

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Industrial networks – Profiles –

**Part 2-12: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 12**

Réseaux industriels – Profils –

**Partie 2-12: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps
réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 12**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61784-2-12:2023



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2023 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Secretariat
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee, ...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Industrial networks – Profiles –

**Part 2-12: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 12**

Réseaux industriels – Profils –

**Partie 2-12: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en
temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 12**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 35.100.20; 35.240.50

ISBN 978-2-8322-6900-8

**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.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms, definitions, abbreviated terms, acronyms, and conventions	8
3.1 Terms and definitions.....	8
3.2 Abbreviated terms and acronyms	8
3.3 Symbols.....	8
3.4 Conventions.....	8
4 CPF 12 (EtherCAT®) – RTE communication profiles	9
4.1 General overview	9
4.2 CP 12/1	9
4.2.1 Physical layer	9
4.2.2 Data-link layer	11
4.2.3 Application layer	14
4.2.4 Performance indicator selection	17
4.3 CP 12/2	20
4.3.1 Physical layer	20
4.3.2 Data-link layer	20
4.3.3 Application layer	24
4.3.4 Performance indicator selection	26
Bibliography.....	29
Table 1 – CPF 12 symbols	8
Table 2 – CP 12/1: PhL selection of physical layer from ISO/IEC/IEEE 8802-3:2021	9
Table 3 – CP 12/1: PhL selection of a power integrated physical layer from IEC 61158-2	11
Table 4 – CP 12/1: DLL service selection.....	11
Table 5 – CP 12/1: DLL protocol selection	12
Table 6 – CP 12/1: DLL service selection.....	13
Table 7 – CP 12/1: DLL protocol selection	13
Table 8 – CP 12/1: AL service selection.....	15
Table 9 – CP 12/1: AL protocol selection	15
Table 10 – CP 12/1: AL service selection.....	16
Table 11 – CP 12/1: AL protocol selection	17
Table 12 – CP 12/1: PI overview	17
Table 13 – CP 12/1: PI dependency matrix	18
Table 14 – CP 12/1: PI ranges	18
Table 15 – CP 12/1: Consistent set of PIs for mid size automation systems	20
Table 16 – CP 12/2: DLL service selection.....	20
Table 17 – CP 12/2: DLL protocol selection	21
Table 18 – CP 12/2: DLL service selection.....	22
Table 19 – CP 12/2: DLL protocol selection	23
Table 20 – CP 12/2: AL service selection.....	24

Table 21 – CP 12/2: AL protocol selection	24
Table 22 – CP 12/2: AL service selection	25
Table 23 – CP 12/2: AL protocol selection	26
Table 24 – CP 12/2: PI overview	27
Table 25 – CP 12/2: PI dependency matrix	27
Table 26 – CP 12/2: Consistent set of PIs	28

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61784-2-12:2023

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INDUSTRIAL NETWORKS –
PROFILES –****Part 2-12: Additional real-time fieldbus profiles
based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 12****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 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 layer protocol type to be used with other layer protocols of the same type, or in other type combinations explicitly authorized by their respective intellectual property right holders.

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

IEC 61784-2-12 has been prepared by subcommittee 65C: Industrial networks, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement, control and automation. It is an International Standard.

This first edition, together with the other parts of the same series, cancels and replaces the fourth edition of IEC 61784-2 published in 2019. This first edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to IEC 61784-2:2019:

- a) split of the original IEC 61784-2 into several subparts, one subpart for the material of a generic nature, and one subpart for each Communication Profile Family specified in the original document.

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

Draft	Report on voting
65C/1209/FDIS	65C/1237/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

A list of all parts of the IEC 61784-2 series, published under the general title *Industrial networks – Profiles – Part 2: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

INTRODUCTION

The IEC 61784-2 series provides additional Communication Profiles (CP) to the existing Communication Profile Families (CPF) of the IEC 61784-1 series and additional CPFs with one or more CPs. These profiles meet the industrial automation market objective of identifying Real-Time Ethernet (RTE) communication networks coexisting with ISO/IEC/IEEE 8802-3 – commonly known as Ethernet. These RTE communication networks use provisions of ISO/IEC/IEEE 8802-3 for the lower communication stack layers and additionally provide more predictable and reliable real-time data transfer and means for support of precise synchronization of automation equipment.

More specifically, these profiles help to correctly state the compliance of RTE communication networks with ISO/IEC/IEEE 8802-3, and to avoid the spreading of divergent implementations.

Adoption of Ethernet technology for industrial communication between controllers and even for communication with field devices promotes the use of Internet technologies in the field area. This availability would be unacceptable if it causes the loss of features required in the field area for industrial communication automation networks, such as:

- real-time,
- synchronized actions between field devices like drives,
- efficient, frequent exchange of very small data records.

These new RTE profiles can take advantage of the improvements of Ethernet networks in terms of transmission bandwidth and network span.

Another implicit but essential requirement is that the typical Ethernet communication capabilities, as used in the office world, are fully retained, so that the software involved remains applicable.

The market is in need of several network solutions, each with different performance characteristics and functional capabilities, matching the diverse application requirements. RTE performance indicators, whose values will be provided with RTE devices based on communication profiles specified in the IEC 61784-2 series, enable the user to match network devices with application-dependent performance requirements of an RTE network.

INDUSTRIAL NETWORKS – PROFILES –

Part 2-12: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 12

1 Scope

This part of IEC 61784-2 defines Communication Profile Family 12 (CPF 12). CPF 12 specifies a set of Real-Time Ethernet (RTE) communication profiles (CPs) and related network components based on the IEC 61158 series (Type 12), ISO/IEC/IEEE 8802-3 and other standards.

For each RTE communication profile, this document also specifies the relevant RTE performance indicators and the dependencies between these RTE performance indicators.

NOTE 1 All CPs are based on standards or draft standards or International Standards published by the IEC or on standards or International Standards established by other standards bodies or open standards processes.

NOTE 2 The RTE communication profiles use ISO/IEC/IEEE 8802-3 communication networks and its related network components and in some cases amend those standards to obtain RTE features.

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 the IEC 61784-1 series and the IEC 61784-2 series, 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 (all parts), *Industrial communication networks – Fieldbus specifications*

IEC 61158-2:2023, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 2: Physical layer specification and service definition*

IEC 61158-3-12:2019, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-12: Data-link layer service definition – Type 12 elements*

IEC 61158-4-12:2019, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-12: Data-link layer protocol specification – Type 12 elements*

IEC 61158-5-12:2019, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-12: Application layer service definition – Type 12 elements*

IEC 61158-6-12:2019, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-12: Application layer protocol specification – Type 12 elements*

IEC 61784-2-0:2023, *Industrial networks – Profiles – Part 2-0: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 – General concepts and terminology*

ISO/IEC/IEEE 8802-3:2021, *Telecommunications and exchange between information technology systems – Requirements for local and metropolitan area networks – Part 3: Standard for Ethernet*

IETF RFC 791, J. Postel, *Internet Protocol*, September 1981, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc791> [viewed 2022-02-18]

3 Terms, definitions, abbreviated terms, acronyms, and conventions

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 61784-2-0 and ISO/IEC/IEEE 8802-3 apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>

3.2 Abbreviated terms and acronyms

For the purposes of this document, abbreviated terms and acronyms defined in IEC 61784-2-0 and the following apply.

CP	Communication Profile [according to IEC 61784-1-0]
CPF	Communication Profile Family [according to IEC 61784-1-0]
IETF	Internet Engineering Task Force
IP	Internet Protocol (see IETF RFC 791)
NoS	Number of Switches
PI	Performance indicator

3.3 Symbols

For the purposes of this document, symbols defined in IEC 61784-2-0 and Table 1 apply.

Table 1 – CPF 12 symbols

Symbol	Definition	Unit
l_{tc}	Total cable length	m
NoS	Number of slaves	–
Pd	Propagation delay	μs
t_{cd}	Cable delay	$\mu s/m$
t_{cpdl}	Data copy delay within a slave	μs
t_{cycle}	Cycle time	μs
t_D	Delivery time	μs
t_{data}	Time to transmit the longest real-time Ethernet frame	μs

3.4 Conventions

For the purposes of this document, the conventions defined in IEC 61784-2-0 apply.

4 CPF 12 (EtherCAT®) – RTE communication profiles

4.1 General overview

EtherCAT®¹ is a Real-Time Ethernet technology based on ISO/IEC/IEEE 8802-3, IEC 61158-2, IEC 61158-3-12, IEC 61158-4-12, IEC 61158-5-12 and IEC 61158-6-12 especially suitable for communication between control systems and peripheral devices like I/O systems, drives, sensors and actuators.

In this document, the following communication profiles are specified for CPF 12:

– Profile 12/1

This profile defines protocol and service selections for simple I/O devices which can communicate process data cyclically.

– Profile 12/2

This profile defines protocol and service selections for two types of devices:

- smart or modular devices with mailbox communication capabilities;
- such devices that additionally support time based synchronization for performing tightly coordinated actions.

All three types of devices can be mixed arbitrarily.

4.2 CP 12/1

4.2.1 Physical layer

The physical layer is described in IEC 61158-2 and ISO/IEC/IEEE 8802-3:2021. Table 2 specifies the use of the physical layer, specified in ISO/IEC/IEEE 8802-3:2021, included in this profile.

Table 3 specifies the use of a power integrated physical layer, specified in IEC 61158-2, included in this profile.

**Table 2 – CP 12/1: PhL selection of physical layer
from ISO/IEC/IEEE 8802-3:2021**

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Introduction	YES	—
2	Media Access Control (MAC) service specification	YES	—
3	Media Access Control (MAC) frame and packet specifications	YES	—
4	Media Access Control	NO	—
5	Layer Management	Optional	—
6...20	--	NO	—
Annex 4A	Simplified full duplex media access control	YES	—
21	Introduction to 100 Mb/s baseband networks, type 100BASE-T	YES	—

¹ EtherCAT® is a registered trade name of Beckhoff, Verl. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by the IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance with this profile does not require use of the trade name EtherCAT. Use of the trade name EtherCAT requires permission from the trade name holder.

