

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Industrial communication networks – Profiles –
Part 2: Additional fieldbus profiles for real-time networks based on
ISO/IEC 8802-3**

**Réseaux de communication industriels – Profils –
Partie 2: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps
réel basés sur l'ISO/CEI 8802-3**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 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 Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
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 corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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: csc@iec.ch.

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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Industrial communication networks – Profiles –
Part 2: Additional fieldbus profiles for real-time networks based on
ISO/IEC 8802-3**

**Réseaux de communication industriels – Profils –
Partie 2: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps
réel basés sur l'ISO/CEI 8802-3**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XH

ICS 35.100.20; 35.240.50

ISBN 978-2-8322-1707-8

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.....	14
INTRODUCTION.....	17
1 Scope.....	18
2 Normative references	18
3 Terms, definitions, abbreviated terms, acronyms, and conventions	23
3.1 Terms and definitions.....	23
3.2 Abbreviated terms and acronyms	27
3.3 Symbols.....	29
3.3.1 CPF 2 symbols	29
3.3.2 CPF 3 symbols	30
3.3.3 CPF 4 symbols	31
3.3.4 CPF 6 symbols	31
3.3.5 CPF 10 symbols	32
3.3.6 CPF 11 symbols	32
3.3.7 CPF 12 symbols	33
3.3.8 CPF 13 symbols	33
3.3.9 CPF 14 symbols	34
3.3.10 CPF 15 symbols	34
3.3.11 CPF 16 symbols	35
3.3.12 CPF 17 symbols	35
3.3.13 CPF 18 symbols	36
3.4 Conventions.....	37
3.4.1 Conventions common to all layers	37
3.4.2 Physical layer	38
3.4.3 Data-link layer	38
3.4.4 Application layer	39
4 Conformance to communication profiles	39
5 RTE performance indicators	40
5.1 Basic principles of performance indicators	40
5.2 Application requirements.....	41
5.3 Performance indicators	41
5.3.1 Delivery time	41
5.3.2 Number of RTE end-stations.....	42
5.3.3 Basic network topology.....	42
5.3.4 Number of switches between RTE end-stations	42
5.3.5 Throughput RTE	42
5.3.6 Non-RTE bandwidth.....	42
5.3.7 Time synchronization accuracy	43
5.3.8 Non-time-based synchronization accuracy	43
5.3.9 Redundancy recovery time	43
6 Conformance tests	43
6.1 Concept	43
6.2 Methodology	44
6.3 Test conditions and test cases	44
6.4 Test procedure and measuring.....	44
6.5 Test report	45

7	Communication Profile Family 2 (CIP™) – RTE communication profiles	45
7.1	General overview	45
7.2	Profile 2/2	46
7.2.1	Physical layer	46
7.2.2	Data-link layer	46
7.2.3	Application layer	46
7.2.4	Performance indicator selection	46
7.3	Profile 2/2.1	50
7.3.1	Physical layer	50
7.3.2	Data-link layer	50
7.3.3	Application layer	52
7.3.4	Performance indicator selection	54
8	Communication Profile Family 3 (PROFIBUS & PROFINET) – RTE communication profiles	55
8.1	General overview	55
8.1.1	CPF 3 overview	55
8.1.2	Administrative numbers	55
8.1.3	Node Classes	56
8.1.4	Timing parameters	57
8.1.5	Communication classes	60
8.1.6	Media redundancy classes	63
8.1.7	Media classes	63
8.1.8	Application classes	64
8.1.9	Records	67
8.1.10	Communication feature list	73
8.1.11	Conformance class behaviors	74
8.2	Profile 3/4	78
8.2.1	Physical layer	78
8.2.2	Data link layer	78
8.2.3	Application layer	79
8.2.4	Performance indicator selection	86
8.3	Profile 3/5	93
8.3.1	Physical layer	93
8.3.2	Data link layer	93
8.3.3	Application layer	93
8.3.4	Performance indicator selection	100
8.4	Profile 3/6	102
8.4.1	Physical layer	102
8.4.2	Data link layer	102
8.4.3	Application layer	102
8.4.4	Performance indicator selection	109
9	Communication Profile Family 4 (P-NET) – RTE communication profiles	114
9.1	General overview	114
9.2	Profile 4/3, P-NET on IP	115
9.2.1	Physical layer	115
9.2.2	Data-link layer	115
9.2.3	Application layer	116
9.2.4	Performance indicator selection	117
10	Communication Profile Family 6 (INTERBUS®) – RTE communication profiles	120

10.1	General overview	120
10.2	Profile 6/4	122
10.2.1	Mapping	122
10.2.2	Type 10 service and protocol selection	123
10.2.3	Type 8 service and protocol selection	123
10.2.4	Performance indicator selection	124
10.3	Profile 6/5	125
10.3.1	Mapping	125
10.3.2	Type 10 service and protocol selection	125
10.3.3	Type 8 service and protocol selection	125
10.3.4	Performance indicator selection	125
10.4	Profile 6/6	126
10.4.1	Mapping	126
10.4.2	Type 10 service and protocol selection	126
10.4.3	Type 8 service and protocol selection	126
10.4.4	Performance indicator selection	126
11	Communication Profile Family 10 (Vnet/IP) – RTE communication profiles	127
11.1	General overview	127
11.2	Profile 10/1	128
11.2.1	Physical layer	128
11.2.2	Data link layer	128
11.2.3	Application layer	130
11.2.4	Performance indicator selection	131
12	Communication Profile Family 11 (TCnet) – RTE communication profiles	136
12.1	General overview	136
12.2	Profile 11/1	137
12.2.1	Physical layer	137
12.2.2	Data-link layer	137
12.2.3	Application layer	141
12.2.4	Performance indicator selection	141
12.3	Profile 11/2	147
12.3.1	Physical layer	147
12.3.2	Data-link layer	147
12.3.3	Application layer	151
12.3.4	Performance indicator selection	151
12.4	Profile 11/3	156
12.4.1	Physical layer	156
12.4.2	Data-link layer	156
12.4.3	Application layer	159
12.4.4	Performance indicator selection	160
13	Communication Profile Family 12 (EtherCAT®) – RTE communication profiles	166
13.1	General overview	166
13.2	Profile CP 12/1	166
13.2.1	Physical layer	166
13.2.2	Data-link layer	167
13.2.3	Application layer	171
13.2.4	Performance indicator selection	173
13.3	Profile CP 12/2	176
13.3.1	Physical layer	176

13.3.2	Data-link layer	176
13.3.3	Application layer	179
13.3.4	Performance indicator selection	181
14	Communication Profile Family 13 (Ethernet POWERLINK) – RTE communication profiles	183
14.1	General overview	183
14.2	Profile 13/1	183
14.2.1	Physical layer	183
14.2.2	Data-link layer	184
14.2.3	Application layer	184
14.2.4	Performance indicator selection	184
15	Communication Profile Family 14 (EPA)- RTE communication profiles	189
15.1	General overview	189
15.2	CPF 14 (EPA) communication concept	190
15.2.1	General	190
15.2.2	Network Topology	190
15.2.3	EPA devices	191
15.3	Profile 14/1	192
15.3.1	Physical layer	192
15.3.2	Data-link layer	192
15.3.3	Network Layer	192
15.3.4	Transport Layer	192
15.3.5	Application layer	192
15.3.6	Performance indicator selection	193
15.4	Profile 14/2	196
15.4.1	Physical layer	196
15.4.2	Data-link layer	196
15.4.3	Network Layer	197
15.4.4	Transport Layer	197
15.4.5	Application layer	197
15.4.6	Performance indicator selection	198
15.5	Profile 14/3	201
15.5.1	Physical layer	201
15.5.2	Data-link layer	201
15.5.3	Network Layer	202
15.5.4	Transport Layer	202
15.5.5	Application layer	202
15.5.6	Performance indicator selection	203
15.6	Profile 14/4	206
15.6.1	Physical layer	206
15.6.2	Data-link layer	206
15.6.3	Network layer	207
15.6.4	Transport layer	208
15.6.5	Application layer	208
15.6.6	Performance indicator selection	209
16	Communication Profile Family 15 (MODBUS-RTPS) – RTE communication profiles	211
16.1	General overview	211
16.2	Profile 15/1	212
16.2.1	Physical layer	212

16.2.2	Data-link layer	212
16.2.3	Application layer	212
16.2.4	Performance indicator selection	212
16.3	Profile 15/2	217
16.3.1	Physical layer	217
16.3.2	Data-link layer	217
16.3.3	Application layer	217
16.3.4	Performance indicator selection	218
17	Communication Profile Family 16 (SERCOS)- RTE communication profiles	222
17.1	General overview	222
17.2	Profile 16/3 (SERCOS III)	222
17.2.1	Physical layer	222
17.2.2	Data-link layer	223
17.2.3	Application layer	223
17.2.4	Performance indicator selection	224
18	Communication Profile Family 17(RAPIEnet) – RTE communication profiles	230
18.1	General overview	230
18.2	Profile 17/1	230
18.2.1	Physical layer	230
18.2.2	Datalink layer	230
18.2.3	Application layer	231
18.2.4	Performance indicator selection	232
19	Communication Profile Family 18 (SafetyNET p) – RTE communication profiles	236
19.1	General overview	236
19.2	Profile 18/1	236
19.2.1	Physical layer	236
19.2.2	Data link layer	236
19.2.3	Application layer	239
19.2.4	Performance indicator selection	240
19.3	Profile 18/2	243
19.3.1	Physical layer	243
19.3.2	Data link layer	243
19.3.3	Application layer	245
19.3.4	Performance indicator selection	247
20	Communication Profile Family 8 (CC-Link) – RTE communication profiles	249
20.1	General overview	249
20.2	Profile 8/4	249
20.2.1	Physical layer	249
20.2.2	Data link layer	249
20.2.3	Application layer	250
20.2.4	Performance indicator selection	251
20.3	Profile 8/5	256
20.3.1	Physical layer	256
20.3.2	Data link layer	256
20.3.3	Application layer	256
20.3.4	Performance indicator selection	257
Annex A (informative)	Performance Indicator calculation	263
Bibliography		283

Figure 1 – Example of graphical representation of consistent indicators.....	41
Figure 2 – Conformance test overview	43
Figure 3 – Example of network topology using CP 3/4, CP 3/5, and CP 3/6 components.....	78
Figure 4 – Example of network topology with wireless segment	81
Figure 5 – Calculation basis for delivery time and throughput RTE.....	89
Figure 6 – Linking-device communication profiles RTE-network context.....	121
Figure 7 – Linking-device mapping principle	122
Figure 8 – Data Mapping.....	122
Figure 9 – CP 11/1: Throughput RTE and non-RTE bandwidth.....	144
Figure 10 – CP 11/2: Throughput RTE and non-RTE bandwidth.....	154
Figure 11 – CP 11/3: Throughput RTE and non-RTE bandwidth.....	163
Figure 12 – EPA system network topology example	191
Figure A.1 – CP 3/4: Example of line structure.....	265
Figure A.2 – CP 3/4: Example of ring structure	266
Figure A.3 – CP 3/4: Example of a wireless segment	266
Figure A.4 – CP 3/4: Example of an integrated wireless client.....	267
Figure A.5 – CP 3/5: Example of line structure.....	267
Figure A.6 – CP 3/5: Example of ring structure	268
Figure A.7 – CP 3/6: Example of line structure.....	269
Figure A.8 – CP 3/6: Example of line structure.....	270
Figure A.9 – CP 3/6: Example of ring structure	271
Figure A.10 – CP 3/6: Example of tree structure	272
Figure A.11 – CP 3/6: Example of comb structure	273
Figure A.12 – CP 3/6: Example of comb structure (optional)	274
Figure A.13 – Definition of bridge delay	275
Figure A.14 – Example of a switch structure	276
Figure A.15 – Application configuration.....	277
Figure A.16 – Non-RTE throughput calculation	279
Figure A.17 – Non time-base synchronization accuracy	279
Table 1 – Layout of profile (sub)clause selection tables	37
Table 2 – Contents of (sub)clause selection tables	37
Table 3 – Layout of service selection tables.....	37
Table 4 – Contents of service selection tables	38
Table 5 – Layout of parameter selection tables	38
Table 6 – Contents of parameter selection tables	38
Table 7 – Layout of class attribute selection tables	39
Table 8 – Contents of class attribute selection tables.....	39
Table 9 – Basic network topology types	42
Table 10 – CP 2/2: PI overview.....	46
Table 11 – CP 2/2: PI dependency matrix	47
Table 12 – CP 2/2: Consistent set of PIs for factory automation.....	50

Table 13 – CP 2/2.1: DLL protocol selection	51
Table 14 – CP 2/2.1: DLL protocol selection of management objects	51
Table 15 – CP 2/2.1: AL service selection.....	52
Table 16 – CP 2/2.1: AL protocol selection	53
Table 17 – CP 2/2.1: PI overview.....	54
Table 18 – CP 2/2.1: PI dependency matrix	54
Table 19 – CP 2/2.1: Consistent set of PIs for motion control.....	55
Table 20 – Administrative numbers assignment	56
Table 21 – IP layer parameters for IO controller.....	57
Table 22 – IP layer parameters for IO device	57
Table 23 – Timeout values for name resolution.....	58
Table 24 – Reaction time for an IO device	58
Table 25 – Maximum time values for MRP	59
Table 26 – Maximum time values for PTCP.....	59
Table 27 – Maximum time values for LLDP	60
Table 28 – Communication classes applicable in conformance classes.....	60
Table 29 – Communication performance parameters	61
Table 30 – Parameters for RT_CLASS_3 bridges.....	61
Table 31 – FrameSendOffset deviation	61
Table 32 – FrameSendOffset deviation for RT_CLASS_1 / RT_CLASS_UDP	62
Table 33 – Minimum FrameSendOffset	62
Table 34 – PTCP control loop	62
Table 35 – Maximum frame size	63
Table 36 – Media redundancy class applicable in conformance classes.....	63
Table 37 – Application classes applicable in conformance classes for IO device and IO controller.....	64
Table 38 – Application classes applicable in conformance classes for network components	64
Table 39 – Application class “isochronous application” AL service selection	65
Table 40 – Application class “isochronous application” AL protocol selection component.....	65
Table 41 – Application class “process automation” AL service selection.....	65
Table 42 – Application class “process automation” AL protocol selection component	65
Table 43 – Application class “High performance” features supported	66
Table 44 – Application class “High performance” parameter values.....	66
Table 45 – Application class “Controller to controller” features supported	66
Table 46 – Index (user specific)	67
Table 47 – Index (subslot specific).....	67
Table 48 – Index (slot specific)	69
Table 49 – Index (AR specific)	69
Table 50 – Index (API specific)	71
Table 51 – Index (device specific).....	72
Table 52 – PDPortDataAdjust (sub blocks)	73
Table 53 – PDPortDataCheck (sub blocks)	73

Table 54 – Communication feature list	74
Table 55 – Conformance class behaviors	74
Table 56 – MIB-II objects	76
Table 57 – Conformance class behaviors for network components	77
Table 58 – CP 3/4: AL service selection for an IO device	79
Table 59 – CP 3/4: AL protocol selection for an IO device and Network component	82
Table 60 – CP 3/4: AL protocol selection for an IO controller	84
Table 61 – CP 3/4, CP 3/5 and CP 3/6: Performance indicator overview	87
Table 62 – CP 3/4, CP 3/5 and CP 3/6: PI dependency matrix	87
Table 63 – Manager parameters	90
Table 64 – Client parameters	91
Table 65 – CP 3/4: Consistent set of PIs for MinDeviceInterval=128 ms	92
Table 66 – CP 3/4: Assumed values for consistent set of PI calculation	92
Table 67 – CP 3/5: AL service selection for an IO device	94
Table 68 – CP 3/5: AL protocol selection for an IO device and Network component	96
Table 69 – Buffering capacity for less than eight ports	98
Table 70 – Buffering capacity for eight and more ports	98
Table 71 – CP 3/5: AL protocol selection for an IO controller	98
Table 72 – CP 3/5: Consistent set of PIs for MinDeviceInterval=128 ms	101
Table 73 – CP 3/5: Assumed values for consistent set of PI calculation	101
Table 74 – CP 3/6: AL service selection for an IO device	103
Table 75 – Buffering capacity	105
Table 76 – CP 3/6: AL protocol selection for an IO device and network component	105
Table 77 – CP 3/6: AL protocol selection for an IO controller	107
Table 78 – CP 3/6: Consistent set of PIs for MinDeviceInterval=1 ms and NumberOfSwitches=20	110
Table 79 – CP 3/6: Consistent set of PI for MinDeviceInterval=1 ms and NumberOfSwitches=63	111
Table 80 – CP 3/6: Assumed values for consistent set of PI calculation	112
Table 81 – CP 3/6: Consistent set of PIs for MinDeviceInterval=31,25 µs and NumberOfSwitches=10	113
Table 82 – CP 3/6: Assumed values for consistent set of PI calculation	114
Table 83 – CP 4/3: DLL service selection	115
Table 84 – CP 4/3: DLL protocol selection	116
Table 85 – CP 4/3: AL service selection	116
Table 86 – CP 4/3: AL protocol selection	116
Table 87 – CP 4/3: PI overview	117
Table 88 – CP 4/3: PI dependency matrix	117
Table 89 – CP 4/3: Consistent set of PIs	120
Table 90 – Parameters for calculation of consistent set of PIs	120
Table 91 – CPF 6: device CP identifier assignment	121
Table 92 – Linking-device Type 10 network PI overview	124
Table 93 – OSI layers and CPF 10 layers	127
Table 94 – Overview of CPF 10 profile	127

Table 95 – CP 10/1: DLL service selection.....	129
Table 96 – CP 10/1: DLL protocol selection	129
Table 97 – Transport Layer Parameter selection.....	130
Table 98 – CP 10/1: AL service selection.....	131
Table 99 – CP 10/1: AL protocol selection	131
Table 100 – CP 10/1: PI overview	132
Table 101 – CP 10/1: PI dependency matrix	132
Table 102 – CP 10/1: Consistent set of PIs for the communication between two end-stations belonging to the same domain	135
Table 103 – CP 10/1: Consistent set of PIs for the communication between two end-stations belonging to different domains	135
Table 104 – CP 10/1: Consistent set of PIs for the communication between two end-stations belonging to the same domain with one lost frame	136
Table 105 – CP 10/1: Consistent set of PIs for the communication between two end-stations belonging to different domains with one lost frame.....	136
Table 106 – CPF 11: Overview of profile sets	137
Table 107 – CP 11/1: DLL service selection.....	137
Table 108 – CP 11/1: DLL protocol selection	138
Table 109 – CP 11/1: DLL protocol selection of Clause 5.....	139
Table 110 – CP 11/1: DLL protocol selection of Clause 6.....	139
Table 111 – CP 11/1: AL service selection.....	141
Table 112 – CP 11/1: AL protocol selection	141
Table 113 – CP 11/1: PI overview	142
Table 114 – CP 11/1: PI dependency matrix	142
Table 115 – CP 11/1: TCC data service selection	143
Table 116 – CP 11/1: Consistent set of PIs preferential for RTE communications	146
Table 117 – CP 11/1: Consistent set of PIs both for RTE and non-RTE communications.....	147
Table 118 – CP 11/2: DLL protocol selection	147
Table 119 – CP 11/2: DLL protocol selection of Clause 5.....	149
Table 120 – CP 11/2: DLL protocol selection of Clause 6.....	149
Table 121 – CP 11/2: PI overview	151
Table 122 – CP 11/2: PI dependency matrix	152
Table 123 – CP 11/2: TCC data service selection	152
Table 124 – CP 11/2: Consistent set of PIs preferential for RTE communications	155
Table 125 – CP 11/2: Consistent set of PIs both for RTE and non-RTE communications.....	156
Table 126 – CP 11/3: DLL protocol selection	156
Table 127 – CP 11/3: DLL protocol selection of Clause 5.....	157
Table 128 – CP 11/3: DLL protocol selection of Clause 6.....	158
Table 129 – CP 11/3: PI overview	160
Table 130 – CP 11/3: PI dependency matrix	161
Table 131 – CP 11/3: TCC data service selection	161
Table 132 – CP 11/3: Consistent set of PIs preferential for RTE communications	165
Table 133 – CP 11/3: Consistent set of PIs both for RTE and non-RTE communications.....	165
Table 134 – CP 12/1: PhL selection of preferred physical layer from IEEE 802.3-2008	166

Table 135 – CP 12/1: PhL selection of an optimized physical layer from IEC 61158-2.....	167
Table 136 – CP 12/1: DLL service selection.....	168
Table 137 – CP 12/1: DLL protocol selection	168
Table 138 – CP 12/1: DLL service selection.....	170
Table 139 – CP 12/1: DLL protocol selection	170
Table 140 – CP 12/1: AL service selection.....	171
Table 141 – CP 12/1: AL protocol selection	172
Table 142 – CP 12/1: AL service selection.....	172
Table 143 – CP 12/1: AL protocol selection	173
Table 144 – CP 12/1: PI overview	173
Table 145 – CP 12/1: PI dependency matrix	174
Table 146 – CP 12/1: PI ranges.....	174
Table 147 – CP 12/1: Consistent set of PIs for mid size automation systems	176
Table 148 – CP 12/2: DLL service selection.....	176
Table 149 – CP 12/2: DLL protocol selection	177
Table 150 – CP 12/2: DLL service selection.....	178
Table 151 – CP 12/2: DLL protocol selection	178
Table 152 – CP 12/2: AL service selection.....	179
Table 153 – CP 12/2: AL protocol selection	180
Table 154 – CP 12/2: AL service selection.....	180
Table 155 – CP 12/2: AL protocol selection	181
Table 156 – CP 12/2: PI overview	182
Table 157 – CP 12/2: PI dependency matrix	182
Table 158 – CP 12/2: Consistent set of PIs.....	183
Table 159 – CPF 13: Overview of profile sets	183
Table 160 – CP 13/1: DLL service selection.....	184
Table 161 – CP 13/1: DLL protocol selection	184
Table 162 – CP 13/1: AL service selection.....	184
Table 163 – CP 13/1: AL protocol selection	184
Table 164 – CP 13/1: PI overview	185
Table 165 – CP 13/1: PI dependency matrix	185
Table 166 – CP 13/1: Consistent set of PIs small size automation system	188
Table 167 – CP 13/1: Consistent set of PIs medium size automation system	188
Table 168 – CP 13/1: Consistent set of PIs large size automation system.....	189
Table 169 – CP 14/1: AL service selection.....	192
Table 170 – CP 14/1: AL protocol selection	193
Table 171 – CP 14/1: PI overview	193
Table 172 – CP 14/1: PI dependency matrix	194
Table 173 – CP 14/1: Consistent set of PIs.....	196
Table 174 – CP 14/2: DLL service selection.....	196
Table 175 – CP 14/2: DLL protocol selection	197
Table 176 – CP 14/2: AL service selection.....	197
Table 177 – CP 14/2: AL protocol selection	198

Table 178 – CP 14/2: PI overview	198
Table 179 – CP 14/2: PI dependency matrix	199
Table 180 – CP 14/2: Consistent set of PIs	200
Table 181 – CP 14/3: DLL service selection	201
Table 182 – CP 14/3: DLL protocol selection	201
Table 183 – CP 14/3: AL service selection	202
Table 184 – CP 14/3: AL protocol selection	202
Table 185 – CP 14/3: PI overview	203
Table 186 – CP 14/3: PI dependency matrix	203
Table 187 – CP 14/3: Consistent set of PIs	205
Table 188 – CP 14/3: Consistent set of PIs	206
Table 189 – CP 14/3: Consistent set of PIs	206
Table 190 – CP 14/4: DLL service selection	207
Table 191 – CP 14/4: DLL protocol selection	207
Table 192 – CP 14/4: AL service selection	208
Table 193 – CP 14/4: AL protocol selection	208
Table 194 – CP 14/4: PI overview	209
Table 195 – CP 14/4: PI dependency matrix	209
Table 196 – CP 14/4: Consistent set of PIs	211
Table 197 – CP 15/1: AL service selection	212
Table 198 – CP 15/1: AL protocol selection	212
Table 199 – CP 15/1: PI overview	213
Table 200 – CP 15/1: PI dependency matrix	214
Table 201 – CP 15/2: AL service selection	218
Table 202 – CP 15/2: AL protocol selection	218
Table 203 – CP 15/2: PI overview	218
Table 204 – CP 15/2: PI dependency matrix	219
Table 205 – CP 16/3: DLL service selection	223
Table 206 – CP 16/3: DLL protocol selection	223
Table 207 – CP 16/3: AL service selection	223
Table 208 – CP 16/3: AL protocol selection	223
Table 209 – CP 16/3: PI overview	224
Table 210 – CP 16/3: PI dependency matrix	224
Table 211 – CP 16/3: Consistent set of PIs with a minimum cycle time of 31,25 µs	228
Table 212 – CP 16/3: Consistent set of PIs with a cycle time of 500 µs (real-time only)	228
Table 213 – CP 16/3: Consistent set of PIs with a cycle time of 500 µs (real-time and non-real-time)	229
Table 214 – CP 16/3: Consistent set of PIs with non symmetrical data throughput and a cycle time of 500 µs (real-time and non-real-time)	229
Table 215 – CPF 17: Overview of profile sets	230
Table 216 – CP 17/1: DLL service selection	230
Table 217 – CP 17/1: DLL protocol selection	231
Table 218 – CP 17/1: AL service selection	231
Table 219 – CP 17/1: AL protocol selection	231

Table 220 – CP 17/1: PI overview	232
Table 221 – CP 17/1: PI dependency matrix	232
Table 222 – Consistent set of PIs small size automation system	235
Table 223 – Parameters for Calculation of Consistent set of PIs	235
Table 224 – CP 18/1: DLL service selection	236
Table 225 – CP 18/1: DLL protocol selection	238
Table 226 – CP 18/1: AL service selection	239
Table 227 – CP 18/1: AL protocol selection	240
Table 228 – CP 18/1: PI overview	240
Table 229 – CP 18/1: PI dependency matrix	241
Table 230 – CP 18/2: DLL service selection	243
Table 231 – CP 18/2: DLL protocol selection	244
Table 232 – CP 18/2: AL service selection	246
Table 233 – CP 18/2: AL protocol selection	247
Table 234 – CP 18/2: PI overview	247
Table 235 – CP 18/2: PI dependency matrix	248
Table 236 – CP 8/4: AL service selection	250
Table 237 – CP 8/4: AL protocol selection	251
Table 238 – CP 8/4: PI overview	251
Table 239 – CP 8/4: PI dependency matrix	252
Table 240 – CP 8/4: Consistent set of PIs (real-time only)	255
Table 241 – CP 8/4: Consistent set of PIs (real-time and non-real-time)	256
Table 242 – CP 8/5: AL service selection	256
Table 243 – CP 8/5: AL protocol selection	257
Table 244 – CP 8/5: PI overview	257
Table 245 – CP 8/5: PI dependency matrix	258
Table 246 – CP 8/5: Consistent set of PIs (real-time only)	262
Table 247 – CP 8/5: Consistent set of PIs (real-time and non-real-time)	262

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS – PROFILES –

Part 2: Additional fieldbus profiles for real-time networks based on ISO/IEC 8802-3

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 IEC 61784-1 and IEC 61784-2.

