comme égale à 38 octets (36 octets plus 2 octets de longueur d'indicateur de trame), le champ de données peut être allongé par l'ajout d'octets fictifs (c'est-à-dire par des octets de remplissage). Si ce réseau existe, il est extrait, puis éliminé à réception par la sous-couche MAC. Par convention, le réseau est constitué de bits égaux à 0.

4.2.3.5 Champ de séquence de contrôle de trame

Un code de redondance cyclique (CRC) permet de générer la séquence de contrôle de trame. Le CRC protège les champs d'informations contre des erreurs indétectables.

Practically, the following table is used by the MAC sublayer for encoding and decoding of the NS field:

Table 4 – Encoding and decoding of the NS field

Number of MAC subframes	NS field contents
1	6C6Ch
2	3A3Ah
3	5656h
4	7171h
5	1D1Dh
6	4B4Bh
7	2727h

The pad length (PL) field indicates the number of dummy bytes (pad) which are inserted between the last byte of the data field and the first byte of the FCS field. The pad is necessary to meet the length of the subframes equal to 38 bytes each. The length of a long MAC frame is a multiple of 36 bytes. The pad length field is 1 byte long.

Table 5 – Value of the PL field

Length L of the M_sdu (in bytes)	Number of subframes	PL field content (decimal values)
$L \leq 26$	1	26-L
$27 \leq L \leq 62$	2	62-L
$63 \leq L \leq 98$	3	98-L
$99 \leq L \leq 134$	4	134-L
$135 \leq L \leq 170$	5	170-L
$171 \leq L \leq 206$	6	206-L
$207 \leq L \leq 242$	7	242-L

4.2.3.4 Data and pad fields

The data field contains a sequence of n bytes. Full data transparency is provided in the sense that any arbitrary sequence of up to 242 bytes may appear in the data field.

Because the MAC subframe length is fixed to 38 bytes (36 bytes plus the frame indicator length equal to 2 bytes), the data field may be extended by appending dummy bytes (that is a pad). This pad, if any, is extracted and discarded at reception by the MAC sublayer entity. By convention, the pad is made of bits equal to 0.

4.2.3.5 Frame check sequence field

A cyclic redundancy code (CRC) is used to generate the frame check sequence. The CRC protects the information fields against undetectable errors.

Les champs d'information de la trame MAC protégés par le code de redondance cyclique sont:

- le crédit initial;
- le crédit courant;
- le crédit delta;
- l'adresse source;
- l'adresse de destination;
- la longueur des octets de remplissage;
- les données + les octets de remplissage.

Les champs FI et NS non couverts par le CRC général disposent de leur propre mécanisme de protection contre les erreurs (voir 4.2.1 et 4.2.3.3).

Crédit initial 3 bits	Crédit courant 3 bits	Crédit delta 2 bits	Adresse source 12 bits	Adresse de destination 12 bits	Longueur des octets de remplissage	Données	Octets de remplissage
--------------------------	--------------------------	------------------------	---------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	---------	-----------------------

Champs protégés par le CRC

Le CRC est défini par son polynôme générateur $g(x)$ de degré 24 (notation octale):

$g(x)$: 127266713 = 15D6DCB h (en notation hexadécimale)

Le code décrit a été soumis à l'essai, afin de déterminer si une longueur de mot de code $n_c = 4094$ convient. La restriction supplémentaire $n_c < 2049$ appliquée à la longueur du mot de code permet de garantir une distance Hamming minimale $d_{\min} = 6$. La trame la plus longue est constituée de 7 sous-trames contenant 36 octets chacune, à l'exception de la première dont 2 octets (champ du nombre de sous-trames) ne sont pas protégés par le CRC. Les $(7 \times 36 - 2) \times 8 = 2\,000$ bits résultants sont parfaitement adaptés à la restriction sur $n_c < 2049$.

4.2.3.5.1 Méthode

La convention de transmission (voir 3.3.2) et le mode de stockage de données à octets multiples peuvent nécessiter l'utilisation du polynôme générateur inversé (dont la valeur hexadécimale atteint D3 B6 BA). C'est le cas lorsque les octets sont stockés par ordre d'importance d'octets décroissant et que les bits situés dans un octet sont classés par ordre d'importance décroissant.

L'algorithme CRC s'applique à la série d'octets décrite à l'article précédent. Aucun décalage de trois octets n'est appliqué pour le calcul du champ FCS. La valeur de champ de trois octets obtenue (valeur FCS) est alors ajoutée à la série calculée (transmise sans inversion).

A la réception, le CRC est calculé à partir de la même série de champs (hormis le champ FCS), puis il est comparé au FCS reçu. En cas d'inégalité, le CRC de la trame est considéré comme étant incorrect.

L'exemple suivant fournit la valeur du champ FCS d'une trame MAC longue constituée d'une seule sous-trame. Par conséquent, le nombre d'octets auxquels l'algorithme CRC est appliqué est de 31. La valeur du champ FCS est (toutes les valeurs sont hexadécimales):

FCS = CRC(00 40 00 01 09 01 01 B0 A0 0C 0A 01 00 04 07 A0 05 A5 03 80 01 02 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00)= 99 84 62

The information fields of the MAC frame that are protected by the cyclic redundancy code are:

- initial credit;
- current credit;
- delta credit;
- source address;
- destination address;
- pad length;
- data + pad.

The FI and NS fields which are not covered by the general CRC have their own error protection mechanism (see 4.2.1 and 4.2.3.3).

Initial credit 3 bits	Current credit 3 bits	Delta credit 2 bits	Source address 12 bits	Destination address 12 bits	Pad length	Data	Pad
--------------------------	--------------------------	------------------------	---------------------------	--------------------------------	------------	------	-----

Fields protected by the CRC

The CRC is defined by its generator polynomial $g(x)$ of degree 24 (in octal notation):

$g(x)$: 127266713 = 15D6DCB h (in hexadecimal notation)

The code which is described was tested for its properness up to a codeword length of $n_c = 4094$. With the additional restriction on the codeword length $n_c < 2049$, we can even guarantee a minimum Hamming distance of $d_{\min} = 6$. The largest possible long frame consists of 7 subframes containing 36 bytes each, except the first subframe for which 2 bytes (number of subframe field) are not protected by the CRC. The resulting $(7 \times 36 - 2) \times 8 = 2\,000$ bits fit nicely into the restriction on $n_c < 2049$.

4.2.3.5.1 Method

The transmission convention (refer to 3.3.2) and the way to store the multi-byte data may require the use of the inverted generator polynomial (which hexadecimal value is D3 B6 BA). This action is required if the bytes are stored from most to least significant bytes and the bits inside a byte are ordered from most to least significant bit.

The CRC algorithm is applied to the set of bytes described in the preceding subclause. No three-byte shift is applied to compute the FCS field. The obtained 3 byte field value (FCS value) is then appended to the set, as it is calculated (transmitted without inversion).

On reception, the CRC is calculated on the same set of field (FCS field excluded). It is then compared to the received FCS. If not equal, the CRC of the frame is considered not correct.

The following example gives the FCS field value of a long MAC frame made up with one subframe only. Thus, the number of bytes on which the CRC algorithm is applied is 31. The value of the FCS field is (all the values are in hexadecimal):

FCS=CRC(00 40 00 01 09 01 01 B0 A0 0C 0A 01 00 04 07 A0 05 A5 03 80 01 02 00 00 00 00 00 00 00 00 00)= 99 84 62

4.2.4 Trame MAC longue incorrecte

Par convention, une trame MAC longue incorrecte est une trame dont les champs IC, CC, DC, SA, DA, PL et les champs de données ne génèrent pas de séquence CRC identique à celle reçue dans le champ FCS.

