

RAPPORT TECHNIQUE

**CEI
IEC**

TECHNICAL REPORT

1334-5-1

Première édition
First edition
1996-07

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

**Partie 5:
Profils des couches basses –
Section 1: Profil S-FSK
(Spread Frequency Shift Keying)**

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

**Part 5:
Lower layer profiles –
Section 1: Spread Frequency
Shift Keying (S-FSK) profile**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1334-5-1: 1996

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

RAPPORT TECHNIQUE – TYPE 2

**CEI
IEC**

TECHNICAL REPORT – TYPE 2

1334-5-1

Première édition
First edition
1996-07

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

Partie 5: Profils des couches basses – Section 1: Profil S-FSK (Spread Frequency Shift Keying)

Distribution automation using distribution line carrier systems –

Part 5: Lower layer profiles – Section 1: Spread Frequency Shift Keying (S-FSK) profile

© CEI 1996 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève Suisse



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

	Pages
AVANT-PROPOS.....	4
Articles	
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 But.....	10
2.2 Principes de "Spread Frequency Shift Keying (S-FSK) ".....	10
2.3 Etallement.....	14
2.4 Tests de performances	14
2.4.1 Objectif	14
2.4.2 Tests BER du bruit blanc	14
2.4.3 Tests BER avec interférences bandes étroites	16
2.4.4 Tests BER avec bruits impulsifs	16
3 Couche physique.....	18
3.1 But.....	18
3.2 Méthode de transmission	18
3.2.1 Codage	18
3.2.2 Synchronisation des bits.....	18
3.2.3 Synchronisation des trames	20
3.2.4 Synchronisation des fenêtres	20
3.3 Encapsulation des paquets.....	22
3.3.1 But.....	22
3.3.2 Préambule	22
3.3.3 Délimiteur de début de sous-trame.....	22
3.3.4 Pause	22
3.4 Définitions des services de la couche physique.....	24
3.4.1 Description générale.....	24
3.4.2 PHY_Data.request.....	24
3.4.3 PHY_Data.confirm.....	26
3.4.4 PHY_Data.indication.....	28
4 Couche de contrôle d'accès aux médias (MAC ou medium access control layer).....	30
4.1 Spécification des services MAC.....	30
4.1.1 But.....	30
4.1.2 Vue d'ensemble des services	32
4.1.3 MA_Data.request.....	34
4.1.4 MA_Data.confirm.....	36
4.1.5 MA_Data.indication.....	38
4.2 Structure des trames MAC	40
4.2.1 Formats des trames MAC.....	40
4.2.2 Eléments de la trame MAC	46
4.2.3 Trames MAC invalides	58
4.3 Méthode de contrôle d'accès aux supports de transmission.....	62
4.3.1 Modèle fonctionnel	62
4.3.2 Description de la transmission	64
4.3.3 Description de la réception.....	66
4.3.4 Spécification formelle	68
4.3.5 Table d'états de l'accès aux supports de transmission.....	70
4.3.6 Description des tableaux de changement d'états.....	86
Annexes	
A Description des valeurs d'erreur.....	102
B Superposition des trames courtes	108

CONTENTS

	Page
FOREWORD.....	5
Clause	
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 The Spread Frequency Shift Keying (S-FSK) principle	11
2.3 The 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.....	19
3.1 Purpose.....	19
3.2 Transmission method.....	19
3.2.1 Coding.....	19
3.2.2 Bit timing	19
3.2.3 Frame timing	21
3.2.4 Slot timing.....	21
3.3 Packet encapsulation	23
3.3.1 Purpose.....	23
3.3.2 Preamble	23
3.3.3 Start subframe delimiter	23
3.3.4 Pause	23
3.4 Physical layer services definitions.....	25
3.4.1 General description	25
3.4.2 PHY_Data.request.....	25
3.4.3 PHY_Data.confirm.....	27
3.4.4 PHY_Data.indication.....	29
4 Medium access control layer (MAC).....	31
4.1 MAC service specification	31
4.1.1 Purpose.....	31
4.1.2 Overview of the services	33
4.1.3 MA_Data.request	35
4.1.4 MA_Data.confirm	37
4.1.5 MA_Data.indication.....	39
4.2 MAC frame structure.....	41
4.2.1 MAC frame formats	41
4.2.2 Elements of the MAC frame.....	47
4.2.3 Invalid MAC frame	59
4.3 Medium access control method	63
4.3.1 Functional model.....	63
4.3.2 Transmission description.....	65
4.3.3 Reception description.....	67
4.3.4 Formal specification.....	69
4.3.5 Medium access state table.....	71
4.3.6 Transition table description.....	87
Annexes	
A Description of error values.....	103
B Short frame overlaying.....	109

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

AUTOMATISATION DE LA DISTRIBUTION À L'AIDE DE SYSTÈMES
DE COMMUNICATION À COURANTS PORTEURS -Partie 5: Profils des couches basses -
Section 1: Profil S-FSK (Spread Frequency Shift Keying)

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant des 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, 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.
- 6) 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 tâche principale des comités d'études de la CEI est d'élaborer des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité d'études a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

Les rapports techniques de type 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques de type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données qu'ils contiennent ne soient plus jugées valables ou utiles.

La CEI 1334-5-1, rapport technique de type 2, a été établie par le comité d'études 57 de la CEI: Conduite des systèmes de puissance et communications associées.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**DISTRIBUTION AUTOMATION USING
DISTRIBUTION LINE CARRIER SYSTEMS –****Part 5: Lower layer profiles –
Section 1: 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 to the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, 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 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. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical report of one of the following types:

- type 1, when the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts;
- type 2, when the subject is still under technical development or where for any other reason there is the future but not immediate possibility of an agreement on an International Standard;
- type 3, when a technical committee has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example “state of the art”.

Technical reports of types 1 and 2 are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards. Technical reports of type 3 do not necessarily have to be reviewed until the data they provide are considered to be no longer valid or useful.

IEC 1334-5-1, which is a technical report of type 2, has been prepared by IEC technical committee 57: Power system control and associated communications.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet de comité	Rapport de vote
57(SEC)199	57/243/RVC

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

Le présent document est publié dans la série des rapports techniques de type 2 (conformément au paragraphe G.3.2.2 de la partie 1 des Directives CEI/ISO) comme «norme prospective d'application provisoire» dans le domaine du profil S-FSK pour l'automatisation de la distribution à l'aide de systèmes de communication à courants porteurs, car il est urgent d'avoir des indications sur la meilleure façon d'utiliser les normes dans ce domaine afin de répondre à un besoin déterminé.

Ce document ne doit pas être considéré comme une «Norme internationale». Il est proposé pour une mise en oeuvre provisoire, dans le but de recueillir des informations et d'acquérir de l'expérience quant à son application dans la pratique. Il est de règle d'envoyer les observations éventuelles relatives au contenu de ce document au Bureau Central de la CEI.

Il sera procédé à un nouvel examen de ce rapport technique de type 2 trois ans au plus tard après sa publication, avec la faculté d'en prolonger la validité pendant trois autres années, de la transformer en Norme internationale ou de l'annuler.

Les annexes A et B font partie intégrante de ce rapport technique.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 1334-5-1:1996

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

Committee draft	Report on voting
57(SEC)199	57/243/RVC

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

This document is issued in the type 2 technical report series of publications (according to G.3.2.2 of part 1 of the IEC/ISO Directives) as a "prospective standard for provisional application" in the field of Spread Frequency Shift Keying (S-FSK) profile for distribution automation using distribution line carrier systems because there is an urgent requirement for guidance on how standards in this field should be used to meet an identified need.

This document is not to be regarded as an "International Standard". It is proposed for provisional application so that information and experience of its use in practice may be gathered. Comments on the content of this document should be sent to the IEC Central Office.

A review of this type 2 Technical Report will be carried out not later than three years after its publication, with the options of either extension for a further three years or conversion to an International Standard or withdrawal.

Annexes A and B form an integral part of this technical report.

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

Partie 5: Profils des couches basses – Section 1: Profil S-FSK (Spread Frequency Shift Keying)

1 Généralités

1.1 Domaine d'application et objet

Ce Rapport technique de type 2 décrit les besoins de la modulation "spread frequency shift keying" en liaison avec les services fournis par les entités de la couche physique et de la sous-couche MAC. Le moyen de transmission est supposé être le réseau de distribution aussi bien en moyenne (MV) qu'en basse (LV) tension. La sous-couche MAC décrite dans ce rapport technique assure l'interface avec la couche de contrôle de liaison logique (LLC) décrite dans la CEI 1334-4-32.

Les trois parties modulation, couche physique et sous-couche MAC sont ajustées l'une à l'autre de façon à réaliser une relation optimale coût/performance.

Le profil décrit dans ce rapport fait partie des profils (de la série CEI 1334-5) qui ont été développés pour la transmission de données sur le réseau de distribution. Etant donné l'évolution technique dans ce champ d'application, les profils sont d'abord publiés en tant que Rapports techniques de type 2. Seuls les profils qui s'imposent dans la pratique sont transformés en normes.

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 Norme internationale. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 1334-1-4: 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/FDIS 1334-4-32: *Automatisation de la distribution à l'aide de systèmes de communication à courants porteurs – Partie 4: Protocoles de communication de données – Section 32: Couche de liaison de données – Contrôle de liaison logique¹⁾*

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

¹ Actuellement au stade de projet final de Norme internationale (57/266/FDIS).

DISTRIBUTION AUTOMATION USING DISTRIBUTION LINE CARRIER SYSTEMS –

Part 5: Lower layer profiles – Section 1: Spread Frequency Shift Keying (S-FSK) profile

1 General

1.1 Scope and object

This Technical Report of type 2 describes the requirements of Spread Frequency Shift Keying modulation in conjunction with the services provided by the Physical Layer Entity and of 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 document interfaces to the Logical Link Control layer described in IEC 1334-4-32.

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

The profile described in this report is one of several profiles (of the IEC 1334-5 series) which are all designed for data transmission via the distribution network. Considering the ongoing technical development in this field the profiles are published as Technical Reports of type 2 with the intention to transform those profiles which are successful in practice into standards.

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents listed below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 1334-1-4: 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/FDIS 1334-4-32: *Distribution automation using distribution line carrier systems – Part 4: Data communication protocols – Section 32: Data link layer – Logical link control¹⁾*

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

¹ At present at the stage of Final Draft International Standard (57/266/FDIS).

ISO 7498-3: 1989, *Systèmes de traitement de l'information – Interconnexion de systèmes ouverts – Modèle de référence de base – Partie 3 : Dénomination et adressage*

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* (publiée en anglais seulement)

1.3 Définitions

Pour les besoins du présent Rapport technique, les définitions de l'ISO 7498-1 et de l'EN 50065-1 s'appliquent.

2 Modulation

2.1 But

S-FSK est une technique de modulation-démodulation qui combine certains avantages des systèmes classiques à spectre étalé (par exemple l'immunité contre les interférences en bandes étroites) avec les avantages du système FSK classique (faible complexité et implémentations bien connues).

2.2 Principes de "Spread Frequency Shift Keying (S-FSK)"

L'émetteur impose une fréquence F_S à la "donnée 0" et la fréquence F_M à la "donnée 1". La différence entre le S-FSK et le FSK classique repose sur le fait que F_S et F_M sont maintenant placées loin l'une de l'autre (étalement). En plaçant le signal pour "space" loin du signal pour "mark", leurs qualités de transmission deviennent indépendantes (la puissance des interférences en bandes étroites et l'atténuation des signaux sont toutes les deux indépendantes dans chacune des deux fréquences).

Le destinataire effectue une démodulation FSK conventionnelle pour les deux fréquences possibles (des demi-canaux) et obtient deux signaux démodulés d_S et d_M . Si la qualité de réception moyenne de chacun des deux demi-canaux est similaire (voir figure 1), l'unité de décision choisit alors le meilleur canal ("donnée 0" si $d_S > d_M$, "donnée 1" si $d_S < d_M$). Cependant, si la qualité de réception de l'un des demi-canaux est sensiblement meilleure que celle de l'autre (voir figure 2), l'unité de décision compare le signal démodulé du meilleur canal avec le seuil T et ignore le canal le plus mauvais.

Le mesurage de la qualité et le calcul du seuil peuvent être basés sur un préambule prédéfini qui précède la transmission de la trame elle-même.

ISO 7498-3: 1989, *Information processing systems – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model – Part 3: 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 Technical Report, the definitions of ISO 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 (e.g. immunity against narrow band interferers) with the advantages of a classical FSK system (low complexity, well-investigated implementations).

2.2 The 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.

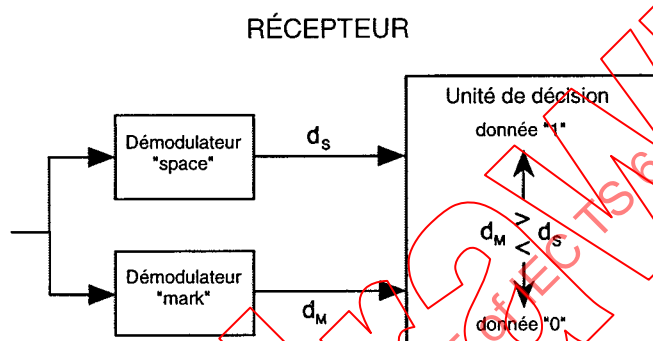
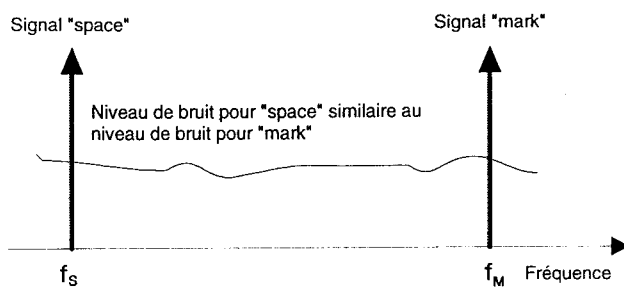


Figure 1 – Qualité de "space" similaire à celle de "mark"

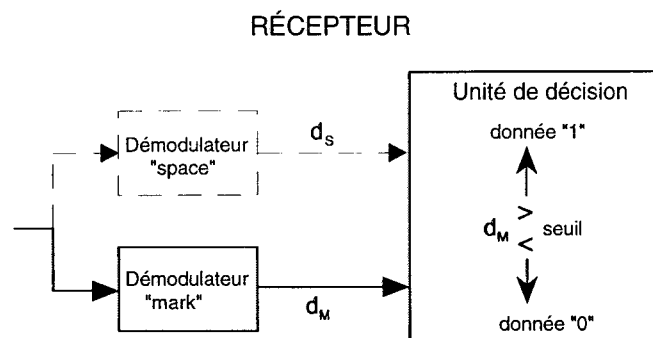
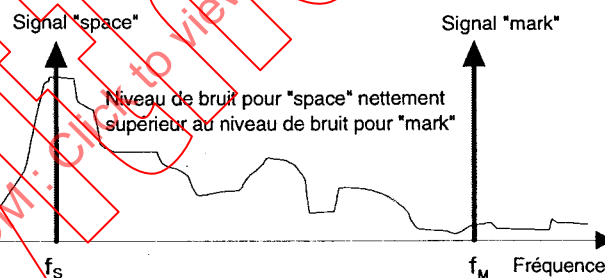


Figure 2 – Qualité "mark" nettement supérieure à celle de "space"

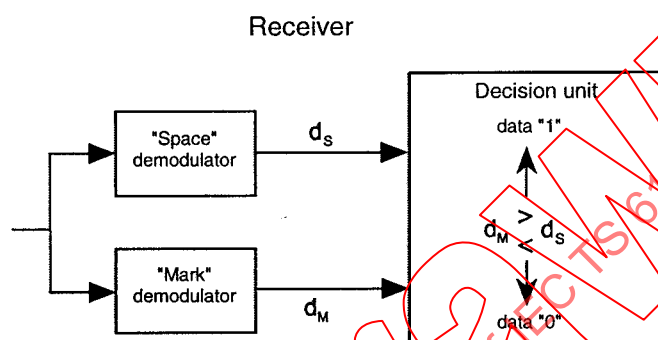
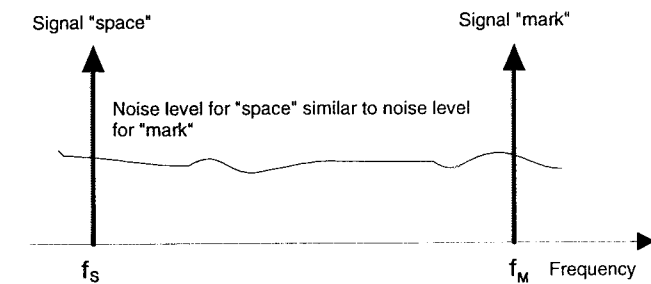


Figure 1 – Quality "space" similar to quality "mark"

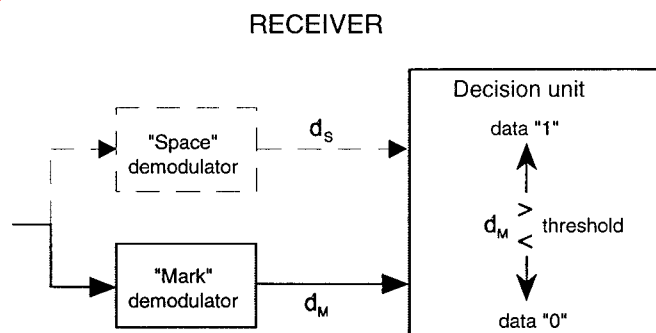
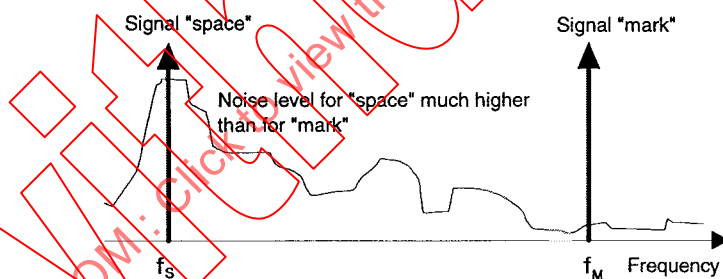


Figure 2 – Quality "mark" much better than quality "space"

2.3 Etallement

Il convient que la valeur absolue de la différence de fréquences $|F_M - F_S|$ soit telle que les qualités de transmission des signaux en F_M et en F_S soient indépendantes l'une de l'autre. En tenant compte des mesurages présentés dans la CEI 1334-1-4, il est recommandé d'utiliser $|F_M - F_S| > 10 \text{ kHz}$.

2.4 Tests de performances

2.4.1 Objectif

La qualité d'une implémentation est garantie par différents tests de performances. Les tests peuvent être réalisés dans des conditions de laboratoire et doivent être reproductibles.

Les mesures du BER (taux de bits erronés) sont réalisées par la transmission d'un préambule, un délimiteur de trame suivi d'un bloc de 38 éléments de données. On suppose qu'on ne rencontre pas d'erreurs de synchronisation de trame. Le BER est mesuré en comptant les erreurs dans le bloc de données.

Les tests qui seront décrits dans ce qui suit doivent être réalisés pour un signal d'entrée du destinataire situé dans la plage de $2 \text{ mV}_{\text{eff}}$ à 2 V_{eff} .

Différents types d'interférences sont ajoutés au signal transmis.

2.4.2 Tests BER du bruit blanc

Le bruit blanc gaussien est ajouté au signal transmis.

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

E_b [WS] dénote l'énergie du signal reçu par bit. $E_b = V_{\text{signal}}^2(\text{eff.}) \cdot 3,333 \cdot 10^{-3} \text{ s}$, où $V_{\text{signal}}(\text{eff.})$ est la valeur réelle efficace (= r.m.s., ou root mean square) du signal transmis lors de l'entrée du destinataire. La largeur de bande du voltmètre efficace doit être telle que la plage entière de fréquences du signal soit prise en compte.

Parce que le canal peut se comporter de façon différente pour chacune des deux fréquences transmises (différents niveaux de bruit et/ou différentes atténuations), les tests AWGN sont réalisés à l'aide de différents niveaux de signaux. E_{b1} est l'énergie du signal reçu si un "1 logique" est transmis. E_{b0} est l'énergie du signal reçu si un "0 logique" est transmis. L'énergie moyenne par bit devient alors $E_b = (E_{b1} + E_{b0})/2$.

2.3 The 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 1334-1-4 it is recommended to use $|F_M - F_S| > 10$ kHz.

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 shall be accomplished for receiver input signals in the range of $2 \text{ mV}_{\text{rms}}$ to 2 V_{rms} .

Different kinds of interferer 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. $E_b = V_{\text{signal}}^2 (\text{r.m.s.}) \cdot 3,333 \cdot 10^{-3} \text{ s}$, 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 attenuations) 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 $E_b = (E_{b1} + E_{b0})/2$.

Le rapport entre les deux niveaux d'énergie de signaux est noté comme **rapport d'énergie x**, où $x = E_{b1}/E_{b0}$.

On ne doit pas dépasser les valeurs suivantes de E_b/N_0 pour réaliser un BER donné.

