

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

ICS 25.040.40; 35.100.20; 35.110

ISBN 978-2-8322-9141-2

**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.....	8
INTRODUCTION.....	10
1 Scope.....	11
1.1 General.....	11
1.2 Specifications	11
1.3 Procedures	11
1.4 Applicability	11
1.5 Conformance	11
2 Normative references	12
3 Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	12
3.1 Reference model terms and definitions	12
3.2 Service convention terms and definitions	13
3.3 Common terms and definitions.....	14
3.4 Additional Type 12 definitions	14
3.5 Common symbols and abbreviations	17
3.6 Additional Type 12 symbols and abbreviations.....	18
3.7 Conventions.....	19
3.7.1 General concept	19
3.7.2 Abstract syntax conventions	19
3.7.3 Convention for the encoding of reserved bits and octets	21
3.7.4 Conventions for the common coding s of specific field octets.....	21
3.7.5 State machine conventions.....	22
4 Overview of the DL-protocol	24
4.1 Operating principle.....	24
4.2 Topology.....	24
4.3 Frame processing principles	24
4.4 Data-link layer overview.....	25
4.5 Error detection overview	26
4.6 Node reference model.....	26
4.6.1 Mapping onto OSI basic reference model	26
4.6.2 Data-link Layer features	27
4.7 Operation overview.....	27
4.7.1 Relation to ISO/IEC/IEEE 8802-3.....	27
4.7.2 Frame structure	27
5 Frame structure	28
5.1 Frame coding principles.....	28
5.2 Data types and encoding rules.....	28
5.2.1 General description of data types and encoding rules.....	28
5.2.2 Transfer syntax for bit sequences	28
5.2.3 Unsigned Integer	29
5.2.4 Signed Integer.....	30
5.2.5 Octet String	30
5.2.6 Visible String.....	30
5.3 Ethernet DLPDU structure.....	31
5.3.1 Type 12 frame inside an Ethernet frame	31
5.3.2 Type 12 frame inside a UDP datagram	31

5.3.3	Type 12 frame structure.....	33
5.4	Type 12 DLPDU structure	33
5.4.1	Read	33
5.4.2	Write	38
5.4.3	Read write	43
5.4.4	Attributes access	50
5.5	Network variable structure	50
5.6	Type 12 mailbox structure	51
6	Attributes.....	52
6.1	Management.....	52
6.1.1	DL Information.....	52
6.1.2	Station address	56
6.1.3	DL control.....	57
6.1.4	DL status	59
6.1.5	DLS-user specific registers.....	62
6.1.6	Event parameter	63
6.2	Statistics.....	68
6.2.1	RX error counter.....	68
6.2.2	Lost link counter	69
6.2.3	Additional counter.....	70
6.3	Watchdogs.....	71
6.3.1	Watchdog divider.....	71
6.3.2	DLS-user watchdog	72
6.3.3	Sync manager watchdog.....	72
6.3.4	Sync manager watchdog status	73
6.3.5	Watchdog counter.....	74
6.4	Slave information interface	74
6.4.1	Slave information interface area	74
6.4.2	Slave information interface access	74
6.4.3	Slave information interface control/status	75
6.4.4	Slave information interface address	77
6.4.5	Slave information interface data	78
6.5	Media independent interface (MII).....	78
6.5.1	MII control/status	78
6.5.2	MII address	80
6.5.3	MII data	81
6.5.4	MII access	81
6.6	Fieldbus memory management unit (FMMU)	82
6.6.1	General	82
6.6.2	FMMU attributes	83
6.7	Sync manager.....	85
6.7.1	Sync manager overview.....	85
6.7.2	Sync Manager Attributes.....	88
6.8	Distributed clock	91
6.8.1	General	91
6.8.2	Delay measurement.....	91
6.8.3	Local time parameter	92
6.8.4	DL-user time parameter	92
6.8.5	DC attributes	93

