

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Industrial communication networks – Fieldbus specifications –
Part 4-12: Data-link layer protocol specification – Type 12 elements**

**Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain –
Partie 4-12: Spécification du protocole de la couche liaison de données –
Éléments de type 12**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XG

ICS 25.040.40; 35.100.20; 35.110

ISBN 978-2-8322-1724-5

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor. Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.
--

CONTENTS

FOREWORD.....	7
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	10
1.1 General.....	10
1.2 Specifications.....	10
1.3 Procedures.....	10
1.4 Applicability.....	10
1.5 Conformance.....	10
2 Normative references	11
3 Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	11
3.1 Reference model terms and definitions.....	11
3.2 Service convention terms and definitions.....	12
3.3 Common terms and definitions	13
3.4 Additional Type 12 definitions.....	13
3.5 Common symbols and abbreviations	16
3.6 Additional Type 12 symbols and abbreviations	17
3.7 Conventions	18
4 Overview of the DL-protocol	23
4.1 Operating principle	23
4.2 Topology	23
4.3 Frame processing principles.....	23
4.4 Data-link layer overview	24
4.5 Error detection overview.....	25
4.6 Node reference model	25
4.7 Operation overview	26
5 Frame structure	27
5.1 Frame coding principles	27
5.2 Data types and encoding rules	27
5.3 DLPDU structure	29
5.4 Type 12 DLPDU structure.....	32
5.5 Network variable structure.....	48
5.6 Type 12 mailbox structure	48
6 Attributes.....	50
6.1 Management	50
6.2 Statistics	65
6.3 Watchdogs	68
6.4 Slave information interface.....	71
6.5 Media independent interface (MII)	75
6.6 Fieldbus memory management unit (FMMU).....	79
6.7 Sync manager	82
6.8 Distributed clock.....	89
7 DL-user memory.....	93
7.1 Overview	93
7.2 Mailbox access type	94
7.3 Buffered access type.....	96

8	Type 12: FDL protocol state machines.....	97
8.1	Overview of slave DL state machines	97
8.2	State machine description	98
Annex A (informative) Type 12: Additional specifications on DL-Protocol state machines		106
A.1	DHSM	106
A.2	SYSM.....	124
A.3	RMSM.....	136
Bibliography.....		140
Figure 1 – Type description example		19
Figure 2 – Common structure of specific fields.....		20
Figure 3 – Frame structure.....		24
Figure 4 – Mapping of data in a frame.....		25
Figure 5 – Slave node reference model.....		26
Figure 6 – Type 12 PDUs embedded in Ethernet frame.....		27
Figure 7 – Type 12 PDUs embedded in UDP/IP		27
Figure 8 – DL information type description		52
Figure 9 – Address type description		54
Figure 10 – DL control type description.....		55
Figure 11 – DL status type description		58
Figure 12 – Successful write sequence to DL-user control register		59
Figure 13 – Successful read sequence to the DL-user status register		60
Figure 14 – RX error counter type description		66
Figure 15 – Lost link counter type description		67
Figure 16 – Additional counter type description.....		68
Figure 17 – Watchdog divider type description.....		68
Figure 18 – DLS-user Watchdog divider type description		69
Figure 19 – Sync manager watchdog type description.....		69
Figure 20 – Sync manager watchdog status type description		70
Figure 21 – Watchdog counter type description.....		71
Figure 22 – Slave information interface access type description		71
Figure 23 – Slave information interface control/status type description		73
Figure 24 – Slave information interface address type description		74
Figure 25 – Slave information interface data type description		75
Figure 26 – MII control/status type description		76
Figure 27 – MII address type description		78
Figure 28 – MII data type description		78
Figure 29 – MII access type description		79
Figure 30 – FMMU mapping example		80
Figure 31 – FMMU entity type description		81
Figure 32 – SyncM mailbox interaction.....		83
Figure 33 – SyncM buffer allocation		83
Figure 34 – SyncM buffer interaction		84