Tableau 1 – Valeurs maximales de E_b/N_0 autorisées pour réaliser un BER donné

BER	-5 dB < x < 5 dB	x = ±10 dB	x = ±20 dB
10^{-5}	$E_b/N_0 < 21$ dB	$E_b/N_0 < 17$ dB	$E_b/N_0 < 7$ dB
10^{-4}	$E_b/N_0 < 19$ dB	$E_b/N_0 < 15$ dB	$E_b/N_0 < 5$ dB
10^{-3}	$E_b/N_0 < 17$ dB	$E_b/N_0 < 13$ dB	$E_b/N_0 < 3$ dB
10^{-2}	$E_b/N_0 < 14$ dB	$E_b/N_0 < 11$ dB	$E_b/N_0 < 1$ dB
10^{-1}	$E_b/N_0 < 10$ dB	$E_b/N_0 < 7$ dB	$E_b/N_0 < -3$ dB
$2 \cdot 10^{-1}$	$E_b/N_0 < 8$ dB	$E_b/N_0 < 4$ dB	$E_b/N_0 < -5$ dB
NOTE – Il convient que les limites de E_b/N_0 servent de lignes directrices. Elles sont au moins à 3 dB au-dessus des valeurs qu'on peut atteindre en théorie.			

2.4.3 Tests BER avec interférences bandes étroites

On ajoute une interférence sinusoïdale de fréquence f_N au signal transmis. La puissance moyenne de l'interférence est $S_N = V_{\text{interférence}}^2(\text{eff})$. La puissance moyenne du signal est $S_s = V_{\text{signal}}^2(\text{eff})$.

Il ne faut pas trouver d'erreurs ($\text{BER} < 10^{-5}$) pour $S_N/S_s < 30$ dB pour les fréquences $20 \text{ kHz} < f_N < 95 \text{ kHz}$.

2.4.4 Tests BER avec bruits impulsifs

On utilise des bruits impulsifs périodiques d'une amplitude de 5 V de crête à crête, on utilise une fréquence F et des cycles compris entre 10 % et 50 %. L'amplitude du signal est fixée à 20 mV_{eff}. Le BER doit être inférieur à 10^{-5} pour F=100 Hz et F=1000 Hz.

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.

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

BER	-5 dB < x < 5 dB	x = ±10 dB	x = ±20 dB
10^{-5}	$E_b/N_0 < 21$ dB	$E_b/N_0 < 17$ dB	$E_b/N_0 < 7$ dB
10^{-4}	$E_b/N_0 < 19$ dB	$E_b/N_0 < 15$ dB	$E_b/N_0 < 5$ dB
10^{-3}	$E_b/N_0 < 17$ dB	$E_b/N_0 < 13$ dB	$E_b/N_0 < 3$ dB
10^{-2}	$E_b/N_0 < 14$ dB	$E_b/N_0 < 11$ dB	$E_b/N_0 < 1$ dB
10^{-1}	$E_b/N_0 < 10$ dB	$E_b/N_0 < 7$ dB	$E_b/N_0 < -3$ dB
$2 \cdot 10^{-1}$	$E_b/N_0 < 8$ dB	$E_b/N_0 < 4$ dB	$E_b/N_0 < -5$ 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 $S_N = V_{\text{interferer}}^2$ (r.m.s.). The average signal power is $S_s = V_{\text{signal}}^2$ (r.m.s.).

For $S_N/S_s < 30$ 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 Hz and F=1000 Hz.

3 Couche physique

3.1 But

Cet article couvre les services nécessaires aux entités DCP de la couche physique en tant qu'interfaces logiques avec la sous-couche MAC. Elle définit aussi les méthodes de transmission utilisées pour fournir le flux d'information à travers le canal physique (réseau de distribution d'énergie en basse tension).

3.2 Méthode de transmission

L'interface de l'équipement de signalisation de la ligne de distribution avec le système de ligne de distribution d'énergie a les caractéristiques suivantes :

- a) courant alternatif monophasé ou triphasé,
- b) (50 Hz ou 60 Hz) $\pm$ 10%;
- c) 230 V_{eff.} (min. 190 V_{eff.}, max. 250 V_{eff.}) or 110 V_{eff.} (min. 90 V_{eff.}, max. 130 V_{eff.})

3.2.1 Codage

On utilise le codage NRZ (non-return-to-zero).

3.2.2 Synchronisation des bits

La durée maximum d'une donnée (moment de transmission) est de 3,333 ms. La durée définie pour un bit correspond à une vitesse minimale de transmission de 300 bit/s.

La durée de trois bits de données peut correspondre à l'intervalle de temps entre deux passages à zéro successifs d'une des trois phases du secteur. Quand les secteurs sont synchronisés, les bits de données sont placés à temps de façon que chaque troisième bit corresponde au passage à zéro d'une des phases. Ce qui signifie que la synchronisation des bits peut être réalisée en divisant par trois l'intervalle entre deux passages à zéro de l'une des trois phases. D'autres vitesses de transmission sont possibles, si elles sont des multiples de 300 bit/s (600 bit/s, 900 bit/s, 1200 bit/s, etc.).

3 Physical layer

3.1 Purpose

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

3.2 Transmission method

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

- a) AC single-phase or 3-phase;
- b) 50 Hz or 60 Hz $\pm$ 10% ;
- c) 230 V_{rms} (min. 190 V_{rms}, max. 250 V_{rms}) or 110 V_{rms} (min. 90 V_{rms}, max. 130 V_{rms}).

3.2.1 Coding

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

3.2.2 Bit timing

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 per second.

The duration of 3 data bits might correspond to the time interval between two succeeding zero crossings of one of the three phases of the mains. When mains are synchronized to the mains, the data bits are placed in time such 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 (600 bits/s, 900 bits/s, 1200 bits/s, etc.) are possible.

3.2.3 Synchronisation des trames

Les "**PHY_frames**" ou trames de niveau physique (composées d'un préambule, d'un délimiteur de début de sous-trame, d'une sous-trame MAC, d'une pause) sont transmises dans des fenêtres de temps (time slot) prédéfinies (voir figure 3); ce qui signifie que l'émission d'une PHY_frame va toujours commencer à un instant multiple entier de la **durée de base d'une fenêtre de temps** (basic time slot duration). Ces instants sont appelés **indicateurs de fenêtres** (slot indicators). Après que l'on aura réalisé la synchronisation des fenêtres, la couche physique de chaque unité va garder la trace des indicateurs de fenêtre, indépendamment, au moyen de sa propre horloge interne.

3.2.4 Synchronisation des fenêtres

La synchronisation à l'échelle du système des indicateurs de fenêtre est réalisée au moyen d'une "**PHY_sync_frame**" (trame de synchronisation physique). La procédure de synchronisation est initialisée par la couche application.

La "MAC_frame" ou trame MAC correspondant à la **PHY_sync_frame** à la structure suivante.

Indicateur de trame (frame indicator):

FI:= trame longue

Nombre de sous-trames :

NS:= 1

Crédit initial et courant (initial and current Credit):

IC:= 7 (hex), CC:= -

Adresses source et destination (source and destination addresses):

SA:= INITIATOR, DA:= NOBODY

Longueur du bourrage (pad length):

PL:= 00 (hex)

Champ de données (data field): = L_PDU:= (DSAP:=FF, SSAP:=INITIATOR, CF:=B0, [20 fois AA][55 93 96])

Séquence de vérification de trames (frame check sequence):

FCS:= en fonction de DATA (données)

3.2.3 Frame timing

The **PHY_frames** (consisting of: preamble, start subframe delimiter, MAC-subframe, pause) are transmitted during predefined time slots (see figure 3); meaning 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

The system-wide synchronization of the slot indicators is achieved by means of the **PHY_sync_frame**. The synchronization procedure is initiated from the application layer.

The MAC_frame corresponding to the **PHY_sync_frame** has the following structure.

Frame indicator:

FI:= long frame

Number of subframes:

NS:= 1

Initial and current credit:

IC:= 7 (hex), CC:= -

Source and destination addresses:

SA:= INITIATOR, DA:= NOBODY

Pad length:

PL:= 00 (hex)

Data field:= L_PDU:= (DSAP:=FF, SSAP:=INITIATOR, CF:=B0, [20 times AA][55 93 96])

Frame check sequence:

FCS:= according to DATA

3.3 Encapsulation des paquets

3.3.1 But

En vue d'assurer une résistance optimale aux erreurs de synchronisation au niveau physique, une PHY_frame se compose d'une unité de donnée: PHY_SDU (38 octets) encapsulée avec, la précédant, un préambule (deux octets) suivi par un délimiteur de sous-trame (deux octets) et , lui succédant, une pause (3 octets).

3.3.2 Préambule

Champ de 16 bits : AAAA (hex).

Le préambule sert aux fins suivantes : réglage fin de la synchronisation des bits (si nécessaire), adaptation des seuils pour le démodulateur, adaptation du contrôle automatique de gain (AGC).

3.3.3 Délimiteur de début de sous-trame

Champ de 16 bits: 54 C7 (hex).

Le délimiteur de trame sert à vérifier la synchronisation des trames et à resynchroniser en cas de nécessité les indicateurs de fenêtres.

3.3.4 Pause

24 bits (pour les systèmes non multiplexés), champ de non-transmission.

Le but de la pause est double:

- a) donner au destinataire le temps de réaliser la démodulation, le décodage et le traitement des données avant de devoir être prêt pour la trame suivante;
- b) si la longueur de la pause est supérieure à 42 octets, le multiplexage de systèmes différents devient alors possible.

Ce dernier dispositif devient particulièrement important quand le système DCP doit fonctionner dans un réseau de distribution maillé, où les stations ont accès à plusieurs initiateurs. Dans ce cas, la synchronisation des fenêtres entre les initiateurs est nécessaire.

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 PHY_SDU (38 bytes) which is encapsulated with a preceding preamble (2 bytes) followed by the subframe delimiter (2 bytes) and a succeeding pause (3 bytes).

3.3.2 Preamble

16 bit field: AAAA (hex).

The preamble serves the following purposes: fine tuning of the bit synchronization (if necessary), adaptation of the thresholds for the demodulator, adaptation of the automatic gain control (AGC).

3.3.3 Start subframe delimiter

16 bit field: 54 C7 (hex).

The purpose of the frame delimiter is to check the frame timing and to resynchronize its slot indicators if necessary.

3.3.4 Pause

24 bit (for non-multiplexed systems) field of no transmission.

The purpose of the pause is twofold :

- a) to give the receiver time to perform demodulation, decoding and data processing before it has to be ready for the next frame;
- b) if the length of the pause is longer than 42 bytes, then time multiplexing of different systems becomes possible.

This last feature becomes particularly important when the DCP system has to operate in a meshed distribution network where the stations have access to several initiators. In this case slot synchronization between the initiators is necessary.

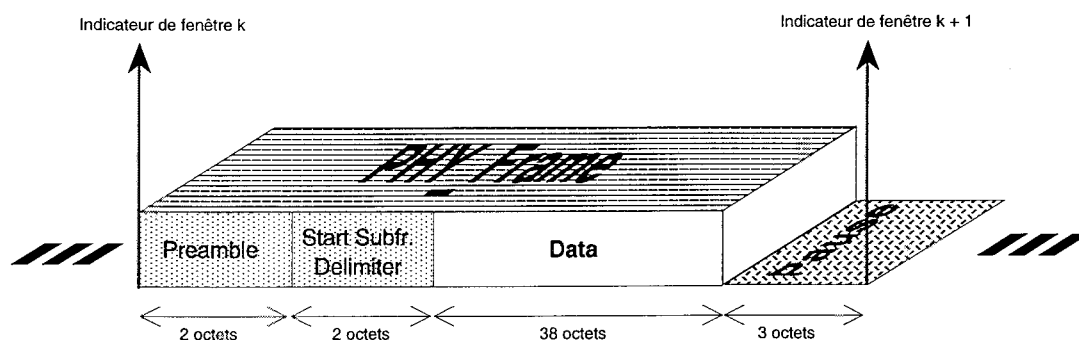


Figure 3 - Fenêtre de temps et structure de la trame physique

3.4 Définitions des services de la couche physique

3.4.1 Description générale

Les services "PHY_Data" (données physiques) offerts par la couche physique permettent à l'entité de la sous-couche MAC de transférer un simple M_PDU à une ou plusieurs entités de la sous-couche MAC homologues en utilisant comme moyen de communication le réseau de distribution basse tension.

Il y a trois primitives de service.

- PHY_Data.request
- PHY_Data.confirm
- PHY_Data.indication

3.4.2 PHY_Data.request

3.4.2.1 Fonction

Cette primitive définit le transfert de données depuis une entité de la sous-couche locale MAC vers une seule ou, dans le cas d'une adresse de groupe, plusieurs entités MAC homologues.

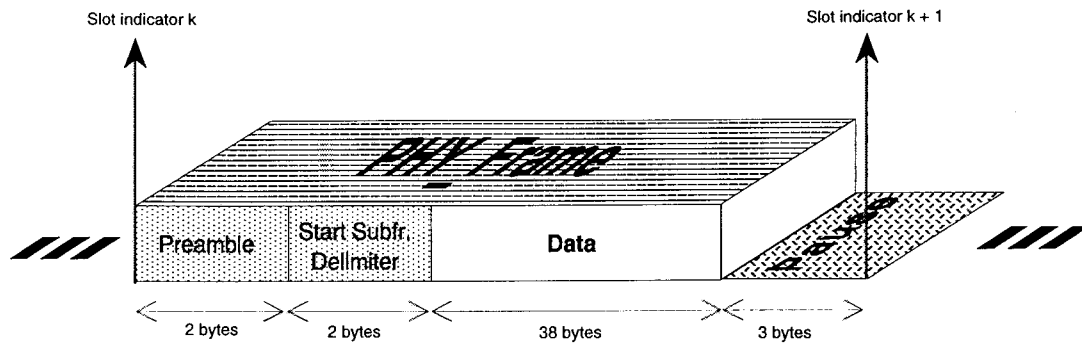


Figure 3 – Time slot and physical frame structure

3.4 Physical layer services definitions

3.4.1 General description

The PHY_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 service primitives.

- PHY_Data.request
- PHY_Data.confirm
- PHY_Data.indication

3.4.2 PHY_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

La sémantique de la primitive est la suivante.

```
PHY_Data.request (
    PHY_SDU
)
```

3.4.2.3 Utilisation

Cette primitive est générée par une entité de la sous-couche MAC dès que des données doivent être transmises à une ou plusieurs entités MAC homologues. Cela peut être une réponse à une demande d'un protocole de niveau supérieur.

La réception de cette primitive conduit l'entité PHY à construire une PHY_frame (trame physique), telle que celle décrite à la figure 3, et de la transférer à la ou aux entités de couches PHY homologues.

3.4.3 PHY_Data.confirm

3.4.3.1 Fonction

Cette primitive n'a qu'une signification locale, elle fournit une réponse appropriée à l'entité de la sous-couche MAC qui a initialisé une primitive PHY_Data.request. La primitive PHY_Data.confirm dit à l'entité de la sous-couche MAC si la PHY_frame de la PHY_Data.request précédente n'a pas été transmise avec succès sur le support.

3.4.3.2 Structure

La sémantique de la primitive est la suivante :

```
PHY_Data.confirm (
    Transmission_status )
```

Le paramètre Transmission_status (statut de la transmission) est utilisé pour retourner les informations sur le statut à l'entité de la sous-couche MAC locale qui en fait la demande. Il est utilisé pour indiquer le succès ou l'échec de la PHY_Data.request associée précédente. Il peut aussi indiquer que la couche physique a perdu la synchronisation de trame.

Les valeurs de Transmission_status sont définies dans la couche liaison de données.

3.4.2.2 Structure

The semantics of the primitive are as follows.

```
PHY_Data.request (  
    PHY_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.

The receipt 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 PHY_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 PHY_Data.request primitive. The PHY_Data.confirm primitive tells the MAC sublayer entity whether the PHY_frame of the previous PHY_Data.request has unsuccessfully been transmitted on the medium.

3.4.3.2 Structure

The semantics of this primitive are as follows :

```
PHY_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 PHY_Data.request. It may also indicate that the physical layer has lost its frame synchronization.

Transmission_Status values are defined in the data link layer.

3.4.3.3 Utilisation

Cette primitive est générée en réponse à une PHY_Data.request de la part d'une entité de la sous-couche MAC locale.

On suppose que la sous-couche MAC dispose de suffisamment d'informations pour associer la confirmation avec la demande appropriée.

3.4.4 PHY_Data.indication

3.4.4.1 Fonction

Cette primitive définit le transfert de données de l'entité de la sous-couche PHY à l'entité de la sous-couche MAC.

3.4.4.2 Structure

La sémantique de cette primitive est la suivante.

```
PHY_Data.indication (  
    PHY_SDU  
)
```

3.4.4.3 Utilisation

On passe la PHY_Data.indication de l'entité de la sous-couche PHY à l'entité de la sous-couche MAC pour annoncer l'arrivée d'une trame à l'entité de la sous-couche PHY locale. Ces trames ne sont signalées que si elles sont correctement synchronisées et écrites dans un format valable.

3.4.3.3 Use

This primitive is generated in response to a PHY_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 PHY_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.

```
PHY_Data.indication (  
    PHY_SDU  
)
```

3.4.4.3 Use

The PHY_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.

4 Couche de contrôle d'accès aux médias (MAC ou medium access control layer)

4.1 Spécification des services MAC

4.1.1 But

Ce paragraphe spécifie les services offerts par la sous-couche MAC (contrôle d'accès aux médias) à la sous-couche LLC (Logical Link Control = Contrôle de liaison logique) (voir figure 4). Ces services sont décrits de façon abstraite.

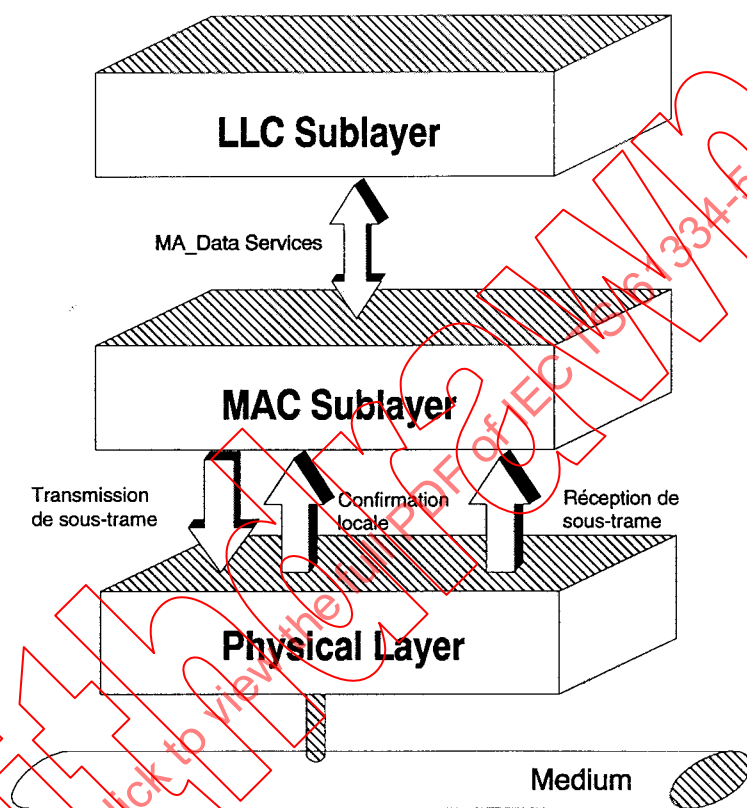


Figure 4 - Relations avec le modèle de référence

4 Medium access control layer (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 4). The services are described in an abstract way.

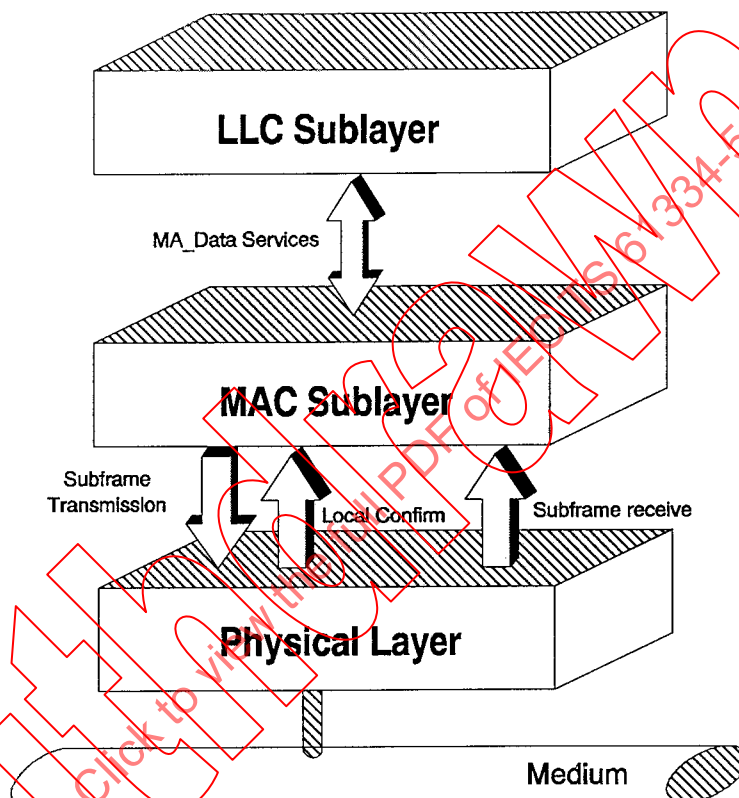


Figure 4 – Relationship with reference model

4.1.2 Vue d'ensemble des services

Les services fournis par la sous-couche MAC permettent à l'entité de la sous-couche LLC d'échanger des unités de données LLC avec des entités homologues de la sous-couche LLC (voir figure 5).