Clause	Header	Presence	Constraints
22	Reconciliation Sublayer (RS) and Media Independent Interface (MII)	YES	—
23	Physical Coding Sublayer (PCS), Physical Medium Attachment (PMA) sublayer and baseband medium, type 100BASE-T4	NO	—
24	Physical Coding Sublayer (PCS) and Physical Medium Attachment (PMA) sublayer, type 100BASE-X	YES	—
25	Physical Medium Dependent (PMD) sublayer and baseband medium, type 100BASE-TX	Optional	Preferred technology
26	Physical Medium Dependent (PMD) sublayer and baseband medium, type 100BASE-FX	Optional	Use for specific environmental conditions
27	Repeater for 100 Mb/s baseband networks	NO	—
28	Physical Layer link signaling for Auto-Negotiation on twisted pair	Optional	Auto-negotiation and auto-crossover are highly recommended
29	System considerations for multisegment 100BASE-T networks	NO	—
30 ... 32	--	NO	—
33	Data Terminal Equipment (DTE) Power via Media Dependent Interface (MDI)	Optional	—
Annex 22A...D	MII	YES	—
Annex 23A...C	6T codewords	NO	—
Annex 27A	Repeater delay consistency requirements	NO	—
Annex 28A...D	Selector Field definitions	YES	—
Annex 29A...B	DTE and repeater delay components	Optional	—
Annex 30A...C	GDMO specification for IEEE 802.3 managed object classes	NO	—
Annex 31A...D	MAC Control opcode assignments	NO	—
Annex 32A	Use of cabling systems with nominal differential characteristic impedance of 120 Ω or 150 Ω	NO	—
Annex 33A	PSE-PD stability	NO	—
34 ff	Introduction to 1 000 Mb/s baseband network	Optional	For future use

Table 3 – CP 12/1: PhL selection of a power integrated physical layer from IEC 61158-2

Clause	Header	Presence	Constraints
5	DLL – PhL interface	—	—
5.8	Type 12: Required services	YES	—
6	Systems management – PhL interface	—	—
6.7	Type 12: Systems management – PhL interface	YES	—
7	DCE independent sublayer (DIS)	—	—
7.6	Type 12: DIS	YES	—
8	DTE – DCE interface and MIS-specific functions	—	—
8.5	Type 12: DTE – DCE interface	YES	Interface not exposed
9	Medium dependent sublayer (MDS)	—	—
9.9	Type 12: MDS: Wire media	YES	—
10	MDS – MAU interface	—	—
29	Type 12: Medium attachment unit Power combined with Ethernet Physical Layer Device (PHY)	YES	—

4.2.2 Data-link layer

4.2.2.1 EtherCAT Slave

Data-link layer is described in IEC 61158-3-12 and IEC 61158-4-12. Table 4 specifies the use of the services, specified in IEC 61158-3-12, included in this profile. Table 5 specifies the use of the protocol, specified in IEC 61158-4-12, included in this profile.

Table 4 – CP 12/1: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Data-link layer services and concepts	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Topology	YES	—
4.3	Data-link layer overview	YES	—
4.4	Error detection overview	YES	—
4.5	Parameter and process data handling introduction	Partial	Some examples are not describing mandatory functions
4.6	Node reference model	YES	—
4.7	Operation overview	Partial	Direct mode mandatory
4.8	Addressing	YES	—
4.9	Slave classification	Partial	Basic slave mandatory
4.10	Structure of the communication layer in the slave	Partial	—
5	Communication services	—	—
5.1	Overview	YES	—
5.2	Read services	Partial	Responder Services (.ind/.rsp)
5.3	Write services	Partial	Responder Services (.ind/.rsp)
5.4	Combined read/write services	Partial	Responder Services (.ind/.rsp)
5.5	Network services	NO	—
5.6	Mailbox	NO	—
6	Local interactions	—	—

Clause	Header	Presence	Constraints
6.1	Read Local	YES	—
6.2	Write Local	YES	—

Table 5 – CP 12/1: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Overview of the DL-protocol	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Topology	YES	—
4.3	Frame processing principles	YES	—
4.4	Data-link layer overview	YES	—
4.5	Error detection overview	YES	—
4.6	Node reference model	YES	—
4.7	Operation overview	Partial	Direct mode mandatory
5	Frame Structure	—	—
5.1	Frame coding principles	YES	—
5.2	Data types and encoding rules	Partial	Types needed for application and unsigned integer types
5.3	DL PDU structure	YES	—
5.4	Type 12 DLPDU structure	YES	—
5.5	Network variable structure	NO	—
5.6	Type 12 mailbox structure	NO	—
6	Attributes	—	—
6.1	Management	YES	—
6.2	Statistics	YES	—
6.3	Watchdogs	YES	—
6.4	Slave information interface	YES	—
6.5	Media independent interface (MII)	YES	—
6.6	Fieldbus memory management unit (FMMU)	YES	—
6.7	Sync manager	NO	—
6.8	Distributed Clock	Partial	Timestamping of messages if more than 2 ports
7	DL-user memory	—	—
7.1	Overview	Optional	If mailbox supported
7.2	Mailbox access type	Optional	If mailbox supported
7.3	Buffered access type	Optional	—
8	Type 12:FDL Protocol state machines	—	—
8.1	Overview of slave DL state machines	Partial	Machines mandatory
8.2	State machine description	—	—
8.2.1	Port state machine (PSM)	YES	—
8.2.2	PDU handler state machine (DHSM)	YES	—
8.2.3	Synch manager state machine (SYMSM)	YES	—
8.2.4	Resilient Mailbox State Machine (RMSM)	Optional	If mailbox supported
8.2.5	SII State Machine (SIISM)	YES	—
8.2.6	MII State Machine (MIISM)	YES	—

Clause	Header	Presence	Constraints
8.2.7	DC State Machine (DCSM)	Partial	Timestamping of messages if more than 2 ports

4.2.2.2 EtherCAT Master

The data-link layer is described in IEC 61158-3-12 and IEC 61158-4-12. Table 6 specifies the use of the services, specified in IEC 61158-3-12, included in this profile. Table 7 specifies the use of the protocol, specified in IEC 61158-4-12, included in this profile. The selection of services used is up to the master. The Auto Increment Read and Write services are mandatory.

Table 6 – CP 12/1: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Data-link layer services and concepts	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Topology	YES	—
4.3	Data-link layer overview	YES	—
4.4	Error detection overview	YES	—
4.5	Parameter and process data handling introduction	Partial	Some examples are not describing mandatory functions
4.6	Node reference model	YES	—
4.7	Operation overview	Partial	Direct mode mandatory
4.8	Addressing	YES	—
4.9	Slave classification	NO	—
4.10	Structure of the communication layer in the slave	Partial	—
5	Communication services	—	—
5.1	Overview	YES	—
5.2	Read services	Partial	Requestor Services (.req/.cnf)
5.3	Write services	Partial	Requestor Services (.req/.cnf)
5.4	Combined read/write services	Partial	Requestor Services (.req/.cnf)
5.5	Network services	NO	—
5.6	Mailbox	NO	—
6	Local interactions	—	—
6.1	Read local	YES	—
6.2	Write local	YES	—

Table 7 – CP 12/1: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Overview of the DL-protocol	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Topology	YES	—
4.3	Frame processing principles	YES	—
4.4	Data-link layer overview	YES	—
4.5	Error detection overview	YES	—
4.6	Node reference model	YES	—
4.7	Operation overview	Partial	Direct mode mandatory

Clause	Header	Presence	Constraints
5	Frame Structure	—	—
5.1	Frame coding principles	YES	—
5.2	Data types and encoding rules	Partial	Types needed for application and unsigned integer types
5.3	DL PDU structure	YES	—
5.4	Type 12 DLPDU structure	YES	—
5.5	Network variable structure	NO	—
5.6	Type 12 mailbox structure	NO	—
6	Attributes	—	—
6.1	Management	YES	—
6.2	Statistics	YES	—
6.3	Watchdogs	YES	—
6.4	Slave information interface	YES	—
6.5	Media independent interface (MII)	YES	—
6.6	Fieldbus memory management unit (FMMU)	YES	—
6.7	Sync manager	YES	—
6.8	Distributed Clock	Partial	Timestamping of messages if more than 2 ports
7	DL-user memory	—	—
7.1	Overview	YES	—
7.2	Mailbox access type	YES	—
7.3	Buffered access type	YES	—
8	Type 12:FDL Protocol state machines	—	—
8.1	Overview of slave DL state machines	NO	—
8.2	State machine description	—	—
8.2.1	Port state machine (PSM)	NO	—
8.2.2	PDU handler state machine (DHSM)	NO	—
8.2.3	Synch manager state machine (SYMSM)	NO	—
8.2.4	Resilient Mailbox State Machine (RMSM)	NO	—
8.2.5	SII State Machine (SIISM)	NO	—
8.2.6	MII State Machine (MIISM)	NO	—
8.2.7	DC State Machine (DCSM)	NO	—

4.2.3 Application layer

4.2.3.1 EtherCAT Slave

The application layer is described in IEC 61158-5-12 and IEC 61158-6-12. Table 8 specifies the use of the services, specified in IEC 61158-5-12, included in this profile. Table 9 specifies the use of the protocol, specified in IEC 61158-6-12, included in this profile.