Figure 35 – Handling of write/read toggle with read mailbox	85
Figure 36 – Sync manager channel type description	87
Figure 37 – Distributed clock local time parameter type description	91
Figure 38 – Successful write sequence to mailbox	94
Figure 39 – Bad write sequence to mailbox.....	95
Figure 40 – Successful read sequence to mailbox.....	95
Figure 41 – Bad read sequence to mailbox	96
Figure 42 – Successful write sequence to buffer	96
Figure 43 – Successful read sequence to buffer.....	97
Figure 44 – Structuring of the protocol machines of an slave	98
Figure 45 – Slave information interface read operation	100
Figure 46 – Slave information interface write operation.....	101
Figure 47 – Slave information interface reload operation	102
Figure 48 – Distributed clock	104
Figure 49 – Delay measurement sequence	105
Table 1 – PDU element description example.....	19
Table 2 – Example attribute description	20
Table 3 – State machine description elements	22
Table 4 – Description of state machine elements	22
Table 5 – Conventions used in state machines	22
Table 6 – Transfer Syntax for bit sequences	28
Table 7 – Transfer syntax for data type Unsignedn	28
Table 8 – Transfer syntax for data type Integern	29
Table 9 – Type 12 frame inside an Ethernet frame	30
Table 10 – Type 12 frame inside an UDP PDU.....	30
Table 11 – Type 12 frame structure containing Type 12 PDUs	31
Table 12 – Type 12 frame structure containing network variables	31
Table 13 – Type 12 frame structure containing mailbox	32
Table 14 – Auto increment physical read (APRD).....	32
Table 15 – Configured address physical read (FPRD).....	33
Table 16 – Broadcast read (BRD)	35
Table 17 – Logical read (LRD)	36
Table 18 – Auto Increment physical write (APWR)	37
Table 19 – Configured address physical write (FPWR).....	38
Table 20 – Broadcast write (BWR)	39
Table 21 – Logical write (LWR).....	40
Table 22 – Auto increment physical read write (APRW)	41
Table 23 – Configured address physical read write (FPRW).....	42
Table 24 – Broadcast read write (BRW)	44
Table 25 – Logical read write (LRW)	45
Table 26 – Auto increment physical read multiple write (ARMW).....	46
Table 27 – Configured address physical read multiple write (FRMW)	47

Table 28 – Network variable	48
Table 29 – Mailbox	49
Table 30 – Error Reply Service Data	49
Table 31 – DL information	52
Table 32 – Configured station address	54
Table 33 – DL control	55
Table 34 – DL status	58
Table 35 – DLS-user specific registers	60
Table 36 – DLS-user event	62
Table 37 – DLS-user event mask	63
Table 38 – External event	64
Table 39 – External event mask	65
Table 40 – RX error counter	66
Table 41 – Lost link counter	67
Table 42 – Additional counter	68
Table 43 – Watchdog divider	69
Table 44 – DLS-user watchdog	69
Table 45 – Sync manager channel watchdog	70
Table 46 – Sync manager watchdog Status	70
Table 47 – Watchdog counter	71
Table 48 – Slave information interface access	71
Table 49 – Slave information interface control/status	73
Table 50 – Actual slave information interface address	75
Table 51 – Actual slave information interface data	75
Table 52 – MII control/status	76
Table 53 – Actual MII address	78
Table 54 – Actual MII data	78
Table 55 – MII access	79
Table 56 – Fieldbus memory management unit (FMMU) entity	81
Table 57 – Fieldbus memory management unit (FMMU)	82
Table 58 – Sync manager channel	87
Table 59 – Sync manager Structure	89
Table 60 – Distributed clock local time parameter	91
Table 61 – Distributed clock DLS-user parameter	93
Table A.1 – Primitives issued by DHSM to PSM	106
Table A.2 – Primitives issued by PSM to DHSM	106
Table A.3 – Parameters used with primitives exchanged between DHSM and PSM	106
Table A.4 – Identifier for the octets of a Ethernet frame	107
Table A.5 – DHSM state table	109
Table A.6 – DHSM function table	124
Table A.7 – Primitives issued by SYSM to DHSM	124
Table A.8 – Primitives issued by DHSM to SYSM	125
Table A.9 – Primitives issued by DL-User to SYSM	125

Table A.10 – Primitives issued by SYSM to DL-User	125
Table A.11 – Parameters used with primitives exchanged between SYSM and DHSM	125
Table A.12 – SYSM state table	127
Table A.13 – SYSM function table.....	136
Table A.14 – Primitives issued by RMSM to SYSM	136
Table A.15 – Primitives issued by SYSM to RMSM	137
Table A.16 – Parameters used with primitives exchanged between RMSM and SYSM	137
Table A.17 – RMSM state table.....	138
Table A.18 – RMSM function table	139

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS –
FIELDBUS SPECIFICATIONS –****Part 4-12: Data-link layer protocol specification –
Type 12 elements**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.