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

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2010. This edition constitutes a technical revision.

The main changes with respect to the previous edition are listed below:

- update of the dated references to the IEC 61158 series, to IEC 61784-1, to the IEC 61784-3 series, to the IEC 61784-5 series and to IEC 61918 throughout the document;
- update of selection tables for CPF 3
 - update of the requirements for all conformance classes;
 - added precise timing requirements for IP;
 - updated timing requirements for IO devices;
 - added precise timing requirements for PTCP;
 - increasing the amount of synchronized devices in line;
 - added consistent set of parameters;
 - added application classes;
 - integrating the fast startup as additional feature.
- update of selection tables for CPF 11 and CPF 14;
- addition of a new profile CP 11/3 in 12.4;
- addition of a new profile CP 14/4 in 15.6;
- addition of a new Communication Profile Family – CPF 8 in Clause 20.

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

FDIS	Report on voting
65C/761FDIS	65C/771/RVD

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

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

A list of all parts of the IEC 61784 series, published under the general title *Industrial communication networks – Profiles*, can be found on the IEC web site.

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

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

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

INTRODUCTION

This part of IEC 61784 provides additional Communication Profiles (CP) to the existing Communication Profile Families (CPF) of IEC 61784-1 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 8802-3 or IEEE 802.3 – commonly known as Ethernet. These RTE communication networks use provision from ISO/IEC 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 8802-3 or IEEE 802.3, 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 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 may 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 (see Clause 5), which values will be provided with RTE devices based on communication profiles specified in this part of IEC 61784, enable the user to match network devices with application dependant performance requirements of an RTE network.

Subclause 5.1 specifies basic principles of performance indicators required to express RTE performance of a CP. Subclause 5.2 describes the view of application requirements. An application-dependant class could be used to find out a suitable CP. Clause 4 specifies how conformance of a device to the CPF or CP should be stated.

INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS – PROFILES –

Part 2: Additional fieldbus profiles for real-time networks based on ISO/IEC 8802-3

1 Scope

This part of IEC 61784 specifies

- performance indicators supporting classification schemes for Real-Time Ethernet (RTE) requirements;
- profiles and related network components based on ISO/IEC 8802-3 or IEEE 802.3, IEC 61158 series, and IEC 61784-1;
- RTE solutions that are able to run in parallel with ISO/IEC 8802-3 or IEEE 802.3 based applications.

These communication profiles are called Real-Time Ethernet communication profiles.

NOTE The RTE communication profiles use ISO/IEC 8802-3 or IEEE 802.3 communication networks and its related network components or IEC 61588 and may in some cases amend those standards to obtain RTE features.

2 Normative references

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

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

IEC 61010 (all parts), *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use*

IEC 61131-2, *Programmable controllers – Part 2: Equipment requirements and tests*

IEC 61158 (all parts), *Industrial communication networks – Fieldbus specifications*

IEC 61158-1:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 1: Overview and guidance for the IEC 61158 and IEC 61784 series*

IEC 61158-2:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 2: Physical layer specification and service definition*

IEC 61158-3-2:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-2: Data-link layer service definition – Type 2 elements*

IEC 61158-3-4:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-4: Data-link layer service definition – Type 4 elements*

IEC 61158-3-11:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-11: Data-link layer service definition – Type 11 elements*

IEC 61158-3-12:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-12: Data-link layer service definition – Type 12 elements*

IEC 61158-3-13:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-13: Data-link layer service definition – Type 13 elements*

IEC 61158-3-14:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-14: Data-link layer service definition – Type 14 elements*

IEC 61158-3-17:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-17: Data-link layer service definition – Type 17 elements*

IEC 61158-3-19:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-19: Data-link layer service definition – Type 19 elements*

IEC 61158-3-21:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-21: Data-link layer service definition – Type 21 elements*

IEC 61158-3-22:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-22: Data-link layer service definition – Type 22 elements*

IEC 61158-4-2:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-2: Data-link layer protocol specification – Type 2 elements*

IEC 61158-4-4:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-4: Data-link layer protocol specification – Type 4 elements*

IEC 61158-4-11:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-11: Data-link layer protocol specification – Type 11 elements*

IEC 61158-4-12:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-12: Data-link layer protocol specification – Type 12 elements*

IEC 61158-4-13:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-13: Data-link layer protocol specification – Type 13 elements*

IEC 61158-4-14:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-14: Data-link layer protocol specification – Type 14 elements*

IEC 61158-4-17:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-17: Data-link layer protocol specification – Type 17 elements*

IEC 61158-4-19:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-19: Data-link layer protocol specification – Type 19 elements*

IEC 61158-4-21:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-21: Data-link layer protocol specification – Type 21 elements*

IEC 61158-4-22:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-22: Data-link layer protocol specification – Type 22 elements*

IEC 61158-5-2:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-2: Application layer service definition – Type 2 elements*

IEC 61158-5-4:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-4: Application layer service definition – Type 4 elements*

IEC 61158-5-10:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-10: Application layer service definition – Type 10 elements*

IEC 61158-5-11:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-11: Application layer service definition – Type 11 elements*

IEC 61158-5-12:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-12: Application layer service definition – Type 12 elements*

IEC 61158-5-13:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-13: Application layer service definition – Type 13 elements*

IEC 61158-5-14:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-14: Application layer service definition – Type 14 elements*

IEC 61158-5-15:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-15: Application layer service definition – Type 15 elements*

IEC 61158-5-17:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-17: Application layer service definition – Type 17 elements*

IEC 61158-5-19:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-19: Application layer service definition – Type 19 elements*

IEC 61158-5-21:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-21: Application layer service definition – Type 21 elements*

IEC 61158-5-22:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-22: Application layer service definition – Type 22 elements*

IEC 61158-5-23:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-23: Application layer service definition – Type 23 elements*

IEC 61158-6-2:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-2: Application layer protocol specification – Type 2 elements*

IEC 61158-6-4:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-4: Application layer protocol specification – Type 4 elements*

IEC 61158-6-10:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-10: Application layer protocol specification – Type 10 elements*

IEC 61158-6-11:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-11: Application layer protocol specification – Type 11 elements*

IEC 61158-6-12:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-12: Application layer protocol specification – Type 12 elements*

IEC 61158-6-13:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-13: Application layer protocol specification – Type 13 elements*

IEC 61158-6-14:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-14: Application layer protocol specification – Type 14 elements*

IEC 61158-6-15:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-15: Application layer protocol specification – Type 15 elements*

IEC 61158-6-17:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-17: Application layer protocol specification – Type 17 elements*

IEC 61158-6-19:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-19: Application layer protocol specification – Type 19 elements*

IEC 61158-6-21:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-21: Application layer protocol specification – Type 21 elements*

IEC 61158-6-22:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-22: Application layer protocol specification – Type 22 elements*

IEC 61158-6-23:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-23: Application layer protocol specification – Type 23 elements*

IEC 61588:2009, *Precision clock synchronization protocol for networked measurement and control systems*

IEC 61784-1:2014, *Industrial communication networks – Profiles – Part 1: Fieldbus profiles*

IEC 61784-5-2:2013, *Industrial communication networks – Profiles – Part 5-2: Installation of fieldbuses – Installation profiles for CPF 2*

IEC 61784-5-3:2013, *Industrial communication networks – Profiles – Part 5-3: Installation of fieldbuses – Installation profiles for CPF 3*

IEC 61784-5-6:2013, *Industrial communication networks – Profiles – Part 5-6: Installation of fieldbuses – Installation profiles for CPF 6*

IEC 61784-5-8:2013, *Industrial communication networks – Profiles – Part 5-8: Installation of fieldbuses – Installation profiles for CPF 8*

IEC 61784-5-11:2013, *Industrial communication networks – Profiles – Part 5-11: Installation of fieldbuses – Installation profiles for CPF 11*

IEC 61918:2013, *Industrial communication networks – Installation of communication networks in industrial premises*

IEC 61800 (all parts), *Adjustable speed electrical power drive systems*

ISO/IEC 2382-16:1996, *Information technology – Vocabulary – Part 16: Information theory*

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

ISO/IEC 8802-2, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 2: Logical link control*
Corrigendum 1

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

ISO/IEC 8802-11, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 11: Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications*

ISO/IEC 11801:2002, *Information technology – Generic cabling for customer premises*¹

Amendment 1: 2008

Amendment 2:2010

ISO 15745-3, *Industrial automation systems and integration – Open systems application integration framework – Part 3: Reference description for IEC 61158-based control systems*

ISO 15745-4:2003, *Industrial automation systems and integration – Open systems application integration framework – Part 4: Reference description for Ethernet-based control systems*
Amendment 1:2006, *PROFINET profiles*

IEEE 802-2001, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture*

IEEE 802.1AB, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Station and Media Access Control Connectivity Discovery*

IEEE 802.1AS-2011, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – IEEE standard for Local and metropolitan area networks – Timing and Synchronization for Time-Sensitive Applications in Bridged Local Area Networks*

IEEE 802.1D-2004, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – IEEE standard for local and metropolitan area networks – Common specifications – Media access control (MAC) Bridges*

IEEE 802.1Q-2011 *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – IEEE standard for Local and metropolitan area networks – Virtual bridged local area networks*

IEEE 802.3-2008, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications*

NOTE Compliance with future editions of this standard will need checking.

IEEE Std 802.11-2007, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks– Specific requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications*

IEEE Std 802.15.1, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 15: Wireless medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications for wireless personal area networks (WPANs)*

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

¹ There exists a consolidated edition 2.2:2011 that comprises ISO/IEC 11801:2002, its Amendment 1:2008 and its Amendment 2:2010.

IETF RFC 791, *Internet Protocol*, available at <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 792, *Internet Control Message Protocol*, available at <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 793, *Transmission Control Protocol*, available at <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 826, *Ethernet Address Resolution Protocol*, available at <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 894, *A standard for the Transmission of IP Datagrams over Ethernet Networks*, available at <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 1034, *Domain names – concepts and facilities*; available at <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 1112, *Host Extensions for IP Multicasting*, available at <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 1122, *Requirements for Internet Hosts – Communication Layers*, available at <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 1123, *Requirements for Internet Hosts – Application and Support*, available at <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 1127, *A Perspective on the Host Requirements RFCs*, available at <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 1157, *Simple Network Management Protocol (SNMP)*, available at <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 1213, *Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets: MIB-II*, available at <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 1305, *Network Time Protocol (Version 3)*, available at <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 2131, *Dynamic Host Configuration Protocol*, available at <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 2236, *Internet Group Management Protocol, Version 2*, available at <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 2544, *Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices*, available at <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 2988, *Computing TCP's Retransmission Timer*, available at <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 4836, *Definitions of Managed Objects for IEEE 802.3 Medium Attachment Units (MAUs)*, available at <<http://www.ietf.org>>

Open Software Foundation (OSF): C706, *CAE Specification DCE1.1: Remote Procedure Call*, available at <<http://www.opengroup.org/onlinepubs/9629399/toc.htm>>

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 ISO/IEC 8802-3, IEEE 802, IEEE 802.1AB, IEEE 802.1AS, IEEE 802.1D, IEEE 802.1Q and IEEE 802.3, as well as the following, apply.

3.1.1

active network

network in which data transmission between non-immediately-connected devices is dependent on active elements within those intervening devices that form the connection path

[SOURCE: IEC 61918:2013, 3.1.3]

3.1.2

communication cycle

<CPF 16>

fixed time period between two master synchronization telegrams

3.1.3

cyclic

repetitive in a regular manner

3.1.4

domain

<CPF 10>

part of the network consisting of one or two subnetwork(s)

Note 1 to entry: Two subnetworks are required to compose a dual-redundant network, and each end-station in the domain is connected to both of the subnetworks.

3.1.5

end-station

a system attached to a network that is an initial source or a final destination of MAC frames transmitted across that network

Note 1 to entry: A network layer router is, from the perspective of the network, an end-station. A switch, in its role of forwarding MAC frames from one link to another, is not an end-station.

3.1.6

field area

place in a manufacturing or process site where field devices are located

3.1.7

frame

a unit of data transmission on an ISO/IEC 8802-3 MAC (Media Access Control) that conveys a protocol data unit (PDU) between MAC service users

[SOURCE: IEEE 802.1Q-2011]

3.1.8

identification number

IDN

<CPF 16>

designation of operating data under which a data block is preserved with its attribute, name, unit, minimum and maximum input values, and the data

3.1.9

IP channel

<CPF 16>

defined time slot within the communication cycle, which passes ISO/IEC 8802-3 Ethernet protocol frames (non-real-time communication)

3.1.10

jitter

temporal change in clock signal or temporal change in otherwise regular event

3.1.11**linear topology**

topology where the nodes are connected in series, with two nodes each connected to only one other node and all others each connected to two other nodes (that is, connected in the shape of a line)

[SOURCE: IEC 61918:2013, 3.1.44]

3.1.12**link**

transmission path between two adjacent nodes

[SOURCE: derived from ISO/IEC 11801]

3.1.13**logical double line**

<CPF 18>

sequence of root device and all ordinary devices processing the DLPDU in forward and backward direction

3.1.14**master**

<CPF 16>

node which assigns the other nodes the right to transmit

3.1.15**message**

ordered series of octets intended to convey information

[SOURCE: derived from ISO/IEC 2382-16:1996,16.02.01]

Note 1 to entry: Normally used to convey information between peers at the application layer.

3.1.16**MDT0 telegram**

<CPF 16>

telegram, in which the master transmits its synchronization data, as well as parts or all of its real-time data, to the slaves

3.1.17**node**

network entity connected to one or more links

Note 1 to entry: A node may be either a switch, an end-station or an RTE end-station.

3.1.18**packet**

logical grouping of information used to describe a unit of data at any layer to convey the upper layer user data to its peer layer

Note 1 to entry: A packet is identical to the PDU at each layer in terms of the OSI reference model. A data-link layer packet is a frame.

3.1.19**real-time**

the ability of a system to provide a required result in a bounded time

3.1.20

real-time communication

transfer of data in real time

3.1.21

Real-Time Ethernet

RTE

ISO/IEC 8802-3 or IEEE 802.3 based network that includes real-time communication

Note 1 to entry: Other communication can be supported, providing the real-time communication is not compromised.

Note 2 to entry: This definition is dedicated but not limited to ISO/IEC 8802-3. It could be applicable to other IEEE 802 specifications, for example IEEE 802.11.

3.1.22

real time frame line

RTFL

<CPF 18>

communication model with devices communicating in a logical double line

3.1.23

real time frame network

RTFN

<CPF 18>

communication model with devices communicating in a switched network

3.1.24

ring

active network where each node is connected in series to two other nodes

Note 1 to entry: Ring may also be referred to as loop.

[SOURCE: IEC 61918:2013, 3.1.63]

3.1.25

router

<CPF 10>

intermediate equipment that connects two or more subnetworks using a network layer relay function

3.1.26

RTE end device

device with at least one RTE end-station

3.1.27

RTE end-station

end-station with RTE capability

3.1.28

schedule

temporal arrangement of a number of related operations

3.1.29

star

network of three or more devices where all devices are connected to a central point

[SOURCE: IEC 61918:2013, 3.1.69, modified – "which may be active or passive" has been suppressed]

3.1.30 subnetwork

<CPF 10>

part of a network that does not contain any routers

Note 1 to entry: A subnetwork consists of end-stations, bridges and segments.

Note 2 to entry: Every end-station included in a subnetwork has the same IP network address.

3.1.31 switch

MAC bridge as defined in IEEE 802.1D

3.1.32 telegram

<CPF 16>

frame

3.2 Abbreviated terms and acronyms

AL	Application Layer
APDU	Application Protocol Data Unit
API	Application Process Identifier
AR	Application Relationship
ARP	Address Resolution Protocol
ASE	Application Service Elements
CP	Communication Profile [according to IEC 61784-1]
CPF	Communication Profile Family [according to IEC 61784-1]
CRC	Cyclic Redundancy Check
CSMA-CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
DA	Destination MAC Address
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol (see RFC 2131)
DL	Data-Link layer (as a prefix)
DLL	DL-Layer
DNS	Domain Name Service
DUT	Device under test
ECSME	EPA Communication Scheduling Management Entity
FA	Factory Automation
FCS	Frame check sequence
FrameID	Frame Identifier (see IEC 61158-6-10)
GSD	General station description
HW	Hardware
IANA	Internet Assigned Numbers Authority
ICMP	Internet Control Message Protocol (see RFC 792)
ID	Identifier
IDN	IDentification Number
IETF	Internet Engineering Task Force
IO	Input Output
IP	Internet Protocol (see RFC 791)

IPv4	Internet Protocol version 4 (see RFC 791)
IRT	Isochronous RT
LAN	Local Area Network
LLC	Logical Link Control
LLDP	Link Layer Discovery Protocol (see IEEE 802.1AB)
MAC	Media Access Control
MAC	Media Access Control (see ISO/IEC 8802.3 or IEEE 802.3)
Mbit/s	Million bits per second
Moctets/s	Million octets per second
MCR	Multicast communication relation
MIB	Management Information base
MRP	Medium redundancy protocol
MRPD	Media redundancy for planned duplication
ms	milli seconds
n.a.	Not applicable
NoS	Number of Switches
NRT	Non-real-time
PDU	Protocol Data Unit
PI	Performance indicator
ns	nano seconds
OID	Object Identifier (see IETF RFC 1157)
PDU	Protocol Data Unit
PhL	Physical Layer
Phy	PHY Physical layer entity sublayer (see ISO/IEC 8802.3 or IEEE 802.3)
PI	Performance indicator
pps	Packets per second
PTCP	Precision Transparent Clock Protocol
PTP	Precision Time Protocol [IEC 61588]
RPC	Remote Procedure Call
RSTP	Rapid Spanning Tree Algorithm and protocol (see IEEE 802.1D)
RT	Real-time
RTA	Real-time protocol acyclic
RTE	Real-time Ethernet
RT-Ethernet	Real-time Ethernet
RTFL	Real time frame line
RTFN	Real time frame network
RTO	Retransmission Time Out [according to RFC 2988 – Computing TCP's Retransmission Timer]
RTPS	Real-Time Publish-Subscribe
SERCOS	SERial Real time COMmunication System
SNMP	Simple Network Management Protocol (see IETF RFC 1213)
TCC	Time-Critical Cyclic
TCP	Transmission Control Protocol (see IETF RFC 793)

TOS	Type of Service
UDP	User Datagram Protocol (see IETF RFC 768)
VLAN	Virtual LAN

3.3 Symbols

3.3.1 CPF 2 symbols

Symbol	Definition	Unit
APDUsize	Size of the application protocol data unit per CP 2/2 connection	octets
CD	Cable segment delay	μs
CL	Cable segment length	m
DT	Delivery time	μs
EN_NRTE_PR	End-station non-RTE packet rate per CP 2/2 connection	pps
EN_RTE_PR	End-station RTE packet rate per CP 2/2 connection	pps
EN_PR	End-station packet rate	pps
EN_PR_MAX	End-station maximum packet rate	pps
EN_TNRTE_PR	End-station total non-RTE packet rate in pps	pps
EN_TRTE_PR	End-station total RTE packet rate	pps
k	Number of CP 2/2 connections supported by the end-station	–
m	Number of CR 2/2 non-RTE connections	–
n	Number of switches between sending and receiving end-stations	–
p	Number of CR 2/2 RTE connections	–
NRTE_BW	Non-RTE bandwidth	%
PD	Cable propagation delay	n/m
SD _r	Receiver stack delay	μs
SD _s	Sender stack delay	μs
SL	Switch latency	μs
SPD	Switch processing delay	μs
T _{x_packet}	Packet transmit time	μs

3.3.2 CPF 3 symbols

Symbol	Definition	Unit
Cd	Cable delay (see attribute cable_delay in IEC 61158–5–10)	s
Cl _t	Total cable length	m
cta _R	Application cycle time of the Receiver	s
cta _S	Application cycle time of the Sender	s
Ctc	Communication cycle time	s
Ctc	Communication cycle time	s
Data	Complete Ethernet frame	octets
data_request	Requested RTE throughput	octets/s
data_RTE	Actual RTE throughput	octets/s
DT	Delivery time	s
endStations	Number of end-stations	–
EthernetDataRate	Ethernet data rate of the network	Mbit/s
MAC_delay	Delay on MAC layer	s
NonRTE	Percentage of non-RTE bandwidth	%
NoS	Number of switches	–
Od	Other delays, e. g. signal forwarding in a ring	s
Pd	Propagation delay	s
Phy _R _delay	Phy delay on receiver side	s
Phy _S _delay	Phy delay on sender side	s
protocolRTE	Percentage of protocol time	s
Queue_delay	Queue delay in a switch	s
RM	Time needed for management functions to support redundancy	s
RR	Attribute <i>Reduction Ratio</i> (see IEC 61158–5–10)	–
SCF	Attribute <i>Send Clock Factor</i> (see IEC 61158–5–10)	–
STTr	Receiver stack traversal time including Phy and MAC	s
STTs	Sender stack traversal time including Phy and MAC	s
Throughput_RTE	Throughput RTE	octets/s
Time_synchron_accuracy	Time synchronization accuracy	s
Tt	Transfer time	s

3.3.3 CPF 4 symbols

Symbol	Definition	Unit
cd	Cable delay (Maximum on 100m)	µs
DT	Delivery time	µs
DTb	Delivery time, calculated by best-case values	µs
DTw	Delivery time, calculated by worst-case values	µs
FS	Number of frames allowed to be sent per second for one RTE end-station	–
NoAS	Number of accesses allowed per device per second	–
NoCEN	Number of RTE end-stations which can produce frames on the critical switch-to-switch link	–
NoNs[x]	Number of RTE end-stations connected to switch number x	–
NoNt	Number of RTE end-stations, in total	–
NoS	Number of switches in path from sender to receiver	–
pd	Propagation delay within a switch. Required minimum value	µs
QTES	Ethernet enforced quiet time on end-station to switch link	µs
QTSS	Ethernet enforced quiet time on switch-to-switch link	µs
STTr	Receiver stack transversal time including Phy and MAC	µs
STTs	Sender stack transversal time including Phy and MAC	µs
ttES	P-NET transfer time RTE end-station to switch (at maximum APDU size)	µs
ttESmin	P-NET transfer time RTE end-station to switch (at min APDU size)	µs
ttSS	P-NET transfer time switch-to-switch (at maximum APDU size)	µs