7	DL-user memory	95
7.1	Overview	95
7.2	Mailbox access type.....	95
7.2.1	Mailbox transfer.....	95
7.2.2	Write access from master	95
7.2.3	Read access from master	97
7.3	Buffered access type	98
7.3.1	Write access from master	98
7.3.2	Read access from master	98
8	Type 12: FDL protocol state machines.....	99
8.1	Overview of slave DL state machines.....	99
8.2	State machine description.....	100
8.2.1	Port state machine (PSM).....	100
8.2.2	PDU handler state machine (DHSM).....	100
8.2.3	Sync manager state machine (SYSM).....	101
8.2.4	Resilient mailbox state machine (RMSM).....	101
8.2.5	SII state machine (SIISM).....	101
8.2.6	MII state machine (MIISM).....	105
8.2.7	DC state machine (DCSM).....	105
Annex A (informative) Type 12: Additional specifications on DL-Protocol state machines		108
A.1	DHSM.....	108
A.1.1	Primitive definitions	108
A.1.2	State machine description	109
A.1.3	DHSM table	110
A.1.4	Functions.....	125
A.2	SYSM	126
A.2.1	Primitive definition	126
A.2.2	State machine description	127
A.2.3	Local variables	128
A.2.4	State table nomenclature	128
A.2.5	SYSM table	128
A.2.6	Functions.....	138
A.3	RMSM.....	138
A.3.1	Primitive definitions	138
A.3.2	State machine description	139
A.3.3	Local variables	139
A.3.4	RMSM table.....	139
A.3.5	Functions.....	141
Bibliography.....		142
Figure 1 – Type description example		20
Figure 2 – Common structure of specific fields.....		21
Figure 3 – Frame structure.....		25
Figure 4 – Mapping of data in a frame.....		26
Figure 5 – Slave node reference model.....		27
Figure 6 – Type 12 PDUs embedded in Ethernet frame.....		28
Figure 7 – Type 12 PDUs embedded in UDP/IP		28

Figure 8 – DL information type description	54
Figure 9 – Address type description	56
Figure 10 – DL control type description	58
Figure 11 – DL status type description	61
Figure 12 – Successful write sequence to DL-user control register	62
Figure 13 – Successful read sequence to the DL-user status register	63
Figure 14 – RX error counter type description	69
Figure 15 – Lost link counter type description	70
Figure 16 – Additional counter type description	71
Figure 17 – Watchdog divider type description	72
Figure 18 – DLS-user Watchdog divider type description	72
Figure 19 – Sync manager watchdog type description	73
Figure 20 – Sync manager watchdog status type description	73
Figure 21 – Watchdog counter type description	74
Figure 22 – Slave information interface access type description	74
Figure 23 – Slave information interface control/status type description	76
Figure 24 – Slave information interface address type description	78
Figure 25 – Slave information interface data type description	78
Figure 26 – MII control/status type description	79
Figure 27 – MII address type description	81
Figure 28 – MII data type description	81
Figure 29 – MII access type description	82
Figure 30 – FMMU mapping example	83
Figure 31 – FMMU entity type description	84
Figure 32 – SyncM mailbox interaction	86
Figure 33 – SyncM buffer allocation	86
Figure 34 – SyncM buffer interaction	87
Figure 35 – Handling of write/read toggle with read mailbox	87
Figure 36 – Sync manager channel type description	89
Figure 37 – Distributed clock local time parameter type description	93
Figure 38 – Successful write sequence to mailbox	96
Figure 39 – Bad write sequence to mailbox	96
Figure 40 – Successful read sequence to mailbox	97
Figure 41 – Bad read sequence to mailbox	97
Figure 42 – Successful write sequence to buffer	98
Figure 43 – Successful read sequence to buffer	99
Figure 44 – Structuring of the protocol machines of an slave	100
Figure 45 – Slave information interface read operation	102
Figure 46 – Slave information interface write operation	103
Figure 47 – Slave information interface reload operation	104
Figure 48 – Distributed clock	106
Figure 49 – Delay measurement sequence	107