Attention is drawn to the fact that the use of the associated protocol type is restricted by its intellectual-property-right holders. In all cases, the commitment to limited release of intellectual-property-rights made by the holders of those rights permits a layer protocol type to be used with other layer protocols of the same type, or in other type combinations explicitly authorized by its intellectual-property-right holders.

NOTE Combinations of protocol types are specified in IEC 61784-1 and IEC 61784-2.

International Standard IEC 61158-4-12 has been prepared by subcommittee 65C: Industrial networks, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement, control and automation.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2010. This edition constitutes a technical revision. The main changes with respect to the previous edition are listed below:

- bug fixes and
- editorial improvements.

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

FDIS	Report on voting
65C/762/FDIS	65C/772/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all the parts of the IEC 61158 series, published under the general title *Industrial communication networks – Fieldbus specifications*, can be found on the IEC web site.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

This part of IEC 61158 is one of a series produced to facilitate the interconnection of automation system components. It is related to other standards in the set as defined by the “three-layer” fieldbus reference model described in IEC 61158-1:2013.

The data-link protocol provides the data-link service by making use of the services available from the physical layer. The primary aim of this standard is to provide a set of rules for communication expressed in terms of the procedures to be carried out by peer data-link entities (DLEs) at the time of communication. These rules for communication are intended to provide a sound basis for development in order to serve a variety of purposes:

- a) as a guide for implementors and designers;
- b) for use in the testing and procurement of equipment;
- c) as part of an agreement for the admittance of systems into the open systems environment;
- d) as a refinement to the understanding of time-critical communications within OSI.

This standard is concerned, in particular, with the communication and interworking of sensors, effectors and other automation devices. By using this standard together with other standards positioned within the OSI or fieldbus reference models, otherwise incompatible systems may work together in any combination.

NOTE Use of some of the associated protocol types is restricted by their intellectual-property-right holders. In all cases, the commitment to limited release of intellectual-property-rights made by the holders of those rights permits a particular data-link layer protocol type to be used with physical layer and application layer protocols in Type combinations as specified explicitly in the profile parts. Use of the various protocol types in other combinations may require permission from their respective intellectual-property-right holders.

The International Electrotechnical Commission (IEC) draws attention to the fact that it is claimed that compliance with this document may involve the use of patents concerning Type 12 elements and possibly other types given as follows:

EP 1 590 927 B1	[BE] Koppler für ein Netzwerk mit Ringtopologie und ein auf Ethernet basierten Netzwerk
EP 1 789 857 B1	[BE] Datenübertragungsverfahren und automatisierungssystem zum Einsatz eines solchen Datenübertragungsverfahrens
DE 102007017835.4	[BE] Paketvermittlungsvorrichtung und lokales Kommunikationsnetz mit einer solchen Paketvermittlungsvorrichtung
EP 1 456 722 B1	[BE] Datenübertragungsverfahren, seriellcs Bussystem und Anschalteinheit für einen passiven Busteilnehmer

IEC takes no position concerning the evidence, validity and scope of these patent rights.

The holder of these patent rights has assured the IEC that he/she is willing to negotiate licences either free of charge or under reasonable and non-discriminatory terms and conditions with applicants throughout the world. In this respect, the statement of the holder of these patent rights is registered with IEC. Information may be obtained from:

[BE]: Beckhoff Automation GmbH
Eiserstraße 5
33415 Verl,
Germany

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights other than those identified above. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

ISO (www.iso.org/patents) and IEC (<http://patents.iec.ch>) maintain on-line databases of patents relevant to their standards. Users are encouraged to consult the databases for the most up to date information concerning patents.

INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS – FIELDBUS SPECIFICATIONS –

Part 4-12: Data-link layer protocol specification – Type 12 elements

1 Scope

1.1 General

The data-link layer provides basic time-critical messaging communications between devices in an automation environment.

This protocol provides communication opportunities to all participating data-link entities

- a) in a synchronously-starting cyclic manner, and
- b) in a cyclic or acyclic asynchronous manner, as requested each cycle by each of those data-link entities.

Thus this protocol can be characterized as one which provides cyclic and acyclic access asynchronously but with a synchronous restart of each cycle.

1.2 Specifications

This standard specifies

- a) procedures for the transfer of data and control information from one data-link user entity to one or more user entity;
- b) the structure of the DLPDUs used for the transfer of data and control information by the protocol of this standard, and their representation as physical interface data units.