3.3.4 CPF 6 symbols

Symbol	Definition	Unit
DTLD	Total delivery time between a Type 8 slave and a Type 10 entity	µs
DT10	Delivery time of the Type 10 network	µs
Cta_M	Application cycle time of the mapping application in the linking-device	
M	Type 8 Master implementation factor	–
n	Number of data octets (user data; payload)	octets
sl8	Number of Type 8 slaves connected to the linking-device	–
T _{bit}	Nominal bit duration (see 27.2 in IEC 61158-2)	µs
t _s	Software processing time of the Type 8 master (application specific)	µs

3.3.5 CPF 10 symbols

Symbol	Definition	Unit
Cdly	Cable delay	μs
Clen	Cable length	m
Dlen	Length of the complete Ethernet frame	bit
DT	Delivery time	μs
DTlost1	maximum delivery time with one lost frame for communication between two end-stations belonging to the same domain	μs
DTlost2	maximum delivery time with one lost frame for communication between two end-stations belonging to different domains	μs
DTmax1	maximum delivery time for communication between two end-stations belonging to the same domain	μs
DTmax2	maximum delivery time for communication between two end-stations belonging to different domains	μs
NoS	Number of switches in path from sender to receiver	–
Spd	Switch delay under not congested condition	μs
STTr	Receiver stack transversal time including PhL, DLL and AP	μs
STTs	Sender stack transversal time including PhL, DLL and AP	μs
Trate	Transfer bit rate	Mbit/s

3.3.6 CPF 11 symbols

Symbol	Definition	Unit
BW _{CNT}	Bandwidth used both for the communication scheduling and the protocol overhead	%
BW _{NRT}	Bandwidth used for the non-RTE communications	%
BW _{RTE}	Bandwidth used for the RTE communications	%
cd	Cable delay	μs
cdl	Cable length total	km
ct	Cycle time	ms
data	Complete Ethernet frame	–
DT _H	Delivery time of the high-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC	ms
DT _L	Delivery time of the low-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC	ms
DT _M	Delivery time of the medium-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC	ms
DV _{HS}	Total volume of the high-speed cyclic data	octets
DV _{LS}	Total volume of the low-speed cyclic data	octets
DV _{MS}	Total volume of the medium-speed cyclic data	octets
NoS	Number of switches	–
od	Other delays	μs
pd	Propagation delay	μs
STTs	Sender stack traversal time including Phy and MAC	μs
STTr	Receiver stack traversal time including Phy and MAC	μs

Symbol	Definition	Unit
T_h	The high-speed transmission time period – the basic cycle_time (ct) of the TCC data service	ms
T_{HS}	Total sum of the frame transmit time, in which the TCC data frame conveys the high-speed cyclic data	μ s
T_l	The Low-speed transmission time period	ms
T_{LS}	Total sum of the frame transmit time, in which the TCC data frame conveys the Low-speed Cyclic data	μ s
T_m	The Medium-speed transmission time period	ms
T_{MAC}	Time for the maintenance and control, in which a new end-station is solicited to join and the periodic time operation is controlled	μ s
T_{MS}	Total sum of the frame transmit time, in which the TCC data frame conveys the medium-speed cyclic data	μ s
T_{NRT}	Total sum of the frame transmit time, in which the frame, with the non-RTE data as a payload, is sent out of the end-station within the time period of T_h and is used for the standard Ethernet application on sporadic basis	μ s
TR_{HS}	Throughput RTE of the high-speed cyclic data	Moctets/s
TR_{LS}	Throughput RTE of the low-speed cyclic data	Moctets/s
TR_{MS}	Throughput RTE of the medium-speed cyclic data	Moctets/s
TR_{RTE}	Throughput RTE, and the sum of TR_{HS} , TR_{LS} and TR_{MS}	Moctets/s
T_{RTE}	Total sum of the frame transmit time, in which the frame, with the RTE data as a payload of a fixed length, is sent out of the end-station within the time period of T_h	μ s
T_{SCH}	Total sum of the frame transmit time for the transmission scheduling	μ s
tt	Transfer time	μ s

3.3.7 CPF 12 symbols

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

3.3.8 CPF 13 symbols

Symbol	Definition	Unit
B_{NRTE}	Non-RTE bandwidth	%
M	Network MTU (maximum transmission unit)	octets
N	Number of RTE end-stations processed in one communication cycle	–
T_A	Time reserved for non-RTE data within one communication cycle	μ s
T_C	Communication cycle time	μ s
T_D	Delivery time	μ s

Symbol	Definition	Unit
$T_{FT,i}$	RTE frames transmission time for RTE end-station i	μs
T_{PR}	Processing time in the receiving end-station	μs
T_{PS}	Processing time in the sending end-station	μs
$T_{RD,i}$	Response delay of the RTE end-station i	μs
T_S	Communication cycle start delay	μs
$T_{SD,i}$	Sum of all delays of infrastructure components (switches, hubs, cabling) for the RTE end-station i	μs

3.3.9 CPF 14 symbols

Symbol	Definition	Unit
DT	Delivery time	μs
D_size	Data size	octets
LCable	Cable length	m
Ndata	Length of complete Ethernet frame	octets
NRTE_BW	Non-RTE bandwidth	%
NSwitch	Number of switches between end-stations	
RateofEthernet	Ethernet data rate	Mbit/s
RMDData	Redundancy management data	octets
RTEDData	Real-time data	octets
TApp_R	Receiver stack processing time including Phy and MAC	μs
TCable	Cable delay	μs
TD_Sw	Time delay in switch	μs
TEthernet_S	Sender traversal time through MAC and Phy based on ISO/IEC 8802-3	μs
ThroughputRT E	RTE throughput	octets/s
TQueue_S	Sender queuing delay	μs
TSDData	Time synchronization data	octets
TStack_S	Sender stack processing time	μs
TSwitch	Switch delay	μs
TTrf_S	Transfer time for one octet	μs
T_wire	Time per octet on a wire segment	μs
STT_s	Stack traversal time of the sender	μs
STT_r	Stack traversal time of the receiver	μs

3.3.10 CPF 15 symbols

Symbol	Definition	Unit
D_size	Data size	octets
DT	Delivery time	μs
DT_lf	Delivery time when a frame is lost	μs
DT_lfh	Delivery time when a frame is lost and the configuration is reliable with heartbeat	μs
DT_lfp	Delivery time when a frame is lost and the configuration is reliable periodic	μs
DT_n	Delivery time for the NACK message	μs

Symbol	Definition	Unit
H	Period of the heartbeat, which is a configured parameter	µs
N _{Sw}	Number of switches between end-stations	–
RTO	TCP retransmission time out parameter	µs
STT _r	Stack traversal time of the receiver	µs
STT _{r1}	Part of the stack traversal time of the receiver that is independent of D-size	µs
STT _{r2}	Part of the stack traversal time of the receiver that depends linearly on D_size	µs
STT _s	Stack traversal time of the sender	µs
STT _{s1}	Part of the stack traversal time of the sender that is independent of D_size	µs
STT _{s2}	Part of the stack traversal time of the sender that depends linearly on D_size	µs
T	Period, which is a configured parameter	µs
T _{wire}	Time per octet on a wire segment	µs
TD _{Sw}	Time delay in switch	µs

3.3.11 CPF 16 symbols

Symbol	Definition	Unit
ac	Non-time based synchronization accuracy	ns
cd	Cable delay	µs/m
clt	Total cable length	m
ct	Cycle_time configured for the network segment	µs
data	Data to be transmitted in one cycle (including the complete Ethernet frame)	bit
DT	Delivery time	µs
fr	Frame runtime	µs
ma	Synchronization accuracy of the master device	µs
mct	Minimum cycle time	ms
N	Integer value	–
nf	Number of frames	–
nn	Number of nodes	–
pd	Propagation delay (signal delay) of a forwarding node	µs
sa	Synchronization accuracy of one slave device	µs
st	Separation time per frame	µs
tt	Transfer time	µs

3.3.12 CPF 17 symbols

Symbol	Definition	Unit
APDUsize	Size of the application protocol data unit in octets	octets
BW _{N RTE}	Non-RTE bandwidth, in %	%
LDR	Link data rate in bit per seconds	bps
LTC	Total cable length in meter	m
M	Number packets in the port transmit queue of node i in front on of this packet	–
N	Number of nodes between sending and receiving end-stations	–
NF _{E/S_MAX}	Maximum number of frames allowed to be sent per second for one end station	pps

Symbol	Definition	Unit
$N_{F_{RTE/S}}$	Number of frames allowed to be sent per second for one RTE end station	pps
Posize	Size of the protocol overhead in octets	octets
T_{CPD}	Cable propagation delay time in microseconds	μs
$T_{CPD/M}$	cable propagation delay in nanoseconds per meter (depending on the characteristics of the selected cable)	ns/m
T_{DELAY}	Delivery time in microseconds	μs
T_{DELAY_MAX}	Maximum delivery time in microseconds	μs
T_{DELAY_MIN}	Minimum delivery time in microseconds	μs
Throughput_RTE	Throughput RTE	octets/s
Throughput_RTE_MAX	Maximum throughput RTE	octets/s
T_{NLD}	Node latency delay time in microseconds	μs
T_{NLD_i}	Node latency delay time of node i in microseconds	μs
T_{NPD}	Node propagation delay time in microseconds	μs
T_{NPD_i}	Node propagation delay time of node i in microseconds	μs
T_{PKT}	Packet transmit time in microseconds	μs
T_{PKT_i}	Packet transmit time of node i in microseconds	μs
T_{RCV}	Receiver stack traversal time including Phy and MAC in microseconds	μs
T_{SND}	Sender stack traversal time including Phy and MAC in microseconds	μs
$T_{TX\_PKT\_ij}$	packet transmit time of packet j in microseconds in the port transmit queue of node i in front on of this packet (depending on APDU size of node i)	μs
$T_{TX\_PKT\_j}$	packet transmit time of packet j in microseconds in the port transmit queue in front on of this packet (depending on APDU size of node i)	μs

3.3.13 CPF 18 symbols

Symbol	Definition	Unit
l_B	Distance along the cable in backward direction	m
l_C	Cable length	m
l_F	Distance along the cable in forward direction	m
NoDoB	Number of devices in backward direction	–
NoDoF	Number of devices in forward direction	–
NoS	Number of switching devices	–
t_{CD}	Cable delay	ns/m
t_{cyc}	Cycle time of communication system/relation	μs
t_D	Delivery time	μs
t_{data}	Transmit time of DLPDUs	μs
t_{pd}	Propagation delay	μs
t_{STsink}	Sink stack traversal time	μs
t_{STsrc}	Source stack traversal time	μs
t_{SW}	Delay time of a switch	μs

3.4 Conventions

3.4.1 Conventions common to all layers

3.4.1.1 (Sub)clause selection tables

(Sub)clause selection for all layers is defined in tables, as shown in Table 1 and Table 2. The selected base specifications are indicated just before the selection table(s). Selection is done at the highest (sub)clause level possible to define the profile selection unambiguously.

Table 1 – Layout of profile (sub)clause selection tables

Clause	Header	Presence	Constraints

Table 2 – Contents of (sub)clause selection tables

Column	Text	Meaning
Clause	<#>	(Sub)clause number of the base specifications
	Next clauses	any following clauses up to the last clause of the base specification
	Next Annexes	any following annexes up to the last annex of the base specification
Header	<text>	(Sub)clause title of the base specifications
Presence	NO	This (sub)clause is not included in the profile
	YES	This (sub)clause is fully (100 %) included in the profile in this case no further detail is given
	–	Presence is defined in the following subclauses
	Partial	Parts of this (sub)clause are included in the profile
	Optional	This (sub)clause may be additionally included in the profile
Constraints	See <#>	Constraints/remarks are defined in the given subclause, table or figure of this profile document
	–	No constraints other than given in the reference document (sub)clause, or not applicable
	<text>	The text defines the constraint directly; for longer text table footnotes or table notes may be used

If sequences of (sub)clauses do not match the profile, then the numbers are concatenated.

EXAMPLE concatenated subclauses

3.4 – 3.7	–	NO	–

3.4.1.2 Service selection tables

If the selection of services is defined in a table, the format of Table 3 is used. The table identifies the selected services and includes service constraints, as explained in Table 4.

Table 3 – Layout of service selection tables

Service ref.	Service name	Usage	Constraint

Table 4 – Contents of service selection tables

Column	Text	Meaning
Service ref.	<#>	(Sub)clause number of the base specifications where the service is defined
	–	Not applicable
Service name	<text>	The name of the service
Usage	M	Mandatory
	O	Optional
	–	Service is never used
Constraints	See <#>	Constraints/remarks are defined in the given subclause, table or figure of this profile document
	–	No constraints other than those given in the reference document (sub)clause, or not applicable
	<text>	The text defines the constraint directly; for longer text table footnotes or table notes may be used

If selection of service parameters is defined in a table the format of Table 5 is used. Each table identifies the selected parameters and includes parameter constraints, as explained in Table 6.

Table 5 – Layout of parameter selection tables

Parameter ref.	Parameter name	Usage	Constraint

Table 6 – Contents of parameter selection tables

Column	Text	Meaning
Parameter ref.	<#>	(sub)clause number of the base specifications where the service is defined
	–	Not applicable
Parameter name	<text>	The name of the service parameter
Usage	M	Mandatory
	O	Optional
	–	Attribute is never present
Constraints	See <#>	Constraints/remarks are defined in the given subclause, table or figure of this profile document
	–	No constraints other than those given in the reference document (sub)clause, or not applicable
	<text>	The text defines the constraint directly; for longer text table footnotes or table notes may be used

3.4.2 Physical layer

No additional conventions are defined.

3.4.3 Data-link layer

3.4.3.1 Service profile conventions

No additional conventions are defined.

3.4.3.2 Service and parameter selections

These are described using the common conventions, see 3.4.1.2.

3.4.4 Application layer

3.4.4.1 Service profile conventions

ASE and class selection is described using (sub)clause selection tables, see 3.4.1.1. If the use of selected ASE and classes is further constrained this is specified in the profile (e.g. an optional item of the base standard is mandatory in the profile).

If the selection of class attributes is defined in a table the format of Table 7 is used. The table identifies the selected class attributes and includes their constraints, as explained in Table 8.

Table 7 – Layout of class attribute selection tables

Attribute	Attribute Name	Usage	Constraint

Table 8 – Contents of class attribute selection tables

Column	Text	Meaning
Attribute	<#>	Attribute number of the base specification class
	–	Not applicable
Attribute Name	<text>	The name of the attribute
Usage	M	Mandatory
	O	Optional
	–	Attribute is never present
Constraints	See <#>	Constraints/remarks are defined in the given subclause, table or figure of this profile document
	–	No constraints other than those given in the reference document (sub)clause, or not applicable
	<text>	The text defines the constraint directly; for longer text table footnotes or table notes may be used

3.4.4.2 Service and parameter selections

These are described using the common conventions, see 3.4.1.2.

4 Conformance to communication profiles

A statement of compliance with an RTE Communication Profile Family (CPF) Profile of this part of IEC 61784 shall be stated² as either

- Compliance to IEC 61784-2:2014 CPF n <Type>, or
- Compliance to IEC 61784-2 (Ed.3.0) CPF n <Type>

and a statement of compliance with a communication profile (CP) of this part of IEC 61784 shall be stated as either

² In accordance with ISO/IEC Directives

- Compliance to IEC 61784-2:2014 CP n/n <Type>, or
- Compliance to IEC 61784-2 (Ed.3.0) CP n/n <Type>

where the Type within the angle brackets < > is optional and the angle brackets are not to be included. Type could be any character string.

A conformance statement should be supported with appropriate documentation as defined in Clause 6.

5 RTE performance indicators

5.1 Basic principles of performance indicators

A network that includes real-time communication and is based on the ISO/IEC 8802-3 standard is called a Real-time Ethernet (RTE) network. Users of RTE networks have different requirements for different applications. In order to satisfy these requirements in an optimal way RTE communication networks complying with CPs described in this standard will exhibit different performance.

Performance indicators (specified in 5.3) shall be used to specify capabilities of an RTE end device and an RTE communication network as well as to specify requirements of an application. Performance indicators will be used as a set of interaction means between the user of the RTE CP and the manufacturer of RTE CP compliant RTE end devices and network components. Subclause 5.2 specifies the application requirements view.

Performance indicators represent

- a) capabilities of an RTE end device,
- b) capabilities of an RTE communication network,
- c) as well as requirements of an application.

A consistent set of performance indicators (specified in 5.3) is used to represent the RTE capabilities. Some of the performance indicators are interdependent; in this case some indicator values depend on the value of others to provide a consistent set.

NOTE The interdependence is due to physical or logical constraints, which are not changeable. For example it is not possible to have the indicators "Throughput RTE (which would use 90 % of the total bandwidth)" and "Throughput non-RTE (90 %)" at the same time because that would describe a transmission load of 180 %.

No general boundary values to specify RTE performance are specified for the indicators in this standard, but device suppliers need to specify boundary values for a CP-based product if they claim to be compliant to this standard.

Technology specific CPF subclauses specify

- a) selection of performance indicators out of possible performance indicators defined in 5.3 relevant to a given CP, optionally with their individual limits or ranges,
- b) interdependence between performance indicators,
- c) optionally, lists with consistent performance indicators values.
Each of the lists has one or more leading performance indicators. The leading performance indicators are preset to a fixed value (typically optimized to have the best overall performance). The other performance indicators in the list are shown with their related consistency limits,
- d) optionally, a more comprehensive representation of the relation between performance indicators (Figure 1 shows an example of a graphical representation).

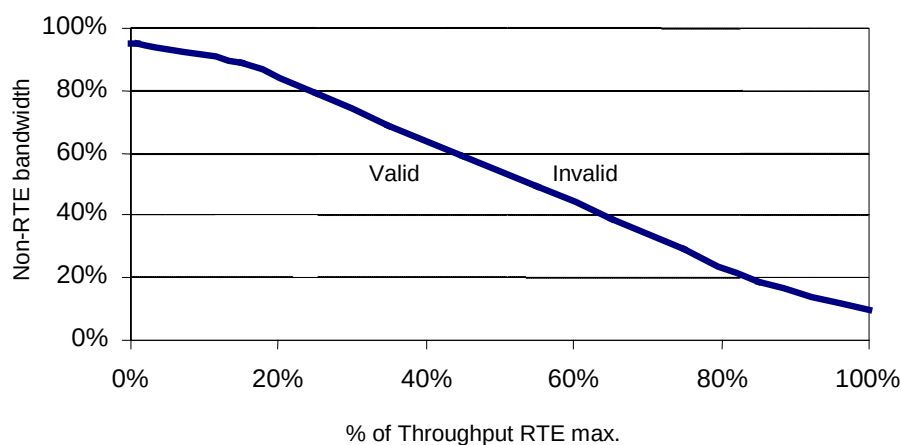


Figure 1 – Example of graphical representation of consistent indicators

The supplier of RTE end devices and RTE communication networks shall provide at least one consistent set of performance indicators. The boundary values given by the supplier should be based on conformance test principles specified in Clause 6.

NOTE 1 A set of lists with consistent performance indicators is only given when interdependence between performance indicators exists.

NOTE 2 It is possible that applications have requirements where one particular indicator has higher importance than all the others. Such applications will find useful the opportunity to select the consistent indicator list with the relevant leading indicator. Other applications may have requirements where several indicators are of equally high importance. For such applications, a graphical or otherwise more comprehensive representation of the relation between consistent indicators is more appropriate. Figure 1 is an example of a graphical representation of consistent indicators given by a CP.

NOTE 3 RTE end devices are designed under the discretion of manufactures of such a device. Therefore no assumption could be made how many RTE end-stations (network interfaces) are build in one device. In order to achieve comparable performance indicators from the application perspective the performance indicators are build on RTE end-stations not on RTE devices.

5.2 Application requirements

The capabilities of an RTE communication network are specified in 5.3 as indicators. The indicators are used to match application requirements to the capabilities of components compliant to one or more CP(s) of this part of IEC 61784.

A profile is suitable if its indicator values at least meet the required indicator values.

NOTE 1 Sophisticated requirements are likely to find a smaller number of matching profiles.

NOTE 2 A principle for selecting the matching CP is described in ISO 15745-1.

The application-dependent class should be a subset of a CP x/y to be suitable for this application.

5.3 Performance indicators

5.3.1 Delivery time

Delivery time shall indicate the time needed to convey an APDU containing data (message payload) that has to be delivered in real-time from one node (source) to another node

(destination). The delivery time is measured at the interface between the application process and the (Fieldbus) application entity.

NOTE 1 A description of the Application Layer concept with a description of the Application Process and the Application Entity is given in the respective type-specific part of IEC 61158-5.

The maximum delivery time shall be stated for the following two cases:

- no transmission errors, and
- one lost frame with recovery.

NOTE 2 The permanent failure condition is described in 5.3.9.

Calculation of the maximum delivery time shall include the transmission time as well as any waiting time.

NOTE 3 Waiting time depends on the RTE network concept, the RTE network topology and the application load which is generated by the other nodes in the RTE network and the non-RTE traffic at that time.

5.3.2 Number of RTE end-stations

The number of RTE end-stations shall state the maximum number of RTE end-stations supported by a CP.

NOTE The network devices like a switch are not counted in the number of RTE end-stations.

5.3.3 Basic network topology

The basic network topology supported by a CP shall be stated out of the topologies listed in Table 9 or as a combination.

Table 9 – Basic network topology types

Basic network topology	CP
Hierarchical star	CP m/1
Ring (loop)	CP m/2
Linear topology	CP m/3
NOTE A real topology could be any combination of the three basic topologies.	

5.3.4 Number of switches between RTE end-stations

Number of switches between any two RTE end-stations that have an application relation.

5.3.5 Throughput RTE

Throughput RTE shall indicate the total amount of APDU data (by octet length) on one link per second.

5.3.6 Non-RTE bandwidth

The non-RTE bandwidth shall indicate the percentage of bandwidth, which can be used for non-RTE communication on one link. Additionally the total link bandwidth shall be specified.

NOTE The indicators throughput RTE and non-RTE bandwidth are related to each other.

5.3.7 Time synchronization accuracy

Time synchronization accuracy shall indicate the maximum deviation between any two node clocks.

5.3.8 Non-time-based synchronization accuracy

The non-time-based synchronization accuracy shall indicate the maximum jitter of the cyclic behavior of any two nodes, using triggering by periodical events over the network for establishing cyclic behavior.

NOTE 1 This factor accounts for coherency of data or actions triggered by the event, and it is a measure of the coherency spread.

NOTE 2 The event can be unicast, multicast or broadcast, or made of a set of simpler events.

5.3.9 Redundancy recovery time

Redundancy recovery time shall indicate the maximum time from failure to become fully operational again in case of a single permanent failure.

NOTE If a permanent failure occurs, the delivery time of a message is the redundancy recovery time.

6 Conformance tests

6.1 Concept

This part of IEC 61784 specifies the methodology of a conformance test for an RTE end device for one or more CPs. The concept of this conformance test is to verify the capabilities of a device under test (DUT) against a consistent set of indicators of a CP. The conformance test shall assure the interoperability of devices which claim compliance with the same CP. Figure 2 gives an overview of the conformance test related to this part of IEC 61784.

NOTE Conformance test implementation and conformance test execution are not defined in this standard.

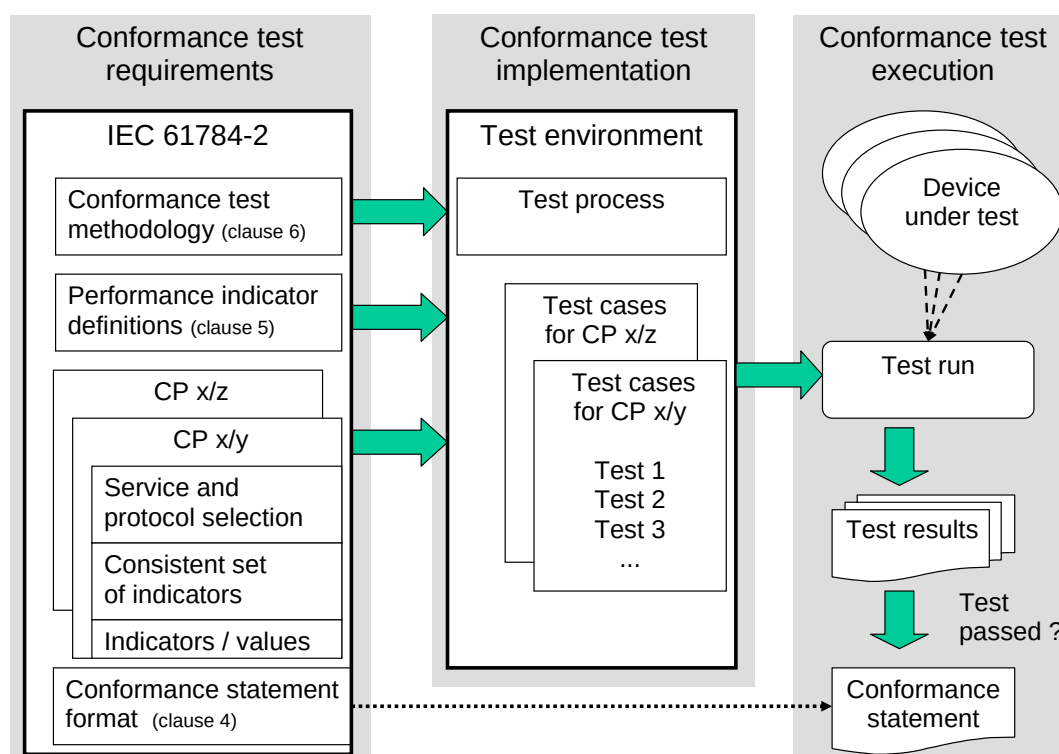


Figure 2 – Conformance test overview

6.2 Methodology

Test cases shall be developed in a way that tests are repeatable and the results can be verified. Test results shall be documented and shall be used as the basis for the conformance statement.