L'occurrence de trames MAC longues incorrectes est comptée par la sous-couche MAC client, puis communiquée au processus d'application de gestion de systèmes (voir la CEI 61334-4-511).

Le contenu d'une trame MAC longue entrante pour laquelle:

- a) le champ FI d'une sous-trame (une fois corrigée) n'est pas égale à 0;
 - b) le champ NS est incorrect;
 - c) le nombre de sous-trames reçues ne correspond pas au contenu du champ NS;
 - d) les bits contenus dans les champs IC, CC, DC, SA, DA, PL et les champs de données ne génèrent pas de séquence CRC identique à celle reçue dans le champ FCS
- ne doit pas être transmis à la sous-couche LLC.

4.3 Méthode MAC

La sous-couche MAC correspond à un support indépendant, créé à partir du support fourni par la couche physique et sous la sous-couche LLC indépendante de la couche d'accès au support. Les sous-couches MAC et LLC ont pour objet d'apporter les mêmes fonctions que la couche de liaison de données dans le modèle OSI. Le partitionnement des fonctions présentées ici requiert sept fonctions principales généralement associées à une procédure de contrôle de liaison de données devant être effectuée dans la sous-couche MAC.

Ces fonctions sont:

- l'encapsulation de données (transmission et réception);
- la formation de trames (délimitation de limite de trames, confirmation de synchronisation, numérisation et partitionnement de sous-trames, ajout ou suppression de d'octets de remplissage);
- l'adressage (traitement d'adresses source et de destination);
- la détection et la correction d'erreurs (détection et correction d'erreurs de transmission de support physique);
- la gestion d'accès au support;
- la gestion d'accès à la liaison logique;
- le relais de trames entrantes destinées à une autre adresse.

4.3.1 Modèle fonctionnel

Ce paragraphe fournit une vue d'ensemble de la transmission et la réception de trames en tant que modèle fonctionnel de l'architecture. Ce modèle traite uniquement des trames MAC longues (caractérisées par un contenu de champ d'indicateur de trame égal à 0).

La couche physique constitue une interface avec la sous-couche MAC pour la transmission de bits vers le support physique.

Les opérations de transmission de trames sont indépendantes des opérations de réception de trames. Une trame transmise adressée à la station d'origine doit être reçue et envoyée à la sous-couche LLC.

4.2.4 Invalid long MAC frame

By convention, an invalid long MAC frame is a frame for which IC, CC, DC, SA, DA, PL and data fields do not generate a CRC sequence identical to the one received in the FCS field.

The occurrence of invalid long MAC frames is counted by the client MAC sublayer and communicated to the client System Management Application Process (see IEC 61334-4-511).

The content of an incoming long MAC frame for which:

- a) the FI field of one subframe (once corrected) is not equal to 0;
- b) the NS field is incorrect;
- c) the number of received subframes is inconsistent with the NS field content;
- d) the bits contained in the IC, CC, DC, SA, DA, PL and data fields do not generate a CRC sequence which is identical to the one received in the FCS field

shall not be passed to the LLC sublayer.

4.3 Medium access control method

The MAC sublayer defines a medium independent facility, built on the medium dependent facility provided by the physical layer and under the medium access layer independent LLC sublayer. Both MAC and LLC sublayers are intended to provide the same functions as the data link layer by itself in the OSI model. The partitioning of functions presented here require seven main functions generally associated with a data link control procedure to be performed in the MAC sublayer.

They are:

- data encapsulation (transmit and receive);
- framing (frame boundary delimitation, synchronization confirmation, subframe numbering and partitioning, pad adding or removing);
- addressing (handling of source and destination addresses);
- error detection and correction (detection and correction of physical medium transmission errors);
- media access management;
- logical link access management;
- relaying of incoming frames designated to an other address.

4.3.1 Functional model

This subclause provides an overview of the frame transmission and reception in terms of the functional model of the architecture. This functional model only processes long MAC frames (characterized by a frame indicator field content equal to 0).

The physical layer provides an interface to the MAC sublayer for the transmission of bits onto the physical media.

Transmit frame operations are independent from the receive frame operation. A transmitted frame addressed to the originating station will be received and passed to the LLC sublayer entity.

4.3.2 Description de la transmission

Lorsqu'une sous-couche LLC demande la transmission d'une trame, la composante d'encapsulation des données de transmission de la sous-couche MAC est appelée à créer la trame MAC à partir des données LLC fournies (M_sdu).

A la réception d'une primitive MA_Data.request, la sous-couche MAC vérifie d'abord si le paramètre service class est égal à 0. Dans le cas contraire, une primitive MA_Data.confirm contenant une erreur LM-NI est immédiatement renvoyée à la sous-couche LLC.

La sous-couche MAC vérifie ensuite si la longueur du M_sdu soumis ne dépasse pas 242 octets. Dans le cas contraire, la sous-couche MAC renvoie immédiatement une primitive MA_Data.confirm contenant une erreur LM-SE. Sinon, la composante d'encapsulation des données entame la création d'une trame MAC longue.

A l'aide des informations fournies par la longueur du paramètre M_sdu émanant de la sous-couche LLC, la sous-couche MAC calcule d'abord le nombre de sous-trames requis pour former la trame (NS), puis la longueur des octets de remplissage (PL) et enfin les octets de remplissage. Ces derniers permettent à la longueur de la dernière sous-trame MAC de répondre aux exigences de taille (longueur égale à 38 octets). La sous-couche MAC crée une trame MAC longue en ajoutant en tête du paramètre M_sdu:

- le nombre de sous-trames requis pour former la trame (NS);
- les champs de crédit initial, de crédit courant et de crédit delta (les valeurs IC et DC sont fournies par la SMAE);
- l'adresse source (variable de gestion MAC: voir 4.3.7.6);
- l'adresse de destination (argument de la primitive MA_Data.request);
- la longueur des octets de remplissage.

A la fin du paramètre M_sdu, les octets de remplissage et le champ de séquence de contrôle de trame sont ajoutés.

La trame MAC longue résultante est alors transmise à la gestion d'accès du support de transmission. La trame est divisée en paquets de 36 octets. Le champ d'indicateur de trame (égal à 0) est ajouté en tête de chacun de ces paquets pour former des sous-trames MAC de 38 octets. Chaque sous-trame correspond à un paramètre P_sdu = M_pdu fourni à la couche physique pour transmission.

Pour chaque paramètre P_sdu, la couche physique envoie une confirmation locale indiquant qu'il a été transmis. En cas d'échec, un identificateur d'erreurs est fourni par la couche physique.

Lorsque toutes les sous-trames ont été transmises ou dès qu'une erreur survient, une primitive MA_Data.confirm est envoyée à la LLC et indique la réussite ou l'échec de la transmission.

4.3.3 Description de la réception

Les paragraphes 4.3.6.1 et 4.3.7 remplacent ce paragraphe.

4.3.4 Description de la gestion MAC

Les paragraphes 4.3.6.1 et 4.3.7 remplacent ce paragraphe.

4.3.5 Spécification formelle

Les éléments suivants résument les fonctionnalités de la sous-couche MAC.

4.3.2 Transmission description

When an LLC sublayer requests the transmission of a frame, the transmit data encapsulation component of the MAC sublayer is called upon to construct the MAC frame from the LLC supplied data (M_sdu).

On reception of a MA_Data.request primitive, the MAC sublayer first checks if the service class parameter is equal to 0. If it is not, an MA_Data.confirm containing an LM-NI error is immediately returned to the LLC sublayer.