1.3 Procedures

The procedures are defined in terms of

- a) the interactions between DL-entities (DLEs) through the exchange of DLPDUs;
- b) the interactions between a DL-service (DLS) provider and a DLS-user in the same system through the exchange of DLS primitives;
- c) the interactions between a DLS-provider and the MAC services of ISO/IEC 8802-3.

1.4 Applicability

These procedures are applicable to instances of communication between systems which support time-critical communications services within the data-link layer of the OSI reference model, and which require the ability to interconnect in an open systems interconnection environment.

Profiles provide a simple multi-attribute means of summarizing an implementation's capabilities, and thus its applicability to various time-critical communications needs.

1.5 Conformance

This standard also specifies conformance requirements for systems implementing these procedures. This part of this standard does not contain tests to demonstrate compliance with such requirements.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

NOTE All parts of the IEC 61158 series, as well as IEC 61784-1 and IEC 61784-2 are maintained simultaneously. Cross-references to these documents within the text therefore refer to the editions as dated in this list of normative references.

IEC 61158-3-12, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-12: Data-link layer service definition – Type 12 elements*

IEC 61588, *Precision clock synchronization protocol for networked measurement and control systems*

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

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

ISO/IEC 8802-3:2000, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications*

ISO/IEC 9899, *Information technology – Programming Languages – C*

ISO/IEC 10731, *Information technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model – Conventions for the definition of OSI services*

IEEE 802.1Q, *IEEE Standard for Local and metropolitan Area Networks – Virtual Bridged Local Area Networks*, available at <<http://www.ieee.org>>

IETF RFC 768, *User Datagram Protocol (UDP)*, available at <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 791, *Internet protocol DARPA internet program protocol specification*, available at <<http://www.ietf.org>>

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	147
INTRODUCTION.....	149
1 Domaine d'application	151
1.1 Généralités.....	151
1.2 Spécifications	151
1.3 Procédures.....	151
1.4 Applicabilité.....	151
1.5 Conformité	152
2 Références normatives.....	152
3 Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	152
3.1 Termes et définitions du modèle de référence	153
3.2 Termes et définitions de convention de service	153
3.3 Termes et définitions communs	154
3.4 Définitions Type 12 supplémentaires	155
3.5 Symboles et abréviations communs.....	158
3.6 Symboles et abréviations supplémentaires de Type 12.....	158
3.7 Conventions	160
4 Vue d'ensemble du protocole DL	165
4.1 Principe de fonctionnement	165
4.2 Topologie	165
4.3 Principes de traitement de trame	165
4.4 Vue d'ensemble de la couche de liaison de données	166
4.5 Vue d'ensemble de la détection des erreurs	167
4.6 Modèle de référence de nœud.....	168
4.7 Vue d'ensemble du fonctionnement	169
5 Structure de trame.....	170
5.1 Principes de codage de trame	170
5.2 Types de données et règles de codage	170
5.3 Structure DLPDU.....	173
5.4 Structure DLPDU de type 12	175
5.5 Structure de variable de réseau.....	193
5.6 Structure de boîte aux lettres de type 12	193
6 Attributs.....	195
6.1 Gestion	195
6.2 Statistiques	213
6.3 Chiens de garde	217
6.4 Interface d'informations de l'esclave.....	220
6.5 Interface indépendante du support (MII)	225
6.6 Unité de gestion de mémoire de bus de terrain (FMMU)	230
6.7 Gestionnaire de synchronisation.....	233
6.8 Horloge distribuée	242
7 Mémoire de l'utilisateur de DL	246
7.1 Vue d'ensemble.....	246
7.2 Type d'accès à la boîte aux lettres	247
7.3 Type d'accès en mémoire tampon	250