Conformance tests of a device shall include, as appropriate, the verification of

- the availability and correctness of the specified CP functionality,
- network related indicator values,
- device related indicator values.

The performance indicator values of the CP and of the device under test shall be used.

NOTE 1 It is assumed that the quality of the test cases guarantees the interoperability of a tested device. If any irregularities are reported the test cases will be adapted accordingly.

NOTE 2 A description of a conformance testing process is given in ISO/IEC 9646 series.

6.3 Test conditions and test cases

Test conditions and test cases shall be defined and documented based on a specific CP. This shall include the following indicators, when applicable:

- number of nodes;
- network topology;
- number of switches between nodes;
- RTE throughput,
- non-RTE bandwidth.

For each measured indicator (see 6.4), test condition and test case documents shall be prepared and shall describe:

- test purpose;
- test setup;
- test procedure;
- criteria for compliance.

Test set-up describes the equipment set-up necessary to perform the test including measurement equipment, device under test, auxiliary equipment, interconnection diagram, and test environmental conditions.

Parts of the test environment may be emulated or simulated. The effects of the emulation or simulation shall be documented.

The test procedure describes how the test should be performed, which also includes a description of specific set of indicators required to perform this test. The criteria for compliance define test results accepted as compliance with this test.

6.4 Test procedure and measuring

The measured indicators shall include, when applicable:

- delivery time;
- RTE throughput;
- non-RTE bandwidth;

- time synchronization accuracy;
- non-time based accuracy;
- redundancy recovery time.

The test procedure shall be based on the principles of 6.3.

The sequence of measuring actions to complete a test run shall be provided.

The number of independent runs of the test shall be provided.

The method to compute the result of the test from the independent runs shall be provided if applicable.

6.5 Test report

The test report shall contain sufficient information so that the test can be repeated and the results verified.

The test report shall contain at least

- the reference to the conformance test methodology according to 6.2,
- the reference to the performance indicator definitions according to Clause 5,
- the reference to the used CP according to this part of IEC 61784,
- a description of the conformance test environment including network emulators, measurement equipment and the person or organization responsible for the test execution, and the date of testing,
- the device under test, its manufacturer, and hardware and software revision,
- the number and type of devices connected to the network together with the topology,
- a reference to the test case specifications,
- the measured values,
- a statement according compliance with the CP.

7 Communication Profile Family 2 (CIP™³) – RTE communication profiles

7.1 General overview

Communication Profile Family 2 defines several communication profiles based on IEC 61158-2 (protocol type 2), IEC 61158-3-2, IEC 61158-4-2, IEC 61158-5-2, and IEC 61158-6-2, and on other standards. These profiles all share for their upper layers the same communication system commonly known as the Common Industrial Protocol (CIP).

This part of IEC 61784 defines two RTE communication profiles.

- Profile 2/2 EtherNet/IP™⁴

³ CIP™ is a trade name of ODVA, Inc. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the trade name CIP™. Use of the trade name CIP™ requires permission from ODVA, Inc.

⁴ EtherNet/IP™ is a trade name of ODVA, Inc. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the trade name EtherNet/IP™. Use of the trade name EtherNet/IP™ requires permission from ODVA, Inc.

This profile contains a selection of AL, DLL and PhL services and protocol definitions from IEC 61158-4-2, IEC 61158-5-2, and IEC 61158-6-2, and the TCP/UDP/IP/Ethernet protocol suite. This profile uses the CIP protocol and services in conjunction with the standard internet and Ethernet standards. This profile provides ISO/IEC 8802-3 and IEEE 802.3-2008 based real time communication, through the use of frame prioritization.

– Profile 2/2.1 EtherNet/IP™ with time synchronization

This profile is an extension of CP 2/2 that defines additional mechanisms to provide accurate time synchronization between nodes using EtherNet/IP. The addition of time synchronization services and protocols based on IEC 61588:2009 allows using it also for the most demanding applications.

NOTE 1 See IEC 61784-1, Clause A.2, for an overview of CIP and related networks communications concepts.

NOTE 2 Additional CPs are defined in the other parts of the IEC 61784 series.

7.2 Profile 2/2

7.2.1 Physical layer

See IEC 61784-1, 6.3.1.

7.2.2 Data-link layer

See IEC 61784-1, 6.3.2.

7.2.3 Application layer

See IEC 61784-1, 6.3.3.

7.2.4 Performance indicator selection

7.2.4.1 Performance indicator overview

Table 10 provides an overview of CP 2/2 performance indicators.

Table 10 – CP 2/2: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	Yes	None
Number of end-stations	Yes	None
Basic network topology	Yes	Only star topology is supported
Number of switches between end-stations	Yes	None
Throughput RTE	Yes	None
Non-RTE bandwidth	Yes	None
Time synchronization accuracy	No	–
Non-time-based synchronization accuracy	No	–
Redundancy recovery time	No	–

7.2.4.2 Performance indicator dependencies

7.2.4.2.1 Dependency matrix

Table 11 shows the dependencies between performance indicators for CP 2/2.

Table 11 – CP 2/2: PI dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI					
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth
Delivery time		No	No	Yes	No	No
Number of end-stations	No		Yes	Yes	No	No
Basic network topology	No	No		No	No	No
Number of switches between end-stations	Yes	Yes	Yes		No	No
Throughput RTE	No	No	No	No		Yes
Non-RTE bandwidth	No	No	No	No	Yes	

7.2.4.2.2 Delivery time

Payload delivery time between any two end-stations depends on many factors as shown below. For one direction of a CP 2/2 network operating in full-duplex mode it can be calculated for each type of application message using Formulae (1), (2) and (3).

$$DT = SD_s + T_{x\_packet} + \sum_{i=1}^{n-1} CD_i + \sum_{k=1}^n SL_k + SD_r \quad (1)$$

$$CD_i = PD_i \times CL_i \quad (2)$$

$$SL_k = SPD_k + \sum_{j=1}^q T_{x\_packet\_j} + T_{x\_packet} \quad (3)$$

where

DT	is the delivery time in microseconds;
SD_s	is the sender stack delay in microseconds (depending on the selected hardware platform and the embedded software implementation);
T_{x_packet}	is the packet transmit time in microseconds;
N	is the number of switches between sending and receiving end-stations;
CD	is the cable segment delay in microseconds;
PD	is the cable propagation delay in nanoseconds per meter (depending on the characteristics of the selected cable);
CL	is the cable segment length in meters;
SL	is the switch latency in microseconds (measured based on RFC 2544, usually provided by the switch vendor);
SPD	is the switch processing delay in microseconds (provided by the switch vendor instead of SL);
Q	is the number packets in the port transmit queue in front on of this packet;
$T_{x\_packet\_j}$	is the transmit time of packet j ;
SD_r	is the receiver stack delay in microseconds (depending on the selected hardware platform the and embedded software implementation).

NOTE If a packet is lost, e.g. due to a transmission error, but the following one is received without errors then the delivery time will double. The CP 2/2 system performance will not be affected unless four consecutive packets are lost.

7.2.4.2.3 Number of end-stations

With regard to star topology, this standard considers network infrastructures containing only data-link layer (Ethernet) switches. This assumes that all end-stations are connected to the same subnet. Based on the CP 2/2 specification, a subnet can contain a maximum of 1 024 end-stations. The minimum number of end-stations is two, one producer and one consumer of the RTE data.

7.2.4.2.4 Basic network topology

The basic topology of the CP 2/2 network is a hierarchical star. Since basic network topology is given, it is not dependent on, or influenced by, any of the performance indicators.

7.2.4.2.5 Number of switches between end-stations

The number of switches between end-stations, which is the number of layers in a hierarchical star, is determined on the basis of:

- delivery time;
- number of end-stations, their physical location and the distance between them;
- network traffic profile (types of traffic, rates, traffic mix);
- performance of selected switches, in particular their throughput, their physical location, distance between them and number of ports per switch;
- network management requirements.

The minimum number is 1. The maximum number is 1 024 where each end-station has an individual switch, which is similar to the linear topology.

7.2.4.2.6 Throughput RTE

In switched Ethernet networks based on the star topology a link is a link between an end-station and a switch port. Based on the definition provided in 5.3.5, throughput RTE depends on the link data rate, link mode of operation (half or full-duplex) and protocol overhead. Throughput RTE for one direction of a CP 2/2 link operating in a full-duplex mode can be calculated on the basis of Formula (4).

$$\text{Throughput\_RTE} = \sum_{i=1}^k (\text{APDUsize}_i \times \text{EN\_RTE\_PR}_i) \leq \text{EN\_PR\_MAX} \quad (4)$$

where

- APDUsize* is the size of the application protocol data unit per CP 2/2 connection in octets;
EN_RTE_PR is the end-station RTE packet rate per CP 2/2 connection in packets per second (pps);
k is the number of CP 2/2 connections supported by the end-station;
EN_PR_MAX is the end-station maximum packet rate in pps.

7.2.4.2.7 Non-RTE bandwidth

CP 2/2 does not specify a percentage of bandwidth which can be used for non-RTE communication but it can be calculated as shown below.

7.2.4.2.8 Relation between throughput RTE and non-RTE bandwidth

A link in the CP 2/2 is a link between an end-station and a switch port. The total link bandwidth is limited by the end-station throughput, which is the same as the end-station maximum packet rate. The total link bandwidth is therefore a sum of end-station RTE and non-RTE packet rates and can be calculated using Formulae (5), (6), (7), (8) and (9).

$$Total\_Link\_Bandwidth = EN\_PR\_MAX \quad (5)$$

$$EN\_PR = EN\_TRTE\_PR + EN\_TNRTE\_PR \leq EN\_PR\_MAX \quad (6)$$

$$EN\_TRTE\_PR = \sum_{i=1}^p EN\_RTE\_PR_i \quad (7)$$

$$EN\_TNRTE\_PR = \sum_{j=1}^m EN\_NRTE\_PR_j \quad (8)$$

$$NRTE\_BW = \frac{EN\_PR\_MAX - EN\_TRTE\_PR}{EN\_PR\_MAX} \times 100\% \quad (9)$$

where

EN_PR	is the end-station packet rate in packets per second (pps);
EN_PR_MAX	is the end-station maximum packet rate in pps;
EN_TRTE_PR	is the end-station total RTE packet rate in pps;
EN_RTE_PR	is the end-station RTE packet rate per CP 2/2 connection in pps;
p	is the number of CR 2/2 RTE connections;
EN_TNRTE_PR	is the end-station total non-RTE packet rate in pps;
EN_NRTE_PR	is the end-station non-RTE packet rate per CP 2/2 connection in pps;
m	is the number of CR 2/2 non-RTE connections;
$NRTE\_BW$	is the non-RTE bandwidth, in %.

EXAMPLE

End device maximum packet rate is 2 000 pps. It has 5 RTE connections, 2 with $EN\_RTE\_PR = 200$ pps and 3 with $EN\_RTE\_PR = 100$ pps. It also has 4 non-RTE connections, all with $EN\_NRTE\_PR = 10$ pps.

$$EN\_TRTE\_PR = 2 \times 200 \text{ pps} + 3 \times 100 \text{ pps} = 700 \text{ pps}$$

$$EN\_PR = 700 \text{ pps} + 40 \text{ pps} = 740 \text{ pps}$$

$$NRTE\_BW = \frac{40 \text{ pps}}{2000 \text{ pps}} \times 100\% = 2\%$$

$$NRTE\_BW_{\max} = \frac{2000 \text{ pps} - 700 \text{ pps}}{2000 \text{ pps}} \times 100\% = 65\%$$

In this example 65 % of link bandwidth can be used for non-RTE traffic but only 2 % has actually been used.

7.2.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 12 defines a consistent set of performance indicators for CP 2/2. Minimum and maximum values of delivery time are calculated in A.1.1.1. The maximum value of the throughput RTE is calculated in A.1.1.2.

Table 12 – CP 2/2: Consistent set of PIs for factory automation

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	130 μ s to 20,4 ms	–
Number of end-stations	2 to 1 024	–
Number of switches between end-stations	1 to 1 024	–
Throughput RTE	0 octets/s to 3,44 x 10 ⁶ octets/s	–
Non-RTE bandwidth	0 % to 100 %	–

7.3 Profile 2/2.1

7.3.1 Physical layer

The physical layer of the Ethernet/IP CP 2/2.1 profile is according to ISO/IEC 8802-3 and IEEE 802.3-2008.

Recommended connectors and cables are specified in IEC 61918 and IEC 61784-5-2.

NOTE 1 EtherNet/IP can be used with a number of media options (e.g. copper, fiber, fiber ring, wireless) in conjunction with the Ethernet lower layers.

NOTE 2 Additional information is provided in ODVA: THE CIP NETWORKS LIBRARY – Volume 2: EtherNet/IP™ Adaptation of CIP, Chapter 8: Physical Layer.

The time stamping feature for time synchronization is implemented using a hardware assist circuit as specified in IEC 61588:2009.

7.3.2 Data-link layer

7.3.2.1 DLL service selection

The data-link layer of the CP 2/2.1 profile is according to ISO/IEC 8802-3 and IEEE 802.3-2008.

7.3.2.2 DLL protocol selection

The data-link layer of the CP 2/2.1 profile is according to ISO/IEC 8802-3 and IEEE 802.3-2008.

Table 13 specifies the DLL protocol selection within IEC 61158-4-2.

Table 13 – CP 2/2.1: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	–
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	YES	–
4 – 5	–	NO	–
6	Specific DLPDU structure, encoding and procedures	–	–
6.1	Modeling language	YES	–
6.2 – 6.15	–	NO	–
7	Objects for station management	–	See Table 14
8 – 9	–	NO	–
10	Device Level Ring (DLR) protocol	YES	Optional
Annex A	(normative) – Indicators and switches	–	–
A.1	Purpose	YES	–
A.2	Indicators	–	–
A.2.1	General indicator requirements	YES	–
A.2.2	Common indicator requirements	YES	–
A.2.3	Fieldbus specific indicator requirements (1)	NO	–
A.2.4	Fieldbus specific indicator requirements (2)	YES	–
A.2.5	Fieldbus specific indicator requirements (3)	NO	–
A.3	Switches	–	–
A.3.1	Common switch requirements	YES	–
A.3.2	Fieldbus specific switch requirements (1)	NO	–
A.3.3	Fieldbus specific switch requirements (2)	YES	–
A.3.4	Fieldbus specific switch requirements (3)	NO	–

Table 14 specifies the management objects selection.

Table 14 – CP 2/2.1: DLL protocol selection of management objects

Clause	Header	Presence	Constraints
7	Objects for station management	–	–
7.1	General	Partial	Relevant objects and features only
7.2	ControlNet object	NO	–
7.3	Keeper object	NO	–
7.4	Scheduling object	NO	–
7.5	TCP/IP interface object	YES	–
7.6	Ethernet link object	YES	–
7.7	DeviceNet object	NO	–
7.8	Connection configuration object	YES	–
7.9	DLR object	YES	Optional (required if DLR protocol is implemented)
7.10	QoS object	YES	Optional
7.11	Port object	YES	–

7.3.3 Application layer

7.3.3.1 AL service selection

Table 15 specifies the AL service selection within IEC 61158-5-2.

Table 15 – CP 2/2.1: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	–
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	YES	–
4	Common concepts	Partial	Differences are indicated in IEC 61158-5-2, 6.1
5	Data type ASE	Partial	Selection and restrictions are specified in IEC 61158-5-2, 6.1
6	Communication model specification	–	–
6.1	Concepts	YES	–
6.2	ASEs	–	–
6.2.1	Object management ASE	–	–
6.2.1.1	Overview	YES	–
6.2.1.2	FAL management model class specification	–	–
6.2.1.2.1	General formal model	YES	–
6.2.1.2.2	Identity formal model	YES	–
6.2.1.2.3	Assembly formal model	YES	–
6.2.1.2.4	Message router formal model	YES	–
6.2.1.2.5	Acknowledge handler formal model	YES	–
6.2.1.2.6	Time Sync formal model	YES	–
6.2.1.2.7	Parameter formal model	YES	–
6.2.1.3	FAL management model ASE service specification	YES	–
6.2.2	Connection manager ASE	YES	Single class in this ASE
6.2.3	Connection ASE	YES	Optional (internal or external)
6.3	AR's	–	–
6.3.1	Overview	YES	–
6.3.2	UCMM AR formal model	NO	–
6.3.3	Transport AR formal model	YES	–
6.3.4	AR ASE services	YES	–
6.4	Summary of FAL classes	YES	–
6.5	Permitted FAL services by AR type	YES	–

In addition AL services are mapped onto the TCP/UDP/IP protocol suite.

The corresponding minimum requirements for EtherNet/IP devices are as specified in RFC 1122, RFC 1123, RFC 1127 and subsequent documents that may supersede them. All EtherNet/IP devices shall as a minimum support requirements specified in RFC 768, RFC 791, RFC 792, RFC 793, RFC 826, RFC 894, RFC 1112 and RFC 2236.

If a feature or internet protocol is implemented by an EtherNet/IP device, this feature shall be implemented in accordance with the appropriate RFC documents, whether the feature or protocol is considered required or optional by this RFC document.

7.3.3.2 AL protocol selection

Table 16 specifies the AL protocol selection within IEC 61158-6-2.

Table 16 – CP 2/2.1: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	–
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	YES	–
4	Abstract syntax	–	–
4.1	FAL PDU abstract syntax	–	–
4.1.1 – 4.1.2	–	YES	–
4.1.3	UCMM_PDUs	NO	–
4.1.4	Transport_Headers	YES	–
4.1.5	CM_PDUs	Partial	Except 4.1.5.6.6
4.1.6 – 4.1.11	–	YES	–
4.2	Data abstract syntax specification	YES	–
4.3	Encapsulation abstract syntax	YES	–
5	Transfer syntax	YES	–
6	Structure of FAL protocol state machines	YES	–
7	AP-Context state machine	YES	–
8	FAL service protocol machine (FSPM)	YES	–
9	Application relationship protocol machines (ARPMs)	–	–
9.1	General	YES	–
9.2	Connection-less ARPM (UCMM)	–	–
9.2.1	General	YES	–
9.2.2 – 9.2.6	–	NO	–
9.3	Connection-oriented ARPMs (transports)	YES	–
10	DLL mapping protocol machine 1 (DMPM 1)	NO	–
11	DLL mapping protocol machine 2 (DMPM 2)	YES	–
12	DLL mapping protocol machine 3 (DMPM 3)	NO	–

In addition, the AL protocol is mapped onto the TCP/UDP/IP protocol suite.

The corresponding minimum requirements for EtherNet/IP devices are as specified in RFC 1122, RFC 1123, RFC 1127 and subsequent documents that may supersede them. All EtherNet/IP devices shall as a minimum support requirements specified in RFC 768, RFC 791, RFC 792, RFC 793, RFC 826, RFC 894, RFC 1112 and RFC 2236.

If a feature or internet protocol is implemented by an EtherNet/IP device, this feature shall be implemented in accordance with the appropriate RFC documents, whether the feature or protocol is considered required or optional by this RFC document.

The time synchronization protocol is implemented as specified in IEC 61588:2009.

7.3.4 Performance indicator selection

7.3.4.1 Performance indicator overview

Table 17 provides an overview of CP 2/2.1 performance indicators.

Table 17 – CP 2/2.1: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	Yes	None
Number of end-stations	Yes	None
Basic network topology	Yes	Only star topology is detailed in this standard
Number of switches between end-stations	Yes	None
Throughput RTE	Yes	None
Non-RTE bandwidth	Yes	None
Time synchronization accuracy	Yes	Requires switches capable to function as IEC 61588:2009 transparent clocks or boundary clocks, depending on application.
Non-time-based synchronization accuracy	No	–
Redundancy recovery time	No	–

7.3.4.2 Performance indicator dependencies

7.3.4.2.1 Dependency matrix

Table 18 shows the dependencies between performance indicators for CP 2/2.1.

Table 18 – CP 2/2.1: PI dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI						
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Time sync accuracy
Delivery time		No	No	Yes	No	No	No
Number of end-stations	No		Yes	Yes	No	No	Yes
Basic network topology	No	No		No	No	No	No
Number of switches between end-stations	Yes	Yes	Yes		No	No	Yes
Throughput RTE	No	No	No	No		Yes	No
Non-RTE bandwidth	No	No	No	No	Yes		No
Time synchronization accuracy	No	No	Yes	Yes	No	No	

7.3.4.2.2 Time synchronization accuracy

Accuracy of time synchronization is the maximum jitter between master and slave clocks. In order to achieve 1 µs accuracy in a star network, it is necessary to use switches containing

IEC 61588:2009 boundary clocks. It has been proven that in this case the number of cascaded switches shall not exceed four (4), assuming that the accuracy of the switch boundary clock is within the range of ± 100 ns.

7.3.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 19 defines a consistent set of performance indicators for CP 2/2.1. Minimum and maximum values of delivery time are calculated in A.1.2.1. The maximum of nodes is calculated in A.1.2.2. The maximum value of the throughput RTE is calculated in A.1.1.2.

Table 19 – CP 2/2.1: Consistent set of PIs for motion control

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	130 μ s to 190 μ s	–
Number of end-stations	2 to 90	Maximum number of ports in switches with IEC 61588:2009 support
Number of switches between end-stations	1 to 4	Maximum number of cascaded switches with IEC 61588:2009 support
Throughput RTE	0 octets/s to $3,44 \times 10^6$ octets/s	–
Non-RTE bandwidth	0 % to 100 %	–
Time synchronization accuracy	≤ 1 μ s	–

8 Communication Profile Family 3 (PROFIBUS & PROFINET⁵) – RTE communication profiles

8.1 General overview

8.1.1 CPF 3 overview

Communication Profile Family 3 (CPF 3) defines communication profiles using Type 3 and Type 10 of IEC 61158 series, which corresponds to parts of the communication systems commonly known as PROFIBUS and PROFINET. For PROFIBUS CP 3/1 and CP 3/2 are specified in IEC 61784-1.

RTE specific PROFINET profiles are specified for three conformance classes named A, B, and C. Compliance to a CP out of the CPF 3 is a prerequisite to conform to a conformance class (see Table 55). Those conformance classes require features out of the general classifications given in 8.1.3, 8.1.4, 8.1.5, 8.1.6, 8.1.7, 8.1.8, 8.1.9, 8.1.10, and 8.1.11.

8.1.2 Administrative numbers

The administrative numbers shown in IEC 61158–6–10, shall be assigned by the authority shown in Table 20.

⁵ PROFIBUS and PROFINET are trade names of the non-profit organization PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. (PNO). This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by IEC of the trade names holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the registered trade name. Use of the trade names requires permission of the trade name holder.

Table 20 – Administrative numbers assignment

Parameter	Assigning authority
application process identifier	PROFIBUS & PROFINET International (PI) See IEC 61158–5–10, 3.2.9 See IEC 61158–6–10, Coding of the field API
vendor ID	PROFIBUS & PROFINET International (PI) See IEC 61158–5–10, 3.2.90 See IEC 61158–6–10, Coding of fields related to Instance, DeviceID, VendorID
enterprise number	IANA to PROFIBUS & PROFINET International (PI) See IEC 61158–5–10, 6.3.16.2.2 See IEC 61158–6–10, Enterprise number for PNIO MIB
PNIO MIB	PROFIBUS & PROFINET International (PI) See IEC 61158–5–10, 6.3.16.2.2 See IEC 61158–6–10, Enterprise number for PNIO MIB
API	PROFIBUS & PROFINET International (PI) See IEC 61158–5–10, 7.1.6 See IEC 61158–6–10, Coding of the field API
index	PROFIBUS & PROFINET International (PI) See IEC 61158–5–10, 3.2.54 See IEC 61158–6–10:2013, Coding of the field Index
IM_Profile_ID	PROFIBUS & PROFINET International (PI) See IEC 61158–5–10, 7.3.6.3.19 (See Profile ID) See IEC 61158–6–10, Coding of the field IM_Profile_ID
ChannelErrorType	PROFIBUS & PROFINET International (PI) See IEC 61158–5–10, 7.3.4.2.2 See IEC 61158–6–10, Coding of the field ChannelErrorType

8.1.3 Node Classes

8.1.3.1 General

Node classes are:

- IO device, with or without an integrated network component;
- IO controller, with or without an integrated network component;
- IO supervisor, and
- Network components (e.g. switch, wireless access point, wireless client).