Table 1 – PDU element description example	20
Table 2 – Example attribute description	21
Table 3 – State machine description elements	23
Table 4 – Description of state machine elements	23
Table 5 – Conventions used in state machines	23
Table 6 – Transfer Syntax for bit sequences	29
Table 7 – Transfer syntax for data type Unsignedn	29
Table 8 – Transfer syntax for data type Integern	30
Table 9 – Type 12 frame inside an Ethernet frame	31
Table 10 – Type 12 frame inside an UDP PDU	32
Table 11 – Type 12 frame structure containing Type 12 PDUs	33
Table 12 – Type 12 frame structure containing network variables	33
Table 13 – Type 12 frame structure containing mailbox	33
Table 14 – Auto increment physical read (APRD).....	34
Table 15 – Configured address physical read (FPRD).....	35
Table 16 – Broadcast read (BRD)	36
Table 17 – Logical read (LRD)	37
Table 18 – Auto Increment physical write (APWR)	38
Table 19 – Configured address physical write (FPWR).....	39
Table 20 – Broadcast write (BWR)	41
Table 21 – Logical write (LWR).....	42
Table 22 – Auto increment physical read write (APRW)	43
Table 23 – Configured address physical read write (FPRW).....	44
Table 24 – Broadcast read write (BRW)	45
Table 25 – Logical read write (LRW)	47
Table 26 – Auto increment physical read multiple write (ARMW).....	48
Table 27 – Configured address physical read multiple write (FRMW).....	49
Table 28 – Network variable	50
Table 29 – Mailbox	51
Table 30 – Error Reply Service Data	52
Table 31 – DL information.....	54
Table 32 – Configured station address.....	57
Table 33 – DL control	58
Table 34 – DL status.....	61
Table 35 – DLS-user specific registers.....	63
Table 36 – DLS-user event	65
Table 37 – DLS-user event mask	66
Table 38 – External event.....	67
Table 39 – External event mask.....	68
Table 40 – RX error counter.....	69
Table 41 – Lost link counter.....	70
Table 42 – Additional counter	71
Table 43 – Watchdog divider.....	72

Table 44 – DLS-user watchdog	72
Table 45 – Sync manager channel watchdog	73
Table 46 – Sync manager watchdog Status	73
Table 47 – Watchdog counter	74
Table 48 – Slave information interface access	75
Table 49 – Slave information interface control/status	76
Table 50 – Slave information interface address	78
Table 51 – Slave information interface data	78
Table 52 – MII control/status	80
Table 53 – MII address	81
Table 54 – MII data	81
Table 55 – MII access	82
Table 56 – Fieldbus memory management unit (FMMU) entity	84
Table 57 – Fieldbus memory management unit (FMMU)	85
Table 58 – Sync manager channel	90
Table 59 – Sync manager Structure	91
Table 60 – Distributed clock local time parameter	93
Table 61 – Distributed clock DLS-user parameter	94
Table A.1 – Primitives issued by DHSM to PSM	108
Table A.2 – Primitives issued by PSM to DHSM	108
Table A.3 – Parameters used with primitives exchanged between DHSM and PSM	108
Table A.4 – Identifier for the octets of a Ethernet frame	109
Table A.5 – DHSM state table	111
Table A.6 – DHSM function table	126
Table A.7 – Primitives issued by SYSM to DHSM	126
Table A.8 – Primitives issued by DHSM to SYSM	127
Table A.9 – Primitives issued by DL-User to SYSM	127
Table A.10 – Primitives issued by SYSM to DL-User	127
Table A.11 – Parameters used with primitives exchanged between SYSM and DHSM	127
Table A.12 – SYSM state table	129
Table A.13 – SYSM function table	138
Table A.14 – Primitives issued by RMSM to SYSM	138
Table A.15 – Primitives issued by SYSM to RMSM	139
Table A.16 – Parameters used with primitives exchanged between RMSM and SYSM	139
Table A.17 – RMSM state table	140
Table A.18 – RMSM function table	141

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.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

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 fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2014. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- technical corrections and editorial improvements for clarification.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
65C/946/FDIS	65C/955/RVD

Full information on the voting for the approval of this International 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 document 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.