8	Type 12: Diagrammes d'états du protocole FDL.....	252
8.1	Vue d'ensemble des diagrammes d'états DL esclaves	252
8.2	Description du diagramme d'états	253
Annexe A (informative) Type 12: Spécifications supplémentaires relatives aux diagrammes d'états de protocole DL		265
A.1	DHSM	265
A.2	SYSM.....	283
A.3	RMSM.....	295
Bibliographie.....		299
Figure 1	– Exemple de description de type	161
Figure 2	– Structure commune des champs spécifiques	162
Figure 3	– Structure d'une trame.....	166
Figure 4	– Mapping des données dans une trame	167
Figure 5	– Modèle de référence du nœud esclave.....	169
Figure 6	– PDU Type 12 intégrées dans une trame Ethernet.....	170
Figure 7	– PDU Type 12 intégrées dans UDP/IP	170
Figure 8	– Description du type d'informations DL	197
Figure 9	– Description du type d'adresse	199
Figure 10	– Description du type de commande DL	201
Figure 11	– Description du type d'état DL	204
Figure 12	– Séquence d'écriture réussie dans le registre de commande de l'utilisateur de DL.....	206
Figure 13	– Séquence de lecture réussie dans le registre d'état de l'utilisateur de DL.....	207
Figure 14	– Description du type de compteur d'erreurs RX.....	214
Figure 15	– Description du type de compteur de liaisons perdues	215
Figure 16	– Description du type de compteur supplémentaire	216
Figure 17	– Description du type de diviseur du chien de garde	217
Figure 18	– Description du type de diviseur du chien de garde de l'utilisateur de DLS	218
Figure 19	– Description du type du chien de garde du gestionnaire de synchronisation.....	218
Figure 20	– Description du type de l'état du chien de garde du gestionnaire de synchronisation.....	219
Figure 21	– Description du type de compteur du chien de garde	220
Figure 22	– Description du type d'accès à l'interface d'informations de l'esclave	220
Figure 23	– Description du type de contrôle/d'état de l'interface d'informations de l'esclave	222
Figure 24	– Description du type de l'adresse d'interface d'informations de l'esclave	224
Figure 25	– Description du type des données d'interface d'informations de l'esclave	225
Figure 26	– Description du type de contrôle/d'état MII.....	226
Figure 27	– Description du type d'adresse MII	228
Figure 28	– Description du type de données MII	229
Figure 29	– Description du type d'accès MII.....	229
Figure 30	– Exemple de mapping FMMU.....	230
Figure 31	– Description du type d'entité FMMU	231
Figure 32	– Interaction de boîte aux lettres SyncM	233

Figure 33 – Allocation de mémoire tampon SyncM	234
Figure 34 – Interaction de mémoire tampon SyncM	235
Figure 35 – Traitement du basculement écriture/lecture avec la boîte aux lettres en lecture	237
Figure 36 – Description du type de canal du gestionnaire de synchronisation	239
Figure 37 – Description du type de paramètre de temps local de l'horloge distribuée	243
Figure 38 – Séquence d'écriture réussie dans la boîte aux lettres	248
Figure 39 – Séquence d'écriture erronée dans la boîte aux lettres	249
Figure 40 – Séquence de lecture réussie dans la boîte aux lettres	249
Figure 41 – Séquence de lecture erronée dans la boîte aux lettres	250
Figure 42 – Séquence d'écriture réussie dans la mémoire tampon	251
Figure 43 – Séquence de lecture réussie dans la mémoire tampon	252
Figure 44 – Structure des diagrammes d'états de protocole d'un esclave	253
Figure 45 – Opération de lecture de l'interface d'informations de l'esclave	256
Figure 46 – Opération d'écriture de l'interface d'informations de l'esclave	258
Figure 47 – Opération de recharge de l'interface d'informations de l'esclave	260
Figure 48 – Horloge distribuée	262
Figure 49 – Séquence de mesure du délai	263
Tableau 1 – Exemple de description d'élément PDU	160
Tableau 2 – Exemple de description d'attribut	161
Tableau 3 – Éléments de description d'un diagramme d'états	163
Tableau 4 – Description des éléments d'un diagramme d'états	164
Tableau 5 – Conventions utilisées dans les diagrammes d'états	164
Tableau 6 – Syntaxe de transfert des séquences binaires	171
Tableau 7 – Syntaxe de transfert du type de données Unsignedn	171
Tableau 8 – Syntaxe de transfert du type de données Integern	172
Tableau 9 – Trame Type 12 à l'intérieur d'une trame Ethernet	173
Tableau 10 – Trame Type 12 à l'intérieur d'une PDU UDP	173
Tableau 11 – Structure de trame Type 12 contenant des PDU Type 12	174
Tableau 12 – Structure de trame Type 12 contenant des variables de réseau	175
Tableau 13 – Structure de trame Type 12 contenant une boîte aux lettres	175
Tableau 14 – Lecture physique à incrément automatique (APRD)	176
Tableau 15 – Lecture physique de l'adresse configurée (FPRD)	177
Tableau 16 – Lecture de diffusion (BRD)	178
Tableau 17 – Lecture logique (LRD)	179
Tableau 18 – Écriture physique à incrément automatique (APWR)	181
Tableau 19 – Écriture physique de l'adresse configurée (FPWR)	182
Tableau 20 – Écriture de diffusion (BWR)	183
Tableau 21 – Écriture logique (LWR)	184
Tableau 22 – Lecture/écriture physiques à incrément automatique (APRW)	185
Tableau 23 – Écriture/lecture physiques de l'adresse configurée (FPRW)	187
Tableau 24 – Lecture/écriture de diffusion (BRW)	188