A node may have several node classes implemented at the same time, e.g. IO controller and IO device, IO device and integrated network component.

8.1.3.2 IO device

An IO device shall support at least one AR with two IO CRs, one Alarm CR, and one Record Data CR with the following features:

- IO CR:
Maximum C_SDU data length 1 440 octets

Minimum C_SDU data length 40 octets
Usable C_SDU data length according to the general station description (GSD)

NOTE 1 C_SDU is derived from the IEC 61158–6–10.

- Alarm CR:
Up to 1 432 octet data length, minimal 200 octets data length
- Record data CR:
Up to $2^{32} - 65$ octet data length, minimal 4 132 octets data length (length of the *PROFINETIOServiceReqPDU* or *PROFINETIOServiceResPDU*)

NOTE 2 *PROFINETIOServiceReqPDU* and *PROFINETIOServiceResPDU* are derived from IEC 61158–6–10.

8.1.3.3 IO controller

An IO controller shall support at least one AR for each related IO device including two IO CRs, one Alarm CR, and one Record Data CR with the following features:

- IO CR:
Up to 1 440 octets C_SDU data length, min. 240 octets consistency, support of all defined data types
- Alarm CR:
Up to 1 432 octets data length, minimal 200 octets data length, capability to queue at least one high prior and one low prior alarm for each related IO device
- Record data CR:
Up to $2^{32} - 65$ octets data length, minimal 4 132 octets data length (length of the *PROFINETIOServiceReqPDU* or *PROFINETIOServiceResPDU*), capability to store for each related IO device 16 Koctets startup parameter, no parallel access to a record data object
- Multi-API:
At least two supported (API = 0 and API = x)
- Connect response:
At least an ARVendorBlockRes size of 512 octets for each used ARVendorBlockReq at the connect request

NOTE ARVendorBlockReq and ARVendorBlockRes are derived from the IEC 61158–6–10.

8.1.4 Timing parameters

8.1.4.1 Internet protocol and Dynamic name service

The recommended values for the IP layer defined in IETF RFC 791 are shown in Table 21 and Table 22.

Table 21 – IP layer parameters for IO controller

Parameter	Value	Comment
ARP_Cache_Size	Minimum 32	The amount of the supported IODs
ARP_Cache_Timeout	60 s	–

Table 22 – IP layer parameters for IO device

Parameter	Value	Comment
ARP_Cache_Size	Minimum 32	–
ARP_Cache_Timeout	60 s	–

The allowed time values for name resolution defined in IEC 61158–6–10, 4.12 are shown in Table 23.

Table 23 – Timeout values for name resolution

Parameter	Value	Comment
ARP-ResponseTimeout	2 s	See RFC 826
DCP-IdentifyTimeout	≥ 400 ms	See IEC 61158–6–10, 4.3.2
DCP-Set/GetTimeout	1 s	See IEC 61158–6–10, 4.3.2
DCP MaxRetryLimit Set/Get	2	See IEC 61158–6–10, 4.3.2
DNS-RequestTimeout	16 s	See RFC 1034

8.1.4.2 IO device

Table 24 contains limitations for AL timing parameters of an IO device.

Table 24 – Reaction time for an IO device

Parameter	Meaning	Value
MinDeviceInterval ^a	This performance parameter is an IO device property and part of the device description.	≤ 128 ms for CP 3/4 and CP 3/5 ≤ 1 ms for CP 3/6
MinDeviceIntervalUDP	This performance parameter is an IO device property.	≤ 4 000 ms for RT_CLASS_UDP
Remote_Application_Timeout ^b	The parameter Remote_Application_Timeout represents the deadline of a RPC call.	≤ 300 s
Remote_Application_Ready_Timeout ^c	The parameter Remote_Application_Ready_Timeout represents the deadline between IODControlRes (ControlCommand.Pr mEnd) and IOXControlReq (ControlCommand.Ap plicationReady).	≤ 300 s
Set_Storage_Time ^c	Maximum time between the DCP_Set.rsp and the completion of persistent storage.	≤ 30 s mandatory
Set_Usage_Time ^c	Maximum time between the DCP_Set.rsp and the usage of the set values in all affected protocols. For the IP suite see IP_Startup_Time.	≤ 400 ms mandatory
IP_Startup_Time ^c	Time between the DCP_Set.rsp and the accessibility of the IP layer with ARP ^d or the PROFINETIOServiceReqPDU.	≤ 30 s recommended ≤ 300 s mandatory
Reset_to_Factory_Time ^c	Time between the DCP_Set.rsp and the deletion of the name of station and the IP parameter.	≤ 30 s recommended ≤ 300 s mandatory
^a See ISO 15745–4/Amendment 1 ^b See OSF C706 ^c See IEC 61158–6–10 ^d See IETF RFC 826		

An IO device shall support ReductionRatio SendClockFactor combinations, which fulfill the Formula (10).

$$\text{MinDeviceInterval} \leq \text{SCF} \times \text{RR} \times 31,25 \mu\text{s} \quad (10)$$

$$\text{RR} \geq \frac{\text{MinDeviceInterval}}{\text{SCF} \times 31,25 \mu\text{s}}$$

where

MinDeviceInterval is the achieved communication interval;

SCF is the attribute *SendClockFactor* (see IEC 61158–5–10, Send Clock Factor);

RR is the attribute *ReductionRatio* (see IEC 61158–5–10, Reduction Ratio);

31,25 μs is the basic clock rate.

Each IO device implementation shall ensure that the MinDeviceInterval and Remote_Application_Timeout reach the smallest possible value.

The supported SCF in conjunction with the MinDeviceInterval limits the supported RR of a device.

8.1.4.3 Media redundancy protocol

The allowed time values for MRP defined in IEC 61158–6–10 are shown in Table 25.

Table 25 – Maximum time values for MRP

Parameter	Value	Comment
MaxBridgeDelay for MRP ^a	≤ 4 ms	Every bridge supporting MRP shall forward a MRP-PDU in this time.
^a A lesser BridgeDelay allows a greater Number of Switches (NoS) in a ring topology. With the maximum value the Number of Switches (NoS) in a ring topology is reduced to NoS<15.		

8.1.4.4 Precision transparent clock protocol

The allowed time values for PTCP defined in IEC 61158–6–10 are shown in Table 26.

Table 26 – Maximum time values for PTCP

Parameter	Value	Comment
Max Delay Request Repeat	5	–
Max Delay Response Time	< 10 ms	Recommended
Max Delay Response Time	< 25 ms	Mandatory
Max Bridge Delay	≤ 4 ms	Recommended
Max Bridge Delay	≤ 40 ms	Mandatory
Timestamp accuracy	≤ 10 ns	Recommended

8.1.4.5 Link layer discovery protocol

The allowed time values for LLDP defined in IEC 61158–6–10 and IEEE 802.1AB are shown in Table 27.

Table 27 – Maximum time values for LLDP

Parameter	Value	Comment
msgTxHold	4	Multiplier for msgTxInterval to calculate the txTTL.
msgTxInterval	5 s	Time between two consecutive LLDP frames without any content change during steady state operation.
txTTL	21 s	Time an information from a neighbor is stored.
txFast	TRUE	Immediate transmission of a LLDP frame is used, whenever a change of the content of the local LLDP data or of the neighborhood is detected.

8.1.5 Communication classes

8.1.5.1 General

All communication classes allow IEEE 802 series and IETF communications combined with the RTE specific additions. Communication classes are:

- RT Class 1 (content specified in attribute RT_CLASS_1, see IEC 61158–5–10, 6.3.4.2.2),
- RT Class 2 (legacy, content specified in attribute RT_CLASS_2, see IEC 61158–5–10, 6.3.4.2.2), and
- RT Class 3 (content specified in attribute RT_CLASS_3, see IEC 61158–5–10, 6.3.4.2.2), and
- RT Class UDP (content specified in attribute RT_CLASS_UDP, see IEC 61158–5–10, 6.3.4.2.2).

RT CLASS UDP is an optional communication class. It can be used without and in combination with RT Class 1, 2, and 3. The support of communication classes is shown in Table 28.

Table 28 – Communication classes applicable in conformance classes

Communication classes	Conformance classes		
	A	B	C
RT_CLASS_1 ^a	Mandatory	Mandatory	Mandatory ^e
RT_CLASS_2 ^{b d}	–	–	Only for legacy nodes
RT_CLASS_3 ^c	–	–	Mandatory ^d
RT_CLASS_UDP	Optional	Optional	Optional
^a Real-time (RT) without bandwidth allocation, Traffic Class GREEN. ^b Isochronous real-time (IRT) with bandwidth allocation, Traffic Class ORANGE. ^c Isochronous real-time (IRT) with bandwidth allocation, Traffic Class RED. ^d The use of RT_CLASS_2 is not intended. ^e Whether the support of RT_CLASS_1 is mandatory or optional depends on the GSD keyword "IsochroneModeRequired".			

8.1.5.2 Communication performance parameters

The values are shown in Table 29.

NOTE The inter frame gap (12 octets at the transmitter and 8 octets at the receiver) of the IEEE 802.3 applies.

Table 29 – Communication performance parameters

Parameter	Value	Meaning
REDBeginSafetyMargin	Minimum: 0 ns Maximum: 1 640 ns	This performance parameter is a RT_CLASS_3 property.
MinSupportedFSO	Minimum: 1 120 ns Maximum: 5 000 ns	This performance parameter is a RT_CLASS_3 property.
MinRTC3Gap	Minimum: 1 120 ns Maximum: 2 000 ns	This performance parameter is a RT_CLASS_3 property.
REDEndSafetyMargin	0 ns	This performance parameter is a RT_CLASS_3 property.
MaxFrameStartTime	Minimum: 960 ns Maximum: 5 000 ns	This performance parameter is a RT_CLASS_1 / RT_CLASS_2 / RT_CLASS_UDP property.
MinNRTGap	Minimum: 960 ns Maximum: 2 000 ns	This performance parameter is a RT_CLASS_1 / RT_CLASS_2 / RT_CLASS_UDP property.

8.1.5.3 RT_CLASS_3 bridges

The values for RT_CLASS_3 bridges are shown in Table 30.

Table 30 – Parameters for RT_CLASS_3 bridges

Parameter	Value	Meaning
Max Retention Time	Mandatory $\geq 20 \mu\text{s}$ Optional $< 4 \text{ ms}$	This performance parameter is a RT_CLASS_3 bridge property.
Frame send offset deviation	Mandatory $\leq 10 \text{ ns}$	This performance parameter is a RT_CLASS_3 bridge property.
SafetyMargin	$0 \text{ ns} \leq \text{Mandatory} \leq 100 \text{ ns}$	This performance parameter is a RT_CLASS_3 bridge property if FrameDataProperties.ForwardingMode := "Relative mode" is supported

8.1.5.4 Transmitter

8.1.5.4.1 RT_CLASS_3 transmitter

The values for a RT_CLASS_3 transmitter are shown in Table 31.

Table 31 – FrameSendOffset deviation

Parameter	Value	Meaning
Frame send offset deviation	Node with RT_CLASS_3 bridge Mandatory $\leq 10 \text{ ns}$ End node ^a Recommended $\leq 10 \text{ ns}$	This performance parameter is a RT_CLASS_3 transmitter property.

^a The value of the deviation shall be as low as needed to avoid any disturbance in a RT_CLASS_3 domain.

NOTE The deviation measureable on the MDI (media dependent interface) depends on the added jitter of the transition from the MAC, MII to MDI.

8.1.5.4.2 RT_CLASS_1 / RT_CLASS_UDP transmitter

The values for a RT_CLASS_1 / RT_CLASS_UDP transmitter are shown in Table 32.

Table 32 – FrameSendOffset deviation for RT_CLASS_1 / RT_CLASS_UDP

Parameter	Value	Meaning
Frame send offset deviation	Minimum (Less than 10 % of the used update interval ^a ; 10 ms)	This performance parameter is a RT_CLASS_1 / RT_CLASS_UDP transmitter property.
^a The update interval (UI) is calculated as $UI = SCF \times RR \times 31,25 \mu s$ with the data from the used IOCR.		

NOTE The deviation measureable on the MDI (media dependent interface) depends on the added jitter of the transition from the MAC, MII to the MDI.

8.1.5.5 RT_CLASS_3 node

The values for a RT_CLASS_3 node are shown in Table 33.

Table 33 – Minimum FrameSendOffset

Parameter	Value	Meaning
Minimum frame send offset ^a	SendClockFactor ≥ 8: Mandatory ≤ 5 000 ns	This performance parameter is a RT_CLASS_3 transmitter, receiver and forwarder property.
	SendClockFactor < 8: Mandatory ≤ 2 000 ns	
^a The real value, if lower is stated in the GSD keyword “MinFSO”.		

8.1.5.6 Synchronization for RT_CLASS_3

The performance parameters of a PTCP control loop are shown in Table 34.

Table 34 – PTCP control loop

Parameter	Value	Meaning
Allowed frequency changing speed	Mandatory $\leq 5 \frac{\mu Hz}{Hz/s}$	This performance parameter is a sync slave property.

8.1.5.7 Fragmentation

Table 35 shows the allowed maximum frame size in the GREEN or YELLOW period transmitted by a node. This definition does not apply for nodes with FragmentationType == Dynamic.

Table 35 – Maximum frame size

SendClockFactor	Condition	Maximum frame size
1 – 2	FragmentationType ^a == Static	128 octets
3 – 7	FragmentationType ^a == Static	256 octets
8 – 128	FragmentationType ^a == Static && FrameDetails.FragmentationMode == Fragmentation enabled	
	! FragmentationType ^a FrameDetails.FragmentationMode == Fragmentation disabled	Maximum IEEE 802.3 frame

^a See GSDML specification for the definition of this keyword.

8.1.6 Media redundancy classes

Media redundancy classes are:

- **RED_CLASS_1:**
Loop prevention and ring redundancy for IEEE 802 and IETF communications combined with the RTE specific additions RT_CLASS_1 and RT_CLASS_UDP (see 8.1.4).
Class behavior distinguishes between manager and client as specified in IEC 61158-5-10, 6.3.3.
- **RED_CLASS_3:**
Loop prevention and ring redundancy for IEEE 802 and IETF communications in conjunction with seamless media redundancy for rings with RT_CLASS_3.

NOTE 1 RED_CLASS_1 is called media redundancy protocol (MRP) and used in conjunction with RT_CLASS_1 and RT_CLASS_3. RED_CLASS_3 is called media redundancy for planned duplication (MRPD) and used in conjunction with RT_CLASS_3.

NOTE 2 RED_CLASS_3 offers ring redundancy and needs a protocol for loop prevention. RED_CLASS_1 offers loop prevention. That's why RED_CLASS_3 inherits RED_CLASS_1.

Support of media redundancy requires devices with at least 2 ports; usage is shown in Table 36.

Table 36 – Media redundancy class applicable in conformance classes

Media redundancy classes	Conformance classes					
	A		B		C	
	Client	Manager ^a	Client	Manager ^a	Client	Manager ^a
RED_CLASS_1	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional
RED_CLASS_3	–	–	–	–		

^a One node in a ring shall support the manager role if one of the media redundancy classes is used.

8.1.7 Media classes

Media classes are:

- Wired
- Fiber optic

- Wireless

If an interface uses media class “wireless”, the definitions made for media class “wired” may not apply.

8.1.8 Application classes

8.1.8.1 Definition

Devices supporting a specific application class shall support additional features beyond those required for the particular conformance class. Those features are described below in detail for the specific application class.

The following application classes are defined:

- Isochronous application (e.g. motion control)

NOTE Isochronous clock synchronization is a communication class feature and not an application class feature.

- Process automation
- High performance
- Controller to controller

The support of application classes is shown in Table 37 and Table 38:

Table 37 – Application classes applicable in conformance classes for IO device and IO controller

Application classes	Conformance classes		
	A	B	C
Isochronous application	–	–	Optional
Process automation	Optional ^a	Optional	Optional
High performance	–	–	Optional
Controller to controller	–	Optional	Optional
^a Not recommended			

Table 38 – Application classes applicable in conformance classes for network components

Application classes	Conformance classes		
	A	B	C
Isochronous application	–	–	–
Process automation	–	–	–
High performance	–	–	–
Controller to controller	–	–	–

8.1.8.2 Application class “Isochronous application”

Devices (i.e. IO device and IO controller) supporting the application class “isochronous application” shall support the following services additionally to the ones selected by the appropriate conformance class.

Application layer services for a device are defined in IEC 61158–5–10. Table 39 holds the application layer service selections from IEC 61158–5–10 to be supported additionally for this application class.

Table 39 – Application class “isochronous application” AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
8.3.7	Isochronous Mode Application ASE	YES	–

Application layer protocols for a device are defined in IEC 61158–6–10. Table 40 holds the application layer protocol selections from IEC 61158–6–10 to be supported additionally for this application class.

**Table 40 – Application class “isochronous application”
AL protocol selection component**

Clause	Header	Presence	Constraints
–	–	–	–

8.1.8.3 Application class “Process automation”

Devices (i.e. IO device and IO controller) supporting the application class “process application” shall support the following services additionally to the ones selected by the appropriate conformance class.

Application layer services for a device are defined in IEC 61158–5–10. Table 41 holds the application layer service selections from IEC 61158–5–10 to be supported additionally for this application class.

Table 41 – Application class “process automation” AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
8.3.5	Alarm ASE	YES	System Redundancy alarm is mandatory
8.3.6	Context ASE	YES	ARType IOCAR_SR and service Prm Begin shall be supported
8.3.9	AR ASE	YES	AR switchover (backup, primary) shall be supported

Application layer protocols for a device are defined in IEC 61158–6–10. Table 42 holds the application layer protocol selections from IEC 61158–6–10 to be supported additionally for this application class.

Table 42 – Application class “process automation” AL protocol selection component

Clause	Header	Presence	Constraints
–	–	–	–

The support of time synchronization according to IEEE 802.1AS is mandatory for devices with more than one port and optional for devices with one port.

The support of media redundancy class RED_CLASS_1 is mandatory and RED_CLASS_3 is optional (see 8.1.6 for details).

IO devices shall support at least one AR set.

8.1.8.4 Application class “High performance”

Devices (i.e. IO device and IO controller) supporting the application class “High performance” shall support the following values shown in Table 43 and Table 44.

Table 43 – Application class “High performance” features supported

Parameter	Value	Meaning
SendClockFactor	Less than 8	Communication cycles less than 250 µs
FastForwarding	Supported	–
Fragmentation	Supported	–
Preamble shortening	Supported	–
Dynamic frame packing	Supported	–

Table 44 – Application class “High performance” parameter values

Parameter	Value	Meaning
REDBeginSafetyMargin	160 ns	–
MinSupportedFSO	Maximum: 2 µs	–
MinRTC3Gap	1 120 ns	–
REDEndSafetyMargin	0 ns	–
MaxFrameStartTime	Maximum: 2 µs	–
MinNRTGap	960 ns	–
BridgeDelay	Maximum: 1 µs	–
MaxPortTxDelay	Maximum: 90 ns	–
MaxPortRxDelay	Maximum: 210 ns	–
MaxDFP_Feed	Maximum: 500 ns	–
Peer to peer jitter	Maximum: 250 ns	–
NOTE All times are specified for FastForwarding and ShortPreamble mode.		

8.1.8.5 Application class “Controller to controller”

Devices supporting the application class “Controller to controller” shall support the following values shown in Table 45.

Table 45 – Application class “Controller to controller” features supported

Parameter	Value	Meaning
IO controller	YES	–
IO device	YES	–
Controller to controller records	YES	Index range 0xF860 to 0xF86F Retrieval of the stored GSD shall be supported
IO controller Record data CR	16 588 octets	minimal 16 588 octets data length (length of the <i>PROFINETIOServiceReqPDU</i> or <i>PROFINETIOServiceResPDU</i>)
Shared IO device support	YES	–
Shared Input support	YES	–
Number of ARs	4	The IO device shall support at least four concurrent ARs

8.1.9 Records

8.1.9.1 General

Different records are associated with conformance class A, B and C as shown in Table 46, Table 47, Table 48, Table 49, Table 50, and Table 51.

Table 46 – Index (user specific)

Value (hexadecimal)	Meaning of index	Conformance class					
		A		B		C	
		R	W	R	W	R	W
0 – 0x7FFF	User specific RecordData	O		O		O	
R Read W Write M Mandatory O Optional G Defined by the general station description (GSD)							

Table 47 – Index (subslot specific)

Value (hexadecimal)	Meaning of index	Conformance class					
		A		B		C	
		R	W	R	W	R	W
0x8000	ExpectedIdentificationData for one subslot	M	–	M	–	M	–
0x8001	RealIdentificationData for one subslot	M	–	M	–	M	–
0x8002 – 0x8009	Reserved	–					
0x800A	Diagnosis in channel coding for one subslot	M	–	M	–	M	–
0x800B	Diagnosis in all codings for one subslot	M	–	M	–	M	–
0x800C	Diagnosis, Maintenance, Qualified and Status for one subslot	M	–	M	–	M	–
0x800D – 0x800F	Reserved	–					
0x8010	Maintenance required in channel coding for one subslot	M	–	M	–	M	–
0x8011	Maintenance demanded in channel coding for one subslot	M	–	M	–	M	–
0x8012	Maintenance required in all codings for one subslot	M	–	M	–	M	–
0x8013	Maintenance demanded in all codings for one subslot	M	–	M	–	M	–
0x8014 – 0x801D	Reserved	–					
0x801E	SubstituteValues for one subslot	G		G		G	
0x801F	Reserved	–					
0x8020	PDIRSubframeData for one subslot	–		–		G	
0x8021 – 0x8027	Reserved	–					
0x8028	RecordInputDataObjectElement for one subslot	M	–	M	–	M	–
0x8029	RecordOutputDataObjectElement for one subslot	M	–	M	–	M	–
0x802A	PDPorDataReal for one subslot	M	–	M	–	M	–
0x802B	PDPorDataCheck for one subslot	M		M		M	
0x802C	PDIRData for one subslot	–		–		M	
0x802D	Expected PDSyncData for one subslot with SyncID value 0	–		G		M	
0x802E	Reserved (legacy)	–					
0x802F	PDPorDataAdjust for one subslot	G		G		G	
0x8030	IsochronousModeData for one subslot	–		–		G	
0x8031	Expected PDTimeData for one subslot	–		G		G	
0x8032 – 0x804F	Reserved (legacy)	–		–		–	

Value (hexadecimal)	Meaning of index	Conformance class					
		A		B		C	
		R	W	R	W	R	W
0x8050	PDInterfaceMrpDataReal for one subslot	G	–	G	–	G	–
0x8051	PDInterfaceMrpDataCheck for one subslot	G		G		G	
0x8052	PDInterfaceMrpDataAdjust for one subslot	G		G		G	
0x8053	PDPortMrpDataAdjust for one subslot	G		G		G	
0x8054	PDPortMrpDataReal for one subslot	G	–	G	–	G	–
0x8055 – 0x805F	Reserved	–					
0x8060	PDPortFODataReal for one subslot	G	–	G	–	G	–
0x8061	PDPortFODataCheck for one subslot	G		G		G	
0x8062	PDPortFODataAdjust for one subslot	G		G		G	
0x8063 – 0x806F	Reserved	–					
0x8070	PDNCDataCheck for one subslot	G		G		G	
0x8071	PDInterfaceAdjust for one subslot	G		G		G	
0x8072	PDPortStatistic for one subslot	O	–	M	–	M	–
0x8073 – 0x807F	Reserved	–					
0x8080	PDInterfaceDataReal for one subslot	M	–	M	–	M	–
0x8081 – 0x808F	Reserved	–					
0x8090	Expected PDInterfaceFSUDataAdjust	G		G		G	
0x8091 – 0x909F	Reserved	–					
0x80A0	Profiles covering energy saving – Record_0	G		G		G	
0x80A1 – 0x80AF	Reserved for profiles covering energy saving	–					
0x80B0	CombinedObjectContainer	G		G		G	
0x80B1 – 0x80BF	Reserved	–					
0x80C0	Profiles covering sequence of events – Record_0	G		G		G	
0x80C1 – 0x80CF	Reserved for profiles covering sequence of events	–					
0x80D0 – 0xAFEF	Reserved	–					
0xAFF0	I&M0	M	–	M	–	M	–
0xAFF1	I&M1 ^{b c}	O	G	O	G	O	G
0xAFF2	I&M2 ^{b c}	O	G	O	G	O	G
0xAFF3	I&M3 ^{b c}	O	G	O	G	O	G
0xAFF4	I&M4 ^{b c}	O	G	O	G	O	G
0xAFF5 – 0xAFFF	I&M5 – I&M15	O		O		O	
0xB000 – 0xBFFF	Reserved for profiles	O		O		O	
R Read W Write M Mandatory O Optional G Defined by the general station description (GSD)							
^a – ^b If defined writeable by GSD also readable. ^c Mandatory, read- and writeable, for at least one submodule, e.g. interface submodule.							