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 document 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 document is concerned, in particular, with the communication and interworking of sensors, effectors and other automation devices. By using this document 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
EP 2 137 893 B1	[BE] Paketvermittlungsvorrichtung und lokales Kommunikationsnetz mit einer solchen Paketvermittlungsvorrichtung
EP 1 456 722 B1	[BE] Datenübertragungsverfahren, serielles 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 document 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 document, 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/IEEE 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 document also specifies conformance requirements for systems implementing these procedures. This part of this document does not contain tests to demonstrate compliance with such requirements.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. 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 61158-3-12:2019, *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/IEEE 8802-3, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Standard for Ethernet*

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 Std 802.1Q, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Bridges and Bridged Networks*, available at <http://www.ieee.org> [viewed 2018-09-11]

IETF RFC 768, *User Datagram Protocol (UDP)*, available at <http://www.ietf.org> [viewed 2018-09-11]

IETF RFC 791, *Internet protocol DARPA internet program protocol specification*, available at <http://www.ietf.org> [viewed 2018-09-11]

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	150
INTRODUCTION.....	152
1 Domaine d'application	154
1.1 Généralités	154
1.2 Spécifications	154
1.3 Procédures	154
1.4 Applicabilité	154
1.5 Conformité	155
2 Références normatives	155
3 Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	155
3.1 Termes et définitions du modèle de référence.....	156
3.2 Termes et définitions de convention de service.....	156
3.3 Termes et définitions communs.....	157
3.4 Définitions Type 12 supplémentaires.....	157
3.5 Symboles et abréviations communs	161
3.6 Symboles et abréviations supplémentaires de type 12	161
3.7 Conventions.....	163
3.7.1 Concept général	163
3.7.2 Conventions de syntaxe abstraite	163
3.7.3 Convention de codage des bits et octets réservés	165
3.7.4 Conventions de codage commun d'octets de champs spécifiques	165
3.7.5 Conventions du diagramme d'états	166
4 Présentation du protocole de DL.....	167
4.1 Principe de fonctionnement.....	167
4.2 Topologie.....	168
4.3 Principes de traitement de trame	168
4.4 Vue d'ensemble de la couche de liaison de données.....	169
4.5 Vue d'ensemble de la détection des erreurs.....	170
4.6 Modèle de référence de nœud	171
4.6.1 Mapping du modèle de référence de base OSI	171
4.6.2 Fonctionnalités de la couche liaison de données	172
4.7 Vue d'ensemble du fonctionnement.....	173
4.7.1 Relation avec l'ISO/IEC/IEEE 8802-3.....	173
4.7.2 Structure de trame.....	173
5 Structure de trame.....	174
5.1 Principes de codage de trame.....	174
5.2 Types de données et règles de codage.....	174
5.2.1 Description générale des types de données et des règles de codage.....	174
5.2.2 Syntaxe de transfert des séquences binaires	174
5.2.3 Entier non signé	175
5.2.4 Entier signé	175
5.2.5 Chaîne d'octets.....	176
5.2.6 Chaîne visible.....	176
5.3 Structure de DLPDU Ethernet	176
5.3.1 Trame Type 12 à l'intérieur d'une trame Ethernet.....	176
5.3.2 Trame Type 12 à l'intérieur d'un datagramme UDP	177