Comme d'habitude dans le modèle OSI, on propose trois services de base.

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

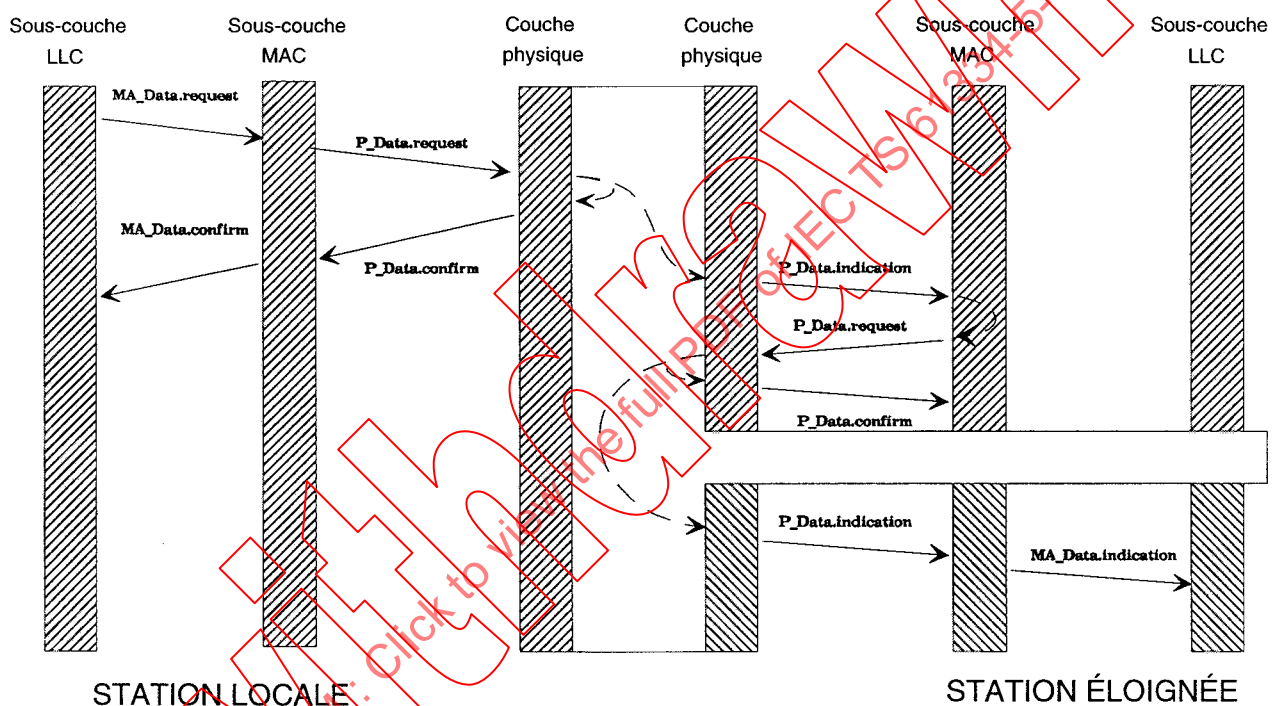


Figure 5 – Primitives de MA_Data service

4.1.2 Overview of the services

The services provided by the MAC sublayer allow the LLC sublayer entity to exchange LLC data units with peer LLC sublayer entities (see figure 5).

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

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

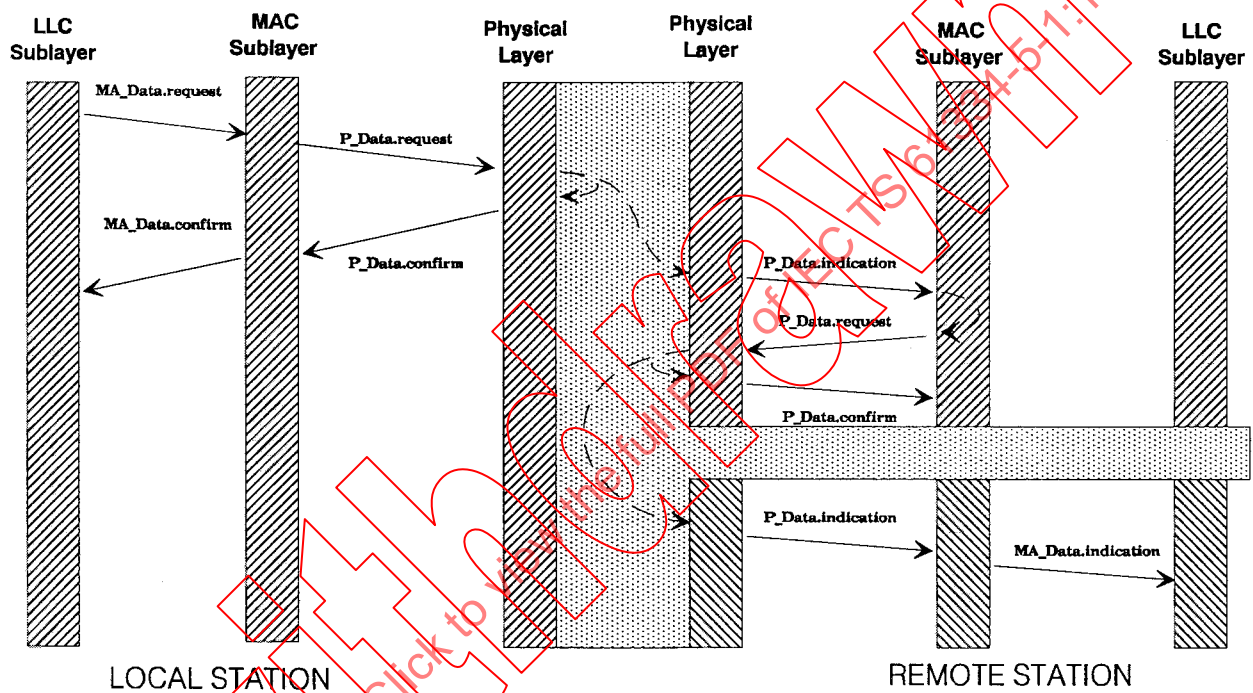


Figure 5 – MA_Data service primitives

4.1.3 MA_Data.request

4.1.3.1 Fonction

Cette primitive définit le transfert de données depuis une entité de la sous-couche LLC locale vers une ou plusieurs, dans le cas d'une adresse de groupe, entités LLC homologues.

4.1.3.2 Structure

La sémantique de cette primitive est la suivante.

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

Le paramètre destination address (adresse destination) peut spécifier soit une adresse individuelle soit une adresse d'entité MAC de groupe. Il doit contenir suffisamment d'informations pour la création de l'adresse destination (DA) ainsi que la répétition des champs crédits (voir plus loin) qui sont inclus dans le préfixe de la trame par l'entité de la sous-couche MAC locale.

NOTE - L'adresse source n'est pas spécifiée parce que c'est un paramètre local que la sous-couche MAC va remplir elle-même en fonction des règles du protocole.

Le paramètre Service_class (classe du service) spécifie le type de la trame que l'entité de la sous-couche MAC doit utiliser pour transmettre le M_SDU. Une valeur "0" du paramètre Service_class indique à l'entité de la sous-couche MAC qu'elle doit utiliser une trame longue pour la transmission. Toutes les autres valeurs indiquent des trames courtes.

Le paramètre M_SDU (unité de données de service MAC) spécifie l'unité de données de service MAC à transmettre par l'entité de la sous-couche MAC. Il y a suffisamment d'informations associées au M_SDU pour que l'entité de la sous-couche MAC puisse déterminer la longueur de l'unité de données.

4.1.3.3 Utilisation

Cette primitive est générée par une entité de la sous-couche LLC à chaque fois que des données doivent être transmises à une ou à des entités LLC homologues. Cela peut être une réponse à une demande d'un protocole de niveau supérieur.

4.1.3 *MA_Data.request*

4.1.3.1 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.

4.1.3.2 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 entity address. It shall contain sufficient information to create the destination address (DA) and the repetition credits fields (see below) that are included in the header of the frame by the local MAC sublayer entity.

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

The Service_class parameter specifies the type of frame that the MAC sublayer entity shall use to transmit the M_SDU. A "0" value in the Service_Class parameter indicates at the MAC sublayer entity that it shall use a long frame for transmission. All other values indicate short frames.

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.

4.1.3.3 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.

La réception de cette primitive amène l'entité MAC à construire une trame courte si la valeur du paramètre `Service_class` n'est pas zéro, et une trame longue si cette valeur est zéro.

L'entité de la sous-couche MAC attache tous les champs spécifiques MAC (précisés plus loin) et passe les sous-trames correctement constituées aux protocoles de couches inférieures pour le transfert vers la ou les entités homologues de la sous-couche MAC.

4.1.4 *MA_Data.confirm*

4.1.4.1 Fonction

Cette primitive n'a qu'une signification locale; elle fournit une réponse appropriée à l'entité de la sous-couche LLC qui a initialisé la primitive `MA_Data.request`. La primitive `MA_Data.confirm` dit à l'entité de la sous-couche LLC si la `M_PDU` de la `MA_Data.request` précédente n'a pas été transmise avec succès par la couche physique.

4.1.4.2 Structure

La sémantique de cette primitive est la suivante.

`MA_Data.confirm (`
 `Transmission_status )`

Le paramètre `Transmission_status` (statut de la transmission) sert à renvoyer les informations sur le statut à l'entité de la sous-couche MAC qui a fait la demande. Elle est utilisée pour signaler le succès ou l'échec de la `MA_Data.request` associée précédente.

Les valeurs possibles renvoyées de `Transmission_status` sont les suivantes.

- OK. Pas d'erreurs détectées
- LM-TU. Ressources temporairement indisponibles dans la sous-couche MAC
- LM-NI. Ressources non implémentées ou pas activées dans la sous-couche MAC
- LM-HF. Erreur matérielle dans la sous-couche MAC
- LM-SE. Erreur de syntaxe dans la sous-couche MAC
- Une des valeurs possibles de `Transmission_status` renvoyées par la couche physique

The receipt of this primitive will cause the MAC entity to construct a short frame if the Service_class parameter is non-zero and a long frame if the Service_class is zero.

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

4.1.4 MA_Data.confirm

4.1.4.1 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 M_PDU of the previous MA_Data.request has unsuccessfully been transmitted by the physical layer.

4.1.4.2 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 temporarily unavailable at the MAC sublayer.
- LM-NI. Resources non-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.

4.1.4.3 Utilisation

Cette primitive est générée en réponse à une MA_Data.request de l'entité de la sous-couche LLC locale.

On suppose que la sous-couche LLC dispose de suffisamment d'informations pour associer la confirmation avec la demande appropriée.

4.1.5 MA_Data.indication

4.1.5.1 Fonction

Cette primitive définit le transfert de données depuis l'entité de la sous-couche MAC vers l'entité de la sous-couche LLC.

4.1.5.2 Structure

La sémantique de cette primitive est la suivante :

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

Le paramètre Destination_address (adresse destination) peut être soit une adresse individuelle, soit une adresse de groupe comme spécifié dans le champ DA de la trame qui arrive.

Le paramètre Source_address (adresse source) est une adresse individuelle comme spécifié dans le champ SA de la trame qui arrive.

Le paramètre M_SDU spécifie l'unité de données de service MAC reçue par l'entité de la sous-couche MAC locale.

4.1.4.3 Use

This primitive is generated in response to an 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.

4.1.5 MA_Data.indication

4.1.5.1 Function

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

4.1.5.2 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 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.

4.1.5.3 Utilisation

La MA_Data.indication est passée de l'entité de la sous-couche MAC à l'entité de la sous-couche LLC pour signaler à l'entité de la sous-couche MAC locale l'arrivée d'une trame. Ces trames ne sont signalées que si elles sont écrites dans un format valable et ont été reçues sans erreurs et si leur adresse de destinataire désigne l'entité MAC locale dans un groupe ou une adresse unique.

Si l'entité de la sous-couche MAC locale est désignée par l'adresse destination d'une MA_Data.request, la primitive indication sera aussi invoquée par l'entité MAC à l'entité LLC locale. Par exemple, toutes les trames transmises à une adresse en mode diffusion vont invoquer une MA_Data.indication à toutes les stations dans le réseau, y compris la station qui a généré la diffusion.

4.2 Structure des trames MAC

Ce paragraphe définit en détail la structure des trames pour les systèmes de communication de données utilisant les procédures DCP MAC. Elle définit les différents composants de la trame MAC ainsi que leurs positions relatives. Elle définit la méthode pour représenter l'adresse de la station.

4.2.1 Formats des trames MAC

Dans DCP on a défini deux trames différentes. La trame courte sert à transmettre certaines commandes de gestion et elle bénéficie d'un haut degré de sécurité. La trame longue sert dans tous les autres cas. La trame longue est subdivisée en sous-trames plus petites.

4.2.1.1 Trame longue

La raison d'une trame longue est la transmission de tous les M_PDU entre les entités de la sous-couche MAC, à l'exception de certaines procédures spécifiques de gestion. La longueur d'une trame longue est variable et elle est un multiple de la longueur des sous-trames. Le nombre de sous-trames dans une trame dépend de la longueur de la M_SDU.

Une trame longue contient les champs suivants (voir figures 6 et 7).

- Préambule (Pre)
- Délimiteur de début de sous-trame (SSD)
- Indicateur de trame (FI), 2 octets
- Nombre de sous-trames (NS), 2 octets
- Crédit initial, courant et delta (IC, CC, DC), 1 octet
- Adresses source et destination (SA, DA), 3 octets
- Longueur du bourrage (PL), 1 octet

4.1.5.3 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. Such frames are reported only if they are written in a valid format, if they are received without errors and if their destination address designates the local MAC entity through a group or a unique address.

If the local MAC sublayer entity is designated by the destination address of an MA_Data.request, the indication primitive will also be invoked by the MAC entity to the local LLC entity. For example, all frames transmitted to the broadcast address will invoke MA_Data.indication at all stations in the network including the station that generated the broadcast.

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. It defines the method for representing station addresses.

4.2.1 MAC frame formats

Two different frames are defined in DCP. The short frame is used to transmit some of the management commands and is highly secured. The long frame is used in all other cases. The long frame is divided in smaller subframes.

4.2.1.1 Long frame

The purpose of a long frame is to transmit all M_PDU between MAC sublayer entities except some management specific procedures. The length of the long frame is variable and is a multiple of the length of the subframes. The number of subframes in a frame depends on the length of the M_SDU.

A long frame contains the following fields (see figures 6 and 7).

- Preamble (Pre)
- Start subframe delimiter (SSD)
- Frame indicator (FI), of 2 bytes
- Number of subframes (NS), of 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

- Champ de données (data), jusqu'à 242 octets
- Champ bourrage (pad)
- Séquence de contrôle de la trame (FCS), 3 octets

Le préambule, le délimiteur de début de sous-trame et l'indicateur de trame sont appelés starter de sous-trame (SS) car ils commencent chaque sous-trame. Le nombre de sous-trame, les champs crédit, les champs adresses et la longueur du bourrage sont appelés en-tête de trame (FH = frame header).

La trame MAC est divisée en plusieurs sous-trames. Chaque sous-trame commence par un starter de sous-trame. La première sous-trame d'une longue trame MAC contient l'entête de trame.

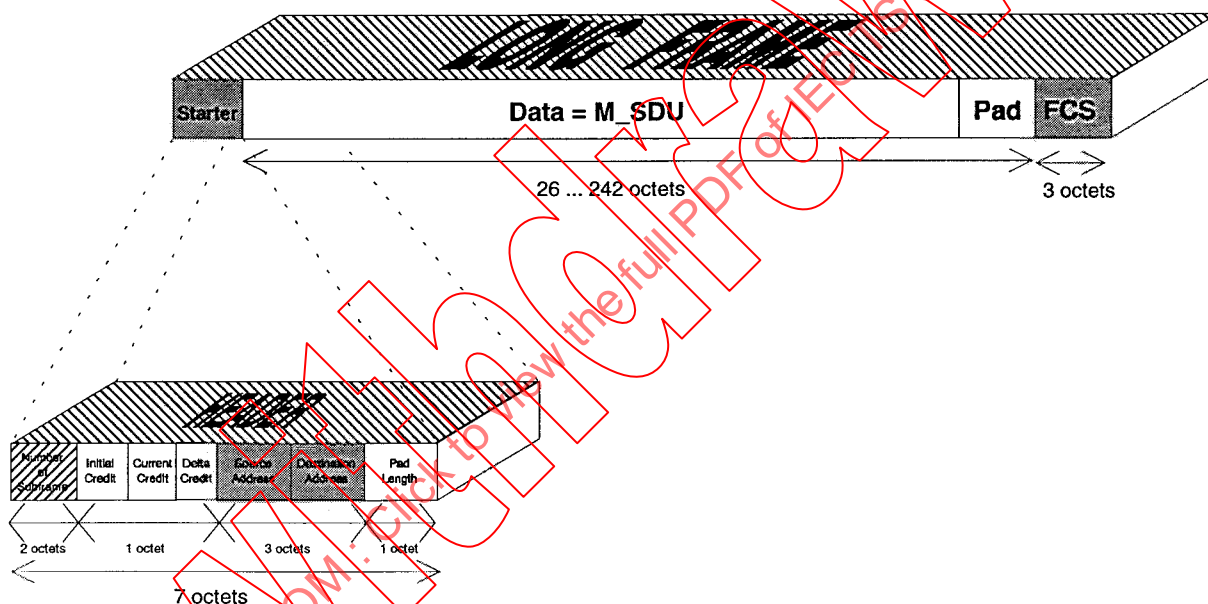


Figure 6 – Format des trames longues

- Data field (data), up to 242 bytes
- Pad field (Pad)
- Frame check sequence (FCS), 3 bytes

The preamble, the start subframe delimiter and the frame indicator are called subframe starter (SS) because they start each subframe. The number of subframes, the credit fields, the address fields and the pad length are called frame header (FH).

The MAC frame is divided into several subframes. Each subframe starts with a subframe starter. In the first subframe of a MAC long frame is the frame header.