Tableau 25 – Lecture/écriture logique (LRW)	189
Tableau 26 – Écriture multiple/lecture physique à incrément automatique (ARMW).....	190
Tableau 27 – Écriture multiple/lecture physique de l'adresse configurée (FRMW)	192
Tableau 28 – Variable de réseau	193
Tableau 29 – Boîte aux lettres	194
Tableau 30 – Données de service de réponse d'erreur	195
Tableau 31 – Informations DL	197
Tableau 32 – Adresse de station configurée	200
Tableau 33 – Commande DL.....	201
Tableau 34 – État DL	205
Tableau 35 – Registres spécifiques à l'utilisateur DLS	208
Tableau 36 – Événement de l'utilisateur DLS	209
Tableau 37 – Masque d'événement de l'utilisateur de DLS	211
Tableau 38 – Événement externe.....	212
Tableau 39 – Masque d'événement externe	213
Tableau 40 – Compteur d'erreurs RX	214
Tableau 41 – Compteur de liaisons perdues	215
Tableau 42 – Compteur supplémentaire	217
Tableau 43 – Diviseur du chien de garde	217
Tableau 44 – Chien de garde de l'utilisateur de DLS.....	218
Tableau 45 – Chien de garde du canal du gestionnaire de synchronisation.....	219
Tableau 46 – État de chien de garde du gestionnaire de synchronisation.....	219
Tableau 47 – Compteur du chien de garde.....	220
Tableau 48 – Accès à l'interface d'informations de l'esclave	221
Tableau 49 – Contrôle/état de l'interface d'informations de l'esclave	222
Tableau 50 – Adresse réelle de l'interface d'informations de l'esclave	224
Tableau 51 – Données réelles de l'interface d'informations de l'esclave	225
Tableau 52 – Contrôle/état MII.....	227
Tableau 53 – Adresse MII réelle	228
Tableau 54 – Données MII réelles.....	229
Tableau 55 – Accès MII	230
Tableau 56 – Entité Unité de gestion de mémoire du bus de terrain Entité (FMMU)	231
Tableau 57 – Unité de gestion de mémoire de bus de terrain (FMMU)	232
Tableau 58 – Canal du gestionnaire de synchronisation.....	239
Tableau 59 – Structure du gestionnaire de synchronisation	241
Tableau 60 – Paramètre de temps local de l'horloge distribuée.....	244
Tableau 61 – Paramètre d'horloge distribuée de l'utilisateur DLS.....	246
Tableau A.1 – Primitives émises par DHSM au PSM	265
Tableau A.2 – Primitives émises par le PSM au DHSM	265
Tableau A.3 – Paramètres utilisés avec les primitives échangées entre DHSM et PSM.....	265
Tableau A.4 – Identificateur des octets d'une trame Ethernet.....	266
Tableau A.5 – Table d'états DHSM	268
Tableau A.6 – Table de fonctions DHSM.....	283

Tableau A.7 – Primitives émises par SYSM au DHSM.....	283
Tableau A.8 – Primitives émises par DHSM au SYSM.....	284
Tableau A.9 – Primitives émises par l'utilisateur au SYSM.....	284
Tableau A.10 – Primitives émises par SYSM à l'utilisateur de DL.....	284
Tableau A.11 – Paramètres utilisés avec les primitives échangées entre SYSM et DHSM	284
Tableau A.12 – Table d'états SYSM.....	286
Tableau A.13 – Table de fonctions SYSM	295
Tableau A.14 – Primitives émises par RMSM au SYSM	295
Tableau A.15 – Primitives émises par SYSM au RMSM	296
Tableau A.16 – Paramètres utilisés avec les primitives échangées entre RMSM et SYSM	296
Tableau A.17 – Table d'états RMSM	297
Tableau A.18 – Table de fonctions RMSM	298

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**RÉSEAUX DE COMMUNICATION INDUSTRIELS –
SPÉCIFICATIONS DES BUS DE TERRAIN –****Partie 4-12: Spécification du protocole
de la couche liaison de données –
Éléments de type 12****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.