Table 8 – CP 12/1: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Concepts	—	—
4.1	Common concepts	YES	—
4.2	Type specific concepts	—	—
4.2.1	Operating principle	YES	—
4.2.2	Communication model overview	YES	—
4.2.3	Application layer element description	YES	—
4.2.4	Slave reference model	YES	—
4.2.5	Master reference model	NO	—
5	Data Type ASE	YES	—
6	Communication model specification	—	—
6.1	ASEs	—	—
6.1.1	Process data ASE	YES	—
6.1.2	SII ASE	Partial	Mandatory objects, no categories required
6.1.3	Isochronous ASE	NO	—
6.1.4	CoE ASE	NO	—
6.1.5	EoE ASE	NO	—
6.1.6	FoE ASE	NO	—
6.1.7	MBX ASE	NO	—
6.2	AR	YES	—

Table 9 – CP 12/1: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Application Layer protocol specification	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Node reference model	YES	—
5	FAL syntax description	—	—
5.1	Coding principles	YES	—
5.2	Data types and encoding rules	YES	—
5.3	AR coding	YES	No Bootstrap
5.4	SII coding	YES	—
5.5	Isochronous PDI coding	NO	—
5.6	CoE coding	NO	—
5.7	EoE coding	NO	—
5.8	FoE coding	NO	—
6	FAL protocol state machine	—	—
6.1	Overall structure	YES	—
6.2	AP-Context state machine	YES	—
6.3	FAL service protocol machine (FSPM)	YES	—
6.4	Application Relationship Protocol Machines (ARPMs)	—	—
6.4.1	AL state machine	YES	No Bootstrap and start mailbox required
6.4.2	Mailbox handler state machine	Optional	—

Clause	Header	Presence	Constraints
6.4.3	CoE state machine	NO	—
6.4.4	EoE state machine	NO	—
6.4.5	FoE state machine	NO	—
6.5	DLL mapping protocol machine (DMPM)	YES	—

4.2.3.2 EtherCAT master

The application layer is described in IEC 61158-5-12 and IEC 61158-6-12. Table 10 specifies the use of the services, specified in IEC 61158-5-12, included in this profile. Table 11 specifies the use of the protocol, specified in IEC 61158-6-12, included in this profile.

Table 10 – CP 12/1: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Concepts	—	—
4.1	Common concepts	YES	—
4.2	Type specific concepts	—	—
4.2.1	Operating principle	YES	—
4.2.2	Communication model overview	YES	—
4.2.3	Application layer element description	YES	—
4.2.4	Slave reference model	NO	—
4.2.5	Master reference model	YES	—
5	Data Type ASE	YES	—
6	Communication model specification	—	—
6.1	ASEs	—	—
6.1.1	Process data ASE	YES	—
6.1.2	SII ASE	Partial	Mandatory objects, no categories required
6.1.3	Isochronous ASE	NO	—
6.1.4	CoE ASE	NO	—
6.1.5	EoE ASE	NO	—
6.1.6	FoE ASE	NO	—
6.1.7	MBX ASE	NO	—
6.2	AR	YES	—

Table 11 – CP 12/1: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Application Layer protocol specification	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Node reference Model	YES	—
5	FAL syntax description	—	—
5.1	Coding principles	YES	—
5.2	Data types and encoding rules	YES	—
5.3	AR coding	YES	No Bootstrap
5.4	SII coding	YES	—
5.5	Isochronous PDI coding	NO	—
5.6	CoE coding	NO	—
5.7	EoE coding	NO	—
5.8	FoE coding	NO	—
6	FAL protocol state machine	—	—
6.1	Overall structure	YES	—
6.2	AP-Context state machine	YES	—
6.3	FAL service protocol machine (FSPM)	YES	—
6.4	Application Relationship Protocol Machines (ARPMs)	—	—
6.4.1	AL state machine	NO	—
6.4.2	Mailbox handler state machine	NO	—
6.4.3	CoE state machine	NO	—
6.4.4	EoE state machine	NO	—
6.4.5	FoE state machine	NO	—
6.5	DLL mapping protocol machine (DMPM)	YES	—

4.2.4 Performance indicator selection

4.2.4.1 Performance indicator overview

Table 12 gives an overview of the performance indicator usage.

Table 12 – CP 12/1: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	—
Number of end-stations	YES	—
Basic network topology	YES	—
Number of switches between end-stations	NO	Slave device includes switch functionality
Throughput RTE	YES	—
Non-RTE bandwidth	YES	—
Time synchronization accuracy	NO	—
Non-time-based synchronization accuracy	YES	—
Redundancy recovery time	Optional	—

4.2.4.2 Performance indicator dependencies

Table 13 specifies the dependencies of the performance indicators (row) from the performance indicators (column).

Table 13 – CP 12/1: PI dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI						
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Non-time-based synchronization accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		YES 4.2.4.4	NO	YES 4.2.4.5	NO	NO	YES 4.2.4.6
Number of end-stations	NO		NO	NO	NO	YES 4.2.4.7	NO
Basic network topology	NO	NO		NO	NO	NO	YES 4.2.4.8
Throughput RTE	NO	NO	NO		YES 4.2.4.9	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	YES 4.2.4.9		NO	NO
Non-time-based synchronization accuracy	NO	YES 4.2.4.7	NO	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	NO	NO	YES 4.2.4.8	NO	NO	NO	

Table 14 gives an outline of the range of performance indicators.

Table 14 – CP 12/1: PI ranges

Performance indicator	Value	Explanation
Delivery time	20 μ s – 1 s	—
Number of end-stations	Up to 65 535	—
Number of switches between end-stations	Not practically limited by the protocol	EtherCAT slaves are 2-port switches
Throughput RTE	1 % – 100 %	—
Non-RTE bandwidth	99 % – 0 %	—
Non-time-based synchronization accuracy	1 μ s – 10 μ s	Depends upon topology
Redundancy recovery time	1 cycle	—

4.2.4.3 Calculation of delivery time

The performance indicator delivery time can be calculated by Formula (1).

$$t_D = t_{\text{cycle}} + t_{\text{data}} + t_{\text{cd}} \times l_{\text{tc}} + \sum_{i=1}^{NoS} t_{\text{pd}}(i) + t_{\text{cpdl}} \quad (1)$$

where

t_D is the delivery time;

t_{cycle} is the cycle time ($t_{\text{cycle}} \geq t_{\text{data}}$);

t_{data} is the time to transmit the longest Real-time Ethernet frame (80 ns/octet);

t_{cd} is the cable delay (4,5 ns/m – 5 ns/m);

l_{tc} is the total cable length in m;

Pd is the propagation delay of a slave (implementation dependent);

NoS is the number of slaves;

t_{cpdl} is the data copy delay within a slave (typical value: < 100 ns).

The cycle time is independent from the propagation delay of the connected slaves and from the cable delays, since the full-duplex capabilities of the system allow to send the next frame before the initial frame has returned to the master device. The minimum cycle time thus is only limited by the transmission time of the longest RTE frame in the given application scenario. The master implementation may further restrict this minimum cycle time.

4.2.4.4 Delivery time dependency on number of end-stations

The number of end-stations typically influences the amount of data, thus the time to transmit the data frame as well as the sum of propagation delays and hence the delivery time as described in Formula (1).

4.2.4.5 Delivery time dependency on throughput RTE

The delivery time depends on throughput RTE via data and cycle time, since throughput RTE can be adapted primarily by changing these two parameters. If throughput RTE is increased by increasing the amount of data without changing the cycle time, the delivery time is increased, too. If throughput RTE is increased by reducing the cycle time, the delivery time is reduced. If throughput RTE is increased by changing both parameters accordingly, the delivery time is not influenced as described in Formula (1).

4.2.4.6 Delivery time dependency on redundancy recovery time

Redundancy recovery time influences the cycle time and hence the delivery time as described in Formula (1).

4.2.4.7 Relation between number of end-stations and non-time-based synchronization accuracy

The number of end-stations influences the non-time-based synchronization accuracy and vice versa.

4.2.4.8 Relation between basic network topology and redundancy recovery time

Since cable redundancy determines the topology as such, the requirement for a finite redundancy recovery time influences the basic network topology and vice versa.

4.2.4.9 Relation between throughput RTE and non-RTE bandwidth

The non-RTE bandwidth is the difference between overall bandwidth and the RTE throughput (RTE overhead included), hence both values influence each other.

4.2.4.10 Consistent set of performance indicators for mid size automation system

Table 15 gives an outline of a consistent set of performance indicators for CP 12/1 for mid size automation systems with a cycle time of 60 µs.

Table 15 – CP 12/1: Consistent set of PIs for mid size automation systems

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	< 150 µs	Without failure
Number of end-stations	180	—
Number of switches between end-stations	NA	—
Throughput RTE	10 750 000 octets/s	—
Non-RTE bandwidth	50,6 %	—
Non-time-based synchronization accuracy	10 µs	—
Redundancy recovery time	60 µs	—

4.3 CP 12/2

4.3.1 Physical layer

The physical layer is the same as described in 4.2.1.

4.3.2 Data-link layer

4.3.2.1 EtherCAT Slave

The data-link layer is described in IEC 61158-3-12 and 61158-4-12. Table 16 specifies the use of the services, specified in IEC 61158-3-12, included in this profile. Table 17 specifies the use of the protocol, specified in IEC 61158-4-12, included in this profile.