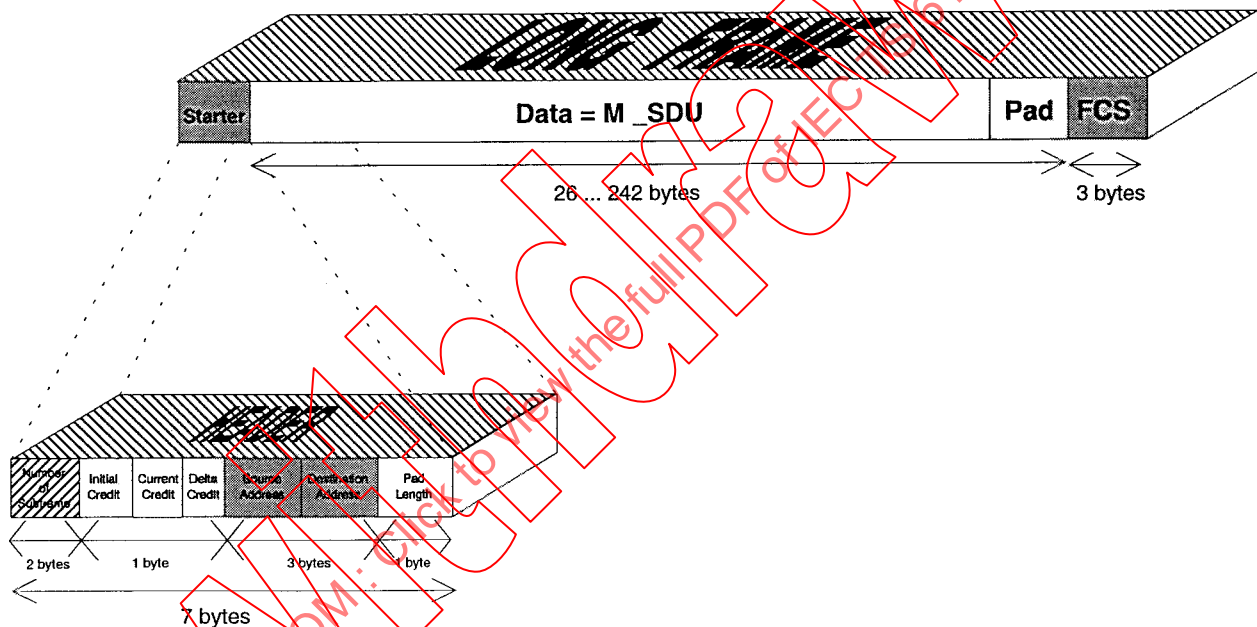


Figure 6 – Long frame format

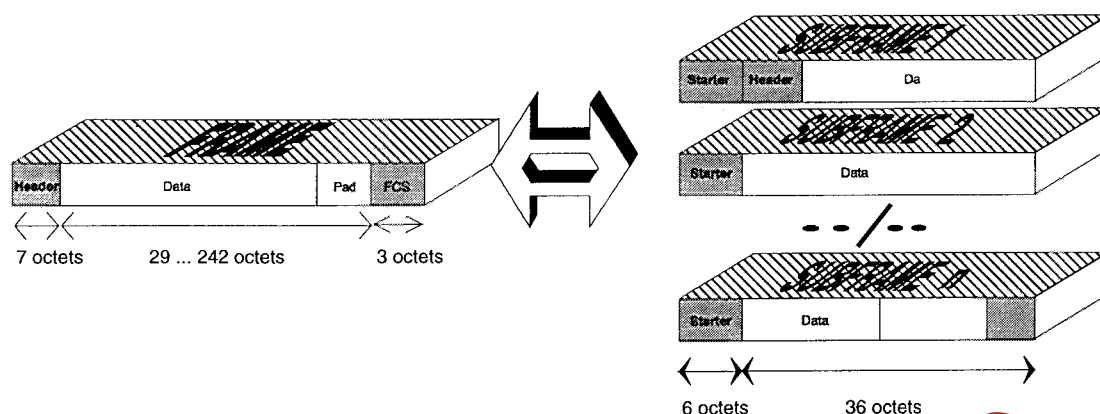


Figure 7 – Partition d'une trame longue en sous-trames

4.2.1.2 Trame courte

La raison d'une trame courte est la transmission des commandes de gestion dans de très mauvaises conditions de transmission. Chaque trame courte bénéficie d'un très haut degré de sécurité avec une séquence de contrôle de trame et un code à triple répétition. Les champs sont en outre codés de telle sorte qu'une comparaison bit à bit et une décision majoritaire peuvent être utilisées pour récupérer les erreurs.

Une trame courte contient les champs suivants (voir figure 8).

- Préambule (Pre)
- Délimiteur de début de sous-trame (SSD)
- Indicateur de trame (FI), 2 octets
- Crédit courant (CC), 1 octet
- Crédit initial (IC), 3 bits
- Indicateur de diffusion (BI), 5 bits
- Champ de données (data), 7 octets;
- Séquence de contrôle de trame (FCS), 3 octets

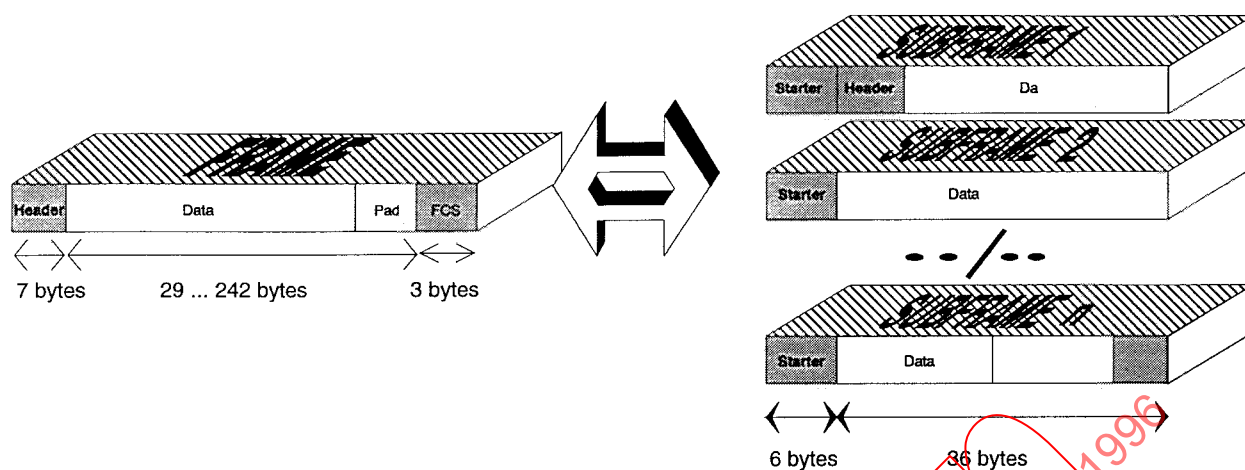


Figure 7 – Long frame to subframe partition

4.2.1.2 Short frame

The purpose of the short frame is to transmit management commands under very poor transmission conditions. Each short frame is highly secured with frame check sequence and a three-repetition code. In addition, fields are encoded in such a manner that bit wise overlaying and majority decision can be used for error recovery.

A short frame contains the following fields (see figure 8).

- Preamble (Pre)
- Start subframe delimiter (SSD)
- Frame indicator (FI), 2 bytes
- Current credit (CC), 1 byte
- Initial credit (IC), 3 bits
- Broadcast indicator (BI), 5 bits
- Data field (data), 7 bytes
- Frame check sequence (FCS), 3 bytes

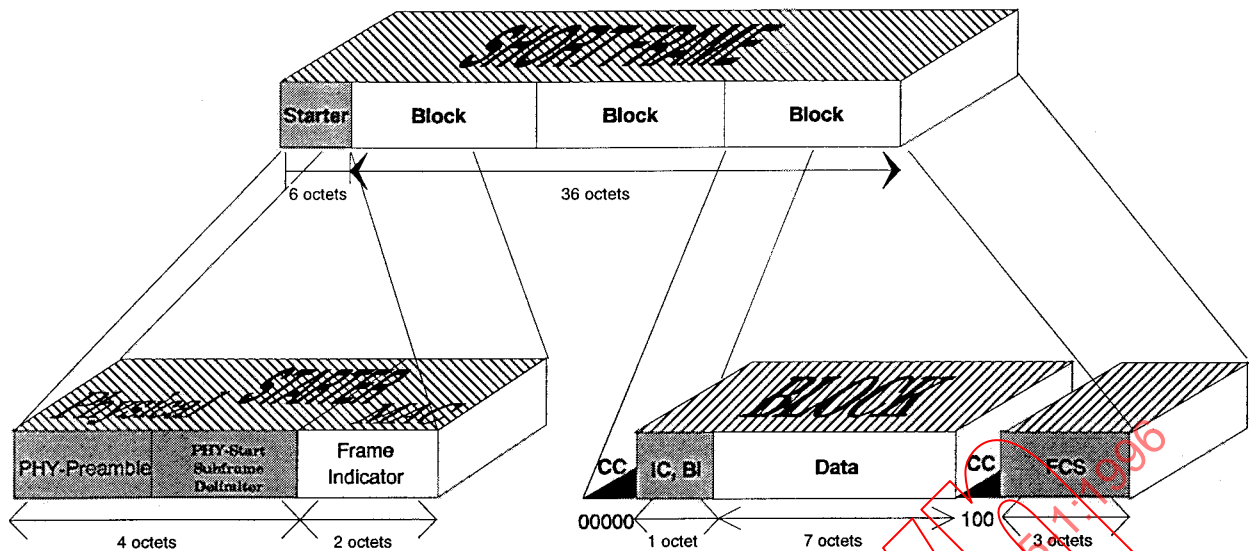


Figure 8 - Format de trame courte

Le préambule, le délimiteur de début de sous-trame et l'indicateur de trame sont appelés starter de sous-trame (SS). Sa structure est la même que la structure du starter de sous-trame des trames longues. Le champ crédit initial et l'indicateur de diffusion sont appelés en-tête de trame (FH = frame header). Le crédit courant est codé d'une manière spéciale décrite plus loin.

Dans une trame courte, tous les champs, à l'exception du starter de sous-trame, sont répétés trois fois.

4.2.2 Eléments de la trame MAC

4.2.2.1 Préambule et délimiteur de début de sous-trame

Le champ préambule permet aux circuits de la couche physique de synchroniser les bits et d'adapter les seuils de décision (là où c'est nécessaire).

Le délimiteur de début de sous-trame suit immédiatement le dessin du préambule et indique le début d'une sous-trame. Il permet à la couche physique de synchroniser les trames.

Le dessin exact du délimiteur de début de sous-trame est donné dans la couche physique de DCP.

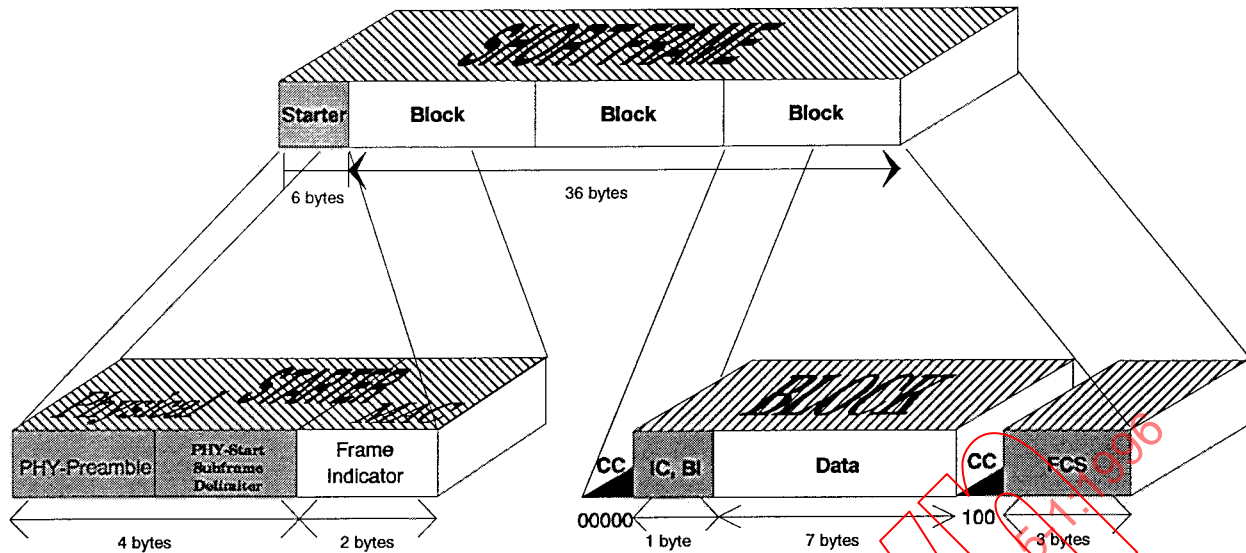


Figure 8 – Short frame format

The preamble, the start subframe delimiter and the frame indicator are called subframe starter (SS). Its structure is the same as the long frame subframe starter structure. The initial credit field and the broadcast indicator field are called frame header (FH). The current credit is coded in a special way described below.

In a short frame, all the fields except the subframe starter are repeated three times.

4.2.2 Elements of the MAC frame

4.2.2.1 Preamble and start subframe delimiter

The preamble field allows the physical layer circuits to achieve bit synchronization and the adaptation of decision thresholds (where necessary).

The start subframe delimiter field immediately follows the preamble pattern and indicates the start of a subframe. It allows the physical layer to achieve frame synchronization.

The exact pattern of the start subframe delimiter is defined in the DCP physical layer.

4.2.2.2 Indicateur de trame

Le paramètre "frame indicator" (indicateur de trame) définit le type (long ou court) de la trame à l'aide de 2 bits d'information. La valeur 00 indique une trame longue. Les valeurs 01, 10, 11 indiquent une trame courte.

Afin d'éviter des superpositions de différentes trames courtes, chaque trame courte est identifiée par une étiquette. Les étiquettes sont choisies cycliquement dans le jeu (01, 10, 11). Toute retransmission de la même trame courte garde la même étiquette. Les transmissions de nouvelles trames courtes sont étiquetées avec des éléments consécutifs de ce jeu.

Le paramètre indicateur de trame est sécurisé par son propre code de correction d'erreurs. Le champ de l'indicateur de trame est long de 2 octets.

Le contenu informatif du FI est constitué de 2 bits : $[b_1 \ b_2]$

b_1	b_2	
0	0	Trame longue
0	1	Trame courte : label = 1
1	0	Trame courte : label = 2
1	1	Trame courte : label = 3

Chacun des bits d'information est codé dans un mot code c de 8 bits (1 octet) en utilisant un code de répétition (8,1).

$$c_1 = b_1 \ b_1 \ b_1 \ b_1 \ b_1 \ b_1 \ b_1 \ b_1 \quad c_2 = b_2 \ b_2 \ b_2 \ b_2 \ b_2 \ b_2 \ b_2 \ b_2$$

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

4.2.2.3 Champs crédits

DCP utilise le principe de répétition avec crédit pour la transmission à des utilisateurs à distance.

Le paramètre "initial credit" (IC = crédit initial) contient la valeur du crédit initial quand la transmission a été initialisée. Le paramètre "current credit" (CC = crédit courant) contient la valeur courante du crédit. Une trame avec une valeur de crédit courant égale à 0, n'est pas retransmise. Correctement reçues, les trames qui ont un crédit courant plus grand que 0 sont retransmises après que le crédit courant a été diminué de 1.

4.2.2.2 Frame indicator

- * The frame indicator parameter defines the frame type (short or long) of the frame with 2 bits of information. The 00 value indicates a long frame. 01, 10, 11 values indicate short frames.

In order to avoid overlaying of different short frames, each short frame is identified with a tag. The tags are cyclically chosen from the set {01,10,11}. All retransmissions of the same short frame keep the same tag. Transmissions of new short frames are tagged with subsequent elements from the set.

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 frame
0	1	Short frame: label = 1
1	0	Short frame: label = 2
1	1	Short frame: label = 3

Each of the information bits is coded into a codeword c of 8 bits (1 byte) by using a (8,1) repetition code.

$$c_1 = b_1 \ b_1 \ b_1 \ b_1 \ b_1 \ b_1 \ b_1 \ b_1 \quad c_2 = b_2 \ b_2 \ b_2 \ b_2 \ b_2 \ b_2 \ b_2 \ b_2$$

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).

4.2.2.3 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 after the current credit is decremented by 1.

A la réception d'une trame, la valeur d'un champ CC indique le nombre de crédits qui restent après cette transmission. Cette valeur est connue comme étant la valeur du "delta credit" (DC = crédit delta) car elle est la différence entre le crédit alloué au budget et celui dont on a actuellement besoin.

Quand on construit une trame, les valeurs des crédits IC et DC sont extraites de la "management information base" (MIB = base de données de gestion). Les valeurs du crédit dépendent de l'adresse du destinataire. Quand on reçoit une trame, l'entité de la sous-couche MAC met à jour les valeurs des crédits IC et DC dans la base MIB. La nouvelle valeur de IC est extraite du champ IC reçu. Le crédit delta est obtenu par examen du champ CC lors de la réception de la trame. Les valeurs de IC et DC sont stockées dans le MIB pour usage ultérieur.

Dans les trames courtes, l'information CC (crédit courant) demande une technique de codage non conventionnelle à cause des restrictions suivantes:

- le champ CC doit être sécurisé par le bloc général CRC;
- pour la superposition des bits (bit overlay), toutes les versions d'un bloc (bloc entaché d'erreurs) doivent être issues du même bloc initial. D'autre part, les différentes versions reçues proviennent toujours de répétitions différentes qui ont des champs CC différents.

Par conséquent, le récepteur doit pouvoir mettre à zéro le champ CC avec la superposition des bits sans connaître la valeur correcte du champ CC actuel (car il est sécurisé par un CRC qui signale "erreur détectée"). On utilise une méthode par décalage pour récupérer cette erreur (voir B.3.3).

4.2.2.4 Champs adresse

Chaque trame longue MAC contient deux champs adresse : le champ adresse destination et le champ adresse source, dans cet ordre. Le champ adresse destination spécifie l'adresse du destinataire pour qui on prévoit la trame. Le champ adresse source doit identifier la station qui a initialisé la trame.

Chaque champ adresse contient 12 bits. Il y a deux types d'adresses destination : les adresses individuelles et les adresses de groupe. Une adresse individuelle est utilisée pour les communications point à point. Une adresse de groupe sert en mode diffusion. Se référer à l'ISO 7498-3.

At the reception of a frame, the value of the CC field indicates the number of credits that remain after this transmission. This value is known as the delta credit value because it is the difference between the budgeted credit and the actually needed credit.

When building a frame, the IC and DC credit values are extracted from the management information base. The credit values depend on the destination address. When receiving a frame, the MAC sublayer entity updates the IC and DC credit values in the management information Base (MIB). The new IC value is extracted from the received initial credit field. The delta credit is obtained by looking at the current credit field value as receiving the frame. Both IC and DC values are stored in the MIB for further use.

An unconventional encoding technique for the current credit (CC) information is necessary in the short frame because of the following restrictions:

- the CC field shall be secured by the general block CRC;
- for bit overlay, all received versions of a block (corrupted by errors) shall stem from the same initial block. On the other hand, different received versions always originate from different repetitions which have different CC fields.

Therefore, the receiver shall be able to reset the CC field before bit overlay without knowing the correct value of the actual CC field (because it is secured by a CRC which signals "errors detected"). A shift method is used to perform this error recovery (see B.3.3).

4.2.2.4 Address fields

Each MAC long frame contains two address fields: the destination address field and the source 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 broadcasting. Refer to ISO 7498-3.

4.2.2.5 Indicateur de diffusion (BI)

Chaque bloc de trame courte contient un indicateur de diffusion de 5 bits. Le paramètre "broadcast indicator" (BI) spécifie la valeur de Service_class (classe de service) qui a initialisé la trame courte. La valeur du champ BI indique à l'entité de la sous-couche MAC destinataire quel préfixe il faut ajouter pour construire le M_SDU à partir des données reçues

Le préfixe attaché au M_SDU spécifie à l'entité de la sous-couche LLC les adresses de groupe impliquées dans la transmission. Les valeurs du préfixe sont définies dans le MIB. Il peut y avoir jusqu'à 32 préfixes définis.

4.2.2.6 Champs longueur : NS et PL

4.2.2.6.1 Description

Le champ nombre de sous-trames (NS) indique le nombre de sous-trames contenues dans la trame. NS est déterminé par la longueur du champ de données. NS peut être un des nombres entiers positifs entre 1 et 7.

Le champ "PAD length" (longueur de bourrage) indique en nombre d'octets la longueur du champ de bourrage.

4.2.2.6.2 Longueur

La trame courte se compose de 36 octets plus du starter de sous-trame (SS).

Chaque sous-trame d'une trame longue se compose de 36 octets plus du starter de sous-trame. La longueur de la trame devient dans ce cas $(NS \times (36 + SS))$ octets. En considérant les limites de NS, la longueur actuelle d'une trame est de 40 octets au moins et de 280 octets au plus.

Le champ NS transporte 3 bits d'information qui définissent la longueur de la trame longue que l'on va recevoir. Cette longueur est mesurée en nombre de sous-trames (1....7). La valeur de NS est très critique car elle indique au récepteur combien de sous-trames il doit concaténer et où il peut trouver le FCS. Les 3 bits d'information de NS sont vitaux pour les processus de réception suivants et sont de ce fait fortement protégés contre les erreurs par un code de longueur 16. La conception de ce code repose sur la philosophie suivante:

Fournir un maximum de puissance pour la détection des erreurs et n'en fournir aucune pour la correction des erreurs.

4.2.2.5 Broadcast indicator (BI)

Each short frame block contains a broadcast indicator field of 5 bits. The broadcast indicator (BI) parameter specifies the Service_class value that has initiated the short frame. The broadcast indicator field value indicates to the receive MAC sublayer entity which prefix it has to use to build the M_SDU from the received data.

The prefix appended to the M_SDU specify to the LLC sublayer entity the group addresses involved in transmission. The prefix values are defined in the MIB. There may be up to 32 different defined prefixes.

4.2.2.6 Length fields : NS and PL

4.2.2.6.1 Description

The number of subframes (NS) field indicates the number of subframes that the frame contains. 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.

4.2.2.6.2 Length

The short frame consists of 36 bytes plus the subframe starter (SS).

Each subframe of a long frame consists of 36 bytes plus the subframe starter. Therefore, the achieved length of a long frame becomes $(NS \times (36 + SS))$ octets. Considering the limits of NS, the actual frame length is at least 40 bytes and at most 280 bytes.

The NS field carries 3 bits of information which define the length of the long frame which is going to be received. 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.

On peut facilement s'apercevoir qu'il n'y a pas de sens à corriger des erreurs dans le champ à 16 bits de NS en comparant la probabilité que le champ NS (P_{16}) contienne des erreurs avec la probabilité que le reste de la trame longue (longueur entre 34 octets et 250 octets, ou entre 272 bits et 2 000 bits) en contienne.