5.3.3	Structure de la trame Type 12	179
5.4	Structure DLPDU de type 12	180
5.4.1	Lecture	180
5.4.2	Ecriture.....	185
5.4.3	Lecture écriture	189
5.4.4	Accès aux attributs	197
5.5	Structure de variable de réseau	197
5.6	Structure de boîte aux lettres de type 12.....	198
6	Attributs.....	200
6.1	Gestion.....	200
6.1.1	Informations DL	200
6.1.2	Adresse de station.....	204
6.1.3	Commande DL.....	205
6.1.4	Etat de DL	208
6.1.5	Registres spécifiques à l' utilisateur de DLS	211
6.1.6	Paramètre d'événement.....	214
6.2	Statistiques.....	219
6.2.1	Compteur d'erreurs Rx	219
6.2.2	Compteur de liaisons perdues	221
6.2.3	Compteur supplémentaire.....	222
6.3	Chiens de garde	223
6.3.1	Diviseur de chien de garde	223
6.3.2	Chien de garde de l' utilisateur de DLS.....	224
6.3.3	Chien de garde du gestionnaire de synchronisation	224
6.3.4	Etat du chien de garde du gestionnaire de synchronisation.....	225
6.3.5	Compteur de chien de garde.....	226
6.4	Interface d'informations de l'esclave	226
6.4.1	Zone de l'interface d'informations de l'esclave.....	226
6.4.2	Slave information interface access	227
6.4.3	Contrôle/état de l'interface d'informations de l'esclave.....	227
6.4.4	Adresse de l'interface d'informations de l'esclave	230
6.4.5	Données de l'interface d'informations de l'esclave	231
6.5	Interface indépendante du support (MII).....	231
6.5.1	Données réelles de l'interface d'informations de l'esclave	231
6.5.2	Adresse MII	233
6.5.3	Données de MII	234
6.5.4	MII Access.....	234
6.6	Unité de gestion de mémoire de bus de terrain (FMMU).....	235
6.6.1	Généralités	235
6.6.2	Attributs FMMU.....	236
6.7	Gestionnaire de synchronisation	238
6.7.1	Vue d'ensemble du gestionnaire de synchronisation	238
6.7.2	Attributs du gestionnaire de synchronisation.....	242
6.8	Horloge distribuée.....	246
6.8.1	Généralités	246
6.8.2	Mesure du délai	246
6.8.3	Paramètre de temps local	247
6.8.4	Paramètre de temps de l'utilisateur de DL	247
6.8.5	Attributs DC.....	247

7	Mémoire de l'utilisateur de DL	250
7.1	Vue d'ensemble	250
7.2	Type d'accès à la boîte aux lettres	250
7.2.1	Transfert de boîte aux lettres	250
7.2.2	Accès en écriture depuis le maître	251
7.2.3	Accès en lecture depuis le maître	252
7.3	Type d'accès en mémoire tampon	254
7.3.1	Accès en écriture depuis le maître	254
7.3.2	Accès en lecture depuis le maître	255
8	Type 12: Diagrammes d'états de protocole FDL	256
8.1	Vue d'ensemble des diagrammes d'états DL esclaves	256
8.2	Description du diagramme d'états	257
8.2.1	Diagramme d'états de port (PSM)	257
8.2.2	Diagramme d'états du gestionnaire PDU (DHSM)	258
8.2.3	Diagramme d'états du gestionnaire de synchronisation (SYSM)	258
8.2.4	Diagramme d'états de boîte aux lettres résilient (RMSM)	258
8.2.5	Diagramme d'états SII (SIISM)	258
8.2.6	Diagramme d'états MII (MIISM)	264
8.2.7	Diagramme d'états DC (DCSM)	264
Annexe A (informative) Type 12 Spécifications supplémentaires relatives aux diagrammes d'états de protocole DL		269
A.1	DHSM	269
A.1.1	Définitions de primitives	269
A.1.2	Description du diagramme d'états	270
A.1.3	Table DHSM	271
A.1.4	Fonctions	286
A.2	SYSM	287
A.2.1	Définition de primitive	287
A.2.2	Description du diagramme d'états	289
A.2.3	Variables locales	289
A.2.4	Nomenclature de la table d'états	289
A.2.5	Table SYSM	289
A.2.6	Fonctions	299
A.3	RMSM	299
A.3.1	Définitions de primitives	299
A.3.2	Description du diagramme d'états	300
A.3.3	Variables locales	300
A.3.4	Table RMSM	300
A.3.5	Fonctions	302
Bibliographie		303
Figure 1 – Exemple de description de type		164
Figure 2 – Structure commune de champs spécifiques		165
Figure 3 – Structure de trame		169
Figure 4 – Mapping des données dans une trame		170
Figure 5 – Modèle de référence du nœud esclave		172
Figure 6 – PDU Type 12 intégrées dans une trame Ethernet		173
Figure 7 – PDU Type 12 intégrées dans UDP/IP		174