Table 16 – CP 12/2: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Data-link layer services and concepts	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Topology	YES	—
4.3	Data-link layer overview	YES	—
4.4	Error detection overview	YES	—
4.5	Parameter and process data handling introduction	Partial	Some examples are not describing mandatory functions
4.6	Node reference model	YES	—
4.7	Operation overview	Partial	Direct mode mandatory
4.8	Addressing	YES	—
4.9	Slave classification	Partial	Basic slave mandatory
4.10	Structure of the communication layer in the slave	YES	—
5	Communication services	—	—
5.1	Overview	YES	—

Clause	Header	Presence	Constraints
5.2	Read services	Partial	Responder Services (.ind/.rsp)
5.3	Write services	Partial	Responder Services (.ind/.rsp)
5.4	Combined read/write services	Partial	Responder Services (.ind/.rsp)
5.5	Network services	NO	—
5.6	Mailbox	NO	—
6	Local interactions	—	—
6.1	Read local	YES	—
6.2	Write local	YES	—

Table 17 – CP 12/2: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Overview of the DL-protocol	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Topology	YES	—
4.3	Frame processing principles	YES	—
4.4	Data-link layer overview	YES	—
4.5	Error detection overview	YES	—
4.6	Node reference model	YES	—
4.7	Operation overview	Partial	Direct mode mandatory
5	Frame Structure	—	—
5.1	Frame coding principles	YES	—
5.2	Data types and encoding rules	Partial	Types needed for application and unsigned integer types
5.3	DL PDU structure	YES	—
5.4	Type 12 DLPDU structure	YES	—
5.5	Network variable structure	NO	—
5.6	Type 12 mailbox structure	NO	—
6	Attributes	—	—
6.1	Management	YES	—
6.2	Statistics	YES	—
6.3	Watchdogs	YES	—
6.4	Slave information interface	YES	—
6.5	Media independent interface (MII)	YES	—
6.6	Fieldbus memory management unit (FMMU)	YES	—
6.7	Sync manager	YES	—
6.8	Distributed Clock	Optional	If time based synchronization is supported
7	DL-user memory	—	—
7.1	Overview	YES	—
7.2	Mailbox access type	YES	—
7.3	Buffered access type	YES	—
8	Type 12:FDL Protocol state machines	—	—
8.1	Overview of slave DL state machines	YES	—
8.2	State machine description	—	—

Clause	Header	Presence	Constraints
8.2.1	Port state machine (PSM)	YES	—
8.2.2	PDU handler state machine (DHSM)	YES	—
8.2.3	Synch manager state machine (SYMSM)	YES	—
8.2.4	Resilient Mailbox State Machine (RMSM)	YES	—
8.2.5	SII State Machine (SIISM)	YES	—
8.2.6	MII State Machine (MIISM)	YES	—
8.2.7	DC State Machine (DCSM)	YES	—

4.3.2.2 EtherCAT Master

The data-link layer is described in IEC 61158-3-12 and IEC 61158-4-12. Table 18 specifies the use of the services, specified in IEC 61158-3-12, included in this profile. Table 19 specifies the use of the protocol, specified in IEC 61158-3-12, included in this profile. The selection of services used is up to the master. The Auto Increment Read and Write Services are mandatory.

Table 18 – CP 12/2: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Data-link layer services and concepts	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Topology	YES	—
4.3	Data-link layer overview	YES	—
4.4	Error detection overview	YES	—
4.5	Parameter and process data handling introduction	YES	—
4.6	Node reference model	YES	—
4.7	Operation overview	Partial	Direct mode mandatory
4.8	Addressing	YES	—
4.9	Slave classification	NO	—
4.10	Structure of the communication layer in the slave	YES	—
5	Communication services	—	—
5.1	Overview	YES	—
5.2	Read services	Partial	Requestor Services (.req/.cnf)
5.3	Write services	Partial	Requestor Services (.req/.cnf)
5.4	Combined read/write services	Partial	Requestor Services (.req/.cnf)
5.5	Network services	NO	—
5.6	Mailbox	NO	—
6	Local interactions	—	—
6.1	Read local	YES	—
6.2	Write local	YES	—

Table 19 – CP 12/2: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Overview of the DL-protocol	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Topology	YES	—
4.3	Frame processing principles	YES	—
4.4	Data-link layer overview	YES	—
4.5	Error detection overview	YES	—
4.6	Node reference model	YES	—
4.7	Operation overview	Partial	Direct mode mandatory
5	Frame Structure	—	—
5.1	Frame coding principles	YES	—
5.2	Data types and encoding rules	Partial	Types needed for application and unsigned integer types
5.3	DL PDU structure	YES	—
5.4	Type 12 DLPDU structure	YES	—
5.5	Network variable structure	NO	—
5.6	Type 12 mailbox structure	NO	—
6	Attributes	—	—
6.1	Management	YES	—
6.2	Statistics	YES	—
6.3	Watchdogs	YES	—
6.4	Slave information interface	YES	—
6.5	Media independent interface (MII)	YES	—
6.6	Fieldbus memory management unit (FMMU)	YES	—
6.7	Sync manager	YES	—
6.8	Distributed Clock	Optional	If time based synchronization is supported
7	DL-user memory	—	—
7.1	Overview	YES	—
7.2	Mailbox access type	YES	—
7.3	Buffered access type	YES	—
8	Type 12:FDL Protocol state machines	—	—
8.1	Overview of slave DL state machines	NO	—
8.2	State machine description	—	—
8.2.1	Port state machine (PSM)	NO	—
8.2.2	PDU handler state machine (DHSM)	NO	—
8.2.3	Synch manager state machine (SYMSM)	NO	—
8.2.4	Resilient Mailbox State Machine (RMSM)	NO	—
8.2.5	SII State Machine (SIISM)	NO	—
8.2.6	MII State Machine (MIISM)	NO	—
8.2.7	DC State Machine (DCSM)	NO	—

4.3.3 Application layer

4.3.3.1 EtherCAT Slave

The application layer is described in IEC 61158-5-12 and IEC 61158-6-12. Table 20 specifies the use of the services, specified in IEC 61158-5-12, included in this profile. Table 21 specifies the use of the protocol, specified in IEC 61158-6-12, included in this profile.

Table 20 – CP 12/2: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Concepts	—	—
4.1	Common concepts	YES	—
4.2	Type specific concepts	—	—
4.2.1	Operating principle	YES	—
4.2.2	Communication model overview	YES	—
4.2.3	Application layer element description	YES	—
4.2.4	Slave reference model	YES	—
4.2.5	Master reference model	NO	—
5	Data Type ASE	YES	—
6	Communication model specification	—	—
6.1	ASEs	—	—
6.1.1	Process data ASE	YES	—
6.1.2	SII ASE	YES	—
6.1.3	Isochronous ASE	Optional	—
6.1.4	CoE ASE	Optional	—
6.1.5	EoE ASE	Optional	—
6.1.6	FoE ASE	Optional	—
6.1.7	MBX ASE	Optional	—
6.2	AR	YES	—

Table 21 – CP 12/2: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Application Layer protocol specification	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Node reference model	YES	—
5	FAL syntax description	—	—
5.1	Coding principles	YES	—
5.2	Data types and encoding rules	YES	—
5.3	AR coding	YES	Bootstrap optional
5.4	SII coding	YES	—
5.5	Isochronous PDI coding	Optional	—
5.6	CoE coding	Optional	—
5.7	EoE coding	Optional	—
5.8	FoE coding	Optional	—
6	FAL protocol state machine	—	—
6.1	Overall structure	YES	—

Clause	Header	Presence	Constraints
6.2	AP-Context state machine	YES	—
6.3	FAL service protocol machine (FSPM)	YES	—
6.4	Application Relationship Protocol Machines (ARPMs)	—	—
6.4.1	AL state machine	YES	Bootstrap optional
6.4.2	Mailbox handler state machine	YES	—
6.4.3	CoE state machine	Optional	—
6.4.4	EoE state machine	Optional	—
6.4.5	FoE state machine	Optional	—
6.5	DLL mapping protocol machine (DMPM)	YES	—

4.3.3.2 EtherCAT Master

The application layer is described in IEC 61158-5-12 and IEC 61158-6-12. Table 22 specifies the use of the services, specified in IEC 61158-5-12, included in this profile. Table 23 specifies the use of the protocol, specified in IEC 61158-6-12, included in this profile.

Table 22 – CP 12/2: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Concepts	—	—
4.1	Common concepts	YES	—
4.2	Type specific concepts	—	—
4.2.1	Operating principle	YES	—
4.2.2	Communication model overview	YES	—
4.2.3	Application layer element description	YES	—
4.2.4	Slave reference model	NO	—
4.2.5	Master reference model	YES	—
5	Data Type ASE	YES	—
6	Communication model specification	—	—
6.1	ASEs	—	—
6.1.1	Process Data ASE	YES	—
6.1.2	SII ASE	YES	—
6.1.3	Isochronous ASE	Optional	—
6.1.4	CoE ASE	YES	—
6.1.5	EoE ASE	Optional	—
6.1.6	FoE ASE	Optional	—
6.1.7	MBX ASE	Optional	—
6.2	AR	YES	—

Table 23 – CP 12/2: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Application Layer protocol specification	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Node reference Model	YES	—
5	FAL syntax description	—	—
5.1	Coding principles	YES	—
5.2	Data types and encoding rules	YES	—
5.3	AR coding	YES	Bootstrap optional
5.4	SII coding	YES	—
5.5	Isochronous PDI coding	Optional	—
5.6	CoE coding	YES	—
5.7	EoE coding	Optional	—
5.8	FoE coding	Optional	—
6	FAL protocol state machine	—	—
6.1	Overall structure	YES	—
6.2	AP-Context state machine	YES	—
6.3	FAL service protocol machine (FSPM)	YES	—
6.4	Application Relationship Protocol Machines (ARPMs)	—	—
6.4.1	AL state machine	NO	—
6.4.2	Mailbox handler state machine	NO	—
6.4.3	CoE state machine	YES	—
6.4.4	EoE state machine	Optional	—
6.4.5	FoE state machine	Optional	—
6.5	DLL mapping protocol machine (DMPM)	YES	—

4.3.4 Performance indicator selection

4.3.4.1 Performance indicator overview

The performance indicator overview of 4.2.4.1 applies.

Table 24 gives an overview of the performance indicator usage.

Table 24 – CP 12/2: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	—
Number of end-stations	YES	—
Basic network topology	YES	—
Number of switches between end-stations	NO	Slave Device includes switch functionality
Throughput RTE	YES	—
Non-RTE bandwidth	YES	—
Time synchronization accuracy	YES	—
Non-time-based synchronization accuracy	YES	—
Redundancy recovery time	Optional	—

4.3.4.2 Performance indicator dependencies

Table 25 specifies the dependencies of the performance indicators (row) from the performance indicators (column).