Codage :

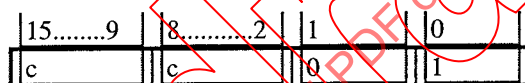
Les 3 bits d'information de NS sont encodés dans un mot code de 7 bits c . La distance minimum de "Hamming" choisie du code BCH (7,3) est $d_{\min}=4$.

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

On obtient alors :

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

Le mot code c est transmis deux fois et il est suivi par deux zéros afin de remplir les deux octets réservés. Le champ NS codé résultant c_{NS} a alors la structure suivante :



Décodage :

Un champ NS reçu $r_{NS} = [r_{15} \dots r_9, r_8 \dots r_2, r_1, r_0]$ n'est accepté que si les deux conditions suivantes sont toutes les deux satisfaites:

condition 1: $r_0 = r_1 = 0$, et $r_i = r_{i+7}$ pour $i=2 \dots 8$

condition 2: $r = [r_8 \dots r_2]$ est un mot code valable conformément à la définition du code ci-dessus.

En dépit du fait que le champ NS (en tant que partie d'une trame longue) est défini pour des conditions de canal normales, il doit aussi fournir une protection quand les conditions canal sont très mauvaises. L'émetteur peut émettre sous des conditions normales alors que le destinataire reçoit sous des conditions très mauvaises.

La longueur du bourrage (PL) indique le nombre d'octets aveugles (bourrage) qui sont insérés entre le dernier octet du champ de données et le premier octet du champ FCS. Le bourrage sert à compléter la longueur des sous-trames. Le champ longueur du bourrage est long de 1 octet.

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 2000 bits) contains errors.

Encoding:

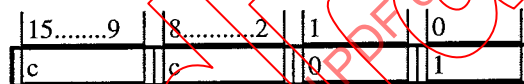
The 3 bits of NS information a are encoded into a 7 bit codeword c . The minimum Hamming distance of the chosen (7,3) BCH-code is $d_{\min}=4$.

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

Therefore we obtain:

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

The codeword c is transmitted twice and it is followed by two zeros in order to fill the reserved two bytes. The resulting coded NS field c_{NS} has then the following structure:



Decoding:

A received NS field $r_{NS} = [r_{15} \dots r_9, r_8 \dots r_2, r_1, r_0]$ is only accepted if the two following conditions are **both** satisfied:

condition 1: $r_0 = r_1 = 0$, and $r_i = r_{i+7}$ for $i=2 \dots 8$

condition 2: $r = [r_8 \dots r_2]$ is a valid codeword according to the code definition above.

Despite the fact that the NS field (as part of a long frame) 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.

The pad length (PL) field indicates the number of dummy bytes (pad) which are shuffled 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. The pad length field is 1 octet long.

4.2.2.7 Champs de données et de bourrage

Le champ de données contient une séquence de n octets . L'entière transparence des données est fournie en ce sens qu'aucune séquence arbitraire pouvant atteindre 242 octets ne peut apparaître dans le champ de données.

Parce que la longueur de la sous-trame est fixée à $(36 + 4)$ octets, le champ de données peut être étendu par des octets aveugles qui y sont attachés (c'est le bourrage). Ce bourrage, s'il existe, est extrait et ignoré à la réception par l'entité de la sous-couche MAC.

4.2.2.8 Champ séquence de contrôle de trame

On utilise un CRC (cyclic redundancy code) pour générer la séquence de contrôle de trame. Le CRC protège les champs d'information contre les erreurs indétectables.

Dans les trames longues ce sont :

- crédit initial;
- crédit courant;
- crédit delta;
- adresse source;
- adresse destination;
- longueur du bourrage;
- données.

Dans les trames courtes, ils sont dans un bloc :

- crédit courant;
- indicateur de diffusion;
- données.

Tous les autres champs non couverts par le CRC général ont leurs mécanismes spécifiques de protection contre les erreurs. Ces mécanismes seront décrits plus loin.

4.2.2.7 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 subframe length is fixed to $(36+4)$ 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.

4.2.2.8 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.

In the Long Frame they are :

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

In the short frame they are in a block :

- current credit;
- broadcast indicator;
- data.

All other fields which are not covered by the general CRC have their specific error protection mechanisms which will be described later on.

Le CRC (code de redondance cyclique) est défini par un générateur polynômial $g(x)$ de degré 24 (en notation octale) :

$g(x)$: 127266713

Le code décrit a été testé pour être approprié à des mots de code d'une longueur atteignant $n_c = 4094$. Avec la restriction supplémentaire sur la longueur du mot codé $n_c < 2049$, on peut garantir une distance minimale de Hamming de $d_{\min} = 6$. La trame longue la plus longue possible est composée de 7 sous-trames contenant 36 octets chacune, à l'exception de la première sous-trame ou deux octets ne sont pas protégés par le CRC. Le résultat $(7 \cdot 36 - 2) \cdot 8 = 2000$ bits entre facilement dans le cadre de la restriction $n_c < 2049$.

NOTE - Afin d'ajouter une immunité contre les erreurs de synchronisation, il convient que la séquence FCS soit transmise dans l'ordre inverse des bits et redressée avant de procéder au contrôle du CRC.

4.2.3 Trames MAC invalides

4.2.3.1 Trames longues invalides

Une trame longue MAC invalide est définie comme étant une trame longue qui satisfait au moins une des conditions suivantes.

- a) Le champ de nombre de sous-trames est inconsistant.
- b) Le délai entre deux sous-trames consécutives est dépassé.
- c) La longueur de la trame déjà arrivée n'est pas cohérente avec la valeur du champ nombre de sous-trames.
- d) Les bits contenus dans le FH et dans les champs de données de la trame en train d'arriver ne génèrent pas une séquence de vérification de la valeur CRC identique à celle reçue dans le champ FCS.

Le contenu d'une trame qui arrive invalide ne doit pas être passé au LLC. Les cas de trames MAC invalides peuvent être signalés à la gestion de l'application.

4.2.3.2 Trame courte invalide

Une trame courte MAC est composée d'un bloc répété trois fois. Chaque bloc contient son propre champ FCS.

Pour chaque bloc reçu, les bits contenus dans le FH et dans le champ de données sont utilisés pour construire une séquence de contrôle CRC. Le bloc est invalide si la séquence de contrôle construite n'est pas identique à celle reçue dans le champ FCS.

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

$g(x)$: 127266713

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 $(7 \cdot 36 - 2) \cdot 8 = 2000$ bits fit nicely into the restriction on $n_c < 2049$.

NOTE - In order to add immunity against synchronization errors, the FCS sequence should be transmitted in reverse order and reordered before the CRC check is performed.

4.2.3 Invalid MAC frame

4.2.3.1 Invalid long frame

An invalid MAC long frame is defined as a long frame which meets at least one of the following conditions.

- a) The number of subframe field is inconsistent.
- b) Time is out between two subsequent subframes.
- c) The already arrived frame length is inconsistent with the number of subframe field value.
- d) The bits contained in the FH and in the data fields of the incoming frame do not generate a CRC value check sequence which is identical to the one received in the FCS field.

The content of an invalid incoming frame shall not be passed to LLC. The occurrence of invalid MAC frames may be communicated to management application.

4.2.3.2 Invalid short frame

A MAC short frame is composed of a block which is repeated three times. Each block contains its own FCS field.

For each received block, the bits contained in the FH and in the data field are used to compute a CRC check sequence. The block is invalid if this computed check sequence is not identical to the one received in the FCS field.

A partir des trois blocs d'une trame courte, on peut générer un bloc après une comparaison bit à bit et une décision majoritaire. Ce bloc est appelé Built Block (bloc reconstitué).

Une trame courte MAC invalide est définie comme étant une trame courte pour laquelle toutes les deux affirmations ci-dessous sont vraies :

- tous les blocs sont invalides, au sens défini plus haut;
- le bloc reconstitué est aussi invalide.

Le contenu d'une trame courte invalide qui arrive ne doit pas être passé au LLC. On ne doit pas initialiser la répétition d'une trame courte invalide qui arrive. Les cas de trames courtes MAC invalides peuvent être signalés à la gestion de l'application.

4.2.3.3 Superposition

Une procédure spéciale appelée superposition (overlay) peut être utilisée pour récupérer les trames courtes invalides.

Elle utilise les blocs reconstitués qui sont conservés aussi longtemps que la valeur de l'étiquette ne change pas. A partir de tous ces blocs reconstitués conservés, après une comparaison bit à bit et une décision majoritaire, on reconstitue un nouveau bloc.

Cette procédure continue jusqu'à ce qu'une des conditions suivantes soit satisfaite:

- réception d'un bloc valide;
- reconstitution d'un bloc valide à partir des nouveaux blocs reçus (d'une nouvelle trame courte);
- génération d'un bloc valide en appliquant la procédure de superpositions;
- changement de la valeur de l'étiquette.

Quand une de ces conditions est satisfaite, les blocs reconstitués conservés sont ignorés.

Si la valeur de l'étiquette change avant qu'une des trois premières conditions soit satisfaite, la trame courte n'a pas été reçue avec succès. Les cas de réception sans succès d'une trame courte peuvent être signalés à la gestion de l'application.

From the three blocks of a short frame, a block built after bit wise comparison and majority decision may be generated. This block is called built block.

An invalid MAC short frame is defined as a short frame for which both of the following statements are true :

- all blocks are invalid, as defined above;
- the built block is invalid too.

The content of an invalid incoming short frame shall not be passed to LLC. Repetition of an invalid incoming short frame shall not be initiated. The occurrence of invalid MAC short frames may be communicated to management application.

4.2.3.3 Overlay

A special procedure called overlay can be used to recover invalid short frames.

It uses built blocks which are buffered as long as the tag value remains identical. From all these stored built blocks, a new block is built after bit wise comparison and majority decision.

This procedure continues until one of the following conditions is met:

- a valid block is received;
- a valid built block is computed from new received blocks (from one new short frame);
- a valid block is computed from the overlay procedure;
- the tag value changes.

When one of these conditions is met, the buffered built blocks are discarded.

If the tag value changes before one of the first three conditions is met, the short frame has not been successfully received. The occurrence of an unsuccessful reception of a short frame may be communicated to the Management Application.

4.3 Méthode de contrôle d'accès aux supports de transmission

La sous-couche MAC définit des facilités indépendantes des supports de transmissions, construites sur des facilités fournies par la couche physique, dépendantes de ces supports, et se situe sous la sous-couche LLC, indépendante de la couche d'accès aux supports. Ensemble, la sous-couche LLC et la sous-couche MAC sont prévues pour fournir les mêmes fonctions que la couche liaison de données du modèle OSI. La partition des fonctions présentées ici exige six fonctions principales généralement associées à la procédure de contrôle de la liaison de données à réaliser dans la sous-couche MAC.

Ce sont :

- encapsulation des données (transmission et réception);
- élaboration des trames (délimitation des limites de trames, synchronisation des trames, numérotation des sous-trames, ainsi que la partition en sous-trame et l'insertion ou le retrait des bourrages);
- adressage (gestion des adresses source et destination);
- détection et correction des erreurs (détection et correction des erreurs de transmission du support physique);
- gestion de l'accès aux supports de transmission;
- gestion de l'accès à la liaison logique;
- relai des trames reçues destinées à une autre adresse.

4.3.1 Modèle fonctionnel

Ce paragraphe donne une vue d'ensemble de la transmission et de la réception de trames en termes de modèle fonctionnel de l'architecture.

La couche physique fournit une interface à la sous-couche MAC pour la transmission de bits sur le support physique.

Les opérations de transmissions des trames sont indépendantes des opérations de réception de trames. Une trame émise adressée à la station d'origine sera reçue et passée à l'entité de la sous-couche LLC.

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. The LLC sublayer and the MAC sublayer together 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 six 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, frame synchronization, 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 another 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.

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

Quand une sous-couche LLC demande la transmission d'une trame, le composant d'encapsulation des données de transmission de la sous-couche MAC construit la trame à partir des données fournies par la sous-couche LLC.

A la réception d'une primitive MA_Data.request avec une valeur zéro du paramètre Service_class, l'entité de la sous-couche MAC construira une trame longue. A la réception d'une primitive MA_Data.request avec une valeur du paramètre Service_class différente de zéro, l'entité de la sous-couche MAC construira une trame courte.

4.3.2.1 Trames longues

Utilisant les informations passées par la sous-couche LLC, la sous-couche MAC attache les adresses source et destination, les crédits initial, courant et delta et le nombre de sous-trames nécessaires pour composer la trame. Il ajoute à la fin du champ d'information MAC un bourrage d'une longueur suffisante pour garantir que la longueur de la dernière sous-trame transmise satisfasse aux exigences de longueur. La longueur du champ de bourrage est ajoutée et, à la fin de la trame, la sous-couche MAC ajoute la séquence de contrôle de trame pour la détection des erreurs. La trame est alors divisée en sous-trames de la longueur exigée. La sous-couche MAC ajoute un préambule, un délimiteur de début de sous-trame et un indicateur de trame avec l'étiquette appropriée au début de chaque sous-trame.

4.3.2.2 Trames courtes

La trame courte ne sert que dans le mode diffusion. En vue d'éviter la transmission d'octets inutiles, les trois premiers octets du M_SDU sont tronqués.

NOTE - Les trois premiers octets du M_SDU correspondent aux champs d'adresse de la liaison de données et au champ de contrôle du L_PDU (voir la couche DCP LLC).

Utilisant les informations passées par la sous-couche LLC, la sous-couche MAC attache au M_SDU tronqué les champs crédits initial et courant. Il inscrit la valeur du paramètre Service_class passée avec la MA_Data.request dans le champ indicateur de diffusion. A la fin du bloc, la sous-couche MAC ajoute la séquence de contrôle de trame pour la détection d'erreurs. Le bloc est alors copié trois fois. La sous-couche MAC ajoute un préambule, un délimiteur de début de sous-trame et un indicateur de trame avec une nouvelle étiquette au début de la trame courte.

La trame (courte ou longue) est alors confiée pour transmission au "transmit media access management" (gestion d'accès au support de transmission). La trame est divisée en sous-trames, chaque sous-trame est un M_PDU pour l'interface de transmission de la couche physique.

Pour chaque M_PDU, la couche physique va émettre une confirmation locale pour indiquer que chaque M_PDU a bien été transmis ou pour indiquer un code erreur si la transmission a échoué.

Quand toutes les sous-trames ont été transmises ou dès que survient une erreur, une confirmation M_Data est émise à l'entité LLC spécifiant le succès ou l'échec de la transmission.

4.3.2 Transmission description

When an LLC sublayer requests the transmission of a frame, the transmit data encapsulation component of the MAC sublayer constructs the frame from the LLC supplied data.

On receipt of an MA_Data.request primitive with a zero Service_class parameter value, the MAC sublayer entity will construct a long frame. On receipt of an MA_Data.request primitive with a non-zero Service_class parameter value, the MAC sublayer entity will construct a short frame.

4.3.2.1 Long frame

Using information passed by the LLC sublayer, the MAC sublayer appends destination and source addresses, initial, current and delta credit and the number of subframes required to compose the frame. It appends at the end of the MAC information field a pad of sufficient length to ensure that the transmitted last subframe length satisfies the size requirement. The pad length field is added and, at the end of the frame, the MAC sublayer appends the frame check sequence for error detection. The frame is then divided into subframes of the required lengths. The MAC sublayer appends a preamble, a start subframe delimiter and a frame indicator with the proper tag at the beginning of each subframe.

4.3.2.2 Short frame

The short frame is used only in broadcast mode. In order to avoid the transmission of useless bytes, the three first bytes of the M_SDU are truncated.

NOTE - The first three bytes of the M_SDU correspond to the data link address fields and to the L_PDU control field (see DCP LLC sublayer).

Using information passed by the LLC sublayer, the MAC sublayer appends to the truncated M_SDU the initial and current credit fields. It inscribes the Service_class value passed with the MA_Data.request in the broadcast indicator field. At the end of the block, the MAC sublayer appends the frame check sequence for error detection. The block is then copied three times. The MAC sublayer appends a preamble, a start delimiter and a frame indicator with a new tag to the beginning of the short frame.

The frame (short or long) is then handed to the transmit media access management for transmission. The frame is divided into subframes, each subframe provides an M_PDU to the physical layer interface for transmission.

For each M_PDU, the physical layer will issue a local confirmation to indicate that the M_PDU has been transmitted or an error identifier if it fails.

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

4.3.3 Description de la réception

Dans chaque station réceptrice, l'arrivée d'une sous-trame est d'abord détectée par la couche physique, qui répond en se synchronisant sur le préambule entrant. Les signaux modulés arrivent du support de transmission. Ils sont démodulés et retranscrits en données binaires. La couche physique écarte les bits de tête jusqu'à et y compris la fin du préambule et le délimiteur de début de trame. Elle passe ensuite la M_PDU subséquente à la sous-couche MAC.

Pendant ce temps, le composant "receive media access management" (gestion de l'accès aux support de réception) de la sous-couche MAC a attendu que la M_PDU en train d'arriver soit livrée. Le "receive media access management" recueille les M_PDU (sous-trames) de la couche physique. Quand une nouvelle sous-trame est arrivée, il consulte l'indicateur de trame pour connaître le type de la trame et choisir en conséquence le processus. La sous-trame est alors passée au "receive data decapsulation" (décapsulation des données reçues) pour traitement.

4.3.3.1 Décapsulation d'une trame longue

Sachant que c'est une trame longue, le "receive data decapsulation" vérifie le champ "nombre de sous-trames" pour connaître le nombre des sous-trames qu'il doit attendre. Si le nombre de sous-trames est correctement décodé, toutes les prochaines (nombre de sous-trames - 1) sous-trames qui arrivent livrées par la couche physique, sont attachées à la M_PDU reçue. Si le nombre de sous-trames n'est pas valable, le "receive medium access management" écarte la M_PDU reçue se remet en mode inactif et attend le début d'une nouvelle sous-trame.

Quand toutes les sous-trames attendues sont arrivées, le "receive data decapsulation" vérifie que les séquences reçues constituent une trame MAC valable. Il fait cela en inspectant la séquence de contrôle des trames et en testant l'alignement sur une frontière en octets correcte à la fin de la trame. Les trames longues invalides sont écartées et les cas de trames MAC invalides peuvent être signalés à la gestion de l'application.

Le "receive data decapsulation" vérifie le champ d'adresse de destination de la trame longue pour décider si la trame est destinée à cette station. S'il en est ainsi, il passe l'adresse de destination (DA), l'adresse source (SA) ainsi que l'unité de données de service MA (MA_SDU) à l'entité de la sous-couche LLC en générant une indication de service MA_Data. Il stocke aussi les valeurs des champs IC et DC et la nouvelle valeur calculée pour (IC-CC) dans la MIB.

Si l'entité de la sous-couche MAC est un répéteur c'est-à-dire si elle a la permission d'agir en tant que relai, on contrôle le crédit courant. S'il est strictement positif, on décrémente la valeur du crédit courant, on recalcule une nouvelle valeur du champ FCS et on initialise une retransmission de cette trame. Quand la répétition est initialisée, l'entité de la sous-couche MAC ne transfère pas les trames qui arrivent ensuite à l'entité de la sous-couche LLC. Cela afin d'éviter de multiples instanciations de la même trame aux niveaux supérieurs.

4.3.3 Reception description

At each receiving station, the arrival of a subframe is first detected by the physical layer, which responds by synchronizing itself to the incoming preamble. The modulated signals arrive from the medium. They are demodulated and translated back into binary data. The physical layer discards the leading bits, up to and including the end of the preamble and the start subframe delimiter. It then passes the subsequent M_PDU to the MAC sublayer.

Meanwhile, the receive media access management component of the MAC sublayer has been waiting for the incoming M_PDU to be delivered. The receive media access management collects the M_PDU (subframe) from the physical layer. When a new subframe has arrived, it checks the frame indicator to know what type of frame it is and to adjust, in consequence, the process. The subframe is then passed to receive data decapsulation for processing.

4.3.3.1 Decapsulation of a long frame

Knowing it is a long frame, receive data decapsulation checks the number of subframe field to know the number of subframes it has to expect. If the number of subframes is correctly decoded, all the next (number of subframe-1) incoming subframes delivered by the physical layer entity are appended to the received M_PDU. If the number of subframes is not valid, the receive media access management discards the received M_PDU, returns to idle mode and waits for the start of a new frame.

When all the expected subframes have arrived, the receive data decapsulation checks whether the received sequences forms a valid MAC frame. It does so by inspecting the frame check sequence and by checking for proper octet boundary alignment of the end of the frame. Invalid long frames are discarded and the occurrence of invalid MAC frames may be communicated to the management application.

Receive data decapsulation checks the long frame's destination address field to decide if the frame is designated to this station. If so, it passes the destination address (DA), the source address (SA), and the MA service data unit (MA_SDU) to the LLC sublayer entity by generating an MA_Data indication service. It also stores the IC and DC field values and the new computed (IC-CC) value in the MIB.

If the MAC sublayer entity is a repeater (i.e. if it has the permission to act as a relay), the current credit is checked. If it is strictly positive, the value of the current credit field is decremented, a new value of the FCS field is computed and the retransmission of this frame is initiated. When the repetition is initiated, the MAC sublayer entity does not transfer the subsequent receiving frames to the LLC sublayer entity. This is to avoid multiple instantiations of the same frame in the higher levels.