The MAC sublayer then checks if the length of the submitted M_sdu does not exceed 242 bytes. If it does, the MAC sublayer immediately returns an MA_Data.confirm containing an LM-SE error. Otherwise, the data encapsulation component starts the construction of a long MAC frame.

Using information provided by the length of the M_sdu issued from the LLC sublayer, the MAC sublayer first computes the number of subframes required to compose the frame (NS), the PAD length (PL) and the PAD. This PAD is necessary to ensure that the length of the last transmitted MAC subframe satisfies the size requirement (length equal to 38 bytes). Then, the MAC sublayer constructs a long MAC frame by appending at the head of the M_sdu:

- the number of subframes required to compose the frame (NS);
- the initial credit, current credit and delta credit fields (IC and DC value are provided by the SMAE);
- the source address (MAC management variables; refer to 4.3.7.6);
- the destination address (argument of the MA_Data.request);
- the PAD length.

At the end of the M_sdu, the PAD and the frame check sequence field is added.

The resulting long MAC frame is then handed to the transmit media access management entity for transmission. The frame is divided into packets of 36 bytes. The frame indicator field (equal to 0) is appended at the head of each of these packets to construct MAC subframes of 38 bytes. Each subframe corresponds to a P_sdu = M_pdu given to the physical layer for transmission.

For each P_sdu, the physical layer will issue a local confirmation to indicate that the P_sdu has been transmitted. If it fails, an error identifier is provided by the physical layer.

When all the subframes have been transmitted or as soon as an error occurs, an MA_Data.confirm is issued to the LLC entity specifying the success or failure of the transmission.

4.3.3 Reception description

The subclauses 4.3.6.1 and 4.3.7 substitute for this subclause.

4.3.4 MAC management description

The subclauses 4.3.6.1 and 4.3.7 substitute for this subclause.

4.3.5 Formal specification

The following summarizes the capabilities of the MAC sublayer.

Transmission de trame:

- acceptation des données provenant de la sous-couche LLC et création d'une trame MAC longue;
- création de sous-trames MAC (M_pdu) à partir d'une trame MAC longue (par la division de la trame MAC longue en segments de 36 octets au début desquels les deux octets du champ FI sont ajoutés);
- présentation d'un paramètre $P_sdu = M_pdu$ à la couche physique pour transmission au support.

Réception de trame:

- réception d'un paramètre P_sdu à partir de la couche physique;
- création de trames MAC longues à partir de séquences de sous-trames MAC (via l'extraction du champ FI à partir de chaque sous-trame et via l'ajout à chacune des paquets de 36 octets résultants);
- présentation à la sous-couche LLC, correction de trames MAC longues représentant des trames de diffusion ou des trames directement adressées à la station locale;
- suppression de trames MAC incorrectes et communication de ces occurrences à l'application de gestion.

Répétition:

- vérification du crédit courant et décrémentation de ce crédit lorsqu'elle dépasse zéro;
- vérification du système afin de déterminer s'il s'agit d'un répéteur (si le système est un serveur);
- lancement de la procédure de répétition si le système est un répéteur.

Procédures internes:

- ajout de la valeur FCS correcte aux trames sortantes et vérification de l'alignement complet de la limite d'octets;
- ajout des champs NS, IC, CC, DC, SA, DA, PL, PAD et des champs FCS à un paramètre M_sdu entrant, afin de former une trame MAC longue, division de cette dernière en segments de 36 octets, ajout du champ FI à chacun de ces segments pour constituer une sous-trame MAC soumise à la couche physique;
- retrait du champ FI des sous-trames reçues;
- retrait des champs NS, IC, CC, DC, SA, DA, PL, PAD et des champs FCS de trames MAC longues;
- gestion des horloges (time-out-frame-not-OK, time-out-not-addressed), calcul du crédit delta minimal et compte du nombre de trames incorrectes reçues;
- envoi des primitives $P_Sync.request$ vers la couche physique à des fins de synchronisation.

4.3.6 Tableau des états d'accès au support

Les processus utilisés par la sous-couche MAC sont résumés. Le tableau de transition d'états utilise les états, les fonctions et les événements, puis décrit les actions qui en découlent.

4.3.6.1 Tableau de transition d'états MAC

Les tableaux suivants présentent les états de la sous-couche MAC dans DCP.

For frame transmission:

- accepts data from the LLC sublayer and constructs a long MAC frame;
- constructs MAC subframes (M_pdu) from a long MAC frame (by truncating the long MAC frame in segments of 36 bytes at the head of which the two bytes of the FI field are appended);
- presents a P_sdu = M_pdu to the physical layer for transmission on the medium.

For frame reception:

- receives a P_sdu from the physical layer;
- constructs long MAC frames from sequences of MAC subframes (by extracting the FI field from each subframe and by appending the resulting packets of 36 bytes to each other);
- presents to the LLC sublayer, corrects long MAC frames that are either broadcast frames or directly addressed to the local station;
- discards all invalid MAC frames and communicates those occurrences to the management application.

For repetition:

- checks the current credit and decrements it if greater than zero;
- checks if the system is a repeater (if the system is a server);
- initiates repetition procedure if the system is a repeater.

For internal procedures:

- appends the proper FCS value to outgoing frames and verifies full byte boundary alignment;
- appends the NS, IC, CC, DC, SA, DA, PL, PAD and FCS fields to an incoming M_sdu to form a long MAC frame, truncates the long MAC frame in segments of 36 bytes, appends the FI field to each of these segments to form a MAC subframe submitted to the physical layer;
- removes FI field from received subframes;
- removes NS, IC, CC, DC, SA, DA, PL, PAD and FCS fields from long MAC frames;
- maintains timers (time-out-frame-not-OK, time-out-not-addressed), computes the minimum delta-credit and counts the number of received invalid frame;
- sends P_Sync.request primitives to the physical layer for synchronization purposes.

4.3.6 Medium access state table

The processes used by the MAC sublayer entity are described in an abstract way. The state transition table uses the states, functions and events and describes the subsequent actions.

4.3.6.1 MAC state transition table

The following tables describe the states of the MAC sublayer in DCP.

Tableau 6 – Tableaux de transition des états du serveur MAC

Etat initial	Evénements	Actions	Etat final
IDLE	P_Sync.indication(SYNCHRO_FOUND)	MA_Sync.indication(SYNCHRO_FOUND) Init_Counter_SS(synchronization-confirmation-time-out) SCW= TRUE	IDLE
IDLE	P_Data.indication (P_sdu)	RSF = 0	FI.C
IDLE	MA_Data.request (DA, M_sdu, SC = 0) et Check()=OK	Extract_Lengths (M_sdu) PL, NS, PAD. Build_MacFrame (NS = NS, IC = IniCred (DA), CC = IC, DC = DeltaCred (DA), SA = mac-address, DA = DA, PL = PL, Data = M_sdu, PAD = PAD, FCS = CRC()) TSF = 0	SMF.S
IDLE	MA_Data.request (DA, M_sdu, SC=0) et Check()<>OK	MA_Data.confirm(M_Tstat=Check())	IDLE
IDLE	MA_Data.request (DA, M_sdu, SC<>0)	MA_Data.confirm(M_Tstat=LM-NI)	IDLE
IDLE	Count_Out(synchronization-confirmation-time-out)	P_Sync.request(Rejected) MA_Sync.indication(SYNCHRO_LOSS, synchronization-confirmation-time-out) SCW=FALSE	IDLE
IDLE	Count_Out(time-out-not-addressed)	Set_Value(mac-address=NEW) Set_Value(initiator-mac-address=NO-BODY) Reset_MAC-group-addresses() Stop_counter_MN(time-out-not-addressed) P_Sync.request(Rejected) MA_Sync.indication(SYNCHRO_LOSS, time-out-not-addressed) SCW=FALSE	IDLE