Figure 8 – Description du type d'information DL des données DL	202
Figure 9 – Description du type d'adresse	205
Figure 10 – Description du type de commande DL de DL	206
Figure 11 – Description du type d'état DL	210
Figure 12 – Séquence d'écriture réussie dans le registre de contrôle de l'utilisateur de DL	212
Figure 13 – Séquence de lecture réussie dans le registre d'état de l'utilisateur de DL	213
Figure 14 – Description du type de compteur d'erreurs RX	220
Figure 15 – Description du type de compteur de liaisons perdues	221
Figure 16 – Description du type de compteur supplémentaire	223
Figure 17 – Description du type de diviseur du chien de garde	224
Figure 18 – Description du type de diviseur du chien de garde de l'utilisateur de DLS	224
Figure 19 – Description du type de chien de garde du gestionnaire de synchronisation	225
Figure 20 – Description du type d'état du chien de garde du gestionnaire de synchronisation	225
Figure 21 – Description du type de compteur du chien de garde	226
Figure 22 – Description du type d'accès à l'interface d'informations de l'esclave	227
Figure 23 – Description du type de contrôle/de l'état de l'interface d'informations de l'esclave	228
Figure 24 – Description du type d'adresse de l'interface d'informations de l'esclave	230
Figure 25 – Description du type de données de l'interface d'informations de l'esclave	231
Figure 26 – Description du type de contrôle/d'état MII	232
Figure 27 – Description du type d'adresse MII	234
Figure 28 – Description du type de données MII	234
Figure 29 – Description du type d'accès MII	235
Figure 30 – Exemple de mapping FMMU	236
Figure 31 – Description du type d'entité FMMU	237
Figure 32 – Interaction de boîte aux lettres SyncM	239
Figure 33 – Attribution de mémoire tampon SyncM	239
Figure 34 – Interaction de mémoire tampon SyncM	240
Figure 35 – Traitement du basculement écriture/lecture avec la boîte aux lettres en lecture	241
Figure 36 – Description du type de canal du gestionnaire de synchronisation	243
Figure 37 – Description du type de paramètre de temps local de l'horloge distribuée	247
Figure 38 – Séquence d'écriture réussie dans la boîte aux lettres	251
Figure 39 – Séquence d'écriture erronée dans la boîte aux lettres	252
Figure 40 – Séquence de lecture réussie dans la boîte aux lettres	253
Figure 41 – Séquence de lecture erronée dans la boîte aux lettres	254
Figure 42 – Séquence d'écriture réussie dans la mémoire tampon	255
Figure 43 – Séquence de lecture réussie dans la mémoire tampon	256
Figure 44 – Structure des machines protocolaires d'un esclave	257
Figure 45 – Opération de lecture de l'interface d'informations de l'esclave	260
Figure 46 – Opération d'écriture de l'interface d'informations de l'esclave	262
Figure 47 – Opération de recharge de l'interface d'informations de l'esclave	264
Figure 48 – Horloge distribuée	266