Table 25 – CP 12/2: PI dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI							
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Time synchron. accuracy	Non-time-based synchronization accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		YES 4.2.4.4	NO	YES 4.2.4.5	NO	NO	NO	YES 4.2.4.6
Number of end-stations	NO		NO	NO	NO	YES 4.3.4.4	YES 4.2.4.7	NO
Basic network topology	NO	NO		NO	NO	NO	NO	YES 4.2.4.8
Throughput RTE	NO	NO	NO		YES 4.2.4.9	NO	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	YES 4.2.4.9		NO	NO	NO
Time synchronization accuracy	NO	YES 4.3.4.4	NO	NO	NO		NO	NO
Non-time-based synchronization accuracy	NO	YES 4.2.4.7	NO	NO	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	NO	NO	YES 4.2.4.8	NO	NO	NO	NO	

4.3.4.3 Calculation of delivery time

The delivery time is calculated according to Formula (1).

4.3.4.4 Relation between number of end-stations and time synchronization accuracy

The number of end-stations influences the time synchronization accuracy and vice versa.

4.3.4.5 Consistent set of performance indicators for large automation systems

Table 26 gives an outline of a consistent set of performance indicators for a large automation system with a cycle time of 200 μ s and 500 m network extension.

Table 26 – CP 12/2: Consistent set of PIs

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	< 519 μ s	No failure
Number of end-stations	650	—
Number of switches between end-stations	NA	—
Throughput RTE	10 500 000 octets/s	—
Non-RTE bandwidth	55,9 %	—
Time synchronization accuracy	<< 1 μ s	Depends on slave device hardware implementation, typically less than 200 ns
Non-time-based synchronization accuracy	10 μ s	—
Redundancy recovery time	200 μ s	—

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61784-2-12:2023

Bibliography

IEC 61158-1, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 1: Overview and guidance for the IEC 61158 and IEC 61784 series*

IEC 61784-1 (all parts), *Industrial networks – Profiles – Part 1: Fieldbus profiles*

IEC 61784-1-0, *Industrial networks – Profiles – Part 1-0: Fieldbus profiles – General concepts and terminology*

IEC 61784-2 (all parts), *Industrial networks – Profiles – Part 2: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3*

IEC 61918, *Industrial communication networks – Installation of communication networks in industrial premises*

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

ISO/IEC 9646 (all parts), *Information technology – Open Systems Interconnection – Conformance testing methodology and framework*

ISO/IEC TR 10000-1:1998, *Information technology – Framework and taxonomy of International Standardized Profiles – Part 1: General principles and documentation framework*

ISO/IEC 11801-1:2017, *Information technology – Generic cabling for customer premises – Part 1: General requirements*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61784-2-12:2023

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	32
INTRODUCTION.....	34
1 Domaine d'application	35
2 Références normatives	35
3 Termes, définitions, abréviations, acronymes et conventions	36
3.1 Termes et définitions	36
3.2 Abréviations et acronymes	36
3.3 Symboles	36
3.4 Conventions.....	37
4 CPF 12 (EtherCAT®) – Profils de communication RTE	37
4.1 Présentation générale	37
4.2 CP 12/1	37
4.2.1 Couche physique	37
4.2.2 Couche liaison de données.....	39
4.2.3 Couche application	43
4.2.4 Sélection des indicateurs de performance.....	46
4.3 CP 12/2	49
4.3.1 Couche physique	49
4.3.2 Couche liaison de données.....	49
4.3.3 Couche application	53
4.3.4 Sélection des indicateurs de performance.....	56
Bibliographie.....	59
Tableau 1 – Symboles applicables à la CPF 12.....	36
Tableau 2 – CP 12/1: sélection de la PhL – couche physique de l'ISO/IEC/IEEE 8802-3:2021	38
Tableau 3 – CP 12/1: sélection de la PhL – couche physique à alimentation intégrée définie dans l'IEC 61158-2.....	39
Tableau 4 – CP 12/1: sélection des services DLL.....	39
Tableau 5 – CP 12/1: sélection du protocole DLL.....	40
Tableau 6 – CP 12/1: sélection des services DLL.....	41
Tableau 7 – CP 12/1: sélection du protocole DLL.....	42
Tableau 8 – CP 12/1: sélection des services AL.....	43
Tableau 9 – CP 12/1: sélection du protocole AL.....	44
Tableau 10 – CP 12/1: sélection des services AL.....	45
Tableau 11 – CP 12/1: sélection du protocole AL.....	45
Tableau 12 – CP 12/1: vue d'ensemble des indicateurs de performance	46
Tableau 13 – CP 12/1: matrice de dépendance entre les indicateurs de performance	47
Tableau 14 – CP 12/1: plages des indicateurs de performance	47
Tableau 15 – CP 12/1: ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les systèmes d'automatisation de taille moyenne.....	49
Tableau 16 – CP 12/2: sélection des services DLL.....	49
Tableau 17 – CP 12/2: sélection du protocole DLL.....	50
Tableau 18 – CP 12/2: sélection des services DLL.....	51

Tableau 19 – CP 12/2: sélection du protocole DLL.....	52
Tableau 20 – CP 12/2: sélection des services AL.....	53
Tableau 21 – CP 12/2: sélection du protocole AL.....	54
Tableau 22 – CP 12/2: sélection des services AL.....	55
Tableau 23 – CP 12/2: sélection du protocole AL.....	55
Tableau 24 – CP 12/2: vue d'ensemble des indicateurs de performance	56
Tableau 25 – CP 12/2: matrice de dépendance entre les indicateurs de performance	57
Tableau 26 – CP 12/2: ensemble cohérent d'indicateurs de performance.....	58

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61784-2-12:2023

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**RÉSEAUX INDUSTRIELS –
PROFILS –****Partie 2-12: Profils de bus de terrain supplémentaires
pour les réseaux en temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 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 propriété et averti de leur existence.

L'attention est attirée sur le fait que l'utilisation de certains des types de protocoles associés 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 respectifs des droits de propriété intellectuelle pour ces types.

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

L'IEC 61784-2-12 a été établie par le sous-comité 65C: Réseaux industriels, du comité d'études 65 de l'IEC: Mesure, commande et automation dans les processus industriels. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette première édition, conjointement avec les autres parties de la même série, annule et remplace la quatrième édition de l'IEC 61784-2 parue en 2019. Cette première édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'IEC 61784-2:2019:

- a) scission de l'IEC 61784-2 d'origine en plusieurs sous-parties, une sous-partie pour le matériel de nature générique et une sous-partie pour chaque famille de profils de communication spécifiée dans le document d'origine.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
65C/1209/FDIS	65C/1237/RVD

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

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61784-2, publiées sous le titre général *Réseaux industriels – Profils – Partie 2: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

INTRODUCTION

La série IEC 61784-2 fournit des profils de communication (CP) supplémentaires aux familles de profils de communication (CPF) existantes de la série IEC 61784-1 et des CPF supplémentaires à un ou plusieurs CP. Ces profils répondent aux objectifs du marché d'automatisation industrielle visant à identifier les réseaux de communication Ethernet en temps réel (RTE) coexistant avec l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – communément appelée la norme pour Ethernet. Ces réseaux de communication RTE s'appuient sur les dispositions de l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 relatives aux couches inférieures de la pile de communication et assurent en outre un transfert de données en temps réel plus prévisible et fiable, et une prise en charge d'une synchronisation précise de l'équipement d'automatisation.

De manière plus spécifique, ces profils permettent d'assurer la conformité des réseaux de communication RTE à l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 et d'éviter la propagation de mises en œuvre divergentes.

L'adoption de la technologie Ethernet pour la communication industrielle entre les contrôleurs, et même pour la communication avec les appareils de terrain, favorise l'utilisation des technologies Internet dans la zone de terrain. Cette disponibilité pourrait s'avérer inacceptable si elle était à l'origine de la perte de certaines fonctionnalités exigées dans la zone de terrain des réseaux d'automatisation des communications industrielles, telles que:

- le fonctionnement en temps réel;
- les actions synchronisées entre les appareils de terrain, tels que les unités d'entraînement;
- l'échange efficace et fréquent d'enregistrements de données de très faible volume.

Ces nouveaux profils RTE peuvent présenter l'avantage d'améliorer les réseaux Ethernet en matière de largeur de bande de transmission et de portée de réseau.

Une autre exigence implicite, mais néanmoins essentielle, porte sur le fait que la totalité des capacités de communication Ethernet classiques (telles qu'elles sont utilisées dans le monde professionnel) est conservée, ce qui permet de continuer à utiliser le logiciel concerné.

Le marché a besoin de plusieurs solutions réseau, présentant chacune des caractéristiques de performance et des capacités fonctionnelles différentes qui correspondent aux différentes exigences d'application. Les indicateurs de performance RTE, dont les valeurs sont fournies avec les appareils RTE en fonction des profils de communication spécifiés dans la série IEC 61784-2, permettent à l'utilisateur de mettre en correspondance les appareils du réseau avec les exigences de performance dépendantes de l'application d'un réseau RTE.

RÉSEAUX INDUSTRIELS – PROFILS –

Partie 2-12: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 12

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61784-2 définit la famille de profils de communication 12 (CPF 12). La CPF 12 spécifie un ensemble de profils de communication (CP) Ethernet en temps réel (RTE, Real-Time Ethernet) et de composants de réseau associés basés sur la série IEC 61158 (type 12), l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 et d'autres normes.

Pour chaque profil de communication RTE, le présent document spécifie également les indicateurs de performance RTE correspondants et les dépendances entre ces indicateurs de performance RTE.

NOTE 1 Tous les CP sont fondés sur des normes ou projets de normes, ou des Normes internationales, publiés par l'IEC, ou bien sur des normes ou des Normes internationales établies par d'autres organismes de normalisation ou des processus de normalisation ouverts.

NOTE 2 Les profils de communication RTE utilisent les réseaux de communication ISO/IEC/IEEE 8802-3 et leurs composants de réseau connexes et amendent dans certains cas ces normes, pour obtenir les fonctions RTE.