Table 6 – MAC server state transition tables

Initial state	Events	Actions	Final state
IDLE	P_Sync.indication(SYNCHRO_FOUND)	MA_Sync.indication(SYNCHRO_FOUND) Init_Counter_SS(synchronization-confirmation-time-out) SCW= TRUE	IDLE
IDLE	P_Data.indication (P_sdu)	RSF=0	FI.C
IDLE	MA_Data.request (DA, M_sdu,SC=0) and Check()=OK	Extract_Lengths (M_sdu) PL, NS, PAD. Build_MacFrame (NS = NS, IC = IniCred (DA), CC = IC, DC = DeltaCred (DA), SA = mac-address, DA = DA, PL = PL, Data = M_sdu, PAD = PAD, FCS = CRC()) TSF = 0	SMF.S
IDLE	MA_Data.request (DA, M_sdu, SC=0) and Check()<>OK	MA_Data.confirm(M_Tstat=Check())	IDLE
IDLE	MA_Data.request (DA, M_sdu,SC<>0)	MA_Data.confirm(M_Tstat=LM-NI)	IDLE
IDLE	Count_Out(synchronization-confirmation-time-out)	P_Sync.request(Rejected) MA_Sync.indication(SYNCHRO_LOSS, synchronization-confirmation-time-out) SCW=FALSE	IDLE
IDLE	Count_Out(time-out-not-addressed)	Set_Value(mac-address=NEW) Set_Value(initiator-mac-address=NO-BODY) Reset_MAC-group-addresses() Stop_counter_MN(time-out-not-addressed) P_Sync.request(Rejected) MA_Sync.indication(SYNCHRO_LOSS, time-out-not-addressed) SCW=FALSE	IDLE

Tableau 6 (suite)

Etat initial	Evénements	Actions	Etat final
IDLE	Count_Out(time-out-frame-not-OK)	P_Sync.request(Rejected) MA_Sync.indication(SYNCHRO_LOSS, time-out-frame-not-OK) SCW=FALSE	IDLE
IDLE	Write_Request() et Check_Write()<>OK	Write_Conf(M_TStat=Check_Write())	IDLE
IDLE	Write_Request(new-synchronization=TRUE) et Check_Write()=OK	MA_Sync.indication(SYNCHRO_LOSS, write_request) P_Sync.request(Rejected) SCW=FALSE	IDLE
IDLE	Write_Request(initiator-mac-address <> NO-BODY) et Check_Write()=OK	Set_Value(initiator-mac-address) Init_counter_MN(time-out-not-addressed) Write_Conf(M_TStat=OK)	IDLE
IDLE	Write_Request(mac-address=NOT-NEW) et Check_Write()=OK	Set_Value(mac-address) Init_counter_MN(time-out-not-addressed) Write_Conf(M_TStat=OK)	IDLE
IDLE	mac-address()=NEW et Write_Request(initiator-mac-address=NO-BODY) et Check_Write()=OK	Set_Value(initiator-mac-address=NO-BODY) Stop_counter_MN(time-out-not-addressed) Write_Conf(M_TStat=OK)	IDLE
IDLE	mac-address()<>NEW et Write_Request(initiator-mac-address=NO-BODY) et Check_Write()=OK	Set_Value(initiator-mac-address=NO-BODY) Init_counter_MN(time-out-not-addressed) Write_Conf(M_TStat=OK)	IDLE
IDLE	mac-address()<>NEW et initiator-mac-address()=NO-BODY et Write_Request(mac-address=NEW) et Check_Write()=OK	Set_Value(mac-address=NEW) Reset_MAC-group-addresses() P_Sync.request(Rejected) Stop_counter_MN(time-out-not-addressed) Write_Conf(M_TStat=OK) MA_Sync.indication(SYNCHRO_LOSS, write_request) SCW=FALSE	IDLE

Table 6 (continued)

Initial state	Events	Actions	Final state
IDLE	Count_Out(time-out-frame-not-OK)	P_Sync.request(Rejected) MA_Sync.indication(SYNCHRO_LOSS, time-out-frame-not-OK) SCW=FALSE	IDLE
IDLE	Write_Request() and Check_Write()<>OK	Write_Conf(M_TStat=Check_Write())	IDLE
IDLE	Write_Request(new-synchronization=TRUE) and Check_Write()=OK	MA_Sync.indication(SYNCHRO_LOSS, write_request) P_Sync.request(Rejected) SCW=FALSE	IDLE
IDLE	Write_Request(initiator-mac-address <> NO-BODY) and Check_Write()=OK	Set_Value(initiator-mac-address) Init_counter_MN(time-out-not-addressed) Write_Conf(M_TStat=OK)	IDLE
IDLE	Write_Request(mac-address=NOT-NEW) and Check_Write()=OK	Set_Value(mac-address) Init_counter_MN(time-out-not-addressed) Write_Conf(M_TStat=OK)	IDLE
IDLE	mac-address()=NEW and Write_Request(initiator-mac-address=NO-BODY) and Check_Write()=OK	Set_Value(initiator-mac-address=NO-BODY) Stop_counter_MN(time-out-not-addressed) Write_Conf(M_TStat=OK)	IDLE
IDLE	mac-address()<>NEW and Write_Request(initiator-mac-address=NO-BODY) and Check_Write()=OK	Set_Value(initiator-mac-address=NO-BODY) Init_counter_MN(time-out-not-addressed) Write_Conf(M_TStat=OK)	IDLE
IDLE	mac-address()<>NEW and initiator-mac-address()=NO-BODY and Write_Request(mac-address=NEW) and Check_Write()=OK	Set_Value(mac-address=NEW) Reset_MAC-group-addresses() P_Sync.request(Rejected) Stop_counter_MN(time-out-not-addressed) Write_Conf(M_TStat=OK) MA_Sync.indication(SYNCHRO_LOSS, write_request) SCW=FALSE	IDLE

Tableau 6 (suite)

Etat initial	Evénements	Actions	Etat final
IDLE	mac-address()<>NEW et initiator-mac-address()<>NO-BODY et Write_Request(mac-address=NEW) et Check_Write()=OK	Set_Value(mac-address=NEW) Reset_MAC-group-addresses() P_Sync.request(Rejected) Init_counter_MN(time-out-not-addressed) Write_Conf(M_TStat=OK) MA_Sync.indication(SYNCHRO_LOSS, write_request) SCW=FALSE	IDLE
IDLE	mac-address()=NEW et initiator-mac-address()=NO-BODY et Write_Request(time-out-not-addressed) et Check_Write()=OK	Set_Value(time-out-not-addressed) Write_Conf(M_TStat=OK)	IDLE
IDLE	mac-address()<>NEW ou initiator-mac-address()<>NO-BODY et Write_Request(time-out-not-addressed) et Check_Write()=OK	Set_Value(time-out-not-addressed) Init_counter_MN(time-out-not-addressed) Write_Conf(M_TStat=OK)	IDLE
IDLE	Write_Request(time-out-frame-not-OK) et Check_Write()=OK	Set_Value(time-out-frame-not-OK) Init_counter_SS(time-out frame-not-OK) Write_Conf(M_TStat=OK)	IDLE
IDLE	Write_Request(synchronization-confirmation-time-out) et Check_Write()=OK	Set_Value(synchronization-confirmation-time-out) Write_Conf(M_TStat=OK)	IDLE
IDLE	Write_Request(mac-group-addresses) et Check_Write()=OK	Set_Value(mac-group-addresses) Write_Conf(M_TStat=OK)	IDLE
IDLE	Write_Request(repeater) et Check_Write()=OK	Set_Value(repeater) Write_Conf(M_TStat=OK)	IDLE
IDLE	Write_Request(min-delta-credit) et Check_Write()=OK	Set_Value(min-delta-credit) Write_Conf(M_TStat=OK)	IDLE
IDLE	Read_Request(Server-MAC-Management-Variable) et Check_Read()=OK	Read_Conf(Server-MAC-Management-Variable)	IDLE
IDLE	Read_Request() et Check_Read()<>OK	Read_Conf(M_TStat=Check_Read())	IDLE
SMF.S	TSF < NS	Build_Mpdu (MacFrame,TSF+1) P_Data.request (P_sdu) TSF = TSF + 1	SMF.W