It is not necessary for a device application to generate diagnosis, maintenance, qualified or status information.

However the data records 0x800A, 0x800B, 0x800C, 0x8010, 0x8011, 0x8012 and 0x8013 act as a filter to the diagnosis ASE. If the diagnosis ASE does not contain any information of the

requested type(s), the data record shall be returned empty. It is not allowed to state that the record does not exist.

Table 48 – Index (slot specific)

Value (hexadecimal)	Meaning of index	Conformance class					
		A		B		C	
		R	W	R	W	R	W
0xC000	ExpectedIdentificationData for one slot	M	–	M	–	M	–
0xC001	RealIdentificationData for one slot	M	–	M	–	M	–
0xC002 – 0xC009	Reserved	–					
0xC00A	Diagnosis in channel coding for one slot	M	–	M	–	M	–
0xC00B	Diagnosis in all codings for one slot	M	–	M	–	M	–
0xC00C	Diagnosis, Maintenance, Qualified and Status for one slot	M	–	M	–	M	–
0xC00D – 0xC00F	Reserved	–					
0xC010	Maintenance required in channel coding for one slot	M	–	M	–	M	–
0xC011	Maintenance demanded in channel coding for one slot	M	–	M	–	M	–
0xC012	Maintenance required in all codings for one slot	M	–	M	–	M	–
0xC013	Maintenance demanded in all coding for one slot	M	–	M	–	M	–
0xC014 – 0xCFFF	Reserved	–					
0xD000 – 0xDFFF	Reserved for profiles	O		O		O	
R Read							
W Write							
M Mandatory							
O Optional							
G Defined by the general station description (GSD)							

Table 49 – Index (AR specific)

Value (hexadecimal)	Meaning of index	Conformance class					
		A		B		C	
		R	W	R	W	R	W
0xE000	ExpectedIdentificationData for one AR	M	–	M	–	M	–
0xE001	RealIdentificationData for one AR	M	–	M	–	M	–
0xE002	ModuleDiffBlock for one AR	M	–	M	–	M	–
0xE003 – 0xE009	Reserved	–					
0xE00A	Diagnosis in channel coding for one AR	M	–	M	–	M	–
0xE00B	Diagnosis in all codings for one AR	M	–	M	–	M	–
0xE00C	Diagnosis, Maintenance, Qualified and Status for one AR	M	–	M	–	M	–
0xE00D – 0xE00F	Reserved	–					
0xE010	Maintenance required in channel coding for one AR	M	–	M	–	M	–
0xE011	Maintenance demanded in channel coding for one AR	M	–	M	–	M	–
0xE012	Maintenance required in all codings for one AR	M	–	M	–	M	–
0xE013	Maintenance demanded in all codings for one AR	M	–	M	–	M	–
0xE014 – 0xE02F	Reserved	–					

Value (hexadecimal)	Meaning of index	Conformance class					
		A		B		C	
		R	W	R	W	R	W
0xE030	Reserved	–					
0xE031 – 0xE03F	Reserved	–					
0xE040	MultipleWrite ^b	–	M	–	M	–	M
0xE041 – 0xE04F	Reserved	–					
0xE050	Legacy	–					
	ARFSUDDataAdjust ^a data for one AR	G ^a					
0xE051 – 0xE05F	Reserved for FastStartUp	–					
0xE060 – 0xEBFF	Reserved	–					
0xEC00 – 0xEFFF	Reserved for profiles	O	–	O	–	O	–
R Read W Write M Mandatory O Optional G Defined by the general station description (GSD)							
^a The record ARFSUDDataAdjust is supported only, when using legacy startup mode.							
^b The GSDML shall state the support of this feature.							

Table 50 – Index (API specific)

Value (hexadecimal)	Meaning of index	Conformance class					
		A		B		C	
		R	W	R	W	R	W
0xF000	RealIdentificationData for one API	M	–	M	–	M	–
0xF001 – 0xF009	Reserved	–					
0xF00A	Diagnosis in channel coding for one API	M	–	M	–	M	–
0xF00B	Diagnosis in all codings for one API	M	–	M	–	M	–
0xF00C	Diagnosis, Maintenance, Qualified and Status for one API	M	–	M	–	M	–
0xF00D – 0xF00F	Reserved	–					
0xF010	Maintenance required in channel coding for one API	M	–	M	–	M	–
0xF011	Maintenance demanded in channel coding for one API	M	–	M	–	M	–
0xF012	Maintenance required in all codings for one API	M	–	M	–	M	–
0xF013	Maintenance demanded in all codings for one API	M	–	M	–	M	–
0xF014 – 0xF01F	Reserved	–					
0xF020	ARData for one API	M	–	M	–	M	–
0xF021 – 0xF3FF	Reserved	–					
0xF400 – 0xF7FF	Reserved for profiles	O	–	O	–	O	–
R Read W Write M Mandatory O Optional G Defined by the general station description (GSD)							

Table 51 – Index (device specific)

Value (hexadecimal)	Meaning of index	Conformance class					
		A		B		C	
		R	W	R	W	R	W
0xF800 – 0xF80B	Reserved	–					
0xF80C	Diagnosis, Maintenance, Qualified and Status for one device	M	–	M	–	M	–
0xF80D – 0xF81F	Reserved	–					
0xF820	ARData	M	–	M	–	M	–
0xF821	APIData	M	–	M	–	M	–
0xF822 – 0xF82F	Reserved	–					
0xF830	LogBookData	M	–	M	–	M	–
0xF831	PDevData	–		O	–	O	–
0xF832 – 0xF83F	Reserved	–					
0xF840	I&M0FilterData	M	–	M	–	M	–
0xF841	PDRealData	M	–	M	–	M	–
0xF842	PDExpectedData	M	–	M	–	M	–
0xF843 – 0xF84F	Reserved	–					
0xF850	AutoConfiguration	G	–	G	–	G	–
0xF851 – 0xF85F	Reserved	–					
0xF860	Controller to controller communication GSD upload using UploadBLOBQuery and UploadBLOB	G	–	G	–	G	–
0xF861	Controller to controller communication Nested diagnosis info	G	–	G	–	G	–
0xF862 – 0xF86E	Reserved for Controller to controller communication 2...14	–					
0xF86F	Reserved for Controller to controller communication 15	G	–	G	–	G	–
0xF870 – 0xFBFE	Reserved	–					
0xFBFF	Trigger index for the RPC connection monitoring	M	–	M	–	M	–
0xFC00 – 0xFFFF	Reserved for profiles	O	–	O	–	O	–
R Read W Write M Mandatory O Optional G Defined by the general station description (GSD)							

8.1.9.2 Record sub blocks**8.1.9.2.1 General**

The following definitions applies if the protocol is defined for the implemented MAU type of the affected port.

8.1.9.2.2 PDPortDataAdjust

Different sub blocks of the PDPortDataAdjust record are associated with conformance class A, B and C as shown in Table 52.

Table 52 – PDPortDataAdjust (sub blocks)

Value (hexadecimal)	Meaning of sub block	Conformance class					
		A		B		C	
		R	W	R	W	R	W
–	AdjustDomainBoundary	–		M ^a		M	
–	AdjustMulticastBoundary	–		M ^b			
–	AdjustMAUType			G			M
–	AdjustLinkState			G			M
–	AdjustPeerToPeerBoundary	M ^c		M ^d		M ^e	
–	AdjustDCPBoundary			M			
–	AdjustPreambleLength			–			M ^f
R Read W Write M Mandatory O Optional G Defined by the general station description (GSD)							
^a Mandatory if PTCP is supported ^b Mandatory if Multicast Communication relation is supported ^c Only LLDP boundary is mandatory ^d LLDP and if supported PTCP and IEEE 802.1AS; these boundaries are mandatory ^e LLDP, PTCP and if supported IEEE 802.1AS; these boundaries are mandatory ^f Mandatory if the performance profile applies							

8.1.9.2.3 PDPortDataCheck

Different sub blocks of the PDPortDataCheck record are associated with conformance class A, B and C as shown in Table 53.

Table 53 – PDPortDataCheck (sub blocks)

Value (hexadecimal)	Meaning of index	Conformance class					
		A		B		C	
		R	W	R	W	R	W
–	CheckPeers	M					
–	CheckLineDelay	–		M ^a		M	
–	CheckMAUType	G				M	
–	CheckLinkState	G				M	
–	CheckSyncDifference	–		M ^a		M	
–	CheckMAUTypeDifference	M					
R Read							
W Write							
M Mandatory							
O Optional							
G Defined by the general station description (GSD)							
^a Mandatory if PTCP is supported							

8.1.10 Communication feature list

Table 54 shows at a glance a list of PROFINET features.

Table 54 – Communication feature list

Feature	Conformance Classes		
	A	B	C
Provider for multicast communication relation (MCR)	Optional		
Shared device	Optional		
Shared input	Optional		
Fast startup	Optional		
Device access	Optional		
Supervisor Application Relation	IO controller: – IO device: Recommended		
Implicit Application Relation	IO controller: Optional IO device: Mandatory		
AutoNameOfStationAssignment See CTLDINA in IEC 61158–6–10	IO controller: Recommended IO device: –		

8.1.11 Conformance class behaviors

CP 3/4, CP 3/5, and CP 3/6 specify the different node classes in the CPF 3 subclauses. The application classes are selected in conformance class. A CP is associated to a conformance class. Media redundancy is selected in a conformance class. Table 55 specifies the required conformance class behaviors.

In this document the following communication profiles are specified for CPF 3:

- CP 3/4, see Table 55 and Table 57 conformance class **A**;
- CP 3/5, see Table 55 conformance class **B**;
- CP 3/6, see Table 55 conformance class **C**.

Table 55 – Conformance class behaviors

General classes	Conformance Classes			
	A		B	C
	Wireless	Wired		
CP	CP 3/4		CP 3/5	CP 3/6
Node classes ^a (see 8.1.3)	IO device, IO controller			
Media classes (see 8.1.7)	Wireless	Selection of wired or fiber optic		
Application classes	see 8.1.8			
Communication classes ^b	see 8.1.5			
Media redundancy classes	–	see 8.1.6		
Installation IEC 61784–5–3	–	Optional	YES	
Communication feature list	see 8.1.10			
IEEE 802.3	–	YES ⁱ		
IEEE 802.1D	–	YES ^c		YES ^g
IEEE 802.1Q	–	YES ^d		
IEEE 802.1AB	Optional	YES ^f	YES	

General classes	Conformance Classes			
	A		B	C
	Wireless	Wired		
IEEE 802.1AS	Optional			
Wireless technologies selection	1. IEEE 802.11 ^e 2. IEEE 802.15.1	–	–	–
SNMP	Optional		YES	
LLDP-MIB ^j LLDP-EXT-DOT1-MIB LLDP-EXT-DOT3-MIB LLDP-EXT-PNIO-MIB	Optional	YES ^f	YES	
MIB-II	Optional		YES ^h	
PNIO MIB	Optional			
^a IO supervisor are out of scope of conformance class.				
^b All conformance classes allow IETF communication combined with the RTE specific additions. The attributes RT_CLASS_x are specified in 8.3.10.4.2 of IEC 61158–5–10.				
^c 1) RSTP optional or replaced by MRP. . 2) CutThroughMode is recommended. 3) “Discard on received frame in error” is optional when using the CutThroughMode. 4) At least two priorities required (4 recommended).				
^d Priority tagging VLAN configuration, removal and modification of tag headers is optional.				
^e 1) IEEE 802.11 (At least EDCA part with four priorities supported) 2) Optional IEEE 802.11n.				
^f Sending and receiving of LLDP frames is mandatory. The support of the MIB is optional				
^g 1) RSTP optional or replaced by MRP. 2) CutThroughMode is mandatory. 3) “Discard on received frame in error” optional (CutThroughMode). 4) At least two priorities required (4 recommended).				
^h See Table 56.				
ⁱ The support of Auto Negotiation with a link speed of at least 100 Mbit/s full-duplex is mandatory. All other MAU types stated in RFC 4836 fulfilling this requirements (i.e. 1 Gbit/s full-duplex, 10 Gbit/s or 100 Gbit/s full-duplex) is optional.				
^j The LLDP-MIB uses version LLDP-MIB-200505060000Z.MIB and their extensions.				

Table 56 – MIB-II objects

OID tree entry	Object identification	Meaning
iso(1). org (3). dod(6). internet(1). mgmt(2). mib-2(1). system(1).	sysDescr(1), sysObjectID(2), sysUpTime(3), sysContact(4), sysName(5), sysLocation(6), sysServices(7)	Mandatory for “conformance class B ” and “conformance class C ”.
iso(1). org (3). dod(6). internet(1). mgmt(2). mib-2(1). interfaces(2).	ifNumber	Mandatory if multiple interfaces is supported. Recommended for “conformance class B ” and “conformance class C ”.
iso(1). org (3). dod(6). internet(1). mgmt(2). mib-2(1). interfaces(2). ifTable(2). ifEntry.	ifIndex(1), ifDescr(2), ifType(3), ifMtu(4), ifSpeed(5), ifPhysAddress(6), ifAdminStatus(7), ifOperStatus(8)	Mandatory if multiple interfaces is supported. Recommended for “conformance class B ” and “conformance class C ”.
iso(1). org (3). dod(6). internet(1). mgmt(2). mib-2(1). interfaces(2). ifTable(2). ifEntry.	ifLastChange(9), ifInOctets(10), ifInUcastPkts(11), ifInNUcastPkts(12), ifInDiscards(13), ifInErrors(14), ifInUnknownProtos(15), ifOutOctets(16), ifOutUcastPkts(17), ifOutNUcastPkts(18), ifOutDiscards(19), ifOutErrors(20), ifOutQLen(21), ifSpecific(22)	Recommended for “conformance class B ” and “conformance class C ”.

The conformance classes are laid out in such a way that a lower conformance class is a subset of a higher conformance class. Thus higher class devices are interoperable with lower class devices by using the capabilities of the lower class only (e.g. by using RT_CLASS_1).

However, a particular submodule of an IO device may enforce the IO controller to use isochronous mode operation (indicated with the GSDML keyword IsochroneModeRequired) and thus in consequence enforces the IO controller to use conformance class C. Such an IO device with that particular submodule will not be able to operate on an IO controller supporting a lower conformance class than C.

Table 57 – Conformance class behaviors for network components

General classes	Conformance Classes		
	A	A	A
CP	CP 3/4	CP 3/4	CP 3/4
Node classes (see 8.1.3)	Switch	Wireless access point	Wireless client
Media classes (see 8.1.7)	Selection of wired or fiber optic	Wireless	Wireless
Application classes	see 8.1.8		
Communication classes ^a (see 8.1.5)	–	–	–
Media redundancy classes	see 8.1.6	–	–
Installation IEC 61784–5–3	Optional	–	–
Communication feature list	–	–	–
IEEE 802.3	YES ^e	–	–
IEEE 802.1D	YES ^b	–	–
IEEE 802.1Q	YES ^c	–	–
IEEE 802.1AB	Recommended	Optional	Optional
IEEE 802.1AS	Optional	Optional	Optional
Wireless technologies selection	–	1. IEEE 802.11 ^d 2. IEEE 802.15.1	1. IEEE 802.11 ^d 2. IEEE 802.15.1
IEEE 802.11	–	YES ^f	YES ^f
SNMP	Recommended	Optional	Optional
MIB-II	Recommended	Optional	Optional
LLDP-MIB ^g LLDP-EXT-DOT1-MIB LLDP-EXT-DOT3-MIB LLDP-EXT-PNIO-MIB	Recommended	Optional	Optional
^a All conformance classes allow IETF communication combined with the RTE specific additions. The attributes RT_CLASS_x are specified in 8.3.10.4.2 of IEC 61158–5–10. ^b 1) RSTP optional or replaced by MRP . 2) CutThroughMode is recommended. 3) “Discard on received frame in error” is optional when using the CutThroughMode. 4) At least two priorities required (4 priorities recommended). ^c Priority tagging VLAN configuration, removal and modification of tag headers is optional. ^d Optional IEEE 802.11n. ^e The support of Auto Negotiation with a link speed of at least 100 Mbit/s full-duplex is mandatory. All other MAU types stated in RFC 4836 fulfilling this requirements (i.e. 1 Gbit/s full-duplex, 10 Gbit/s or 100 Gbit/s full-duplex) is optional. ^f At least EDCA part with four priorities shall be supported. ^g The LLDP-MIB using version LLDP-MIB-200505060000Z.MIB and their extensions.			

Network components can be used as leaves of a CP 3/6 network to connect CP 3/4 or CP 3/5 devices without losing the **C** conformance class capabilities. An example of connecting CP 3/4, CP 3/5, and CP 3/6 together is shown in Figure 3.

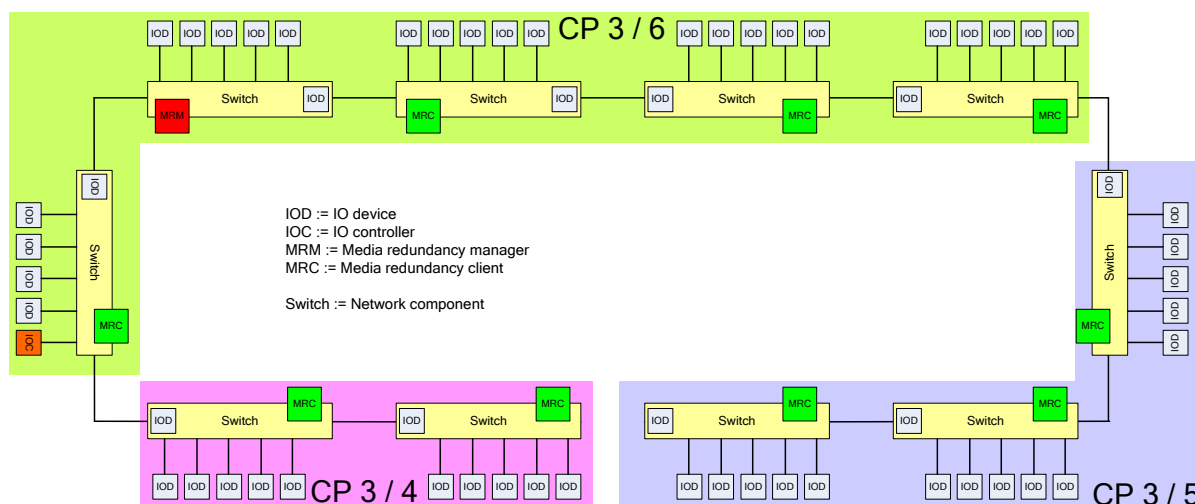


Figure 3 – Example of network topology using CP 3/4, CP 3/5, and CP 3/6 components

8.2 Profile 3/4

8.2.1 Physical layer

8.2.1.1 Media class wired and fiber optic

The physical layer shall be according to IEEE 802.3.

The data rate shall be at least 100 Mbit/s and full-duplex mode shall be used at least for one port.

Devices shall comply with the legal requirements of that country where they are deployed (for example, as indicated by the CE mark). The measures for protection against electrical shocks (i.e. electrical safety) within industrial applications shall be based on the IEC 61010 series or IEC 61131-2 depending on device type specified therein.

8.2.1.2 Media class wireless

The physical layer shall be a selection of IEEE 802.11 and IEEE 802.15.1.

If IEEE 802.11 is selected then the data rate shall be according to IEEE 802.11 and optional according to IEEE 802.11n, else the data rate shall be according IEEE 802.15.1.

8.2.2 Data link layer

8.2.2.1 General

It is recommended to limit the local injected non real time traffic of each node to 3 Koctets per millisecond to avoid a network overload.

8.2.2.2 Media class wired and fiber optic

The data link layer shall be according to IEEE 802.3, IEEE 802.1AB, IEEE 802.1D, and IEEE 802.1Q.

All management information bases (MIBs) are optional.

8.2.2.3 Media class wireless

The data link layer shall be a selection of IEEE 802.11 or IEEE 802.15.1.

Devices of the media class wireless using the IEEE 802.15.1 physical layer shall support adaptive frequency hopping (AFH). Furthermore these devices shall provide means to exclude frequencies used by IEEE 802.11 systems permanently from their hopping sequence.

All management information bases (MIBs) are optional.

8.2.3 Application layer

8.2.3.1 AL service selection

8.2.3.1.1 IO device

Application layer services for an IO device are defined in IEC 61158–5–10. Table 58 holds the application layer service selections from IEC 61158–5–10 for this profile.

Table 58 – CP 3/4: AL service selection for an IO device

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	Partial	Used if needed
3	Terms, definitions, abbreviations, symbols and conventions	Partial	Used if needed
4	Concepts	YES	–
5	Data type ASE	YES	–
6	Communication model for common services	–	–
6.1	Concepts	YES	–
6.2	ASE data types	YES	–
6.3	ASEs	–	–
6.3.1	Discovery and basic configuration ASE	YES	–
6.3.2	Precision time control ASE	YES	Optional
6.3.3	Media redundancy ASE	YES	See 8.1.6, n.a. for wireless media
6.3.4	Real-time cyclic ASE	YES	RT_CLASS_UDP is optional
6.3.5	Real-time acyclic ASE	YES	RTA_CLASS_UDP is optional; mandatory if RT_CLASS_UDP is supported.
6.3.6	Remote procedure call ASE	YES	–
6.3.7	IEEE 802.1AB ASE	YES	n.a. for wireless media
6.3.8	IEEE 802.1AS ASE	YES	Optional
6.3.9	IEEE 802.1D ASE	YES	Only applicable if a network component is integrated. Otherwise only PortStateChanged and SetPortState are used.
6.3.10	IEEE 802.1Q ASE	YES	n.a. for wireless media
6.3.11	IEEE 802.3 ASE	YES	n.a. for wireless media
6.3.12	Fragmentation ASE	YES	Optional; mandatory if send clocks lower than 250 µs are supported.
6.3.13	IP suite ASE	YES	ICMP is optional; mandatory if RT_CLASS_UDP is supported.
6.3.14	Domain name system ASE	YES	Optional
6.3.15	Dynamic host configuration ASE	YES	Optional
6.3.16	Simple network management ASE	YES	Optional
6.3.17	Common DL Mapping ASE	–	–
6.3.17.1	Overview	YES	–

Clause	Header	Presence	Constraints
6.3.17.2	DL Mapping class specification	YES	–
6.3.17.3	DL Mapping service specification	–	–
6.3.17.3.1	P Data	YES	Optional; mandatory if Precision Time Control ASE is supported
6.3.17.3.2	N Data	YES	–
6.3.17.3.3	A Data	YES	–
6.3.17.3.4	C Data	YES	–
7	Communication model for decentralized periphery	–	–
7.1	Concepts	YES	–
7.2	ASE data types	YES	–
7.3	ASEs	–	–
7.3.1	Record Data ASE	YES	–
7.3.2	IO Data ASE	YES	–
7.3.3	LogBook Data ASE	YES	–
7.3.4	Diagnosis ASE	YES	–
7.3.5	Alarm ASE	YES	–
7.3.6	Context ASE	YES	–
7.3.7	Isochronous Mode Application ASE	NO	–
7.3.8	Physical Device Management ASE	YES	–
7.3.9	AR ASE	YES	–
7.4	Behavior of an IO device	–	–
7.4.1	Overview	YES	–
7.4.2	Startup of an IO device	YES	–
7.4.3	Physical device parameter check	–	–
7.4.3.1	General	YES	–
7.4.3.2	Remote system data	YES	–
7.4.3.3	Local system data	YES	–
7.4.3.4	Optical system data	YES	Optional; mandatory if fiber optic is used
7.4.4	Diagnosis and problem indicator	YES	–
7.4.5	User alarms	YES	–
7.4.6	Behavior in case of configuration change	YES	–
7.4.7	Behavior for PTCP within IO devices	YES	Optional; mandatory if precision time control ASE (see 6.3.2) is supported
7.5	Behavior of an IO controller	NO	–
7.6	Application characteristics	YES	–
Annex A	Device instances	YES	–
Annex B	Components of an Ethernet interface	Partial	Used when applicable
Annex C	Scheme of MAC address assignment	YES	–
Annex D	Collection of objects	YES	–
Annex E	Measurement of the fast startup time	YES	–
Annex F	Dynamic Frame Packing	YES	Optional
Annex G	Building IR Data	YES	Optional; mandatory if RT_CLASS_3 is used

8.2.3.1.2 Network component

8.2.3.1.2.1 General

A network component can be integrated in an IO device or an IO controller. If so, then the requirements of an IO device and IO controller are applicable.

Alternatively the network component can be build as a non-integrated network component as a stand alone node.

A 100 Mbit/s switch should support a buffering of all data of at least 1 ms. This should be applicable with 100 % bandwidth concurrent at all ports for frames with the smallest frame size.

A 100 Mbit/s switch with less than eight ports shall provide buffering capacity according to Table 69, with eight and more ports according to Table 70. This shall be applicable with 100 % bandwidth concurrent at all ports for frames with the smallest frame size.