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 la série IEC 61784-1 et la série 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 (toutes les parties), *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain*

IEC 61158-2:2023, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 2: Spécification et définition des services de la couche physique*

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 – Éléments de type 12*

IEC 61158-4-12:2019, *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*

IEC 61158-5-12:2019, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 5-12: Définition des services de la couche application – Éléments de type 12*

IEC 61158-6-12:2019, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 6-12: Spécification du protocole de la couche application – Éléments de type 12*

IEC 61784-2-0:2023, *Réseaux industriels – Profils – Partie 2-0: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – Concepts généraux et terminologie*

ISO/IEC/IEEE 8802-3:2021, *Télécommunications et échange entre systèmes informatiques – Exigences pour les réseaux locaux et métropolitains – Partie 3: Norme pour Ethernet*

IETF RFC 791, J. Postel, *Internet Protocol*, septembre 1981, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc791> [consulté le 18/02/2022]

3 Termes, définitions, abréviations, acronymes et conventions

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'IEC 61784-2-0 et l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

3.2 Abréviations et acronymes

Pour les besoins du présent document, les abréviations et les acronymes de l'IEC 61784-2-0 ainsi que les suivants s'appliquent.

CP	Communication Profile (profil de communication) [conformément à l'IEC 61784-1-0]
CPF	Communication Profile Family (famille de profils de communication) [conformément à l'IEC 61784-1-0]
IETF	Internet Engineering Task Force (groupe spécial d'ingénierie d'Internet)
IP	Internet Protocol (protocole Internet) (voir l'IETF RFC 791)
NoS	Number of Switches (nombre de commutateurs)
PI	Performance Indicator (indicateur de performance)

3.3 Symboles

Pour les besoins du présent document, les symboles de l'IEC 61784-2-0 ainsi que ceux du Tableau 1 s'appliquent.

Tableau 1 – Symboles applicables à la CPF 12

Symbole	Définition	Unité
l_{tc}	Longueur totale du câble	m
NoS	Nombre d'appareils subordonnés	–
Pd	Délai de propagation	μs
t_{cd}	Délai du câble	$\mu s/m$
t_{cpdl}	Délai de copie des données dans un appareil subordonné	μs
t_{cycle}	Temps de cycle	μs
t_D	Temps de remise	μs
t_{data}	Durée de transmission de la trame Ethernet en temps réel la plus longue	μs

3.4 Conventions

Pour les besoins du présent document, les conventions définies dans l'IEC 61784-2-0 s'appliquent.

4 CPF 12 (EtherCAT®) – Profils de communication RTE

4.1 Présentation générale

EtherCAT®¹ est une technologie RTE reposant sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3, l'IEC 61158-2, l'IEC 61158-3-12, l'IEC 61158-4-12, l'IEC 61158-5-12 et l'IEC 61158-6-12. Elle est particulièrement adaptée aux communications entre les systèmes de commande et les périphériques, tels que les systèmes d'entrée-sortie, les entraînements, les capteurs et actionneurs.

Dans le présent document, les profils de communication suivants sont spécifiés pour la CPF 12:

- profil 12/1
Ce profil définit les sélections de protocole et de services pour des appareils d'E/S simples, qui peuvent communiquer des données de processus de manière cyclique;
- profil 12/2
Ce profil définit les sélections de protocole et de services pour deux types d'appareils:
 - les appareils intelligents ou modulaires avec fonctions de communication boîte aux lettres;
 - les appareils qui prennent en charge également la synchronisation temporelle pour exécuter des actions coordonnées.

Ces trois types d'appareils peuvent être mélangés de manière arbitraire.

4.2 CP 12/1

4.2.1 Couche physique

La couche physique est décrite dans l'IEC 61158-2 et l'ISO/IEC/IEEE 8802-3:2021. Le Tableau 2 spécifie l'utilisation de la couche physique, précisée dans l'ISO/IEC/IEEE 8802-3:2021, incluse dans ce profil.

Le Tableau 3 spécifie l'utilisation d'une couche physique à alimentation intégrée, précisée dans l'IEC 61158-2, incluse dans ce profil.

¹ EtherCAT® est une appellation commerciale de Beckhoff, Verl. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que l'IEC approuve le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'exige pas l'utilisation de l'appellation commerciale EtherCAT. L'utilisation de l'appellation commerciale EtherCAT exige l'autorisation du détenteur de l'appellation commerciale.

**Tableau 2 – CP 12/1: sélection de la PhL – couche physique
de l'ISO/IEC/IEEE 8802-3:2021**

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Introduction	OUI	—
2	Spécification de service de contrôle d'accès au support (MAC)	OUI	—
3	Spécifications de trames et de paquets de contrôle d'accès au support (MAC)	OUI	—
4	Contrôle d'accès au support	NON	—
5	Gestion de couche	Facultatif	—
6...20	--	NON	—
Annexe 4A	Contrôle d'accès au support en mode bidirectionnel simultané simplifié	OUI	—
21	Introduction aux réseaux bande de base 100 Mbit/s, type 100BASE-T	OUI	—
22	Sous-couche de réconciliation (RS, Reconciliation Sublayer) et interface indépendante du support (MII, Media Independent Interface)	OUI	—
23	Sous-couche de codage physique (PCS, Physical Coding Sublayer), sous-couche de raccordement au support physique (PMA, Physical Medium Attachment) et support de bande de base, type 100BASE-T4	NON	—
24	Sous-couche de codage physique (PCS) et sous-couche de raccordement au support physique (PMA), type 100BASE-X	OUI	—
25	Sous-couche dépendant du support physique (PMD, Physical Medium Dependent) et support de bande de base, type 100BASE-TX	Facultatif	Technologie préférentielle
26	Sous-couche dépendant du support physique (PMD) et support de bande de base, type 100BASE-FX	Facultatif	A utiliser dans des conditions d'environnement particulières
27	Répéteur pour réseaux bande de base 100 Mbit/s	NON	—
28	Signalisation de liaison de couche physique pour l'autonégociation sur une paire torsadée	Facultatif	Les fonctions d'autonégociation et d'autorecouvrement sont fortement recommandées
29	Considérations système relatives aux réseaux 100BASE-T à segments multiples	NON	—
30 ... 32	--	NON	—
33	Alimentation de l'équipement terminal de traitement de données (DTE, Data Terminal Equipment) par une interface dépendant du support (MDI, Media Dependent Interface)	Facultatif	—
Annexe 22A...D	MII	OUI	—
Annexe 23A...C	Mots de code 6T	NON	—
Annexe 27A	Exigences de cohérence de délai du répéteur	NON	—
Annexe 28A...D	Définitions du champ de sélecteur	OUI	—
Annexe 29A...B	Composants de délai du DTE et du répéteur	Facultatif	—
Annexe 30A...C	Spécification GDMO pour les classes d'objets gérées définies dans l'IEEE 802.3	NON	—

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
Annexe 31A...D	Attributions de codes de fonctionnement de contrôle MAC	NON	—
Annexe 32A	Utilisation de systèmes de câblage avec impédance caractéristique différentielle nominale de 120 Ω ou 150 Ω	NON	—
Annexe 33A	Stabilité PSE-PD	NON	—
34 ff	Introduction au réseau bande de base 1 000 Mbit/s	Facultatif	Pour usage ultérieur

Tableau 3 – CP 12/1: sélection de la PhL – couche physique à alimentation intégrée définie dans l'IEC 61158-2

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
5	Interface DLL – PhL	—	—
5.8	Type 12: services exigés	OUI	—
6	Interface gestion de système – PhL	—	—
6.7	Type 12: interface gestion de système – PhL	OUI	—
7	Sous-couche indépendante de DCE (DIS)	—	—
7.6	Type 12: DIS	OUI	—
8	Interface DTE – DCE et fonctions spécifiques à la sous-couche indépendante des supports (MIS)	—	—
8.5	Type 12: Interface DTE – DCE	OUI	Interface non exposée
9	Sous-couche dépendante du support (MDS)	—	—
9.9	Type 12: MDS: support filaire	OUI	—
10	Interface MDS – MAU	—	—
29	Type 12: alimentation de l'unité de liaison au support combinée avec un dispositif de couche physique Ethernet (PHY)	OUI	—

4.2.2 Couche liaison de données

4.2.2.1 Appareil subordonné EtherCAT

La couche liaison de données est décrite dans l'IEC 61158-3-12 et l'IEC 61158-4-12. Le Tableau 4 spécifie l'utilisation des services, précisée dans l'IEC 61158-3-12, inclus dans ce profil. Le Tableau 5 spécifie l'utilisation du protocole, précisée dans l'IEC 61158-4-12, inclus dans ce profil.