Table 6 (continued)

Initial state	Events	Actions	Final state
IDLE	mac-address()<>NEW and initiator-mac-address()<>NO-BODY and Write_Request(mac-address=NEW) and Check_Write()=OK	Set_Value(mac-address=NEW) Reset_MAC-group-addresses() P_Sync.request(Rejected) Init_counter_MN(time-out-not-addressed) Write_Conf(M_TStat=OK) MA_Sync.indication(SYNCHRO_LOSS, write_request) SCW=FALSE	IDLE
IDLE	mac-address()=NEW and initiator-mac-address()=NO-BODY and Write_Request(time-out-not-addressed) and Check_Write()=OK	Set_Value(time-out-not-addressed) Write_Conf(M_TStat=OK)	IDLE
IDLE	mac-address()<>NEW or initiator-mac-address()<>NO-BODY and Write_Request(time-out-not-addressed) and Check_Write()=OK	Set_Value(time-out-not-addressed) Init_counter_MN(time-out-not-addressed) Write_Conf(M_TStat=OK)	IDLE
IDLE	Write_Request(time-out-frame-not-OK) and Check_Write()=OK	Set_Value(time-out-frame-not-OK) Init_counter_SS(time-out-frame-not-OK) Write_Conf(M_TStat=OK)	IDLE
IDLE	Write_Request(synchronization-confirmation-time-out) and Check_Write()=OK	Set_Value(synchronization-confirmation-time-out) Write_Conf(M_TStat=OK)	IDLE
IDLE	Write_Request(mac-group-addresses) and Check_Write()=OK	Set_Value(mac-group-addresses) Write_Conf(M_TStat=OK)	IDLE
IDLE	Write_Request(repeater) and Check_Write()=OK	Set_Value(repeater) Write_Conf(M_TStat=OK)	IDLE
IDLE	Write_Request(min-delta-credit) and Check_Write()=OK	Set_Value(min-delta-credit) Write_Conf(M_TStat=OK)	IDLE
IDLE	Read_Request(Server-MAC-Management-Variable) and Check_Read()=OK	Read_Conf(Server-MAC-Management-Variable)	IDLE
IDLE	Read_Request() and Check_Read()<>OK	Read_Conf(M_TStat=Check_Read())	IDLE
SMF.S	TSF < NS	Build_Mpdu (MacFrame,TSF+1) P_Data.request (P_sdu) TSF = TSF + 1	SMF.W

Tableau 6 (suite)

Etat initial	Événements	Actions	Etat final
SMF.S	TSF = NS	MA_Data.confirm (M_Tstat = OK)	REP.C
SMF.W	P_Data.confirm (P_Tstat = OK)	Aucune	SMF.S
SMF.W	P_Data.confirm (P_Tstat <> OK)	MA_Data.confirm (M_Tstat = P_Tstat)	IDLE
FI.C	Check_FI()=OK et FI=0 et RSF=0	Aucune	NS.C
FI.C	Check_FI()=OK et FI=0 et 0<RSF<NS-1	Append_Incoming_P_sdu() RSF=RSF+1	ROS
FI.C	Check_FI()=OK et FI=0 et RSF=NS-1	Append_Incoming_P_sdu()	FCS.C
FI.C	Check_FI()=OK et FI<>0 ou Check_FI<>OK	Aucune	IDLE
NS.C	Check_NS()=OK et NS=1	Append_Incoming_P_sdu()	FCS.C
NS.C	Check_NS()=OK et NS >1	Append_Incoming_P_sdu() RSF=1	ROS
NS.C	Check_NS()<>OK	Aucune	IDLE
ROS	P_Data.indication(P_sdu)	Aucune	FI.C
ROS	No_P_Data.indication()	Aucune	IDLE
FCS.C	Check_FCS() = OK	Aucune	LOCK.C
FCS.C	Check_FCS() <> OK	Aucune	IDLE
LOCK.C	Initiator_mac_address()<> NO-BODY et Check_Initiator() =NOK	P_Sync.request(Rejected) MA_Sync.indication(SYNCHRO_LOSS, wrong_initiator, SA, DA) SCW=FALSE	IDLE
LOCK.C	Initiator_mac_address()<> NO-BODY et Check_Initiator() =OK	Init_Counter_SS(time-out-frame-not-OK) Stop_Counter_SS(synchronization- confirmation-time-out)	CLI.C
LOCK.C	Initiator_mac_address()= NO-BODY	Init_Counter_SS(time-out-frame-not-OK) Stop_Counter_SS(synchronization- confirmation-time-out)	CLI.C
CLI.C	A_client_is_source()=TRUE	Update_min-delta-cred(IC,CC)	DA.C
CLI.C	A_client_is_source()=FALSE	Aucune	DA.C

Table 6 (continued)

Initial state	Events	Actions	Final state
SMF.S	TSF = NS	MA_Data.confirm (M_Tstat = OK)	REP.C
SMF.W	P_Data.confirm (P_Tstat = OK)	None	SMF.S
SMF.W	P_Data.confirm (P_Tstat <> OK)	MA_Data.confirm (M_Tstat = P_Tstat)	IDLE
FI.C	Check_FI()=OK and FI=0 and RSF=0	None	NS.C
FI.C	Check_FI()=OK and FI=0 and 0<RSF<NS-1	Append_Incoming_P_sdu() RSF=RSF+1	ROS
FI.C	Check_FI()=OK and FI=0 and RSF=NS-1	Append_Incoming_P_sdu()	FCS.C
FI.C	Check_FI()=OK and FI<>0 or Check_FI<>OK	None	IDLE
NS.C	Check_NS()=OK and NS=1	Append_Incoming_P_sdu()	FCS.C
NS.C	Check_NS()=OK and NS >1	Append_Incoming_P_sdu() RSF=1	ROS
NS.C	Check_NS()<>OK	None	IDLE
ROS	P_Data.indication(P_sdu)	None	FI.C
ROS	No_P_Data.indication()	None	IDLE
FCS.C	Check_FCS() = OK	None	LOCK.C
FCS.C	Check_FCS() <> OK	None	IDLE
LOCK.C	Initiator_mac_address()<> NO-BODY and Check_Initiator() =NOK	P_Sync.request(Rejected) MA_Sync.indication(SYNCHRO_LOSS, wrong_initiator, SA, DA) SCW=FALSE	IDLE
LOCK.C	Initiator_mac_address()<> NO-BODY and Check_Initiator() =OK	Init_Counter_SS(time-out-frame-not-OK) Stop_Counter_SS(synchronization- confirmation-time-out)	CLI.C
LOCK.C	Initiator_mac_address()= NO-BODY	Init_Counter_SS(time-out-frame-not-OK) Stop_Counter_SS(synchronization- confirmation-time-out)	CLI.C
CLI.C	A_client_is_source()=TRUE	Update_min-delta-cred(IC,CC)	DA.C
CLI.C	A_client_is_source()=FALSE	None	DA.C

Tableau 6 (suite)