Figure 49 – Séquence de mesure du délai	267
Tableau 1 – Exemple de description d'élément PDU	163
Tableau 2 – Exemple de description d'attribut.....	164
Tableau 3 – Eléments de description de diagramme d'états	166
Tableau 4 – Description des éléments du diagramme d'états	166
Tableau 5 – Conventions utilisées dans les diagrammes d'états	167
Tableau 6 – Syntaxe de transfert des séquences binaires.....	175
Tableau 7 – Syntaxe de transfert pour le type de données Unsignedn	175
Tableau 8 – Syntaxe de transfert pour le type de données Integern	176
Tableau 9 – Trame Type 12 à l'intérieur d'une trame Ethernet	177
Tableau 10 – Trame Type 12 à l'intérieur d'une PDU UDP	178
Tableau 11 – Structure de trame Type 12 contenant des PDU Type 12.....	179
Tableau 12 – Structure de trame Type 12 contenant des variables de réseau	179
Tableau 13 – Structure de trame Type 12 contenant la boîte aux lettres	179
Tableau 14 – Lecture physique à incrément automatique (APRD)	180
Tableau 15 – Lecture physique de l'adresse configurée (FPRD)	181
Tableau 16 – Lecture de diffusion (BRD)	182
Tableau 17 – Lecture logique (LRD)	184
Tableau 18 – Ecriture physique à incrément automatique (APWR).....	185
Tableau 19 – Ecriture physique de l'adresse configurée (FPWR)	186
Tableau 20 – Ecriture de diffusion (BWR)	187
Tableau 21 – Ecriture logique (LWR)	188
Tableau 22 – Lecture/écriture physique à incrément automatique (APRW).....	190
Tableau 23 – Ecriture/lecture physiques de l'adresse configurée (FPRW).....	191
Tableau 24 – Lecture/écriture de diffusion (BRW)	192
Tableau 25 – Lecture/écriture logique (LRW)	193
Tableau 26 – Ecriture multiple/lecture physique à incrément automatique (ARMW).....	195
Tableau 27 – Ecriture multiple/lecture physique de l'adresse configurée (FRMW).....	196
Tableau 28 – Variable du réseau	198
Tableau 29 – Boîte aux lettres	199
Tableau 30 – Données de service de réponse d'erreur	200
Tableau 31 – Informations DL	202
Tableau 32 – Adresse de station configurée	205
Tableau 33 – Commande DL.....	207
Tableau 34 – Etat DL	210
Tableau 35 – Registres spécifiques à l'utilisateur de DLS	214
Tableau 36 – Événement de l'utilisateur de DLS	216
Tableau 37 – Masque d'événement de l'utilisateur de DLS.....	218
Tableau 38 – Événement externe.....	218
Tableau 39 – Masque d'événement externe	219
Tableau 40 – Compteur d'erreurs Rx	220
Tableau 41 – Compteur de liaisons perdues	222