8.2.3.1.2.2 Non-integrated network component

A non-integrated network component does not require Type 10 AL. Table 57 specifies the general network component behaviors.

The wireless bridge (2 access points or 1 access point and 1 client) shall support less then 128 ms propagation delay. An example of a wireless topology is shown in Figure 4.

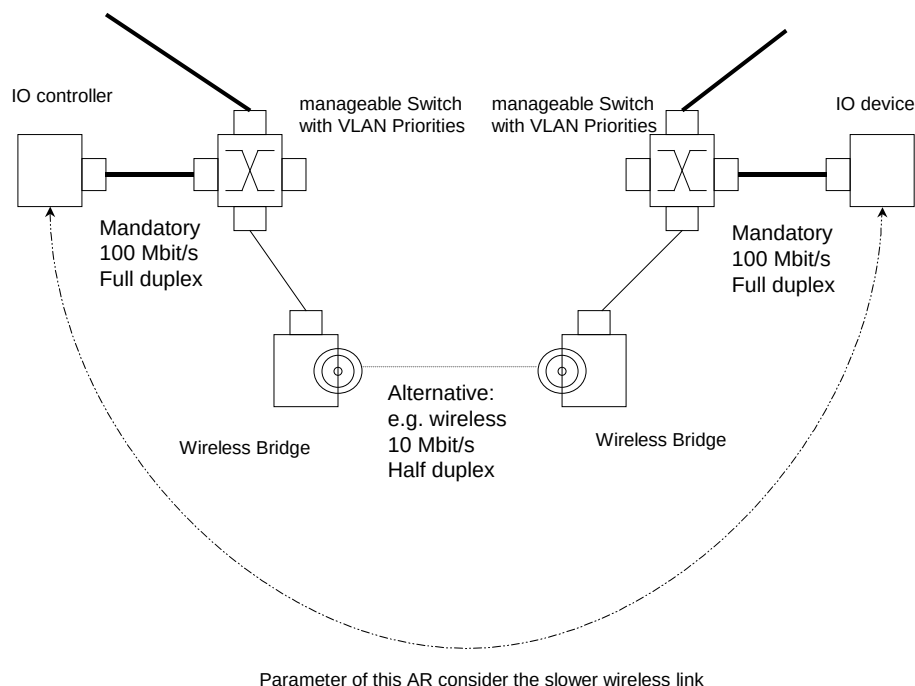


Figure 4 – Example of network topology with wireless segment

8.2.3.1.2.3 Integrated network component

Application layer services for a network component are defined in IEC 61158–5–10. Table 58 holds the application layer service selections from IEC 61158–5–10 for this profile.

8.2.3.1.3 IO controller

Application layer services for an IO controller are defined in IEC 61158–5–10. Table 58 holds the application layer service selections from IEC 61158–5–10 for this profile except 7.4 is NO and 7.5 is YES.

8.2.3.1.4 IO supervisor

See 8.2.3.1.3.

8.2.3.1.5 Options

DHCP according to RFC 2131 is an optional service.

DNS is an optional service for an IO controller and IO supervisor.

Media redundancy (see 8.1.6).

PTCP is an optional service. If PTCP is supported, the support of both sync master and redundant sync master are optional for an IO device. For an IO controller the support of sync master is mandatory and the support of redundant sync master optional.

8.2.3.2 AL protocol selection

8.2.3.2.1 IO device

Application layer protocols for an IO device are defined in IEC 61158–6–10. Table 59 holds the application layer protocol selections from IEC 61158–6–10 for this profile.

Table 59 – CP 3/4: AL protocol selection for an IO device and Network component

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	Partial	Used if needed
3	Terms, definitions, abbreviations, symbols and conventions	Partial	Used if needed
4	Application Layer protocol specification for common protocols	–	–
4.1	FAL syntax description	YES	–
4.2	Transfer syntax	–	–
4.2.1	Coding of basic data types	Partial	Used as needed
4.2.2	Coding section related to common basic fields	Partial	Used as needed
4.3	Discovery and basic configuration	YES	–
4.4	Precision working time control	YES	Optional, n.a. for wireless media
4.5	Time synchronization	YES	Optional
4.6	Media redundancy	YES	See 8.1.6, n.a. for wireless media
4.7	Real-time cyclic	YES	RT_CLASS_UDP is optional
4.8	Real-time acyclic	YES	RTA_CLASS_UDP is optional; mandatory if RT_CLASS_UDP is supported.
4.9	Fragmentation	YES	Optional; mandatory if send clocks lower than 250 µs are supported.
4.10	Remote procedure call	YES	–

Clause	Header	Presence	Constraints
4.11	Link layer discovery	YES	n.a. for wireless media
4.12	MAC bridges	YES	Only applicable if a network component is integrated. Otherwise only PortStateChanged and SetPortState are used.
4.13	Virtual bridges	YES	n.a. for wireless
4.14	IP suite	YES	–
4.15	Domain name system	YES	Optional
4.16	Dynamic host configuration	YES	Optional
4.17	Simple network management	YES	Optional
4.18	Common DLL Mapping Protocol Machines	YES	–
5	Application Layer protocol specification for decentralized periphery	–	–
5.1	FAL syntax description	YES	–
5.2	Transfer syntax	YES	When applicable
5.3	FAL protocol state machines	YES	When applicable
5.4	AP-Context state machine	YES	–
5.5	FAL Service Protocol Machines	–	–
5.5.1	Overview	YES	–
5.5.2	FAL Service Protocol Machine Device	YES	–
5.5.3	FAL Service Protocol Machine Controller	NO	–
5.6	Application Relationship Protocol Machines	–	–
5.6.1	Alarm Protocol Machine Initiator	YES	–
5.6.2	Alarm Protocol Machine Responder	YES	–
5.6.3	Device	YES	–
5.6.4	Controller	NO	–
5.7	DLL Mapping Protocol Machines	YES	–
Annex A	Unified establishing of an AR for all RT classes	YES	–
Annex B	Compatible establishing of an AR	YES	–
Annex C	Establishing of a device access AR	YES	–
Annex D	Establishing of an AR (accelerated procedure)	YES	–
Annex E	Establishing of an AR (fast startup procedure)	YES	–
Annex F	Example of the upload, storage and retrieval procedure	YES	–
Annex G	OSI reference model layers	YES	–
Annex H	Overview of the IO controller and the IO device state machines	YES	–
Annex I	Priority regeneration	YES	–
Annex J	Overview of the synchronization master hierarchy	YES	Optional; mandatory if Precision time control is supported
Annex K	Optimization of bandwidth usage	YES	–
Annex L	Time constraints for bandwidth allocation	YES	Optional; mandatory if RT_CLASS_2 or RT_CLASS_3 are supported
Annex M	Time constraints for the forwarding of a frame	YES	–
Annex N	Principle of dynamic frame packing	YES	Optional

Clause	Header	Presence	Constraints
Annex O	Principle of Fragmentation	YES	Optional; mandatory if send clocks lower than 250 µs are supported.
Annex P	MRPD – Principle of seamless media redundancy	YES	Optional; mandatory if RED_CLASS_3 is supported.
Annex Q	Principle of a RED_RELAY without forwarding information in PDIRFrameData	YES	Optional
Annex R	Optimization for fast startup without autonegotiation	YES	–
Annex S	TX-error handling	YES	–
Annex T	Example of a PrmBegin, PrmEnd and ApplRdy procedure	YES	–
Annex U	List of supported MIBs	YES	Optional
Annex V	Structure and content of BLOB	YES	If needed
Annex W	LLDP EXT MIB	YES	Optional

8.2.3.2.2 Network component

8.2.3.2.2.1 General

See 8.2.3.1.2.1.

8.2.3.2.2.2 Non-integrated network component

A non-integrated network component does not require Type 10 AL. Table 57 specifies the general network component behaviors.

8.2.3.2.2.3 Integrated network component

Application layer protocols for an integrated network component are defined in IEC 61158-6-10. Table 59 specifies the clauses included in this profile.

8.2.3.2.3 IO controller

Application layer protocols for an IO controller are defined in IEC 61158-6-10. Table 60 specifies the clauses included in this profile.

Table 60 – CP 3/4: AL protocol selection for an IO controller

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	Partial	Used if needed
3	Terms, definitions, abbreviations, symbols and conventions	Partial	Used if needed
4	Application Layer protocol specification for common protocols	–	–
4.1	FAL syntax description	YES	–
4.2	Transfer syntax	–	–
4.2.1	Coding of basic data types	Partial	Used as needed
4.2.2	Coding section related to common basic fields	Partial	Used as needed
4.3	Discovery and basic configuration	YES	–
4.4	Precision working time control	YES	Optional, n.a. for wireless media

Clause	Header	Presence	Constraints
4.5	Time synchronization	YES	Optional
4.6	Media redundancy	YES	See 8.1.6, n.a. for wireless media
4.7	Real-time cyclic	YES	RT_CLASS_UDP is optional
4.8	Real-time acyclic	YES	RTA_CLASS_UDP is optional; mandatory if RT_CLASS_UDP is supported.
4.9	Fragmentation	YES	Optional; mandatory if send clocks lower than 250 µs are supported.
4.10	Remote procedure call	YES	–
4.11	Link layer discovery	YES	n.a. for wireless media
4.12	MAC bridges	YES	Only applicable if a network component is integrated. Otherwise only PortStateChanged and SetPortState are used.
4.13	Virtual bridges	YES	n.a. for wireless
4.14	IP suite	YES	–
4.15	Domain name system	YES	Optional
4.16	Dynamic host configuration	YES	Optional
4.17	Simple network management	YES	Optional
4.18	Common DLL Mapping Protocol Machines	YES	–
5	Application Layer protocol specification for decentralized periphery	–	–
5.1	FAL syntax description	YES	–
5.2	Transfer syntax	YES	When applicable
5.3	FAL protocol state machines	YES	When applicable
5.4	AP-Context state machine	YES	–
5.5	FAL Service Protocol Machines	–	–
5.5.1	Overview	YES	–
5.5.2	FAL Service Protocol Machine Device	NO	–
5.5.3	FAL Service Protocol Machine Controller	YES	–
5.6	Application Relationship Protocol Machines	–	–
5.6.1	Alarm Protocol Machine Initiator	YES	–
5.6.2	Alarm Protocol Machine Responder	YES	–
5.6.3	Device	NO	–
5.6.4	Controller	YES	–
5.7	DLL Mapping Protocol Machines	YES	–
Annex A	Unified establishing of an AR for all RT classes	YES	–
Annex B	Compatible establishing of an AR	YES	–
Annex C	Establishing of a device access AR	YES	–
Annex D	Establishing of an AR (accelerated procedure)	YES	–
Annex E	Establishing of an AR (fast startup procedure)	YES	–
Annex F	Example of the upload, storage and retrieval procedure	YES	–
Annex G	OSI reference model layers	YES	–

Clause	Header	Presence	Constraints
Annex H	Overview of the IO controller and the IO device state machines	YES	–
Annex I	Priority regeneration	YES	–
Annex J	Overview of the synchronization master hierarchy	YES	Optional; mandatory if Precision time control is supported
Annex K	Optimization of bandwidth usage	YES	–
Annex L	Time constraints for bandwidth allocation	YES	Optional; mandatory if RT_CLASS_2 or RT_CLASS_3 are supported
Annex M	Time constraints for the forwarding of a frame	YES	–
Annex N	Principle of dynamic frame packing	YES	Optional
Annex O	Principle of Fragmentation	YES	Optional; mandatory if send clocks lower than 250 µs are supported.
Annex P	MRPD – Principle of seamless media redundancy	YES	Optional; mandatory if RED_CLASS_3 is supported.
Annex Q	Principle of a RED_RELAY without forwarding information in PDIRFrameData	YES	Optional
Annex R	Optimization for fast startup without autonegotiation	YES	–
Annex S	TX-error handling	YES	–
Annex T	Example of a PrmBegin, PrmEnd and ApplRdy procedure	YES	–
Annex U	List of supported MIBs	YES	Optional
Annex V	Structure and content of BLOB	YES	If needed
Annex W	LLDP EXT MIB	YES	Optional

8.2.3.2.4 IO supervisor

See 8.2.3.1.4.

8.2.3.2.5 Options

DHCP according to RFC 2131 is an optional protocol.

DNS is an optional protocol for an IO controller and IO supervisor.

Media redundancy (see 8.1.6).

PTCP is an optional service. If PTCP is supported, the support of both sync master and redundant sync master are optional for an IO device. For an IO controller the support of sync master is mandatory and the support of redundant sync master optional.

RT_Class_UDP is optional.

8.2.4 Performance indicator selection

8.2.4.1 Performance indicator overview

Table 61 specifies the relevant performance indicators.

Table 61 – CP 3/4, CP 3/5 and CP 3/6: Performance indicator overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	Yes	–
Number of end-stations	Yes	–
Basic network topology	Yes	–
Number of switches between end-stations	Yes	–
Throughput RTE	Yes	–
Non-RTE bandwidth	Yes	–
Time synchronization accuracy	Yes	–
Non-time-based synchronization accuracy	–	–
Redundancy recovery time	Yes	–

8.2.4.2 Performance indicator dependencies

8.2.4.2.1 Performance indicator dependency matrix

Table 62 specifies the dependencies of the performance indicators.

Table 62 – CP 3/4, CP 3/5 and CP 3/6: PI dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI							
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Time synchron. accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		Yes 8.2.4.2.4	NO	Yes 8.2.4.2.2	Yes 8.2.4.2.3	NO	NO	YES 8.2.4.2.5
Number of end-stations	YES 8.2.4.2.4		NO	NO	NO	NO	NO	NO
Basic network topology	YES 8.2.4.2.6	NO		NO	NO	NO	YES 8.2.4.2.7	YES 8.2.4.2.8
Number of switches between end-stations	YES 8.2.4.2.6	NO	NO		NO	NO	YES 8.2.4.2.7	YES 8.2.4.2.9
Throughput RTE	NO	NO	NO	NO		YES 8.2.4.2.10	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	NO	YES 8.2.4.2.10		NO	NO
Time synchronization accuracy	NO	NO	NO	YES 8.2.4.2.11	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	NO	NO	YES 8.2.4.2.8	YES 8.2.4.2.12	NO	NO	NO	

8.2.4.2.2 Delivery time

The performance indicator delivery time can be calculated by Formula (11).

$$DT = cta\_S + ctc + cta\_R + STTs + STTr + tt \times data + cd \times clt + \sum_{pd=1}^{NoS} f(pd) \times NoS + od \quad (11)$$

where

<i>DT</i>	is the Delivery time;
<i>cta_R</i>	is the application cycle time of the Receiver;
<i>cta_S</i>	is the application cycle time of the Sender;
<i>ctc</i>	is the communication cycle time (see Formula (12)) and shall be equal or longer than <i>MinDeviceInterval</i> ;
<i>STTs</i>	is the sender stack traversal time;
<i>STTr</i>	is the receiver stack traversal time;
<i>tt</i>	is the transfer time (80 ns/octet for 100 Mbit/s, 8 ns/octet for 1 Gbit/s).
<i>data</i>	is the complete Ethernet frame;
<i>cd</i>	is the cable delay (see attribute <i>CableDelayLocal</i> in IEC 61158–5–10);
<i>clt</i>	is the total cable length;
<i>pd</i>	is the propagation delay (see Formula (13));
<i>NoS</i>	is the number of switches;
<i>od</i>	is any other delays, e. g. signal forwarding in a ring.

The communication cycle time can be calculated by Formula (12).

$$ctc = SCF \times RR \times 31,25 \mu s \quad (12)$$

where

<i>SCF</i>	is the attribute <i>SendClockFactor</i> (see IEC 61158–5–10, Send Clock Factor);
<i>RR</i>	is the attribute <i>ReductionRatio</i> (see IEC 61158–5–10, Reduction Ration).

The propagation delay *pd* can be calculated by Formula (13).

$$pd = Queue\_delay + Phy\_R\_delay + Phy\_S\_delay + MAC\_delay \quad (13)$$

where

<i>Queue_delay</i>	is the Queue delay in a switch;
<i>Phy_R_delay</i>	is the Phy delay on receiver side;
<i>Phy_S_delay</i>	is the Phy delay on sender side;
<i>MAC_delay</i>	is the delay on MAC layer.

Figure 5 represents the calculation basis for delivery time and throughput RTE and shows the logical position where some of the parameter occur.

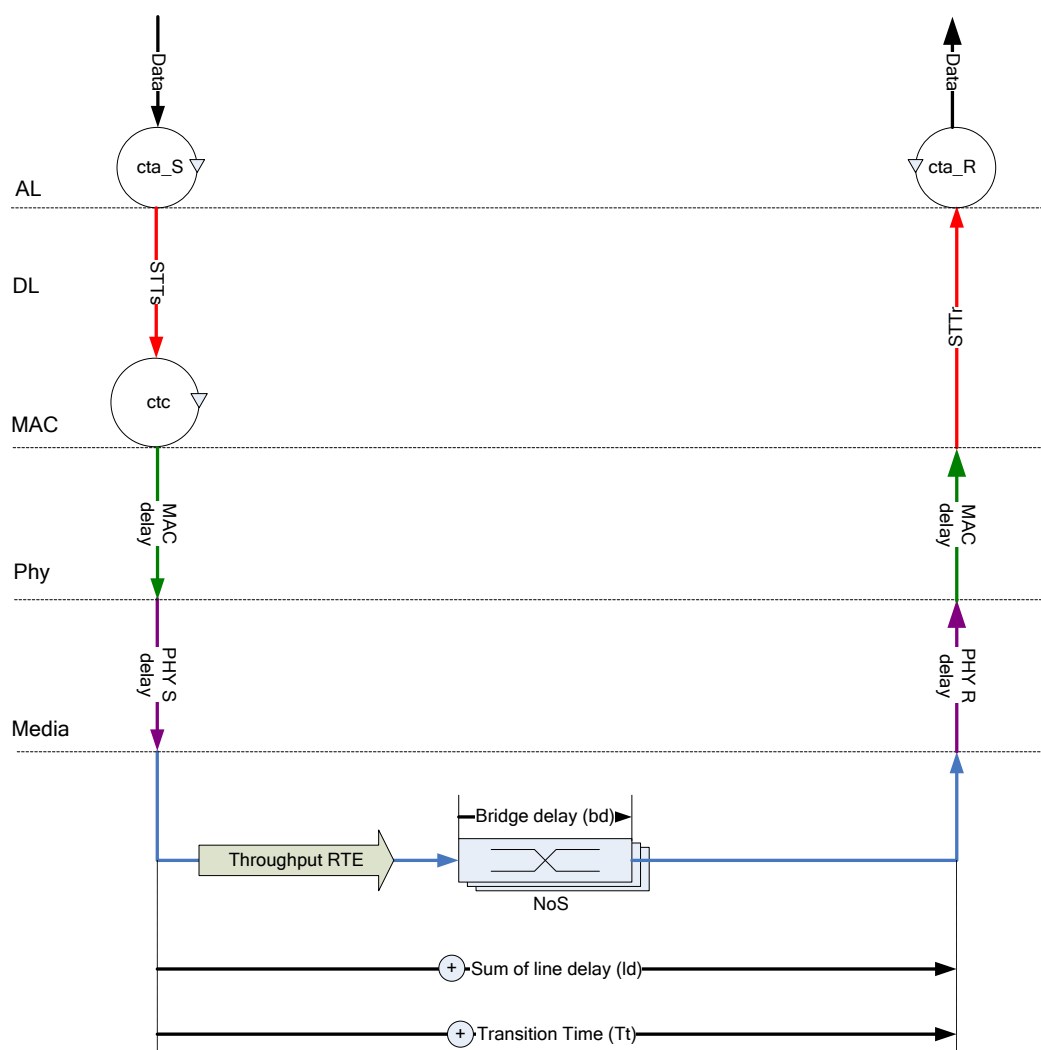


Figure 5 – Calculation basis for delivery time and throughput RTE

8.2.4.2.3 Delivery time dependency on throughput RTE

RTE throughput defines the amount of data within one ctc. Formula (14) specifies the dependencies to various parameters.

If $\text{data\_request} > \text{data\_RTE}$ then (14)

- to enlarge throughput RTE
 - ctc constant as long as max throughput RTE could be enlarged to transmit data_request
 - enlarge ctc additionally as much as needed so that max throughput RTE could be enlarged to transmit data_request
- use of multiple ctc

where

data_request is the requested throughput RTE;
 data_RTE is the actual throughput RTE,
 ctc is the communication cycle time (see Formula (12) in 8.2.4.2.2) and shall be equal or longer than MinDeviceInterval .

The parameter ctc and data are used in 8.2.4.2.2 to calculate delivery time.

8.2.4.2.4 Delivery time dependency on Number of end-stations

Number of end-stations influences the length of data within one ctc.

The parameter data is used in 8.2.4.2.2 to calculate Delivery time.

8.2.4.2.5 Delivery time dependency on Redundancy recovery time

NoS shall be set to the worst case value of all switches on the configured paths in a redundant topology.

The parameter NoS is used in 8.2.4.2.2 to calculate Delivery time.

8.2.4.2.6 Basic network topology dependency on Delivery time

If the delivery time in a daisy-chain or ring topology exceeds the bounded delivery time then the Basic network topology is to set to a hierarchical star.

8.2.4.2.7 Basic network topology dependency on Time synchron. accuracy

If the Time synchron. accuracy in a daisy-chain or ring topology exceeds the bounded Time synchron. accuracy then the Basic network topology is to set to a hierarchical star.

8.2.4.2.8 Basic network topology dependency on Redundancy recovery time

If redundancy recovery time allows use of rapid spanning tree algorithm and protocol (RSTP according to IEEE 802.1D) then no dependencies exist;

Redundancy recovery time of Media redundancy requires ring topology.

For RED_CLASS_1 and RED_CLASS_3, ring ports shall comply to Media Class wired and fiber optic according to 8.2.1.1. The data rate of both ring ports shall be at least 100 Mbit/s and full duplex mode shall be used for both ring ports.

For RED_CLASS_1 the redundancy manager defines with its parameter set the recovery time of a ring. Table 63 specifies the consistent set of parameter for a ring recovery time of 200 ms.

The traffic load in the ring shall be less than 90 %.

Table 63 – Manager parameters

Parameter	Value	Comment
MRP_TOPchgT	10 ms	IEC 61158–6–10
MRP_TOPNRmax	3	IEC 61158–6–10
MRP_TSTshortT	10 ms	IEC 61158–6–10
MRP_TSTdefaultT	20 ms	IEC 61158–6–10
MRP_TSTNRmax	3	IEC 61158–6–10

For RED_CLASS_1 and RED_CLASS_3, Table 64 specifies the parameter set for media redundancy clients.

Table 64 – Client parameters

Parameter	Value	Comment
MRP_LNKdownT	20 ms	IEC 61158–6–10
MRP_LNKupT	20 ms	IEC 61158–6–10
MRP_LNKNRmax	4	IEC 61158–6–10

8.2.4.2.9 NoS dependency on Redundancy recovery time

The time to detect the failure is dependent from the NoS.

8.2.4.2.10 Throughput RTE dependency on non-RTE bandwidth

The throughput RTE can be calculated by Formula (15).

$$\text{Throughput\_RTE} = (100\% - \text{NonRTE} - \text{protocolRTE}) * \text{EthernetDataRate} / 8 \quad (15)$$

where

Throughput_RTE is the throughput RTE in octets/s;

protocolRTE is the percentage of protocol time, see Formula (16);

NonRTE is the percentage of non-RTE bandwidth;

EthernetDataRate is the Ethernet data rate of the network.

The protocolRTE can be calculated by Formula (16).

$$\text{protocolRTE} = f_{\text{complex}}(\text{endStations}, \text{data}, \text{Time\_synchron\_accuracy}, \text{RM}, \dots) \quad (16)$$

where

endStations is the number of end-stations;

data is the complete Ethernet frame in octets;

Time_synchron_accuracy is the time synchronization accuracy;

RM is the time needed for management functions to support redundancy.

8.2.4.2.11 Time synchron. accuracy dependency on NoS

Time synchron. accuracy using up to 20 NoS.

8.2.4.2.12 Redundancy recovery time dependency on NoS

The time to detect the failure is dependent from the NoS.

8.2.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 65 specifies the consistent set of performance indicators using a network bandwidth of 100 Mbit/s, wired or fiber optic. The values are based of the values given in Table 66 and the methods or algorithm given in 8.2.4.2. This consistent set of performance indicators shall be tested for devices (not wireless) that claim compliance with CP 3/4.