L'attention est attirée sur le fait que l'utilisation du type de protocole associé est restreinte par les détenteurs des droits de propriété intellectuelle. En tout état de cause, l'engagement de renonciation partielle aux droits de propriété intellectuelle pris par les détenteurs de ces droits autorise l'utilisation d'un type de protocole de couche avec les autres protocoles de couche du même type, ou dans des combinaisons avec d'autres types autorisés explicitement par les détenteurs des droits de propriété intellectuelle pour ce type.

NOTE Les combinaisons de types de protocoles sont spécifiées dans la CEI 61784-1 et la CEI 61784-2.

La Norme internationale CEI 61158-4-12 a été établie par le sous-comité 65C: Réseaux industriels, du comité d'études 65 de la CEI: Mesure, commande et automation dans les processus industriels.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2010. Elle constitue une révision technique. Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont énumérées ci-dessous:

- réparations des erreurs et
- améliorations rédactionnelles.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
65C/762/FDIS	65C/772/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 61158, publiées sous le titre général *Réseaux de communications industriels – Spécifications des bus de terrain*, est disponible sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. À cette date, la publication sera

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

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

La présente partie de la CEI 61158 appartient à la série de normes visant à faciliter l'interconnexion des composants du système d'automatisation. Elle est liée aux autres normes de la série telle que définie par le modèle de référence de bus de terrain «à trois couches» décrit dans la CEI 61158-1:2013.

Le protocole de liaison de données assure un service de liaison de données en s'appuyant sur les services offerts par la couche physique. La présente norme a pour principal objet de fournir un ensemble de règles de communication, exprimées sous la forme des procédures que doivent réaliser des entités de liaison de données homologues (DLE) au moment de la communication. Ces règles de communication ont pour vocation de fournir une base de développement stable visant à atteindre différents objectifs:

- a) guider les développeurs et les concepteurs;
- b) réaliser les essais et acquérir l'équipement;
- c) dans le cadre d'un accord d'intégration des systèmes dans l'environnement de systèmes ouverts;
- d) dans le cadre d'une meilleure compréhension des communications à contrainte de temps au sein de l'OSI.

La présente norme porte en particulier sur la communication et l'interfonctionnement des capteurs, des effecteurs et d'autres appareils d'automatisation. Grâce à la présente norme associée à d'autres normes des modèles de référence OSI ou de bus de terrain, des systèmes par ailleurs incompatibles peuvent fonctionner ensemble, quelle que soit leur combinaison.

NOTE L'utilisation de certains des types de protocoles associés est limitée par les détenteurs de leurs droits de propriété intellectuelle. Dans tous les cas, l'engagement visant à limiter l'abandon des droits de propriété intellectuelle prévus par les détenteurs de ces droits permet d'utiliser un type de protocole de couche de liaison de données particulier avec les protocoles de couche physique et de couche d'application dans les combinaisons de type, comme spécifié explicitement dans les parties relatives au profil. L'utilisation de différents types de protocole dans d'autres combinaisons peut impliquer d'obtenir l'autorisation auprès de leurs détenteurs de droit de propriété intellectuelle respectifs.

La Commission Électrotechnique Internationale (CEI) attire l'attention sur le fait qu'il est déclaré que la conformité avec le présent document peut impliquer l'utilisation de brevets relatifs aux éléments de Type 12 et éventuellement aux autres types présentés ci-dessous:

EP 1 590 927 B1	[BE] Koppler für ein Netzwerk mit Ringtopologie und ein auf Ethernet basierten Netzwerk
EP 1 789 857 B1	[BE] Datenübertragungsverfahren und automatisierungssystem zum Einsatz eines solchen Datenübertragungsverfahrens
DE 102007017835.4	[BE] Paketvermittlungsvorrichtung und lokales Kommunikationsnetz mit einer solchen Paketvermittlungsvorrichtung
EP 1 456 722 B1	[BE] Datenübertragungsverfahren, serielles Bussystem und Anschalteinheit für einen passiven Busteilnehmer

La CEI ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à la portée de ces droits de propriété.