4.3.3.2 Décapsulation des trames courtes

Sachant qu'il s'agit d'une trame courte, le "receive data decapsulation" extrait les trois blocs répétés. Il décode la trame par décisions majoritaires bit à bit sur les trois blocs. Le bloc décodé est vérifié pour les erreurs à l'aide du FCS. S'il est invalide, la procédure de superposition peut être utilisée pour la correction des erreurs. Quand le "receive data decapsulation" contrôle une trame courte valide, il vide les tampons (buffers) de blocs reconstitués invalides.

Le "receive data decapsulation", utilisant le paramètre indicateur de diffusion, construit la M_SDU à partir du champ de données en mettant en place le préfixe approprié. On peut définir jusqu'à 32 préfixes dans la MIB pour les 32 valeurs possibles du paramètre BI. Les valeurs de préfixes sont étudiées pour utiliser l'adressage de groupe.

NOTE- La valeur du préfixe spécifie le DSAP, le SSAP et le champ de contrôle de la L_PDU. Le "Receive Data Decapsulation" passe la M_SDU correctement constituée à l'entité de la couche LLC avec une MA_Data.indication.

Si la trame courte est valide et si l'entité de la sous-couche MAC est un répéteur (défini dans la MIB), on vérifie le crédit courant. S'il est strictement positif, le crédit courant est décrémenté et on initialise la répétition de cette trame. Pendant la retransmission de la trame, l'entité de la sous-couche MAC ne retransmet pas les trames courtes qui arrivent ensuite à l'entité de la sous-couche LLC. Cela afin d'éviter de multiples instanciations de la même trame aux niveaux supérieurs.

4.3.4 Spécification formelle

Ce qui suit résume les capacités de la sous-couche MAC.

Pour la transmission de trames :

- accepte les données de la sous-couche LLC et construit une trame;
- subdivise la trame en sous-trames et attache les champs starter de sous-trame;
- présente un M_PDU à la couche physique pour transmission sur le support de transmission.

Pour la réception de trames :

- reçoit les M_PDU de la couche physique;
- construit les trames à partir des séquences de sous-trames;
- présente à la sous-couche LLC des trames qui sont soit à diffuser soit directement adressées à une station locale;
- écarte toutes les trames longues invalides et communique ces cas à la gestion de l'application;
- décode les trames courtes et récupère les erreurs restantes en utilisant les superpositions.

4.3.3.2 Decapsulation of a short frame

Knowing it is a short frame, the receive data decapsulation extracts the three repeated blocks. It decodes the frame by wise majority decision on the three blocks. The decoded block is checked for errors with the FCS. If it is invalid, the overlay procedure may be used for error recovery. When the receive data decapsulation checks a valid short frame, it clears the invalid built blocks buffer.

The receive data decapsulation, using the Broadcast Indicator parameter, constructs the M_SDU from the data field by setting the proper Prefix. Up to 32 prefixes may be defined in the MIB for the 32 possible values of the BI parameter. Prefix values are designed to use group addressing.

NOTE - The prefix value specifies the DSAP, the SSAP and the control field of the L_PDU. Then the Receive Data Decapsulation passes the properly formed M_SDU to the LLC sublayer entity with a MA_Data.indication.

If the short frame is valid, and if the MAC sublayer entity is a repeater (defined in the MIB), the current credit is checked. If it is strictly positive, the current credit field is decremented and the repetition of this frame is initiated. During the frame retransmission, the MAC sublayer entity does not transfer the subsequent receiving short frames to the LLC sublayer entity. This is to avoid multiple instantiations of the same frame in the higher levels.

4.3.4 Formal specification

The following summarizes the capabilities of the MAC sublayer.

For frame transmission:

- accepts data from the LLC sublayer and constructs a frame;
- divides frames into subframes and appends the subframe starter fields;
- presents an M_PDU to the physical layer for transmission on the medium.

For frame reception:

- receives an M_PDU from the physical layer;
- constructs frames from sequences of subframes;
- presents to the LLC sublayer frames, that are either broadcast frames or directly addressed to the local station;
- discards all invalid long frames and communicates those occurrences to the management application;
- decodes the short frames and recovers remaining errors by using overlaying.

Pour la répétition :

- vérifie le crédit courant et le décrétement s'il est plus grand que zéro;
- initialise la procédure de répétition.

Pour les procédures internes :

- attache la valeur appropriée du FCS aux trames expédiées et vérifie le plein alignement sur la frontière en octets;
- attache les SA, DA, NS, PL, BI, FCS et le champ de bourrage aux M_SDU des trames transmises;
- retire les SA, DA, NS, PL, BI, FCS et le champ de bourrage des trames reçues.

4.3.5 Table d'états de l'accès aux supports de transmission

Les processus utilisés par l'entité de la sous-couche MAC sont décrits d'une façon abstraite. La table de changement d'états utilise les états, les fonctions et les événements et décrit les actions subséquentes.

4.3.5.1 Table de changement d'états de MAC

Les tables et les figures suivantes décrivent les états de la sous-couche MAC dans DCP.

For repetition

- checks the current credit and decrement if greater than zero;
- initiates repetition procedure.

For internal procedures:

- appends the proper FCS value to outgoing frames and verifies full octet boundary alignment;
- appends the SA, DA, NS, PL, BI, FCS and the pad field to M_SDU in transmitted frames;
- removes the SA, DA, NS, PL, BI, FCS and the pad field from received frames.

4.3.5 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.

4.3.5.1 MAC state transition table

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

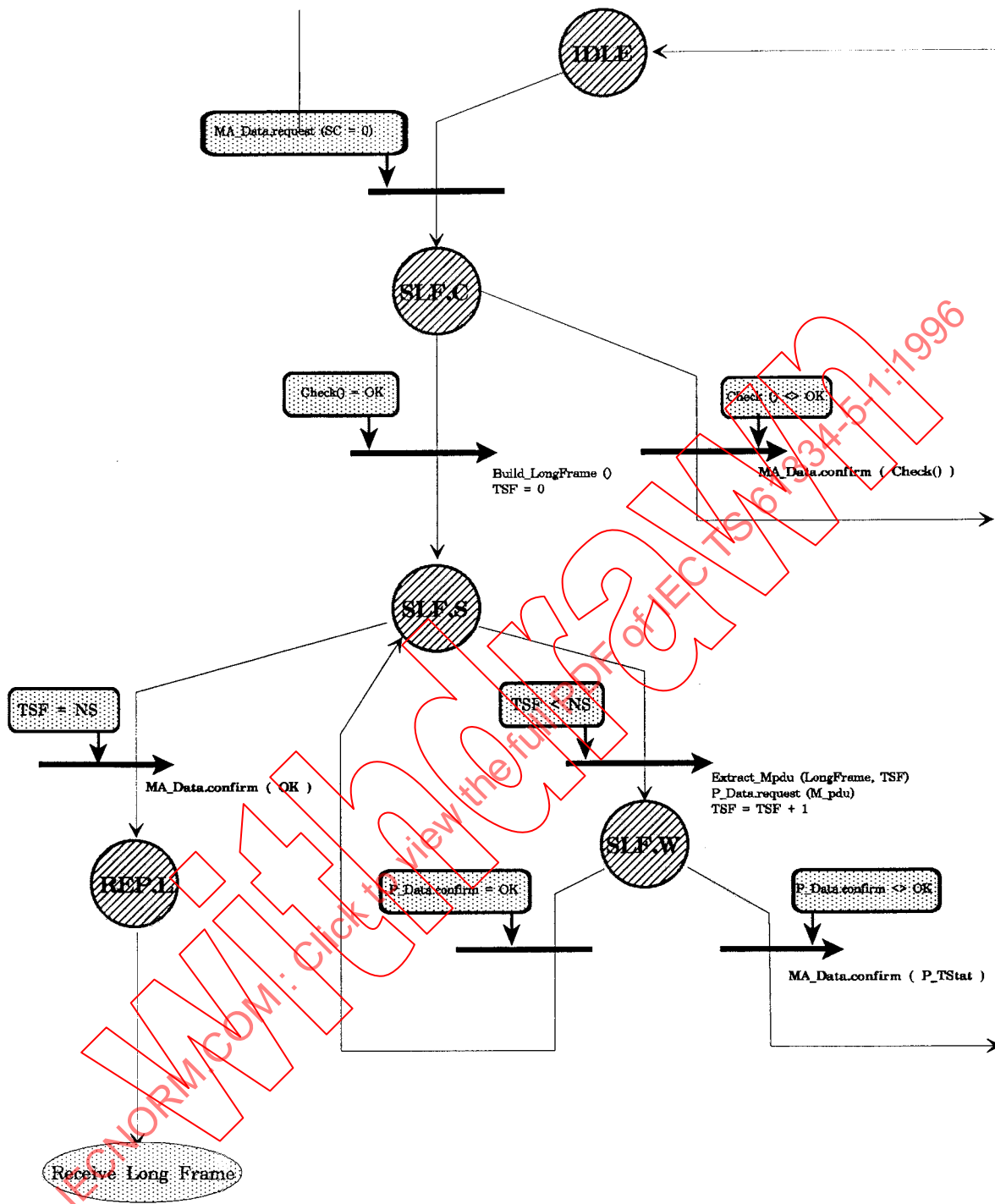


Figure 9 – Etats de l'envoi de trames longues

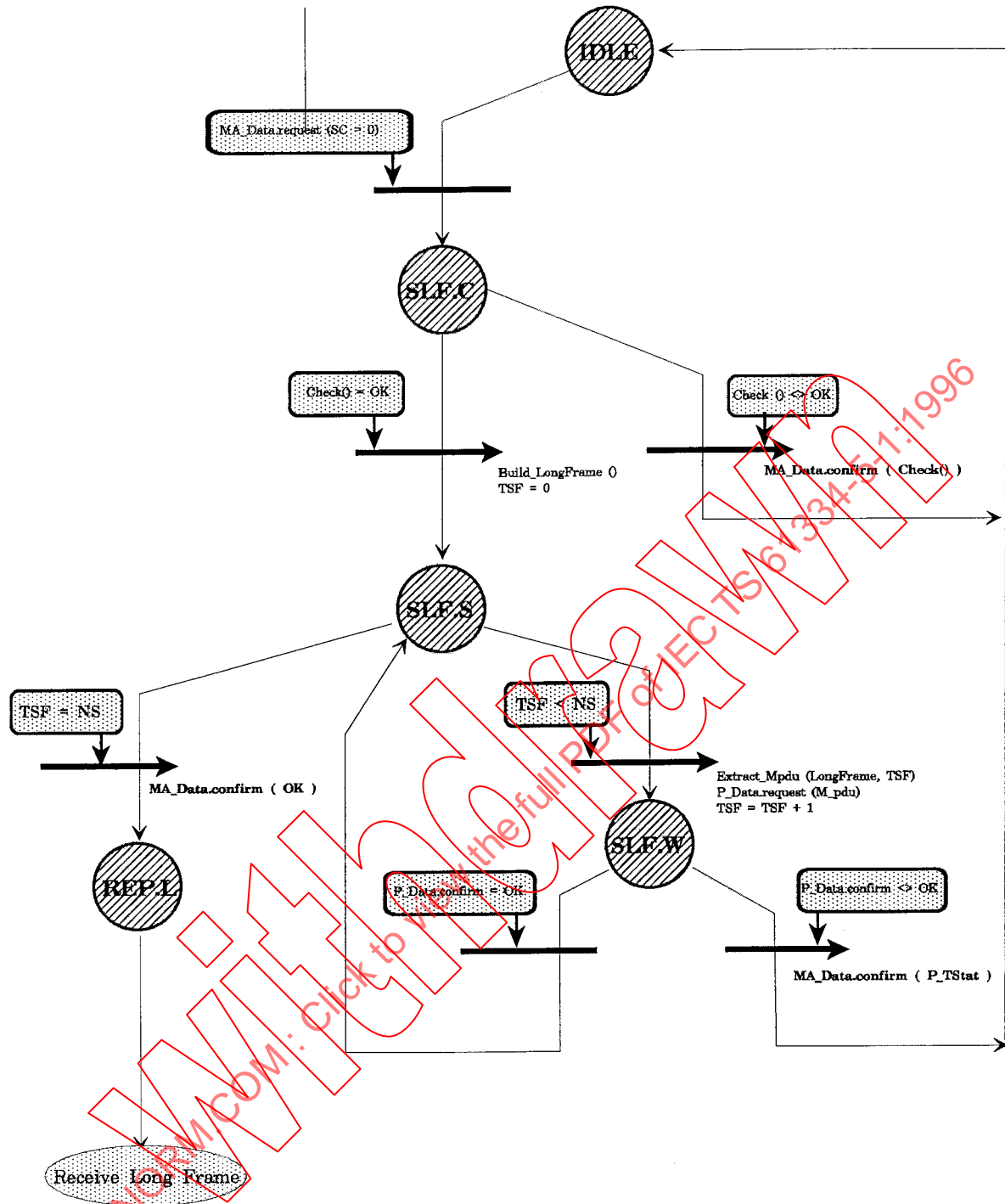


Figure 9 – Send long frame states

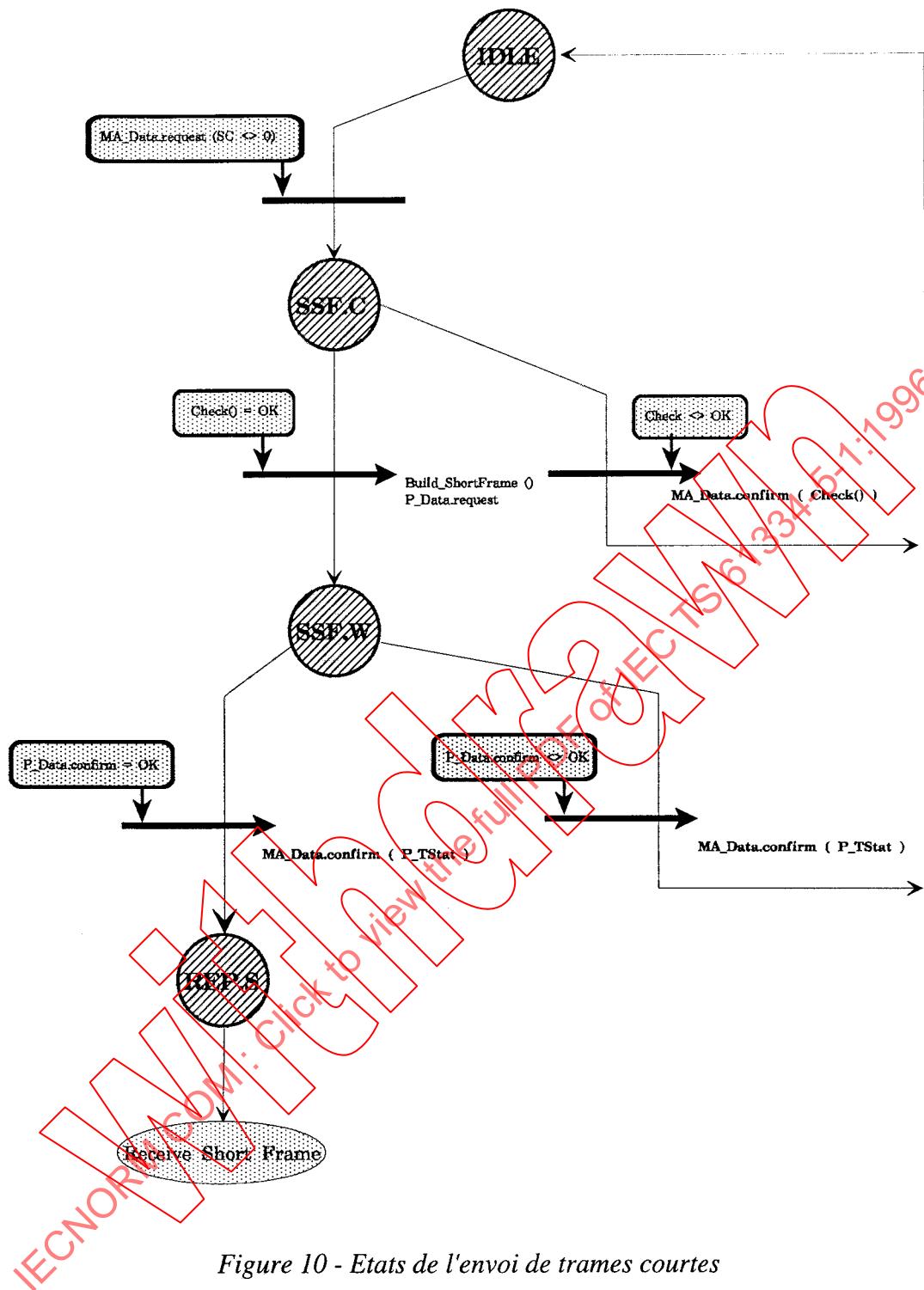


Figure 10 - Etats de l'envoi de trames courtes

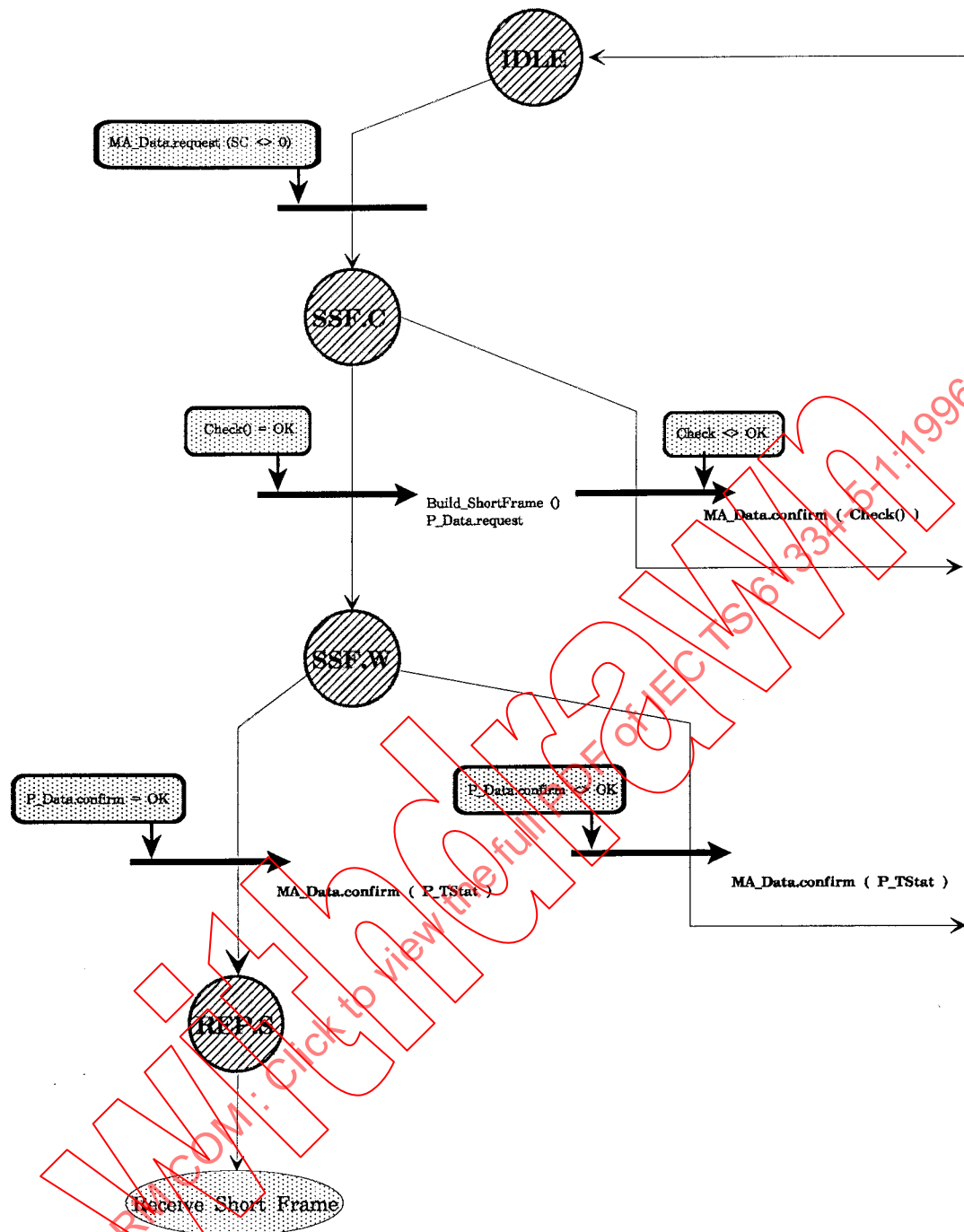


Figure 10 – Send short frame states

Tableau 2 – Changement d'états de l'expéditeur MAC

Etat initial	Evénements	Actions	Etat final
Config	Local_Status() = OK	Aucune	IDLE
IDLE	MA_Data.request (SC = 0)	Aucune	SLF.C
IDLE	MA_Data.request (SC $\neq$ 0)	Aucune	SSF.C
IDLE	Local_Status() $\neq$ OK	Aucune	Config
SLF.C	Check() = OK	Build_LongFrame (FI = LF, IC = Cred (DA), CC = Cred (DA), DC = DeltaCred (DA), SA = SA, DA = DA, Extract_Lengths (M_SDU) ! PL, ! NS, ! PAD, Data = M_SDU, FCS = CRC()) TSF = 0	SLF.S
SLF.C	Check() $\neq$ OK	MA_Data.confirm (M_TStat = Check())	IDLE
SSF.C	Check() = OK	Build_ShortFrame (FI = SF, IC = Cred (ALL), CC = Cred (ALL), BI = SC, Data = Trunc (M_SDU), FCS = CRC()) P_Data.request (P_SDU = ShortFrame)	SSF.W
SSF.C	Check() $\neq$ OK	MA_Data.confirm (M_TStat = Check())	IDLE
SLF.S	TSF $\neq$ NS	Extract_MPDU (LongFrame,TSF) P_Data.request (P_SDU = M_PDU) TSF = TSF + 1	SLF.W
SLF.S	TSF = NS	MA_Data.confirm (M_TStat = OK)	REP.L
SLF.W	P_Data.confirm (P_TStat = OK)	Aucune	SLF.S
SLF.W	P_Data.confirm (P_TStat $\neq$ OK)	MA_Data.confirm (M_TStat = P_TStat)	IDLE
SSF.W	P_Data.confirm (P_TStat = OK)	MA_Data.confirm (M_TStat = OK)	REP.S
SSF.W	P_Data.confirm (P_TStat $\neq$ OK)	MA_Data.confirm (M_TStat = P_TStat)	IDLE