Etat initial	Evénements	Actions	Etat final
DA.C	IndividualAddress() = OK et mac-address<>NEW	Init_counter_MN(time-out-not-addressed) MA_Data.indication (SA = SA, DA = DA, M_sdu = M_sdu) Update_Credits (SA, IC, CC, DC) SCW=FALSE Wait_End_Repetition ()	WAIT
DA.C	IndividualAddress() = OK et mac-address=NEW	MA_Data.indication (SA = SA, DA = DA, M_sdu = M_sdu) SCW=FALSE Update_Credits (SA, IC, CC, DC)	REP.C
DA.C	IndividualAddress() =NOK et GlobalAddress()=OK	MA_Data.indication (SA = SA, DA = DA, M_sdu = M_sdu) SCW=FALSE	REP.C
DA.C	IndividualAddress() =NOK et GlobalAddress()=ALL_CONF et mac-address=NEW et SCW=FALSE	Aucune	REP.C
DA.C	IndividualAddress() =NOK et GlobalAddress()=ALL_CONF et mac-address=NEW et SCW=TRUE	MA_Sync.indication(SYNCHRO_CONF, SA, DA) SCW=FALSE	REP.C
DA.C	IndividualAddress() =NOK et GlobalAddress()=ALL_CONF et mac-address<>NEW	MA_Data.indication (SA = SA, DA = DA, M_sdu = M_sdu) SCW=FALSE	REP.C
DA.C	IndividualAddress() =NOK et GlobalAddress()=NOK et SCW=FALSE	Aucune	REP.C
DA.C	IndividualAddress() =NOK et GlobalAddress()=NOK et SCW=TRUE	MA_Sync.indication(SYNCHRO_CONF, SA, DA) SCW=FALSE	REP.C

Table 6 (continued)

Initial state	Events	Actions	Final state
DA.C	IndividualAddress() = OK and mac-address<>NEW	Init_counter_MN(time-out-not-addressed) MA_Data.indication (SA = SA, DA = DA, M_sdu = M_sdu) Update_Credits (SA, IC, CC, DC) SCW=FALSE Wait_End_Repetition ()	WAIT
DA.C	IndividualAddress() = OK and mac-address=NEW	MA_Data.indication (SA = SA, DA = DA, M_sdu = M_sdu) SCW=FALSE Update_Credits (SA, IC, CC, DC)	REP.C
DA.C	IndividualAddress() =NOK and GlobalAddress()=OK	MA_Data.indication (SA = SA, DA = DA, M_sdu = M_sdu) SCW=FALSE	REP.C
DA.C	IndividualAddress() =NOK and GlobalAddress()=ALL_CONF and mac-address=NEW and SCW=FALSE	None	REP.C
DA.C	IndividualAddress() =NOK and GlobalAddress()=ALL_CONF and mac-address=NEW and SCW=TRUE	MA_Sync.indication(SYNCHRO_CONF, SA, DA) SCW=FALSE	REP.C
DA.C	IndividualAddress() =NOK and GlobalAddress()=ALL_CONF and mac-address<>NEW	MA_Data.indication (SA = SA, DA = DA, M_sdu = M_sdu) SCW=FALSE	REP.C
DA.C	IndividualAddress() =NOK and GlobalAddress()=NOK and SCW=FALSE	None	REP.C
DA.C	IndividualAddress() =NOK and GlobalAddress()=NOK and SCW=TRUE	MA_Sync.indication(SYNCHRO_CONF, SA, DA) SCW=FALSE	REP.C

Tableau 6 (suite)

Etat initial	Evénements	Actions	Etat final
REP.C	CC > 0 et Check_repeater()=TRUE	CC=CC-1 Build_MacFrame (NS=NS, IC = IC, CC = CC, DC = DC, SA = SA, DA = DA, PL=PL, Data=M_sdu, PAD=PAD, FCS = CRC()) TSF = 0	REP.S
REP.C	CC > 0 et Check_repeater()=FALSE	Wait_End_Repetition()	WAIT
REP.C	CC = 0	Aucune	IDLE
REP.S	TSF < NS	Build_Mpdu (MacFrame,TSF) P_Data.request (P_sdu) TSF = TSF + 1	REP.W
REP.S	TSF = NS	Aucune	REP.C
REP.W	P_Data.confirm (P_TStat = OK)	Aucune	REP.S
REP.W	P_Data.confirm (P_TStat <> OK)	Wait_End_Repetition ()	WAIT
WAIT	P_Data.indication(P_sdu)	Aucune	IDLE
WAIT	End_Repetition()	Aucune	IDLE

Table 6 (continued)

Initial state	Events	Actions	Final state
REP.C	CC > 0 and Check_repeater()=TRUE	CC=CC-1 Build_MacFrame (NS = NS, IC = IC, CC = CC, DC = DC, SA = SA, DA = DA, PL = PL, Data = M_sdu, PAD = PAD, FCS = CRC()) TSF = 0	REP.S
REP.C	CC > 0 and Check_repeater()=FALSE	Wait_End_Repetition()	WAIT
REP.C	CC = 0	None	IDLE
REP.S	TSF < NS	Build_Mpdu (MacFrame,TSF) P_Data.request(P_sdu) TSF = TSF + 1	REP.W
REP.S	TSF = NS	None	REP.C
REP.W	P_Data.confirm (P_TStat = OK)	None	REP.S
REP.W	P_Data.confirm (P_TStat <> OK)	Wait_End_Repetition ()	WAIT
WAIT	P_Data.indication(P_sdu)	None	IDLE
WAIT	End_Repetition()	None	IDLE

Tableau 7 – Tableau de transition des états client MAC

Etat initial	Evénements	Actions	Etat final
IDLE	P_Sync.indication (SYNCHRO_FOUND)	MA_Sync.indication(SYNCHRO_FOUND)	IDLE
IDLE	P_Data.indication (P_sdu)	RSF=0	FI.C
IDLE	MA_Data.request (DA, M_sdu,SC=0) et Check()=OK	Extract_Lengths (M_sdu) PL, NS, PAD. Build_MacFrame (NS=NS, IC = IniCred (DA), CC = IC, DC = DeltaCred (DA), SA = mac-address, DA = DA, PL=PL, Data = M_sdu, PAD=PAD, FCS = CRC()) TSF = 0	SMF.S
IDLE	MA_Data.request (DA, M_sdu, SC=0) et Check()<>OK	MA_Data.confirm(M_Tstat=Check())	IDLE
IDLE	MA_Data.request (DA, M_sdu,SC<>0)	MA_Data.confirm(M_Tstat=LM-NI)	IDLE
IDLE	Write_Request (Client-MAC-Management-Variable) et Check_Write()=OK	Set_Value(Client-MAC-Management-Variable) Write_Conf(M_Tstat=OK)	IDLE
IDLE	Write_Request (new-synchronization=TRUE)) et Check_Write()=OK	Write_Conf(M_Tstat=OK) P_Sync.request(Rejected) MA_Sync.indication(SYNCHRO_LOSS, write_request)	IDLE
IDLE	Write_Request() et Check_Write()<>OK	Write_Conf(M_Tstat=Check_Write())	IDLE
IDLE	Read_Request (Client-MAC-Management-Variable) et Check_Read()=OK	Read_Conf(Client-MAC-Management-Variable)	IDLE
IDLE	Read_Request () et Check_Read()<>OK	Read_Conf(M_Tstat=Check_Read())	IDLE
SMF.S	TSF < NS	Build_Mpdu (MacFrame,TSF+1) P_Data.request (P_sdu) TSF = TSF + 1	SMF.W
SMF.S	TSF = NS	MA_Data.confirm (M_TStat = OK)	REP.C
SMF.W	P_Data.confirm (P_TStat = OK)	Aucune	SMF.S
SMF.W	P_Data.confirm (P_TStat <> OK)	MA_Data.confirm (M_TStat = P_TStat)	IDLE