Tableau 4 – CP 12/1: sélection des services DLL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Services et concepts de la couche liaison de données	—	—
4.1	Principe de fonctionnement	OUI	—
4.2	Topologie	OUI	—
4.3	Vue d'ensemble de la couche liaison de données	OUI	—
4.4	Vue d'ensemble de la détection des erreurs	OUI	—
4.5	Introduction au traitement des paramètres et des données de processus	Partielle	Certains exemples ne décrivent pas les fonctions obligatoires
4.6	Modèle de référence de nœud	OUI	—

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4.7	Vue d'ensemble du fonctionnement	Partielle	Mode direct obligatoire
4.8	Adressage	OUI	—
4.9	Classification des appareils subordonnés	Partielle	Appareil subordonné de base obligatoire
4.10	Structure de la couche de communication dans l'appareil subordonné	Partielle	—
5	Services de communication	—	—
5.1	Vue d'ensemble	OUI	—
5.2	Services de lecture	Partielle	Services de réponse (.ind/.rsp)
5.3	Services d'écriture	Partielle	Services de réponse (.ind/.rsp)
5.4	Services combinés de lecture/écriture	Partielle	Services de réponse (.ind/.rsp)
5.5	Services de réseau	NON	—
5.6	Boîte aux lettres	NON	—
6	Interactions locales	—	—
6.1	Lecture locale	OUI	—

Tableau 5 – CP 12/1: sélection du protocole DLL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Vue d'ensemble du protocole DL	—	—
4.1	Principe de fonctionnement	OUI	—
4.2	Topologie	OUI	—
4.3	Principes de traitement de trame	OUI	—
4.4	Vue d'ensemble de la couche liaison de données	OUI	—
4.5	Vue d'ensemble de la détection des erreurs	OUI	—
4.6	Modèle de référence de nœud	OUI	—
4.7	Vue d'ensemble du fonctionnement	Partielle	Mode direct obligatoire
5	Structure de trame	—	—
5.1	Principes de codage de trame	OUI	—
5.2	Types de données et règles d'encodage	Partielle	Types nécessaires à l'application et types d'entiers non signés
5.3	Structure PDU DL	OUI	—
5.4	Structure DLPDU de type 12	OUI	—
5.5	Structure de variable réseau	NON	—
5.6	Structure de boîte aux lettres de type 12	NON	—
6	Attributs	—	—
6.1	Gestion	OUI	—
6.2	Statistiques	OUI	—
6.3	Chiens de garde	OUI	—
6.4	Interface d'informations des appareils subordonnés	OUI	—
6.5	Interface indépendante du support (MII)	OUI	—
6.6	Unité de gestion de mémoire du bus de terrain (FMMU)	OUI	—
6.7	Gestionnaire de synchronisation	NON	—

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
6.8	Horloge distribuée	Partielle	Horodatage des messages si plus de 2 accès
7	Mémoire utilisateur DL	—	—
7.1	Vue d'ensemble	Facultatif	Si la boîte aux lettres est prise en charge
7.2	Type d'accès à la boîte aux lettres	Facultatif	Si la boîte aux lettres est prise en charge
7.3	Type d'accès en mémoire tampon	Facultatif	—
8	Diagrammes d'états de protocole FDL de type 12	—	—
8.1	Vue d'ensemble des diagrammes d'états DL des appareils subordonnés	Partielle	Diagrammes d'états obligatoires
8.2	Description des diagrammes d'états	—	—
8.2.1	Diagramme d'états de l'accès (PSM)	OUI	—
8.2.2	Diagramme d'états du gestionnaire PDU (DHSM)	OUI	—
8.2.3	Diagramme d'états du gestionnaire de synchronisation (SYMSM)	OUI	—
8.2.4	Diagramme d'états de boîte aux lettres résiliente (RMSM)	Facultatif	Si la boîte aux lettres est prise en charge
8.2.5	Diagramme d'états SII (SIISM)	OUI	—
8.2.6	Diagramme d'états MII (MIISM)	OUI	—
8.2.7	Diagramme d'états DC (DCSM)	Partielle	Horodatage des messages si plus de 2 accès

4.2.2.2 Appareil principal EtherCAT

La couche liaison de données est décrite dans l'IEC 61158-3-12 et l'IEC 61158-4-12. Le Tableau 6 spécifie l'utilisation des services, précisée dans l'IEC 61158-3-12, inclus dans ce profil. Le Tableau 7 spécifie l'utilisation du protocole, précisée dans l'IEC 61158-4-12, inclus dans ce profil. Il incombe à l'appareil principal de sélectionner les services utilisés. Les services de lecture et d'écriture à incréments automatiques sont obligatoires.

Tableau 6 – CP 12/1: sélection des services DLL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Services et concepts de la couche liaison de données	—	—
4.1	Principe de fonctionnement	OUI	—
4.2	Topologie	OUI	—
4.3	Vue d'ensemble de la couche liaison de données	OUI	—
4.4	Vue d'ensemble de la détection des erreurs	OUI	—
4.5	Introduction au traitement des paramètres et des données de processus	Partielle	Certains exemples ne décrivent pas les fonctions obligatoires
4.6	Modèle de référence de nœud	OUI	—
4.7	Vue d'ensemble du fonctionnement	Partielle	Mode direct obligatoire
4.8	Adressage	OUI	—
4.9	Classification des appareils subordonnés	NON	—
4.10	Structure de la couche de communication dans l'appareil subordonné	Partielle	—

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
5	Services de communication	—	—
5.1	Vue d'ensemble	OUI	—
5.2	Services de lecture	Partielle	Services du demandeur (.req/.cnf)
5.3	Services d'écriture	Partielle	Services du demandeur (.req/.cnf)
5.4	Services combinés de lecture/écriture	Partielle	Services du demandeur (.req/.cnf)
5.5	Services de réseau	NON	—
5.6	Boîte aux lettres	NON	—
6	Interactions locales	—	—
6.1	Lecture locale	OUI	—
6.2	Écriture locale	OUI	—

Tableau 7 – CP 12/1: sélection du protocole DLL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Vue d'ensemble du protocole DL	—	—
4.1	Principe de fonctionnement	OUI	—
4.2	Topologie	OUI	—
4.3	Principes de traitement de trame	OUI	—
4.4	Vue d'ensemble de la couche liaison de données	OUI	—
4.5	Vue d'ensemble de la détection des erreurs	OUI	—
4.6	Modèle de référence de nœud	OUI	—
4.7	Vue d'ensemble du fonctionnement	Partielle	Mode direct obligatoire
5	Structure de trame	—	—
5.1	Principes de codage de trame	OUI	—
5.2	Types de données et règles d'encodage	Partielle	Types nécessaires à l'application et types d'entiers non signés
5.3	Structure PDU DL	OUI	—
5.4	Structure DLPDU de type 12	OUI	—
5.5	Structure de variable réseau	NON	—
5.6	Structure de boîte aux lettres de type 12	NON	—
6	Attributs	—	—
6.1	Gestion	OUI	—
6.2	Statistiques	OUI	—
6.3	Chiens de garde	OUI	—
6.4	Interface d'informations des appareils subordonnés	OUI	—
6.5	Interface indépendante du support (MII)	OUI	—
6.6	Unité de gestion de mémoire du bus de terrain (FMMU)	OUI	—
6.7	Gestionnaire de synchronisation	OUI	—
6.8	Horloge distribuée	Partielle	Horodatage des messages si plus de 2 accès
7	Mémoire utilisateur DL	—	—
7.1	Vue d'ensemble	OUI	—
7.2	Type d'accès à la boîte aux lettres	OUI	—

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
7.3	Type d'accès en mémoire tampon	OUI	—
8	Diagrammes d'états de protocole FDL de type 12	—	—
8.1	Vue d'ensemble des diagrammes d'états DL des appareils subordonnés	NON	—
8.2	Description des diagrammes d'états	—	—
8.2.1	Diagramme d'états de l'accès (PSM)	NON	—
8.2.2	Diagramme d'états du gestionnaire PDU (DHSM)	NON	—
8.2.3	Diagramme d'états du gestionnaire de synchronisation (SYMSM)	NON	—
8.2.4	Diagramme d'états de boîte aux lettres résiliente (RMSM)	NON	—
8.2.5	Diagramme d'états SII (SIISM)	NON	—
8.2.6	Diagramme d'états MII (MIISM)	NON	—
8.2.7	Diagramme d'états DC (DCSM)	NON	—

4.2.3 Couche application

4.2.3.1 Appareil subordonné EtherCAT

La couche application est décrite dans l'IEC 61158-5-12 et l'IEC 61158-6-12. Le Tableau 8 spécifie l'utilisation des services, précisée dans l'IEC 61158-5-12, inclus dans ce profil. Le Tableau 9 spécifie l'utilisation du protocole, précisée dans l'IEC 61158-6-12, inclus dans ce profil.

Tableau 8 – CP 12/1: sélection des services AL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Concepts	—	—
4.1	Concepts communs	OUI	—
4.2	Concepts propres au type	—	—
4.2.1	Principe de fonctionnement	OUI	—
4.2.2	Vue d'ensemble des modèles de communication	OUI	—
4.2.3	Description de l'élément de couche application	OUI	—
4.2.4	Modèle de référence des appareils subordonnés	OUI	—
4.2.5	Modèle de référence de l'appareil principal	NON	—
5	ASE de type de données	OUI	—
6	Spécification du modèle de communication	—	—
6.1	ASE	—	—
6.1.1	ASE de données de processus	OUI	—
6.1.2	ASE SII	Partielle	Objets obligatoires, aucune catégorie exigée
6.1.3	ASE isochrone	NON	—
6.1.4	ASE CoE	NON	—
6.1.5	ASE EoE	NON	—

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
6.1.6	ASE FoE	NON	—
6.1.7	ASE MBX	NON	—
6.2	AR	OUI	—

Tableau 9 – CP 12/1: sélection du protocole AL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Spécification de protocoles de la couche application	—	—
4.1	Principe de fonctionnement	OUI	—
4.2	Modèle de référence de nœud	OUI	—
5	Description de la syntaxe FAL	—	—
5.1	Principes de codage	OUI	—
5.2	Types de données et règles d'encodage	OUI	—
5.3	Codage AR	OUI	Pas d'amorce
5.4	Codage SII	OUI	—
5.5	Codage PDI isochrone	NON	—
5.6	Codage CoE	NON	—
5.7	Codage EoE	NON	—
5.8	Codage FoE	NON	—
6	Diagramme d'états de protocole FAL	—	—
6.1	Structure générale	OUI	—
6.2	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	—
6.3	Machine de protocole de service FAL (FSPM)	OUI	—
6.4	Machines de protocole de relation d'application (ARPM)	—	—
6.4.1	Diagramme d'états AL	OUI	Pas d'amorce et de boîte aux lettres de départ exigées
6.4.2	Diagramme d'états du gestionnaire de boîte aux lettres	Facultatif	—
6.4.3	Diagramme d'états CoE	NON	—
6.4.4	Diagramme d'états EoE	NON	—
6.4.5	Diagramme d'états FoE	NON	—
6.5	Machine de protocole de mapping DLL (DMPM)	OUI	—

4.2.3.2 Appareil principal EtherCAT

La couche application est décrite dans l'IEC 61158-5-12 et l'IEC 61158-6-12. Le Tableau 10 spécifie l'utilisation des services, précisée dans l'IEC 61158-5-12, inclus dans ce profil. Le Tableau 11 spécifie l'utilisation du protocole, précisée dans l'IEC 61158-6-12, inclus dans ce profil.