Le détenteur de ces droits de propriété a donné l'assurance à la CEI qu'il consent à négocier des licences avec des demandeurs du monde entier, soit sans frais soit à des termes et conditions raisonnables et non discriminatoires. À ce propos, la déclaration du détenteur des droits de propriété est enregistrée à la CEI. Des informations peuvent être demandées à:

[BE]: Beckhoff Automation GmbH
Eiserstraße 5
33415 Verl,
Allemagne

L'attention est d'autre part attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété autres que ceux qui ont été mentionnés ci-dessus. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de l'identification de ces droits de propriété en tout ou partie.

L'ISO (www.iso.org/patents) et la CEI (<http://patents.iec.ch>) maintiennent des bases de données, consultables en ligne, des droits de propriété pertinents à leurs normes. Les utilisateurs sont encouragés à consulter ces bases de données pour obtenir l'information la plus récente concernant les droits de propriété.

RÉSEAUX DE COMMUNICATION INDUSTRIELS – SPÉCIFICATIONS DES BUS DE TERRAIN –

Partie 4-12: Spécification du protocole de la couche liaison de données – Éléments de type 12

1 Domaine d'application

1.1 Généralités

La couche de liaison de données assure les communications de messagerie à contrainte de temps de base entre les appareils d'un environnement d'automatisation.

Ce protocole offre des opportunités de communication à toutes les entités de liaison de données participantes

- a) de manière cyclique et synchrone, et
- b) de manière cyclique ou acyclique asynchrone, comme demandé par chaque cycle de chacune de ces entités de liaison de données.

Par conséquent, ce protocole peut se caractériser comme assurant un accès cyclique et acyclique asynchrone, mais avec un redémarrage synchrone de chaque cycle.

1.2 Spécifications

La présente norme spécifie

- a) les procédures de transfert de données et d'informations de commande d'une entité utilisateur de liaison de données vers une ou plusieurs entités utilisateur;
- b) la structure des DLPDU utilisées par le protocole de la présente norme pour le transfert des données et des informations de commande, et leur représentation sous forme d'unités de données d'interface physique.

1.3 Procédures

Les procédures sont définies en termes

- a) d'interactions entre les entités DL (DLE) par l'échange de DLPDU;
- b) d'interactions entre un fournisseur de service DL (DLS) et un utilisateur DLS au sein du même système par l'échange de primitives DLS;
- c) d'interactions entre un fournisseur DLS et les services MAC de l'ISO/CEI 8802-3.

1.4 Applicabilité

Ces procédures s'appliquent aux instances de communication entre des systèmes qui prennent en charge des services de communications à contrainte de temps dans la couche de liaison de données du modèle de référence OSI, et qui peuvent être connectés dans un environnement d'interconnexion de systèmes ouverts.

Les profils sont un moyen simple à plusieurs attributs de récapituler les capacités d'une mise en œuvre, et donc son applicabilité en fonction des différents besoins de communications à contrainte de temps.

1.5 Conformité

La présente norme spécifie également les exigences de conformité relatives aux systèmes mettant en œuvre ces procédures. La présente partie de la norme ne comporte aucun essai visant à démontrer la conformité à ces exigences.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

NOTE Toutes les parties de la série CEI 61158, ainsi que la CEI 61784-1 et la CEI 61784-2 font l'objet d'une maintenance simultanée. Les références croisées à ces documents dans le texte se rapportent par conséquent aux éditions datées dans la présente liste de références normatives.

CEI 61158-3-12, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 3-12: Définition des services de la couche liaison de données – Éléments de type 12*

IEC 61588, *Precision clock synchronization protocol for networked measurement and control systems* (disponible en anglais seulement)

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

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

ISO/IEC 8802-3:2000, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications* (disponible en anglais seulement)

ISO/IEC 9899, *Information technology – Programming Languages – C* (disponible en anglais seulement)

ISO/CEI 10731, *Technologies de l'information – Interconnexion de systèmes ouverts – Modèle de référence de base – Conventions pour la définition des services OSI*

IEEE 802.1Q, *IEEE Standard for Local and metropolitan Area Networks – Virtual Bridged Local Area Networks*, disponible à l'adresse <<http://www.ieee.org>>

IETF RFC 768, *User Datagram Protocol (UDP)*, disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 791, *Internet protocol DARPA internet program protocol specification*, disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org>>