Table 2 – MAC sender state transition table

Initial state	Events	Actions	Final state
Config	Local_Status() = OK	None	IDLE
IDLE	MA_Data.request (SC = 0)	None	SLF.C
IDLE	MA_Data.request (SC $\neq$ 0)	None	SSF.C
IDLE	Local_Status() $\neq$ OK	None	Config
SLF.C	Check() = OK	Build_LongFrame (FI = LF, IC = Cred (DA), CC = Cred (DA), DC = DeltaCred (DA), SA = SA, DA = DA, Extract_Lengths (M_SDU), ! PL, ! NS, ! PAD, Data = M_SDU, FCS = CRC()) TSF = 0	SLF.S
SLF.C	Check() $\neq$ OK	MA_Data.confirm (M_TStat = Check())	IDLE
SSF.C	Check() = OK	Build_ShortFrame (FI = SF, IC = Cred (ALL), CC = Cred (ALL), BI = SC, Data = Trunc (M_SDU), FCS = CRC()) P_Data.request (P_SDU = ShortFrame)	SSF.W
SSF.C	Check() $\neq$ OK	MA_Data.confirm (M_TStat = Check())	IDLE
SLF.S	TSF $<$ NS	Extract_MPDU (LongFrame,TSF) P_Data.request (P_SDU = M_PDU) TSF = TSF + 1	SLF.W
SLF.S	TSF = NS	MA_Data.confirm (M_TStat = OK)	REP.L
SLF.W	P_Data.confirm (P_TStat = OK)	None	SLF.S
SLF.W	P_Data.confirm (P_TStat $\neq$ OK)	MA_Data.confirm (M_TStat = P_TStat)	IDLE
SSF.W	P_Data.confirm (P_TStat = OK)	MA_Data.confirm (M_TStat = OK)	REP.S
SSF.W	P_Data.confirm (P_TStat $\neq$ OK)	MA_Data.confirm (M_TStat = P_TStat)	IDLE

Tableau 3 – Changement d'états du récepteur MAC

Etat initial	Evénements	Actions	Etat final
Config	Local_Status() = OK	Aucune	IDLE
IDLE	P_Data.indication and Receive_Status() $\neq$ OK	Aucune	IDLE
IDLE	P_Data.indication (FI = SF) and Receive_Status() = OK	Aucune	RSF.C
IDLE	P_Data.indication (FI = LF) and Receive_Status() = OK	Decode_NS() Init_Counter (NS) Append_Incoming_Subframe()	RLF.C
IDLE	Local_Status() $\neq$ OK	Aucune	Config
RSF.C	Check_Block() = OK	Aucune	REP.S
RSF.C	Check_Block() $\neq$ OK	Blocks_Buffer += Block Block = Build_Block (Blocks_Buffer)	OV.C
OV.C	Check_Block() = OK	Aucune	REP.S
OV.C	Check_Block() $\neq$ OK	Aucune	IDLE
REP.S	Aucun	Blocks_Buffer = Null MA_Data.indication (SA = INITIATOR, DA = ALL, M_SDU = Prefix (BI) + Data) Update_Credit (INITIATOR, CC, IC, 0)	RSF.S
RSF.S	CC > 0	Build_ShortFrame (FI = SF, IC = IC, CC = CC - 1, BI = BI, Data = Data, FCS = CRC()) P_Data.request (P_SDU = ShortFrame)	RSF.W
RSF.S	CC = 0	Aucune	IDLE
RSF.W	P_Data.confirm (P_TStat = OK)	Aucune	RSF.S
RSF.W	P_Data.confirm (P_TStat $\neq$ OK)	Wait_End_Repetition ()	IDLE
RLF.C	Count_Out (NS) and Check_Frame() = OK	Aucune	REP.L
RLF.C	Count_Out (NS) and Check_Frame() $\neq$ OK	Aucune	IDLE
REP.L	Address() = OK	MA_Data.indication (SA = SA, DA = DA, M_SDU = M_SDU) Update_Credit (SA, CC, IC, DC)	RLF.S

Table 3 – MAC receiver state transition table

Initial state	Events	Actions	Final state
Config	Local_Status() = OK	None	IDLE
IDLE	P_Data.indication and Receive_Status() <> OK	None	IDLE
IDLE	P_Data.indication (FI = SF) and Receive_Status() = OK	None	RSF.C
IDLE	P_Data.indication (FI = LF) and Receive_Status() = OK	Decode_NS() Init_Counter (NS) Append_Incoming_Subframe()	RLF.C
IDLE	Local_Status() <> OK	None	Config
RSF.C	Check_Block() = OK	None	REP.S
RSF.C	Check_Block() <> OK	Blocks_Buffer += Block Block = Build_Block (Blocks_Buffer)	OV.C
OV.C	Check_Block() = OK	None	REP.S
OV.C	Check_Block() <> OK	None	IDLE
REP.S	None	Blocks_Buffer = Null MA_Data.indication (SA = INITIATOR, DA = ALL, M_SDU = Prefix (BI) + Data) Update_Credit (INITIATOR, CC, IC, 0)	RSF.S
RSF.S	CC > 0	Build_ShortFrame (FI = SF, IC = IC, CC = CC - 1, BI = BI, Data = Data, FCS = CRC()) P_Data.request (P_SDU = ShortFrame)	RSF.W
RSF.S	CC = 0	None	IDLE
RSF.W	P_Data.confirm (P_TStat = OK)	None	RSF.S
RSF.W	P_Data.confirm (P_TStat <> OK)	Wait_End_Repetition ()	IDLE
RLF.C	Count_Out (NS) and Check_Frame() = OK	None	REP.L
RLF.C	Count_Out (NS) and Check_Frame() <> OK	None	IDLE
REP.L	Address() = OK	MA_Data.indication (SA = SA, DA = DA, M_SDU = M_SDU) Update_Credit (SA, CC, IC, DC)	RLF.S

Tableau 3 (fin)

REP.L	Address() <> OK	Aucune	RLF.S
RLF.S	CC > 0	Build_LongFrame (FI = LF, IC = IC, CC = CC - 1, DC = DC SA = SA, DA = DA, Extract_Lengths (M_SDU) ! PL, ! NS, ! PAD, Data = M_SDU, FCS = CRC()) TSF = 0	RLF.P
RLF.S	CC = 0	Aucune	IDLE
RLF.P	TSF < NS	Extract_MPDU (LongFrame,TSF) P_Data.request (P_SDU = M_PDC) TSF = TSF + 1	RLF.W
RLF.P	TSF = NS	Aucune	RLF.S
RLF.W	P_Data.confirm (P_TStat = OK)	Aucune	RLF.P
RLF.W	P_Data.confirm (P_TStat <> OK)	Wait_End_Repetition ()	IDLE

Table 3 (continued)

REP.L	Address() <> OK	None	RLF.S
RLF.S	CC > 0	Build_LongFrame (FI = LF, IC = IC, CC = CC - 1, DC = DC, SA = SA, DA = DA, Extract_Lengths (M_SDU) ! PL, ! NS, ! PAD, Data = M_SDU, FCS = CRC()) TSF = 0	RLF.P
RLF.S	CC = 0	None	IDLE
RLF.P	TSF < NS	Extract_MPDU (LongFrame,TSF) P_Data.request (P_SDU = M_PDU) TSF = TSF + 1	RLF.W
RLF.P	TSF = NS	None	RLF.S
RLF.W	P_Data.confirm (P_TStat = OK)	None	RLF.P
RLF.W	P_Data.confirm (P_TStat <> OK)	Wait_End_Repetition ()	IDLE