Table 7 – MAC client state transition table

Initial state	Events	Actions	Final state
IDLE	P_Sync.indication (SYNCHRO_FOUND)	MA_Sync.indication(SYNCHRO_FOUND)	IDLE
IDLE	P_Data.indication (P_sdu)	RSF=0	FI.C
IDLE	MA_Data.request (DA, M_sdu, SC=0) and Check()=OK	Extract_Lengths (M_sdu) PL, NS, PAD. Build_MacFrame (NS=NS, IC = IniCred (DA), CC = IC, DC = DeltaCred (DA), SA = mac-address, DA = DA, PL=PL, Data = M_sdu, PAD=PAD, FCS = CRC()) TSF = 0	SMF.S
IDLE	MA_Data.request (DA, M_sdu, SC=0) and Check()<>OK	MA_Data.confirm(M_Tstat=Check())	IDLE
IDLE	MA_Data.request (DA, M_sdu, SC<>0)	MA_Data.confirm(M_Tstat=LM-NI)	IDLE
IDLE	Write_Request (Client-MAC-Management-Variable) and Check_Write()=OK	Set_Value(Client-MAC-Management-Variable) Write_Conf(M_Tstat=OK)	IDLE
IDLE	Write_Request (new-synchronization=TRUE)) and Check_Write()=OK	Write_Conf(M_Tstat=OK) P_Sync.request(Rejected) MA_Sync.indication(SYNCHRO_LOSS, write_request)	IDLE
IDLE	Write_Request() and Check_Write()<>OK	Write_Conf(M_Tstat=Check_Write())	IDLE
IDLE	Read_Request (Client-MAC-Management-Variable) and Check_Read()=OK	Read_Conf(Client-MAC-Management-Variable)	IDLE
IDLE	Read_Request () and Check_Read()<>OK	Read_Conf(M_Tstat=Check_Read())	IDLE
SMF.S	TSF < NS	Build_Mpdu (MacFrame, TSF+1) P_Data.request (P_sdu) TSF = TSF + 1	SMF.W
SMF.S	TSF = NS	MA_Data.confirm (M_TStat = OK)	REP.C
SMF.W	P_Data.confirm (P_TStat = OK)	None	SMF.S
SMF.W	P_Data.confirm (P_TStat <> OK)	MA_Data.confirm (M_TStat = P_TStat)	IDLE

Tableau 7 (suite)

Etat initial	Evénements	Actions	Etat final
FI.C	Check_FI()=OK et FI=0 et RSF=0	Aucune	NS.C
FI.C	Check_FI()=OK et FI=0 et $0 < RSF < NS-1$	Append_Incoming_P_sdu() RSF=RSF+1	ROS
FI.C	Check_FI()=OK et FI=0 et RSF=NS-1	Append_Incoming_P_sdu()	FCS.C
FI.C	Check_FI()=OK et FI<>0 ou Check_FI<>OK	Aucune	IDLE
NS.C	Check_NS()=OK et NS=1	Append_Incoming_P_sdu()	FCS.C
NS.C	Check_NS()=OK et NS >1	Append_Incoming_P_sdu() RSF=1	ROS
NS.C	Check_NS()<>OK	Update_invalid-frame-counter()	IDLE
ROS	P_Data.indication (P_sdu)	Aucune	FI.C
ROS	No_P_Data.indication ()	Aucune	IDLE
FCS.C	Check_FCS() = OK	MA_Data.indication (SA = SA, DA = DA, M_sdu = M_sdu) Update_Credits (SA, IC, CC, DC) Wait_End_Repetition ()	WAIT
FCS.C	Check_FCS() <> OK	Update_invalid-frame-counter()	IDLE
REP.C	CC > 0	CC=CC-1 Build_MacFrame (NS=NS, IC = IC, CC = CC, DC = DC, SA = mac-address, DA = DA, PL=PL, Data=M_sdu, PAD=PAD, FCS = CRC()) TSF = 0	REP.S
REP.C	CC = 0	Aucune	IDLE
REP.S	TSF < NS	Build_Mpdu (MacFrame,TSF) P_Data.request (P_sdu) TSF = TSF + 1	REP.W
REP.S	TSF = NS	Aucune	REP.C
REP.W	P_Data.confirm (P_TStat = OK)	Aucune	REP.S
REP.W	P_Data.confirm (P_TStat <> OK)	Wait_End_Repetition ()	WAIT
WAIT	P_data.indication(P_sdu)	Aucune	WAIT
WAIT	End_Repetition()	Aucune	IDLE

Table 7 (continued)

Initial state	Events	Actions	Final state
FI.C	Check_FI()=OK and FI=0 and RSF=0	None	NS.C
FI.C	Check_FI()=OK and FI=0 and 0<RSF<NS-1	Append_Incoming_P_sdu() RSF=RSF+1	ROS
FI.C	Check_FI()=OK and FI=0 and RSF=NS-1	Append_Incoming_P_sdu()	FCS.C
FI.C	Check_FI()=OK and FI<>0 or Check_FI<>OK	None	IDLE
NS.C	Check_NS()=OK and NS=1	Append_Incoming_P_sdu()	FCS.C
NS.C	Check_NS()=OK and NS >1	Append_Incoming_P_sdu() RSF=1	ROS
NS.C	Check_NS()<>OK	Update_invalid-frame-counter()	IDLE
ROS	P_Data.indication (P_sdu)	None	FI.C
ROS	No_P_Data.indication ()	None	IDLE
FCS.C	Check_FCS() = OK	MA_Data.indication (SA = SA, DA = DA, M_sdu = M_sdu) Update_Credits (SA, IC, CC, DC) Wait_End_Repetition ()	WAIT
FCS.C	Check_FCS() <> OK	Update_invalid-frame-counter()	IDLE
REP.C	CC > 0	CC=CC-1 Build_MacFrame (NS=NS, IC = IC, CC = CC, DC = DC, SA = mac-address, DA = DA, PL=PL, Data=M_sdu, PAD=PAD, FCS = CRC()) TSF = 0	REP.S
REP.C	CC = 0	None	IDLE
REP.S	TSF < NS	Build_Mpdu (MacFrame,TSF) P_Data.request (P_sdu) TSF = TSF + 1	REP.W
REP.S	TSF = NS	None	REP.C
REP.W	P_Data.confirm (P_TStat = OK)	None	REP.S
REP.W	P_Data.confirm (P_TStat <> OK)	Wait_End_Repetition ()	WAIT
WAIT	P_data.indication(P_sdu)	None	WAIT
WAIT	End_Repetition()	None	IDLE

4.3.7 Description des tableaux de transition

4.3.7.1 Description de l'état du serveur MAC

Quatorze états sont définis pour le serveur MAC:

- IDLE;
- SMF pour le processus send Mac frame (Envoi de trames MAC), SMF.S pour envoyer et SMF.W pour attendre la confirmation locale: ces deux états se rapportent à des phases d'envoi de la sous-couche MAC;
- FI.C pour le contrôle du champ FI de la sous-trame MAC reçue;
- NS.C pour le contrôle du champ NS de la sous-trame MAC reçue;
- ROS pour receive other subframes (réception d'autres sous-trames);
- FCS.C pour le calcul et le contrôle du CRC de la trame reçue;
- LOCK.C pour le contrôle du serveur, afin de déterminer si son état est verrouillé ou non;
- CLI.C pour l'identification du client en tant que source;
- DA.C pour le contrôle du contenu du champ de l'adresse de destination;
- REP pour la génération du processus de répétition, REP.C pour vérifier si la trame MAC doit être répétée, REP.S pour envoyer les sous-trames à répéter et REP.W pour attendre la confirmation locale;
- WAIT pour l'attente d'un événement End_Repetition avant de repasser à l'état IDLE.