Tableau 42 – Compteur supplémentaire.....	223
Tableau 43 – Diviseur du chien de garde	224
Tableau 44 – Chien de garde de l' utilisateur de DLS.....	224
Tableau 45 – Chien de garde du canal du gestionnaire de synchronisation.....	225
Tableau 46 – Etat du chien de garde du gestionnaire de synchronisation.....	226
Tableau 47 – Compteur du chien de garde.....	226
Tableau 48 – Accès à l'interface d'informations de l'esclave	227
Tableau 49 – Contrôle/état de l'interface d'informations de l'esclave	229
Tableau 50 – Adresse de l'interface d'informations de l'esclave.....	231
Tableau 51 – Données de l'interface d'informations de l'esclave	231
Tableau 52 – Contrôle/état MII.....	232
Tableau 53 – Adresse MII	234
Tableau 54 – Données MII	234
Tableau 55 – Accès MII	235
Tableau 56 – Entité d'unité de gestion de mémoire de bus de terrain (FMMU)	237
Tableau 57 – Unité de gestion de mémoire de bus de terrain (FMMU)	238
Tableau 58 – Canal de gestionnaire de synchronisation.....	244
Tableau 59 – Structure du gestionnaire de synchronisation	245
Tableau 60 – Paramètre de temps local de l'horloge distribuée.....	248
Tableau 61 – Paramètre de l' utilisateur de DLS d'horloge distribuée.....	249
Tableau A.1 – Primitives émises par DHSM au PSM.....	269
Tableau A.2 – Primitives émises par SYSM au DHSM.....	269
Tableau A.3 – Paramètres utilisés avec des primitives échangées entre le DHSM et la PSM	269
Tableau A.4 – Identificateur pour les octets d'une trame Ethernet.....	270
Tableau A.5 – Table d'états de la DHSM.....	272
Tableau A.6 – Table de fonctions DHSM.....	287
Tableau A.7 – Primitives émises par SYSM au DHSM.....	287
Tableau A.8 – Primitives émises par DHSM au SYSM.....	288
Tableau A.9 – Primitives émises par l'utilisateur de DL au SYSM.....	288
Tableau A.10 – Primitives émises par SYSM à l'utilisateur de DL.....	288
Tableau A.11 – Paramètres utilisés avec des primitives échangées entre le SYSM et la DHSM.....	288
Tableau A.12 – Table d'états de la SYSM	290
Tableau A.13 – Table de fonctions SYSM	299
Tableau A.14 – Primitives émises par DHSM au SYSM.....	299
Tableau A.15 – Primitives émises par SYSM au RMSM	300
Tableau A.16 – Paramètres utilisés avec des primitives échangées entre le RMSM et la SYSM	300
Tableau A.17 – Table d'états de la RMSM	301
Tableau A.18 – Table de fonctions RMSM	302

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 (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC 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 l'IEC. L'IEC 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

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 protocole sont spécifiées dans l'IEC 61784-1 et l'IEC 61784-2.

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

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2014. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- corrections techniques et améliorations rédactionnelles pour clarification.

La présente version bilingue (2020-12) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2019-04.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61158, publiées sous le titre général *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain* peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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 l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A 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

Le présent document fait partie d'une série produite pour 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 l'IEC 61158-1.

Le protocole de liaison de données assure un service de liaison de données en s'appuyant sur les services offerts par la couche physique. Le présent document 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.

Le présent document porte en particulier sur la communication et l'interfonctionnement des capteurs, des effecteurs et d'autres appareils d'automatisation. Grâce au présent document associé 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 exiger d'obtenir l'autorisation auprès de leurs détenteurs de droit de propriété intellectuelle respectifs.

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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
EP 2 137 893 B1	[BE] Paketvermittlungsvorrichtung und lokales Kommunikationsnetz mit einer solchen Paketvermittlungsvorrichtung
EP 1 456 722 B1	[BE] Datenübertragungsverfahren, serielles Bussystem und Anschalteinheit für einen passiven Busteilnehmer

L'IEC 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 l'IEC 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 l'IEC. 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. L'IEC 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 l'IEC (<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

Le présent document 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 du présent document 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 de 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/IEC/IEEE 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 exigent une connexion 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

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

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. 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 IEC 61158, ainsi que l'IEC 61784-1 et l'IEC 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.

IEC 61158-3-12:2019, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 3-12: Définition des services de la couche liaison de données – Eléments de type 12*

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

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

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

ISO/IEC/IEEE 8802-3, *Technologies de l'information – Télécommunications et échange d'information entre systèmes – Réseaux locaux et métropolitains – exigences spécifiques – Partie 3-1: Définitions pour l'Ethernet*

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

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

IEEE Std 802.1Q, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Bridges and Bridged Networks*, disponible à l'adresse <http://www.ieee.org> (disponible en anglais seulement) [vue 11/09/2018]

IETF RFC 768, *User Datagram Protocol (UDP)*, disponible à l'adresse <http://www.ietf.org> (disponible en anglais seulement) [vue 11/09/2018]

IETF RFC 791, *Internet protocol DARPA internet program protocol specification*, disponible à l'adresse <http://www.ietf.org> (disponible en anglais seulement) [vue 11/09/2018]