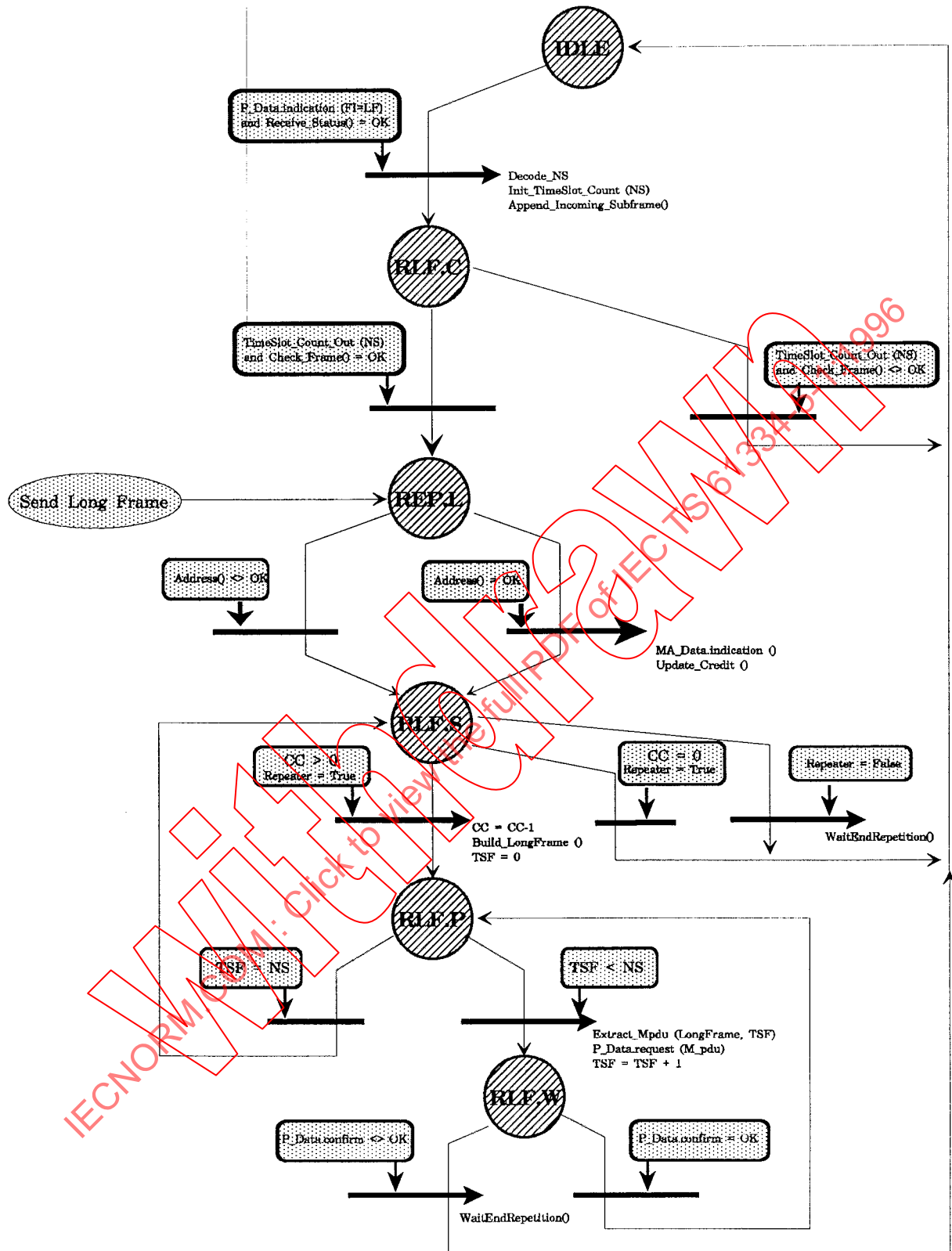


Figure 11 – Etats de réception des trames longues

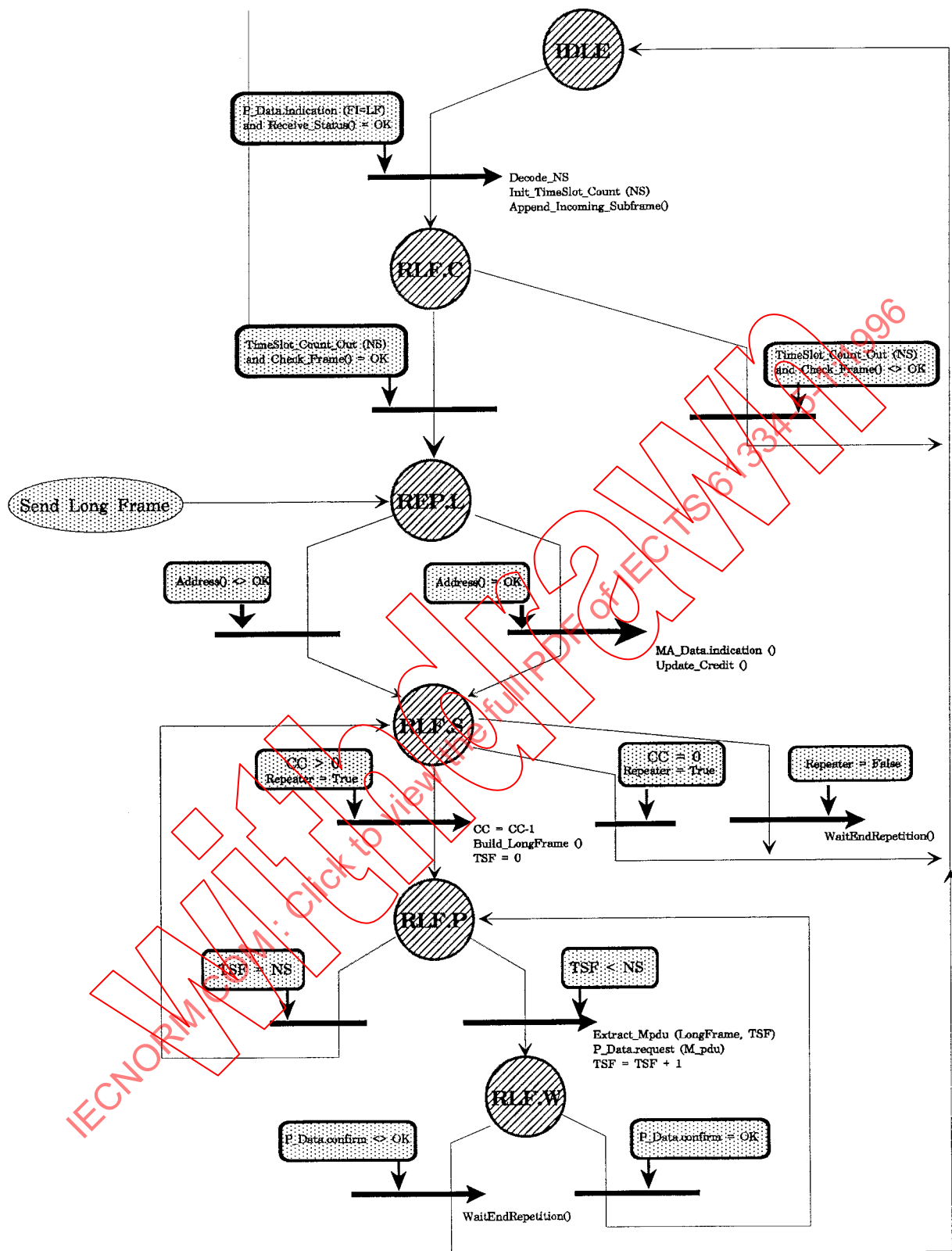


Figure 11 – Receive long frame states

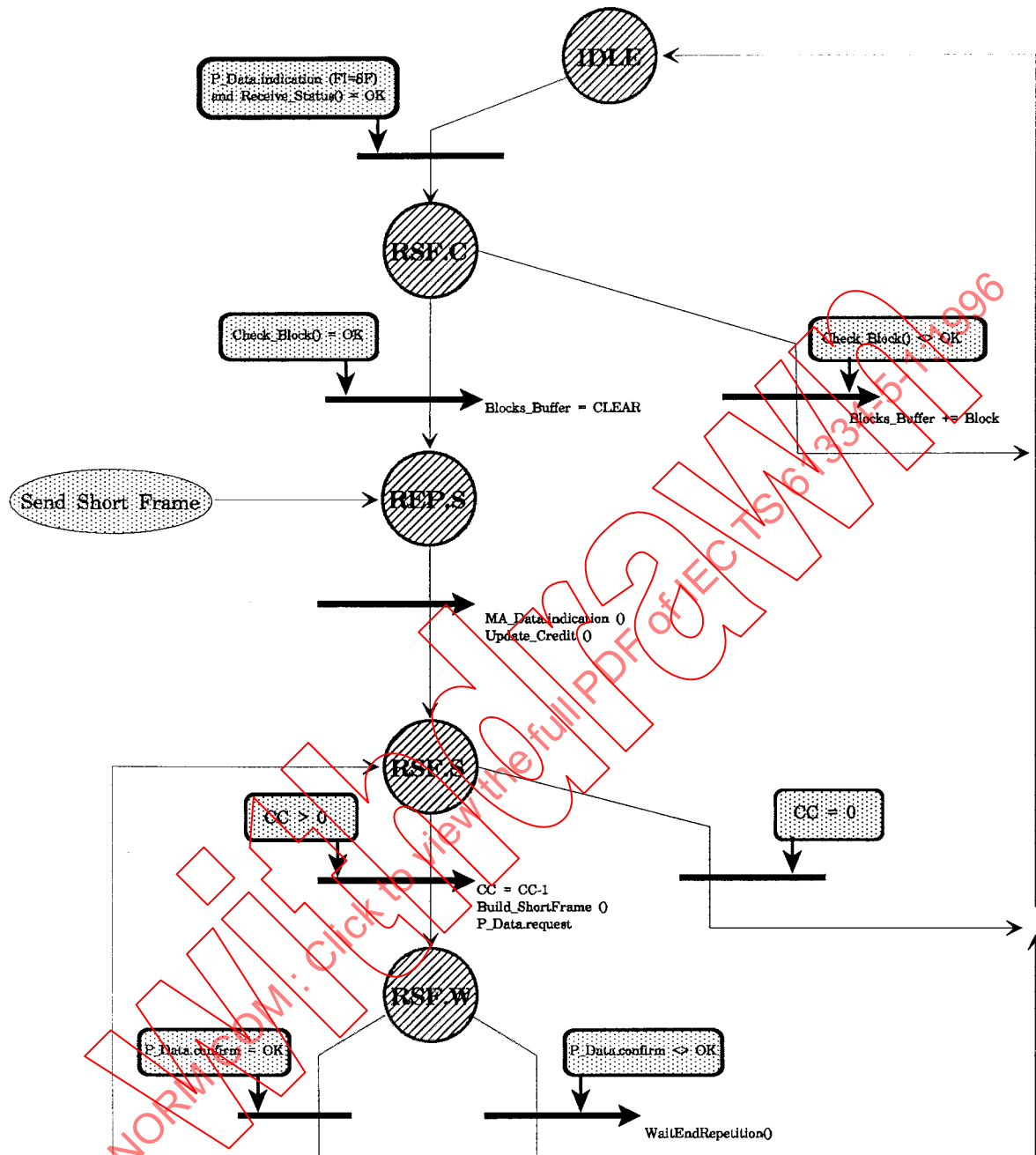


Figure 12 – Etats de réception des trames courtes

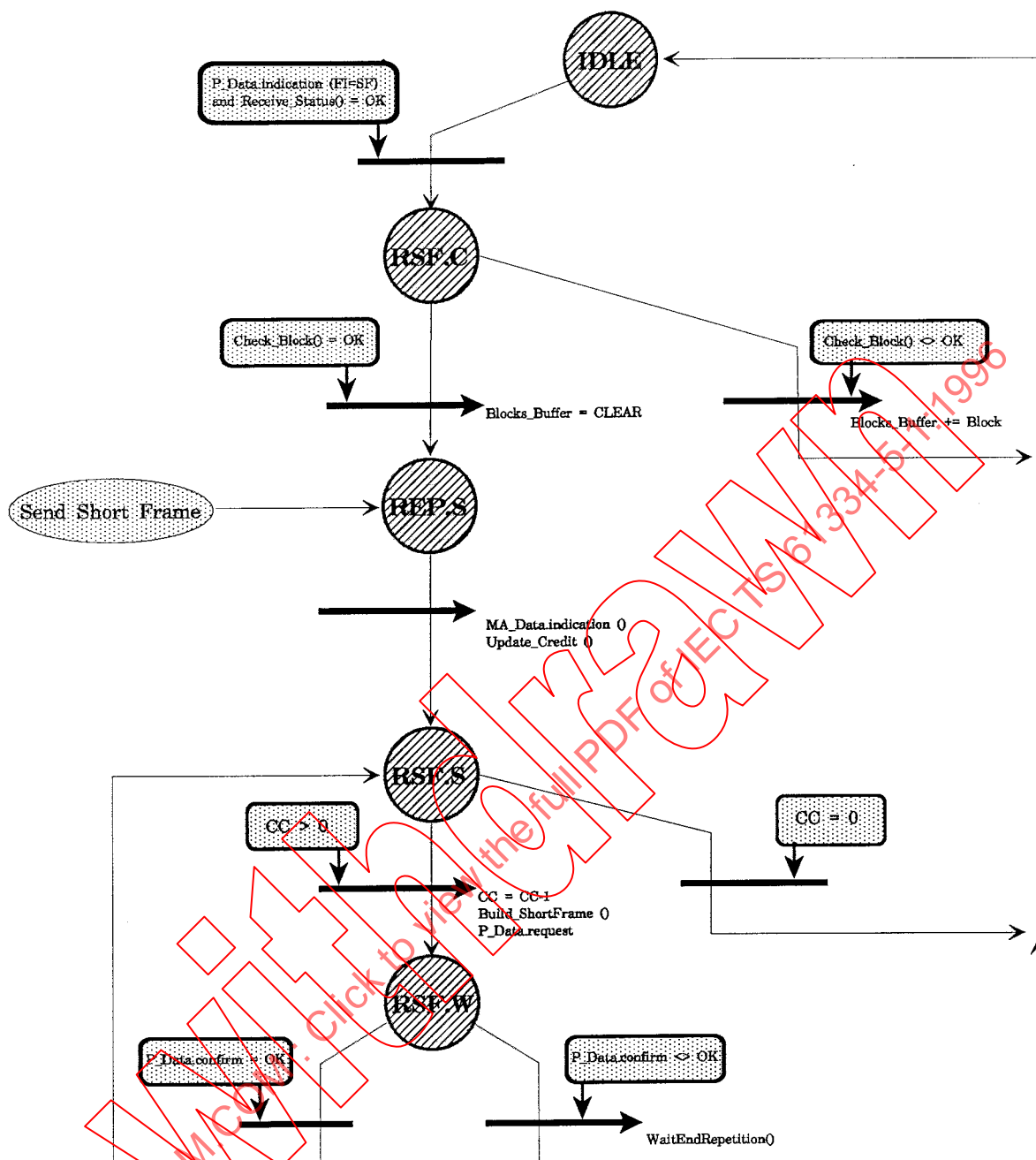


Figure 12 – Receive short frame states

4.3.6 Description des tableaux de changement d'états

4.3.6.1 Description des états de l'expéditeur MAC

Pour l'expéditeur, on a défini six états.

- IDLE (inactif)
- SLF: processus d'expédition de trames longues (send long frame process), SLF.S pour l'expédition et SLF.W pour l'attente de la confirmation locale
- SSF: processus d'expédition de trames courtes (send short frame process), SSF.W pour l'attente de la confirmation locale après envoi d'une P_Data.request
- REP:initialisation du processus de répétition, REP.S pour les trames courtes et REP.L pour les trames longues

Dans l'état IDLE, l'entité de la sous-couche LLC est prête à recevoir et à traiter les primitives qui arrivent.

Dans l'état SLF, l'entité de la sous-couche MAC vérifie que la MA_Data.request soumise avec une Service_class zéro peut être traitée. Elle vérifie plus particulièrement les paramètres soumis avec la primitive ainsi que les ressources nécessaires. Dans l'état SLF.S, elle construit la trame longue et initialise la transmission des sous-trames. Dans l'état SLF.W, l'entité de la sous-couche MAC attend une confirmation locale de chaque sous-trame transmise.

Dans l'état SSF, l'entité de la sous-couche MAC vérifie que la MA_Data.request soumise avec une Service_class différente de zéro, peut être traitée. Elle vérifie plus particulièrement les paramètres soumis avec la primitive ainsi que les ressources nécessaires. Dans l'état SSF.W, l'entité de la sous-couche MAC attend la confirmation locale de la P_Data.request précédente.

Dans l'état REP, l'entité de la sous-couche MAC initialise la répétition des trames traitées jusqu'à ce que la valeur du champ de crédit courant soit nul. Ces états sont décrits dans le tableau d'états de la réception (tableau 3).

Pour parachever la cohérence, on peut ajouter un septième état, la configuration (Config).

4.3.6 Transition table description

4.3.6.1 MAC sender state description

Six states are defined for the sender.

- IDLE
- SLF: for send long frame process, SLF.S for sending and SLF.W for waiting for the local confirmation
- SSF: for send short frame process, SSF.W for waiting for the local confirmation after issuing a P_Data.request
- REP: for initiating the repetition process, REP.S for short frames and REP.L for long frames

In the IDLE state, the LLC sublayer entity is ready to receive and to process the incoming primitives.

In the SLF state, the MAC sublayer entity verifies that the MA_Data.request submitted with a zero Service_Class can be processed. Specially, it checks the parameters submitted with the primitive and the required resources. In the SLF.S, it builds the long frame and initiates the transmission of subframes. In the SLF.W state, the MAC sublayer entity is waiting for the local confirmation of each transmitted subframe.

In the SSF state, the MAC sublayer entity verifies that the MA_Data.request submitted with a non-zero Service_Class can be processed. Specially, it checks the parameters submitted with the primitive and the required resources. In the SSF.W state, the MAC sublayer entity is waiting for the local confirm of the previous P_Data.request.

In the REP state, the MAC sublayer entity initiates the repetition of the processed frames until the current credit field value is zero. This states are described in the receiver state table (table 3).

A seventh state may be added to achieve coherency: the Config state.

4.3.6.2 Description des états du récepteur MAC

Pour le récepteur on a défini 11 états:

- IDLE (inactif)
- RSF.C: réception et contrôle de validité des trames courtes
- OV.C: tentative de construction d'un Build_Block valide
- REP.S : initialisation d'une répétition après envoi de la MA_Data.indication appropriée
- RSF.S: construction et transmission de la répétition M_PDU appropriée
- RSF.W: attente de la confirmation locale de la trame courte répétée
- RLF.C: vérification de la validité d'une trame longue qui arrive et de ses champs crédit
- REP.L : vérification des adresses et initialisation de la répétition
- RLF.S : construction de la trame appropriée pour la répétition
- RLF.P : retransmission de chaque sous-trame d'une trame répétée
- RLF.W : attente de la confirmation locale des trames répétées

Dans l'état IDLE, l'entité de la sous-couche MAC est prête à recevoir et à traiter les M_PDU qui arrivent.

Dans l'état RSF.C, on reçoit la trame courte qui arrive et on décode le FI. Dans l'état RSF.S, on vérifie la validité de la trame courte et dans l'état REP.S, on émet la MA_Data.indication appropriée. La répétition de la trame est alors initialisée si la valeur CC est plus grande que zéro. Dans l'état RSF.W, l'entité de la sous-couche MAC attend la confirmation locale.

Dans l'état RLF.C, on assemble les M_PDU d'une trame qui arrive et on vérifie la validité de la trame dans l'état RLF.S. Dans l'état REP.L, on émet une MA_Data.indication appropriée en fonction de l'adresse de destination. Dans l'état RLF.P, on initialise la répétition de la trame si la valeur de CC est plus grande que zéro. L'entité de la sous-couche MAC attend la confirmation locale de chaque trame transmise, dans l'état RLF.W.

Pour parachever la cohérence, on peut ajouter un douzième état, la configuration (Config).

4.3.6.2 MAC receiver state description

Eleven states are defined for the receiver:

- IDLE
- RSF.C: for receive short frame and check the validity
- OV.C: for attempting to build a valid Build_Block
- REP.S: for initiating the repetition after issuing the proper MA_Data.indication
- RSF.S: for building and transmitting the proper repetition M_PDU
- RSF.W: for waiting for the local confirmation of the repeated short frame
- RLF.C: for checking the validity and the credit fields of an incoming long frame
- REP.L: for checking the addresses and initiating the repetition
- RLF.S: for building the proper repetition frame
- RLF.P: for retransmitting each subframe of the repeated frame
- RLF.W: for waiting for the local confirmation of the repeated subframes

In the IDLE state, the MAC sublayer entity is ready to receive and to process the incoming M_PDU.

In RSF.C state, the incoming short frame is received and the FI is decoded. The validity of the short frame is checked in the RSF.S state and in the REP.S state, the proper MA_Data.indication is issued. The repetition of the frame is then initiated if the CC value is greater than zero. In the RSF.W state, the MAC sublayer entity is waiting for the local confirmation

In the RLF.C state, the incoming M_PDU are collected to form a frame. The validity of the frame is checked in the RLF.S state. In the REP.L state, a proper MA_Data.indication is issued depending on the destination address. In the RLF.P state, the repetition of the frame is initiated if the CC value is greater than zero. The MAC sublayer entity is waiting for the local confirmation of each transmitted subframe in the RLF.W state.

A twelfth state may be added to achieve coherency: the Config state.

4.3.6.3 Notations utilisées dans les tableaux d'états

4.3.6.3.1 Notations pour les primitives d'accès aux supports de transmission

Ce paragraphe définit les abréviations utilisées dans les tableaux d'états (tableaux 2 et 3) pour les primitives d'accès aux supports de transmission échangées avec l'utilisateur LLC.

- SA: adresse source dans la primitive MA
- DA: adresse de destination dans la primitive MA
- M_TStat: statut de la transmission dans une primitive MA
- M_SDU: M_SDU échangée avec l'utilisateur LLC dans une primitive MA
- SC: classe de service associée à la MA_Data.request

4.3.6.3.2 Notations pour les unités de données de protocoles d'accès aux supports de transmission

Ce paragraphe définit les abréviations utilisées dans les tableaux d'états des unités de données des protocoles d'accès aux supports de transmission, échangées avec la couche physique.

- FI: indicateur de trame dans une M_PDU
- IC, CC: champs crédit initial et courant dans une M_PDU
- SA: adresse source dans la M_PDU en cours de traitement
- DA: adresse de destination dans la M_PDU en cours de traitement
- BI: indicateur de diffusion d'une trame courte
- PL: longueur du bourrage d'une trame longue
- NS: nombre de sous-frames dans une trame longue
- PAD: champ de bourrage d'une trame longue
- Data: champ de données dans une M_PDU
- FCS: séquence de contrôle de trame d'une M_PDU

4.3.6.3 Notation used in the state tables

4.3.6.3.1 Notation for medium access primitives

This subclause defines abbreviations used in the state tables for medium access primitives passed with the LLC user.

- SA: source address in an MA primitive
- DA: destination address in an MA primitive
- M_TStat: transmission status in an MA primitive
- M_SDU: the M_SDU passed to the LLC user in an MA primitive
- SC: service_class associated with the MA_Data.request

4.3.6.3.2 Notation for medium access protocol data units

This subclause defines abbreviations used in the state tables for medium access protocol data units passed to the physical layer.

- FI: frame indicator field in an M_PDU
- IC, CC: initial and current credit fields in an M_PDU
- SA: source address of the currently handled M_PDU
- DA: destination address of the currently handled M_PDU
- BI: broadcast indicator in a short frame
- PL: pad length of a long frame
- NS: number of subframes in a long frame
- PAD: PAD field of a long frame
- Data: data field of an M_PDU
- FCS: frame check sequence of an M_PDU

4.3.6.3.3 Notations pour les primitives physiques

Ce paragraphe définit les abréviations utilisées dans les tableaux d'état pour les primitives physiques échangées avec l'entité de la sous-couche MAC.

- P_TStat: Transmission_status dans une primitive PHY_Data.confirm
- P_SDU: M_PDU échangée avec l'utilisateur MAC dans une primitive PHY_Data

4.3.6.4 Variables d'état

4.3.6.4.1 TSF

La variable TSF est une variable locale qui compte le nombre de sous-trames transmises de la trame longue en cours de traitement. Cette variable n'a qu'une signification locale.

4.3.6.4.2 Blocks_buffer (Bloc-tampon)

Le "Blocks_Buffer" est un tampon local où sont emmagasinés les blocs reconstitués invalides reçus en vue de l'application de la procédure de superposition.

Le "Blocks_Buffer" peut être vidé en lui donnant une valeur nulle. Le symbole += (addition) indique que le bloc en cours de traitement est ajouté dans le tampon "Blocks_Buffer".

4.3.6.4.3 Autres variables

Toutes les autres variables sont définies dans la MIB management information base (base de question et l'information) et l'entité de la sous-couche MAC peut y accéder directement.

Ces variables sont :

- les valeurs de crédit associées à une DA;
- le préfixe associé à une valeur de BI;
- le dessin du bourrage;
- les adresses de l'INITIATOR (initiateur) , ALL (toutes) et locale.

4.3.6.5 Fonctions d'états

4.3.6.5.1 Local_Status ()

La fonction "Local_Status" (statut local) renvoie VALID si un ou plusieurs services de l'entité de la sous-couche MAC sont disponibles. Autrement, la fonction "Local_Status" renvoie INVALID.

Cette fonction vérifie une variable de gestion traitée par la couche gestion de l'application.

4.3.6.3.3 *Notation for Physical Primitives*

This subclause defines abbreviations used in the state tables for physical primitives passed with the MAC sublayer entity.

- P_TStat: transmission status in a PHY_Data.confirm primitive
- P_SDU: M_PDU passed to the MAC user in a PHY_Data primitive

4.3.6.4 State variables

4.3.6.4.1 *TSF*

The TSF variable is a local variable that counts the number of transmitted subframes of the currently handled long frame. This variable has only local significance.

4.3.6.4.2 *Blocks_Buffer*

The Blocks_Buffer is a local buffer that stores the received invalid build blocks to perform an overlay procedure.

The Blocks_Buffer may be emptied by setting a null value. The += (adding) symbol indicates that the currently handled block is added in the buffer Blocks_Buffer.

4.3.6.4.3 *Other variables*

All other variables are defined in the Management Information Base (MIB) and may be directly accessed by the MAC sublayer entity.

Those variables are :

- the credit values associated with a DA;
- the prefix associated with a BI value;
- the pad pattern;
- the INITIATOR, ALL and local addresses.

4.3.6.5 State functions

4.3.6.5.1 *Local_Status ()*

The Local_Status function returns VALID if one or more services of the MAC sublayer entity are available. Otherwise, the Local_Status function returns INVALID.

This function checks a management variable handled by the management application layer.

4.3.6.5.2 *Check ()*

La fonction "check" (vérification) renvoie une indication sur le succès ou l'échec du traitement des champs de paramètres et sur la disponibilité des ressources nécessaires.

Les valeurs possibles renvoyées sont les suivantes.

- OK: traitement réussi des champs de paramètres et ressources disponibles
- LM-NI: service demandé non implémenté dans la sous-couche MAC locale
- LM-TU: ressources de liaison locales temporairement indisponibles
- LM-SE: erreur de syntaxe dans la primitive soumise
- LM-HF: erreur matérielle

4.3.6.5.3 *Receive-Status ()*

La fonction "Receive_Status" (statut de la réception) renvoie une indication sur le succès ou l'échec du traitement de la P_Data.indication exprimée en termes de disponibilité des ressources. On suppose cependant que le champ FI a été reçu correctement dès que la primitive P_Data.indication est passée à l'entité de la sous-couche MAC.

Les valeurs possibles renvoyées sont les suivantes:

- OK: champ d'informations traité avec succès
- RM-TU: ressources temporairement indisponibles pour le champ de données
- RM-NI: réception de données non implémentée ou désactivée

4.3.6.5.2 *Check()*

The check function returns an indication of the success or failure of the processing of the parameter fields and of the availability of the required resources.

The possible returned values are the following.

- OK: parameter fields successfully processed and resources available
- LM-NI: asked service non-implemented in the local MAC sublayer
- LM-TU: local link resources temporarily unavailable
- LM-SE: syntax error in the submitted primitive
- LM-HF: hardware failure

4.3.6.5.3 *Receive-Status()*

The Receive_Status function returns an indication of the success or failure of the processing of the P_Data.indication expressed as resources availability. It is assumed, however, that the FI field was successfully received any time a P_Data.indication primitive is passed to the MAC sublayer entity.

The possible returned values are the following:

- OK: information field successfully processed
- RM-TU: resources temporarily unavailable for data field
- RM-NI: reception of data is non-implemented or inactivated

- RM-HF: erreur matérielle qui empêche le passage des informations à l'utilisateur
- RM-SE: erreur de syntaxe dans le champ indicateur de trame de la trame qui arrive

Les erreurs peuvent être signalées au SMAP local sur demande.

4.3.6.5.4 *Check_Block()*

La fonction "Check_Block" (vérification des blocs) renvoie une indication sur le succès ou l'échec du traitement de la trame courte qui arrive. Cette fonction essaie de bâtir un bloc valide si les trois blocs reçus sont invalides.

Les valeurs possibles renvoyées sont les suivantes:

- OK: au moins un bloc de la trame court qui arrive ou du bloc reconstitué est valide
- CRC_Error: tous les blocs sont invalides

4.3.6.5.5 *Check_Frame()*

La fonction "Check_Frame" (vérification de la trame) renvoie une indication sur le succès ou l'échec du traitement de la trame longue qui arrive. Cette fonction compare la valeur calculée du CRC avec la valeur contenue dans le champ FCS.

Les valeurs possibles renvoyées sont:

- OK: pas d'erreurs détectées dans le CRC
- CRC_Error: une erreur détectée dans le CRC

4.3.6.5.6 *Address()*

La fonction "Address" (adresse) dit si l'adresse contenue dans la trame longue qui arrive correspond à une adresse locale individuelle ou globale. La valeur renvoyée est OK ou INVALID.

- RM-HF: hardware failure prevents information passage to user
- RM-SE: syntax error in the incoming Frame indicator field

The error value may be indicated to the local SMAP when requested.

4.3.6.5.4 *Check_Block()*

The *Check_Block* function returns an indication of the success or failure of the processing of the incoming short frame. This function attempts to build a valid block if the three received blocks are invalid.

The possible returned values are the following.

- OK: at least one block of the incoming short frame or the built block is valid
- CRC_Error: all blocks are invalid

4.3.6.5.5 *Check_Frame()*

The *Check_Frame* function returns an indication of the success or failure of the processing of the incoming long frame. This function compares the computed CRC value with the value contained in the FCS field.

The possible returned values are the following:

- OK: no CRC error has been found
- CRC_Error: a CRC error has been found

4.3.6.5.6 *Address()*

The *address* function tells if the address contained in the incoming long frame matches one of the local individual or global addresses. The value returned may be OK or INVALID.

4.3.6.5.7 *Count_Out (NS)*

La fonction "Count_Out" (hors compte) est un événement généré par la sous-couche MAC quand le compteur démarre avec une valeur NS expirée. Le compteur est initialisé avec la procédure Init_Counter.

4.3.6.6 Description des actions

4.3.6.6.1 *Cred ()*

Cette fonction renvoie la valeur du crédit de répétition associée à une adresse de destination soumise. La valeur est extraite de la MIB. Dans la MIB on a défini au moins deux valeurs de crédit, qui correspondent aux adresses ALL et INITIATOR.

4.3.6.6.2 *Extract_Lengths ()*

Cette fonction renvoie les paramètres de la trame longue qui sont générés à partir de la longueur de la M_SDU soumise. Ces paramètres sont PL, NS et PAD. L'ordre de ces paramètres est exposé plus haut.

4.3.6.6.3 *CRC ()*

Cette fonction calcule la valeur du champ FCS à partir du paquet soumis. Le paquet peut être soit l'en-tête et le champ de données d'une trame longue, soit l'en-tête et le champ de données d'un bloc d'une trame courte.

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

$g(x)$: 127266713

4.3.6.6.4 *Extract_MPDU (long frame, NS)*

La fonction "Extract_MPDU" extrait la NS^{ième} sous-trame d'une trame longue. Le champ FI de la trame est alors ajouté à chaque sous-trame et le tout est renvoyé comme une M_PDU.

4.3.6.6.5 *Trunc ()*

La fonction " Trunc" (tronquature) tronque les trois premiers octets de la M_SDU soumise.

Pour plus d'explications, se référer à la description de la couche DCP LLC et à la description ci-dessus de la couche DCP MAC.