Tableau 10 – CP 12/1: sélection des services AL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Concepts	—	—
4.1	Concepts communs	OUI	—
4.2	Concepts propres au type	—	—
4.2.1	Principe de fonctionnement	OUI	—
4.2.2	Vue d'ensemble des modèles de communication	OUI	—
4.2.3	Description de l'élément de couche application	OUI	—
4.2.4	Modèle de référence des appareils subordonnés	NON	—
4.2.5	Modèle de référence de l'appareil principal	OUI	—
5	ASE de type de données	OUI	—
6	Spécification du modèle de communication	—	—
6.1	ASE	—	—
6.1.1	ASE de données de processus	OUI	—
6.1.2	ASE SII	Partielle	Objets obligatoires, aucune catégorie exigée
6.1.3	ASE isochrone	NON	—
6.1.4	ASE CoE	NON	—
6.1.5	ASE EoE	NON	—
6.1.6	ASE FoE	NON	—
6.1.7	ASE MBX	NON	—
6.2	AR	OUI	—

Tableau 11 – CP 12/1: sélection du protocole AL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Spécification de protocoles de la couche application	—	—
4.1	Principe de fonctionnement	OUI	—
4.2	Modèle de référence de nœud	OUI	—
5	Description de la syntaxe FAL	—	—
5.1	Principes de codage	OUI	—
5.2	Types de données et règles d'encodage	OUI	—
5.3	Codage AR	OUI	Pas d'amorce
5.4	Codage SII	OUI	—
5.5	Codage PDI isochrone	NON	—
5.6	Codage CoE	NON	—
5.7	Codage EoE	NON	—
5.8	Codage FoE	NON	—
6	Diagramme d'états de protocole FAL	—	—
6.1	Structure générale	OUI	—
6.2	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	—
6.3	Machine de protocole de service FAL (FSPM)	OUI	—
6.4	Machines de protocole de relation d'application (ARPM)	—	—

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
6.4.1	Diagramme d'états AL	NON	—
6.4.2	Diagramme d'états du gestionnaire de boîte aux lettres	NON	—
6.4.3	Diagramme d'états CoE	NON	—
6.4.4	Diagramme d'états EoE	NON	—
6.4.5	Diagramme d'états FoE	NON	—
6.5	Machine de protocole de mapping DLL (DMPM)	OUI	—

4.2.4 Sélection des indicateurs de performance

4.2.4.1 Vue d'ensemble des indicateurs de performance

Le Tableau 12 présente l'utilisation des indicateurs de performance.

Tableau 12 – CP 12/1: vue d'ensemble des indicateurs de performance

Indicateur de performance	Applicable	Contraintes
Temps de remise	OUI	—
Nombre de stations d'extrémité	OUI	—
Topologie de réseau de base	OUI	—
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	NON	L'appareil subordonné intègre une fonction de commutation
Débit RTE	OUI	—
Largeur de bande non-RTE	OUI	—
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	—
Exactitude de la synchronisation non périodique	OUI	—
Temps de reprise de redondance	Facultatif	—

4.2.4.2 Dépendances entre les indicateurs de performance

Le Tableau 13 spécifie les dépendances entre les indicateurs de performance, en les associant les uns aux autres selon une structure en lignes et colonnes.

Tableau 13 – CP 12/1: matrice de dépendance entre les indicateurs de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence						
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Débit RTE	Largeur de bande non-RTE	Exactitude de la synchronisation non périodique	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		OUI 4.2.4.4	NON	OUI 4.2.4.5	NON	NON	OUI 4.2.4.6
Nombre de stations d'extrémité	NON		NON	NON	NON	OUI 4.2.4.7	NON
Topologie de réseau de base	NON	NON		NON	NON	NON	OUI 4.2.4.8
Débit RTE	NON	NON	NON		OUI 4.2.4.9	NON	NON
Largeur de bande non-RTE	NON	NON	NON	OUI 4.2.4.9		NON	NON
Exactitude de la synchronisation non périodique	NON	OUI 4.2.4.7	NON	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	NON	NON	OUI 4.2.4.8	NON	NON	NON	

Le Tableau 14 présente les plages des indicateurs de performance.

Tableau 14 – CP 12/1: plages des indicateurs de performance

Indicateur de performance	Valeur	Description de la fonction
Temps de remise	20 µs – 1 s	—
Nombre de stations d'extrémité	Jusqu'à 65 535	—
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Non limité par le protocole dans la pratique	Les appareils subordonnés EtherCAT sont des commutateurs à 2 accès
Débit RTE	1 % – 100 %	—
Largeur de bande non-RTE	99 % – 0 %	—
Exactitude de la synchronisation non périodique	1 µs – 10 µs	Dépend de la topologie
Temps de reprise de redondance	1 cycle	—

4.2.4.3 Calcul du temps de remise

Le temps de remise de l'indicateur de performance peut être calculé par la Formule (1).

$$t_D = t_{\text{cycle}} + t_{\text{data}} + t_{\text{cd}} \times l_{\text{tc}} + \sum_{i=1}^{NoS} t_{\text{pd}}(i) + t_{\text{cpdl}} \quad (1)$$

Où:

t_D est le temps de remise;

t_{cycle} est le temps de cycle ($t_{\text{cycle}} \geq t_{\text{data}}$);

t_{data} est la durée de transmission de la trame Ethernet en temps réel la plus longue (80 ns/octet);

t_{cd} est le délai du câble (4,5 ns/m – 5 ns/m);

l_{tc} est la longueur totale du câble, en m;

Pd est le délai de propagation d'un appareil subordonné (dépendant de la mise en œuvre);

NoS est le nombre d'appareils subordonnés;

t_{cpdl} est le délai de copie des données dans un appareil subordonné (valeur type: < 100 ns).

Le temps de cycle est indépendant du délai de propagation des appareils subordonnés connectés et des délais du câble, les capacités bidirectionnelles simultanées du système permettant d'envoyer la trame suivante avant que la trame initiale n'ait été retournée à l'appareil principal. Le temps de cycle minimal est donc uniquement limité par la durée de transmission de la trame RTE la plus longue dans le scénario d'application donné. La mise en œuvre de l'appareil principal peut limiter ce temps de cycle minimal.

4.2.4.4 Dépendance du temps de remise par rapport au nombre de stations d'extrémité

Le nombre de stations d'extrémité influence en général la quantité de données, et donc la durée de transmission de la trame de données ainsi que la somme des délais de propagation et par conséquent le temps de remise calculé dans la Formule (1).

4.2.4.5 Dépendance du temps de remise par rapport au débit RTE

Le temps de remise dépend du débit RTE de données et du temps de cycle, étant donné que le débit RTE peut être adapté principalement en modifiant ces deux paramètres. Si le débit RTE est augmenté par élévation de la quantité de données sans modifier le temps de cycle, le temps de remise augmente également. Si le débit RTE est augmenté par réduction du temps de cycle, le temps de remise est réduit. Si le débit RTE augmente par modification de ces deux paramètres, le temps de remise ne varie pas (voir Formule (1)).

4.2.4.6 Dépendance du temps de remise par rapport au temps de reprise de redondance

Le temps de reprise de redondance influence le temps de cycle et par conséquent le temps de remise (voir Formule (1)).

4.2.4.7 Relation entre le nombre de stations d'extrémité et l'exactitude de la synchronisation non périodique

Le nombre de stations d'extrémité influence l'exactitude de la synchronisation non périodique, et inversement.

4.2.4.8 Relation entre la topologie de réseau de base et le temps de reprise de redondance

Etant donné que la redondance du câble détermine la topologie en tant que telle, l'exigence d'un temps de reprise de redondance fini influence la topologie de réseau de base, et inversement.

4.2.4.9 Relation entre le débit RTE et la largeur de bande non-RTE

La largeur de bande non-RTE est la différence entre la largeur de bande globale et le débit RTE (traitement RTE inclus), les deux valeurs s'influencent donc réciproquement.

4.2.4.10 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les systèmes d'automatisation de taille moyenne

Le Tableau 15 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour le CP 12/1, pour les systèmes d'automatisation de taille moyenne avec un temps de cycle de 60 µs.

Tableau 15 – CP 12/1: ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les systèmes d'automatisation de taille moyenne

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	< 150 µs	Sans défaillance
Nombre de stations d'extrémité	180	—
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	NA	—
Débit RTE	10 750 000 octets/s	—
Largeur de bande non-RTE	50,6 %	—
Exactitude de la synchronisation non périodique	10 µs	—
Temps de reprise de redondance	60 µs	—

4.3 CP 12/2

4.3.1 Couche physique

La couche physique est identique à celle présentée en 4.2.1.

4.3.2 Couche liaison de données

4.3.2.1 Appareil subordonné EtherCAT

La couche liaison de données est présentée dans l'IEC 61158-3-12 et l'IEC 61158-4-12. Le Tableau 16 spécifie l'utilisation des services, précisée dans l'IEC 61158-3-12, inclus dans ce profil. Le Tableau 17 spécifie l'utilisation du protocole, précisée dans l'IEC 61158-4-12, inclus dans ce profil.

Tableau 16 – CP 12/2: sélection des services DLL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Services et concepts de la couche liaison de données	—	—
4.1	Principe de fonctionnement	OUI	—
4.2	Topologie	OUI	—
4.3	Vue d'ensemble de la couche liaison de données	OUI	—
4.4	Vue d'ensemble de la détection des erreurs	OUI	—
4.5	Introduction au traitement des paramètres et des données de processus	Partielle	Certains exemples ne décrivent pas les fonctions obligatoires
4.6	Modèle de référence de nœud	OUI	—
4.7	Vue d'ensemble du fonctionnement	Partielle	Mode direct obligatoire
4.8	Adressage	OUI	—