L'état IDLE est le seul avec lequel la sous-couche MAC est en mesure d'effectuer des services simultanément pour:

- la sous-couche LLC (réception d'un paramètre M_sdu dans une primitive MA_Data.request);
- la couche physique (réception d'un paramètre P_sdu dans une primitive P_Data.indication);
- l'application de gestion de systèmes (réception des primitives Write_Request() et Read_Request).

Lors de la réception d'une primitive MA_Data.request, la sous-couche MAC vérifie que la MA_Data.request entrante peut être traitée. Si tel est le cas, la sous-couche MAC crée une trame MAC longue à partir du paramètre M_sdu fourni par la sous-couche LLC.

L'état SMF.S permet à la sous-couche MAC de créer les différents paramètres M_pdu (via la division de la trame MAC longue et l'ajout du champ FI), puis les de transmettre à la sous-couche physique.

L'état SMF.W permet à la sous-couche MAC d'attendre une confirmation locale fournie par la couche physique.

L'état FI.C permet à la sous-couche MAC de contrôler et de décoder le contenu du champ FI du paramètre P_sdu = M_pdu reçu. Ce champ correspond aux deux premiers octets du paramètre P_sdu reçu. Il retire éventuellement le champ FI de ce paramètre, puis le stocke pour constituer une trame MAC longue.

L'état NS.C permet à la sous-couche MAC de contrôler et de décoder le contenu du champ NS du paramètre P_sdu reçu. Ce champ correspond aux troisième et quatrième octets du paramètre P_sdu reçu. S'il est correct, il conserve ce paramètre en tant que première sous-trame d'une trame MAC longue entrante.

L'état ROS permet à la sous-couche MAC de recevoir d'autres paramètres P_sdu entrants. Lorsqu'elle reçoit une P_Data.indication, la sous-couche MAC passe à l'état FI.C.

4.3.7 Transition table description

4.3.7.1 MAC server state description

Fourteen states are defined for the MAC server:

- IDLE;
- SMF for send Mac frame process, SMF.S for sending and SMF.W for waiting for the local confirmation: these two states refer to sending phases of the MAC sublayer entity;
- FI.C for checking the FI field of the received MAC subframe;
- NS.C for checking the NS field of the received MAC subframe;
- ROS for receive other subframes;
- FCS.C for computing and checking the CRC of the received frame;
- LOCK.C for checking if the server is in a locked state or not;
- CLI.C for identification of the client as a source;
- DA.C for checking the destination address field content;
- REP for initiating the repetition process, REP.C for checking if the MAC frame must be repeated, REP.S for sending the subframes to be repeated and REP.W for waiting the local confirmation;
- WAIT for waiting an End_Repetition event before resuming the IDLE state.

The IDLE state is the only state when the MAC sublayer is ready to perform, at the same time, services for:

- the LLC sublayer (reception of a M_sdu in a MA_Data.request primitive);
- the physical layer (reception of a P_sdu in a P_Data.indication primitive);
- the systems management application entity (reception of Write_Request() and Read_Request primitives).

When receiving a MA_Data.request primitive, the MAC sublayer entity verifies that the incoming MA_Data.request can be processed. If it can, the MAC sublayer entity builds a long MAC frame from the M_sdu provided by the LLC sublayer.

In the SMF.S state, the MAC sublayer entity constructs the different M_pdus (by truncating the long MAC frame and by appending the FI field) and transmits them to the physical sublayer.

In the SMF.W state, the MAC sublayer entity is waiting for a local confirmation provided by the physical layer.

In the FI.C state, the MAC sublayer checks and decodes the FI field content of the received P_sdu = M_pdu. This field corresponds to the two first bytes of the received P_sdu. It eventually withdraws the FI field of the received P_sdu and stores it in order to make up a long MAC frame.

In the NS.C state, the MAC sublayer entity checks and decodes the NS field content of the received P_sdu. This field corresponds to the third and fourth bytes of the received P_sdu. If this field is valid, it collects this P_sdu as the first subframe of an incoming long MAC frame.

In the ROS state, the MAC sublayer entity is ready to receive other incoming P_sdu. When it receives a P_Data.indication, the MAC sublayer entity enters the FI.C state.

L'état FCS.C permet à la sous-couche MAC de calculer le CRC de la trame MAC reçue, puis de la comparer au contenu du champ FCS.

L'état LOCK.C permet à la sous-couche MAC de contrôler si le mode de fonctionnement est VERROUILLÉ ou DÉVERROUILLÉ. Le mode VERROUILLÉ est associé à la condition: variable de gestion MAC initiator-mac-address <> NO-BODY.

L'état CLI.C permet à la sous-couche MAC de contrôler si la trame MAC reçue est adressée à ou provient d'un système client. Si elle provient d'un système client, la sous-couche MAC met à jour la variable de gestion MAC min-delta-credit.

L'état DA.C permet à la sous-couche MAC de contrôler si la trame reçue est effectivement destinée au serveur via son adresse individuelle ou à l'une de ces adresses de groupe. Différentes actions sont réalisées selon plusieurs essais.

L'état REP.C permet à la sous-couche MAC de contrôler si la trame MAC courante caractérisée par son crédit courant doit être répétée. Si la valeur CC est supérieure à zéro et que le serveur est un répéteur, la répétition des sous-trames est générée.

L'état REP.S permet d'activer le processus de répétition et de retransmettre les différentes sous-trames MAC.

L'état REP.W permet d'indiquer que la sous-couche MAC attend une confirmation locale fournie par la couche physique.

L'état WAIT permet d'indiquer que la sous-couche MAC attend un événement End_Repetition. Il constitue un état transitionnel dont la durée correspond au temps requis par le système pour répéter, le cas échéant, la trame MAC jusqu'à ce que le crédit courant soit égal à zéro.

4.3.7.2 Description de l'état client MAC

Onze états sont définis pour le client MAC:

- IDLE;
- SMF pour le processus send Mac frame (Envoi de trames MAC), SMF.S pour l'envoi et SMF.W pour l'attente de la confirmation locale: ces deux états se rapportent à des phases d'envoi de la sous-couche MAC;
- FI.C pour le contrôle du champ FI de la sous-trame MAC reçue;
- NS.C pour le contrôle du champ NS de la sous-trame MAC reçue;
- ROS pour receive other subframes (réception d'autres sous-trames);
- FCS.C pour le calcul et le contrôle du CRC de la trame reçue, la transmission du paramètre M_sdu à la sous-couche LLC et l'attente de la fin des répétitions sur le réseau;
- REP pour la génération du processus de répétition, REP.C pour vérifier si la trame MAC doit être répétée, REP.S pour l'envoi des sous-trames à répéter et REP.W pour l'attente de la confirmation locale;
- WAIT pour l'attente d'un événement End_Repetition avant de repasser à l'état IDLE.

Les caractéristiques des états IDLE, SMF.S, SMF.W, FI.C, NS.C, ROS, REP.C, REP.S, REP.W et WAIT sont identiques au serveur MAC. Seul l'état FCS.C diffère.

L'état FCS.C permet à la sous-couche MAC client de calculer le CRC de la trame MAC reçue et de la comparer au contenu du champ FCS. Si la comparaison réussit, une primitive MA_Data.indication est transmise à la sous-couche LLC sans soumettre de champ d'adresse à essai. Si la comparaison échoue, la variable de gestion MAC invalid-frame-counter est mise à jour.