Table 65 – CP 3/4: Consistent set of PIs for MinDeviceInterval=128 ms

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	128 ms watch dog factor × 128 ms	Without failure Frames lost; (See 8.1, MinDeviceInterval = 128 ms)
Number of end-stations	60	Data is assumed to be a 68 octets Ethernet frame to receive from and send to all end-stations
Number of switches between end-stations	10	–
Throughput RTE	2 324 706 octet/s	–
Non-RTE bandwidth	23,5 %	100 Mbit/s and related to 1 ms. Any IEEE 802.3 frames supported.
Time synchronization accuracy ^c	< 1 ms	Synchronization of local time
	< 1 µs	Synchronization of synchronous application
Redundancy recovery time ^c	0 ms	RT_CLASS_1 ^a : single failure
	< 200 ms	RTA ^b retries = 3; RTA timeout factor = 100 ms
	< 384 ms	RT_CLASS_1 ^a : double failure (line break and surge) watch dog factor = 3; delivery time = 128 ms
	< 200 ms	RTA ^b retries = 3; RTA ^b timeout factor = 100 ms
^a The attributes RT_CLASS_x are specified in 8.3.10.4.2 of IEC 61158–5–10.		
^b The attributes RTA Retries and RTA Timeout Factor are specified in 8.3.10.4.2 of IEC 61158–5–10.		
^c Optional		

Table 66 – CP 3/4: Assumed values for consistent set of PI calculation

Symbol	Definition	Value
<i>cd</i>	is the cable delay (see parameter cable_delay in IEC 61158–6–10)	5 ns
<i>clt</i>	is the total cable length	100 m
<i>cta_R</i>	is the application cycle time of the Receiver	1 µs
<i>cta_S</i>	is the application cycle time of the Sender	1 µs
<i>ctc</i>	is the communication cycle time (see Formula (12) in 8.2.4.2.2) and shall be equal or longer than MinDeviceInterval = 128 ms	128 ms
<i>data</i>	is the complete Ethernet frame	68 octets
<i>EthernetDataRate</i>	is the Ethernet data rate of the network	Mbit/s
<i>MAC_delay</i>	is the delay on MAC layer	1 µs
<i>NonRTE</i>	is the percentage of non-RTE bandwidth	%
<i>od</i>	is any other delays, e. g. signal forwarding in a ring	0 s
<i>pd</i>	is the propagation delay (see Formula (13) in 8.2.4.2.2)	–
<i>Phy_R_delay</i>	is the Phy delay on receiver side	300 ns
<i>Phy_S_delay</i>	is the Phy delay on sender side	300 ns
<i>protocolRTE</i>	is the percentage of protocol time (see Formula (16) in 8.2.4.2.10)	50 %
<i>Queue_delay</i>	is the Queue delay in a switch	0 s
<i>RedundancyManagement</i>	is the time needed for management functions to support redundancy	0 s

Symbol	Definition	Value
<i>STTr</i>	is the receiver stack traversal time	0 s
<i>STTs</i>	is the sender stack traversal time	0 s
<i>Time_synchron_accuracy</i>	is the time synchronization accuracy	0 s
<i>tt</i>	is the transfer time (80 ns/octet for 100 Mbit/s, 8 ns/octet for 1 Gbit/s)	80 ns
<i>SCF</i>	See IEC 61158–5–10, 8.3.10.4.2	32
<i>RR</i>	See IEC 61158–5–10, 8.3.10.4.2	128

8.3 Profile 3/5

8.3.1 Physical layer

The physical layer shall be according to IEEE 802.3.

The data rate shall be at least 100 Mbit/s and full-duplex mode shall be used at least for one port.

Devices shall comply with the legal requirements of that country where they are deployed (for example, as indicated by the CE mark). The measures for protection against electrical shocks (i.e. electrical safety) within industrial applications shall be based on the IEC 61010 series or IEC 61131-2 depending on device type specified therein.

8.3.2 Data link layer

The data link layer shall be according to IEEE 802.3, IEEE 802.1AB, IEEE 802.1D, and IEEE 802.1Q.

From the various optional Management Information Bases (MIBs) at least the LLDP MIB (see IEEE 802.1AB) and SNMP MIB-II (see RFC 1213) are required.

It is recommended to limit the local injected non real time traffic of each node to 3 Koctets per millisecond to avoid a network overload.

8.3.3 Application layer

8.3.3.1 AL service selection

8.3.3.1.1 IO device

Application layer services for an IO device are defined in IEC 61158–5–10. Table 67 holds the application layer service selections from IEC 61158–5–10 for this profile.

Table 67 – CP 3/5: AL service selection for an IO device

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	Partial	Used if needed
3	Terms, definitions, abbreviations, symbols and conventions	Partial	Used if needed
4	Concepts	YES	–
5	Data type ASE	YES	–
6	Communication model for common services	–	–
6.1	Concepts	YES	–
6.2	ASE data types	YES	–
6.3	ASEs	–	–
6.3.1	Discovery and basic configuration ASE	YES	–
6.3.2	Precision time control ASE	YES	Optional
6.3.3	Media redundancy ASE	YES	See 8.1.6, n.a. for wireless media
6.3.4	Real-time cyclic ASE	YES	RT_CLASS_UDP is optional
6.3.5	Real-time acyclic ASE	YES	RTA_CLASS_UDP is optional; mandatory if RT_CLASS_UDP is supported.
6.3.6	Remote procedure call ASE	YES	–
6.3.7	IEEE 802.1AB ASE	YES	n.a. for wireless media
6.3.8	IEEE 802.1AS ASE	YES	Optional
6.3.9	IEEE 802.1D ASE	YES	Only applicable if a network component is integrated. Otherwise only PortStateChanged and SetPortState are used.
6.3.10	IEEE 802.1Q ASE	YES	n.a. for wireless media
6.3.11	IEEE 802.3 ASE	YES	n.a. for wireless media
6.3.12	Fragmentation ASE	YES	Optional; mandatory if send clocks lower than 250 µs are supported.
6.3.13	IP suite ASE	YES	ICMP is optional; mandatory if RT_CLASS_UDP is supported.
6.3.14	Domain name system ASE	YES	Optional
6.3.15	Dynamic host configuration ASE	YES	Optional
6.3.16	Simple network management ASE	YES	–
6.3.17	Common DL Mapping ASE	–	–
6.3.17.1	Overview	YES	–
6.3.17.2	DL Mapping class specification	YES	–
6.3.17.3	DL Mapping service specification	–	–
6.3.17.3.1	P Data	YES	Optional; mandatory if Precision Time Control ASE is supported
6.3.17.3.2	N Data	YES	–
6.3.17.3.3	A Data	YES	–
6.3.17.3.4	C Data	YES	–
7	Communication model for decentralized periphery	–	–
7.1	Concepts	YES	–
7.2	ASE data types	YES	–
7.3	ASEs	–	–
7.3.1	Record Data ASE	YES	–
7.3.2	IO Data ASE	YES	–
7.3.3	LogBook Data ASE	YES	–
7.3.4	Diagnosis ASE	YES	–

Clause	Header	Presence	Constraints
7.3.5	Alarm ASE	YES	–
7.3.6	Context ASE	YES	–
7.3.7	Isochronous Mode Application ASE	NO	–
7.3.8	Physical Device Management ASE	YES	–
7.3.9	AR ASE	YES	–
7.4	Behavior of an IO device	–	–
7.4.1	Overview	YES	–
7.4.2	Startup of an IO device	YES	–
7.4.3	Physical device parameter check	–	–
7.4.3.1	General	YES	–
7.4.3.2	Remote system data	YES	–
7.4.3.3	Local system data	YES	–
7.4.3.4	Optical system data	YES	Optional; mandatory if fiber optic is used
7.4.4	Diagnosis and problem indicator	YES	–
7.4.5	User alarms	YES	–
7.4.6	Behavior in case of configuration change	YES	–
7.4.7	Behavior for PTCP within IO devices	YES	Optional; mandatory if precision time control ASE (see 6.3.2) is supported
7.5	Behavior of an IO controller	NO	–
7.6	Application characteristics	YES	–
Annex A	Device instances	YES	–
Annex B	Components of an Ethernet interface	Partial	Used when applicable
Annex C	Scheme of MAC address assignment	YES	–
Annex D	Collection of objects	YES	–
Annex E	Measurement of the fast startup time	YES	–
Annex F	Dynamic Frame Packing	YES	Optional
Annex G	Building IR Data	YES	Optional; mandatory if RT_CLASS_3 is used

8.3.3.1.2 Network component

Application layer services for a network component are defined in IEC 61158–5–10. Table 67 holds the application layer service selections from IEC 61158–5–10 for this profile.

A 100 Mbit/s switch should support a buffering of all data of at least 1 ms. This should be applicable with 100 % bandwidth concurrent at all ports for frames with the smallest frame size.

A 100 Mbit/s switch with less than eight ports shall provide buffering capacity according to Table 69, with eight and more ports according to Table 70. This shall be applicable with 100 % bandwidth concurrent at all ports for frames with the smallest frame size.

8.3.3.1.3 IO controller

Application layer services for an IO controller are defined in IEC 61158–5–10. Table 67 holds the application layer service selections from IEC 61158–5–10 for this profile except 7.4 is NO and 7.5 is YES.

8.3.3.1.4 IO supervisor

See 8.4.3.1.3.

8.3.3.1.5 Options

DHCP according to RFC 2131 is an optional service.

DNS is an optional service for an IO controller and IO supervisor.

MRP is an optional service.

PTCP is an optional service.

8.3.3.2 AL protocol selection

8.3.3.2.1 IO device

Application layer protocols for an IO device are defined in IEC 61158–6–10. Table 68 holds the application layer protocol selections from IEC 61158–6–10 for this profile.

Table 68 – CP 3/5: AL protocol selection for an IO device and Network component

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	Partial	Used if needed
3	Terms, definitions, abbreviations, symbols and conventions	Partial	Used if needed
4	Application Layer protocol specification for common protocols	–	–
4.1	FAL syntax description	YES	–
4.2	Transfer syntax	–	–
4.2.1	Coding of basic data types	Partial	Used as needed
4.2.2	Coding section related to common basic fields	Partial	Used as needed
4.3	Discovery and basic configuration	YES	–
4.4	Precision working time control	YES	Optional, n.a. for wireless media
4.5	Time synchronization	YES	Optional
4.6	Media redundancy	YES	See 8.1.6, n.a. for wireless media
4.7	Real-time cyclic	YES	RT_CLASS_UDP is optional
4.8	Real-time acyclic	YES	RTA_CLASS_UDP is optional; mandatory if RT_CLASS_UDP is supported.
4.9	Fragmentation	YES	Optional; mandatory if send clocks lower than 250 µs are supported.
4.10	Remote procedure call	YES	–
4.11	Link layer discovery	YES	n.a. for wireless media
4.12	MAC bridges	YES	Only applicable if a network component is integrated. Otherwise only PortStateChanged and SetPortState are used.
4.13	Virtual bridges	YES	n.a. for wireless
4.14	IP suite	YES	–
4.15	Domain name system	YES	Optional
4.16	Dynamic host configuration	YES	Optional
4.17	Simple network management	YES	–
4.18	Common DLL Mapping Protocol Machines	YES	–
5	Application Layer protocol specification for decentralized periphery	–	–

Clause	Header	Presence	Constraints
5.1	FAL syntax description	YES	–
5.2	Transfer syntax	YES	When applicable
5.3	FAL protocol state machines	YES	When applicable
5.4	AP-Context state machine	YES	–
5.5	FAL Service Protocol Machines	–	–
5.5.1	Overview	YES	–
5.5.2	FAL Service Protocol Machine Device	YES	–
5.5.3	FAL Service Protocol Machine Controller	NO	–
5.6	Application Relationship Protocol Machines	–	–
5.6.1	Alarm Protocol Machine Initiator	YES	–
5.6.2	Alarm Protocol Machine Responder	YES	–
5.6.3	Device	YES	–
5.6.4	Controller	NO	–
5.7	DLL Mapping Protocol Machines	YES	–
Annex A	Unified establishing of an AR for all RT classes	YES	–
Annex B	Compatible establishing of an AR	YES	–
Annex C	Establishing of a device access AR	YES	–
Annex D	Establishing of an AR (accelerated procedure)	YES	–
Annex E	Establishing of an AR (fast startup procedure)	YES	–
Annex F	Example of the upload, storage and retrieval procedure	YES	–
Annex G	OSI reference model layers	YES	–
Annex H	Overview of the IO controller and the IO device state machines	YES	–
Annex I	Priority regeneration	YES	–
Annex J	Overview of the synchronization master hierarchy	YES	Optional; mandatory if Precision time control is supported
Annex K	Optimization of bandwidth usage	YES	–
Annex L	Time constraints for bandwidth allocation	YES	Optional; mandatory if RT_CLASS_2 or RT_CLASS_3 are supported
Annex M	Time constraints for the forwarding of a frame	YES	–
Annex N	Principle of dynamic frame packing	YES	Optional
Annex O	Principle of Fragmentation	YES	Optional; mandatory if send clocks lower than 250 µs are supported.
Annex P	MRPD – Principle of seamless media redundancy	YES	Optional; mandatory if RED_CLASS_3 is supported.
Annex Q	Principle of a RED_RELAY without forwarding information in PDIRFrameData	YES	Optional
Annex R	Optimization for fast startup without autonegotiation	YES	–
Annex S	TX-error handling	YES	–
Annex T	Example of a PrmBegin, PrmEnd and ApplRdy procedure	YES	–
Annex U	List of supported MIBs	YES	–
Annex V	Structure and content of BLOB	YES	If needed
Annex W	LLDP EXT MIB	YES	–

8.3.3.2.2 Network component

Application layer protocols for a network component are defined in IEC 61158–6–10. Table 68 specifies the clauses included in this profile.

A 100 Mbit/s switch should support a buffering of all data of at least 1 ms. This should be applicable with 100 % bandwidth concurrent at all ports for frames with the smallest frame size.

A 100 Mbit/s switch with less than eight ports shall provide buffering capacity according to Table 69, with eight and more ports according to Table 70. This shall be applicable with 100 % bandwidth concurrent at all ports for frames with the smallest frame size.

Table 69 – Buffering capacity for less than eight ports

Meaning	Value
Buffering capacity per port	10 Koctets

Table 70 – Buffering capacity for eight and more ports

Meaning	Value
Buffering capacity	80 Koctets

8.3.3.2.3 IO controller

Application layer protocols for an IO controller are defined in IEC 61158–6–10. Table 71 specifies the clauses included in this profile.

Table 71 – CP 3/5: AL protocol selection for an IO controller

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	Partial	Used if needed
3	Terms, definitions, abbreviations, symbols and conventions	Partial	Used if needed
4	Application Layer protocol specification for common protocols	–	–
4.1	FAL syntax description	YES	–
4.2	Transfer syntax	–	–
4.2.1	Coding of basic data types	Partial	Used as needed
4.2.2	Coding section related to common basic fields	Partial	Used as needed
4.3	Discovery and basic configuration	YES	–
4.4	Precision working time control	YES	Optional, n.a. for wireless media
4.5	Time synchronization	YES	Optional
4.6	Media redundancy	YES	See 8.1.6, n.a. for wireless media
4.7	Real-time cyclic	YES	RT_CLASS_UDP is optional
4.8	Real-time acyclic	YES	RTA_CLASS_UDP is optional; mandatory if RT_CLASS_UDP is supported.
4.9	Fragmentation	YES	Optional; mandatory if send clocks lower than 250 µs are supported.
4.10	Remote procedure call	YES	–
4.11	Link layer discovery	YES	n.a. for wireless media

Clause	Header	Presence	Constraints
4.12	MAC bridges	YES	Only applicable if a network component is integrated. Otherwise only PortStateChanged and SetPortState are used.
4.13	Virtual bridges	YES	n.a. for wireless
4.14	IP suite	YES	–
4.15	Domain name system	YES	Optional
4.16	Dynamic host configuration	YES	Optional
4.17	Simple network management	YES	–
4.18	Common DLL Mapping Protocol Machines	YES	–
5	Application Layer protocol specification for decentralized periphery	–	–
5.1	FAL syntax description	YES	–
5.2	Transfer syntax	YES	When applicable
5.3	FAL protocol state machines	YES	When applicable
5.4	AP-Context state machine	YES	–
5.5	FAL Service Protocol Machines	–	–
5.5.1	Overview	YES	–
5.5.2	FAL Service Protocol Machine Device	NO	–
5.5.3	FAL Service Protocol Machine Controller	YES	–
5.6	Application Relationship Protocol Machines	–	–
5.6.1	Alarm Protocol Machine Initiator	YES	–
5.6.2	Alarm Protocol Machine Responder	YES	–
5.6.3	Device	NO	–
5.6.4	Controller	YES	–
5.7	DLL Mapping Protocol Machines	YES	–
Annex A	Unified establishing of an AR for all RT classes	YES	–
Annex B	Compatible establishing of an AR	YES	–
Annex C	Establishing of a device access AR	YES	–
Annex D	Establishing of an AR (accelerated procedure)	YES	–
Annex E	Establishing of an AR (fast startup procedure)	YES	–
Annex F	Example of the upload, storage and retrieval procedure	YES	–
Annex G	OSI reference model layers	YES	–
Annex H	Overview of the IO controller and the IO device state machines	YES	–
Annex I	Priority regeneration	YES	–
Annex J	Overview of the synchronization master hierarchy	YES	Optional; mandatory if Precision time control is supported
Annex K	Optimization of bandwidth usage	YES	–
Annex L	Time constraints for bandwidth allocation	YES	Optional; mandatory if RT_CLASS_3 is supported
Annex M	Time constraints for the forwarding of a frame	YES	–
Annex N	Principle of dynamic frame packing	YES	Optional
Annex O	Principle of Fragmentation	YES	Optional; mandatory if send clocks lower than 250 µs are supported.

Clause	Header	Presence	Constraints
Annex P	MRPD – Principle of seamless media redundancy	YES	Optional; mandatory if RED_CLASS_3 is supported.
Annex Q	Principle of a RED_RELAY without forwarding information in PDIRFrameData	YES	Optional
Annex R	Optimization for fast startup without autonegotiation	YES	–
Annex S	TX-error handling	YES	–
Annex T	Example of a PrmBegin, PrmEnd and ApplRdy procedure	YES	–
Annex U	List of supported MIBs	YES	–
Annex V	Structure and content of BLOB	YES	If needed
Annex W	LLDP EXT MIB	YES	–

8.3.3.2.4 IO supervisor

See 8.2.3.1.3.

8.3.3.2.5 Options

DHCP according to RFC 2131 is an optional protocol.

DNS is an optional protocol for an IO controller and IO supervisor.

Media redundancy (see 8.1.6).

PTCP is an optional service.

8.3.4 Performance indicator selection

8.3.4.1 Performance indicator overview

Subclause 8.2.4.1 applies.

8.3.4.2 Performance indicator dependencies

Subclause 8.2.4.2 applies.

8.3.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 72 specifies the consistent set of performance indicators using a network bandwidth of 100 Mbit/s, wired or fiber optic. The values are based of the values given in Table 73 and the methods or algorithm given in 8.2.4.2. This consistent set of performance indicators shall be tested for devices (not for wireless) that claim compliance with CP 3/5.

Table 72 – CP 3/5: Consistent set of PIs for MinDeviceInterval=128 ms

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	128 ms watch dog factor × 128 ms	Without failure Frames lost; (See 8.1, MinDeviceInterval = 128 ms)
Number of end-stations	60	Data is assumed to be a 68 octets Ethernet frame to receive from and send to all end-stations
Number of switches between end-stations	10	–
Throughput RTE	2 324 706 octet/s	–
Non-RTE bandwidth	23,5 %	100 Mbit/s and related to 1 ms. Any IEEE 802.3 frames supported.
Time synchronization accuracy ^c	< 1 ms	Synchronization of local time
	< 1 µs	Synchronization of synchronous application
Redundancy recovery time ^c	0 ms	RT_CLASS_1 ^a : single failure
	< 200 ms	RTA ^b retries = 3; RTA timeout factor = 100 ms
	< 384 ms	RT_CLASS_1 ^a : double failure (line break and surge) watch dog factor = 3; delivery time = 128 ms
	< 200 ms	RTA ^b retries = 3; RTA ^b timeout factor = 100 ms
^a The attributes RT_CLASS_x are specified in 8.3.10.4.2 of IEC 61158–5–10. ^b The attributes RTA Retries and RTA Timeout Factor are specified in 8.3.10.4.2 of IEC 61158–5–10. ^c Optional		

Table 73 – CP 3/5: Assumed values for consistent set of PI calculation

Symbol	Definition	Value
<i>cd</i>	is the cable delay (see parameter cable_delay in IEC 61158–6–10)	5 ns
<i>clt</i>	is the total cable length	100 m
<i>cta_R</i>	is the application cycle time of the Receiver	1 µs
<i>cta_S</i>	is the application cycle time of the Sender	1 µs
<i>ctc</i>	is the communication cycle time (see Formula (12) in 8.2.4.2.2) and shall be equal or longer than MinDeviceInterval = 128 ms	128 ms
<i>data</i>	is the complete Ethernet frame	68 octets
<i>EthernetDataRate</i>	is the Ethernet data rate of the network	Mbit/s
<i>MAC_delay</i>	is the delay on MAC layer	1 µs
<i>NonRTE</i>	is the percentage of non-RTE bandwidth	%
<i>od</i>	is any other delays, e. g. signal forwarding in a ring	0 s
<i>pd</i>	is the propagation delay (see Formula (13) in 8.2.4.2.2)	–
<i>Phy_R_delay</i>	is the Phy delay on receiver side	300 ns
<i>Phy_S_delay</i>	is the Phy delay on sender side	300 ns
<i>protocolRTE</i>	is the percentage of protocol time (see Formula (16) in 8.2.4.2.10)	50 %
<i>Queue_delay</i>	is the Queue delay in a switch	0 s
<i>RedundancyManagement</i>	is the time needed for management functions to support redundancy	0 s
<i>STTr</i>	is the receiver stack traversal time	0 s

Symbol	Definition	Value
<i>STTs</i>	is the sender stack traversal time	0 s
<i>Time_synchron_accuracy</i>	is the time synchronization accuracy	0 s
<i>tt</i>	is the transfer time (80 ns/octet for 100 Mbit/s, 8 ns/octet for 1 Gbit/s)	80 ns
<i>SCF</i>	See IEC 61158–5–10, 8.3.10.4.2	32
<i>RR</i>	See IEC 61158–5–10, 8.3.10.4.2	128

8.4 Profile 3/6

8.4.1 Physical layer

The physical layer shall be according to IEEE 802.3.

The data rate shall be at least 100 Mbit/s and full-duplex mode shall be used at least for one port.

Devices shall comply with the legal requirements of that country where they are deployed (for example, as indicated by the CE mark). The measures for protection against electrical shocks (i.e. electrical safety) within industrial applications shall be based on the IEC 61010 series or IEC 61131–2 depending on device type specified therein.

8.4.2 Data link layer

The data link layer shall be according to IEEE 802.3, IEEE 802.1AB, IEEE 802.1D, and IEEE 802.1Q.

From the various optional Management Information Bases (MIBs) at least the LLDP MIB (see IEEE 802.1AB) and SNMP MIB-II (see RFC 1213) are required.

It is recommended to limit the local injected non real time traffic of each node to 3 Koctets per millisecond to avoid a network overload.

8.4.3 Application layer

8.4.3.1 AL service selection

8.4.3.1.1 IO device

Application layer services for an IO device are defined in IEC 61158–5–10. Table 74 holds the application layer service selections from IEC 61158–5–10 for this profile.

Table 74 – CP 3/6: AL service selection for an IO device

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	Partial	Used if needed
3	Terms, definitions, abbreviations, symbols and conventions	Partial	Used if needed
4	Concepts	YES	–
5	Data type ASE	YES	–
6	Communication model for common services	–	–
6.1	Concepts	YES	–
6.2	ASE data types	YES	–
6.3	ASEs	–	–
6.3.1	Discovery and basic configuration ASE	YES	–
6.3.2	Precision time control ASE	YES	Optional
6.3.3	Media redundancy ASE	YES	See 8.1.6, n.a. for wireless media
6.3.4	Real-time cyclic ASE	YES	RT_CLASS_UDP is optional
6.3.5	Real-time acyclic ASE	YES	RTA_CLASS_UDP is optional; mandatory if RT_CLASS_UDP is supported.
6.3.6	Remote procedure call ASE	YES	–
6.3.7	IEEE 802.1AB ASE	YES	n.a. for wireless media
6.3.8	IEEE 802.1AS ASE	YES	Optional
6.3.9	IEEE 802.1D ASE	YES	Only applicable if a network component is integrated. Otherwise only PortStateChanged and SetPortState are used.
6.3.10	IEEE 802.1Q ASE	YES	n.a. for wireless media
6.3.11	IEEE 802.3 ASE	YES	n.a. for wireless media
6.3.12	Fragmentation ASE	YES	Optional; mandatory if send clocks lower than 250 µs are supported.
6.3.13	IP suite ASE	YES	ICMP is optional; mandatory if RT_CLASS_UDP is supported.
6.3.14	Domain name system ASE	YES	Optional
6.3.15	Dynamic host configuration ASE	YES	Optional
6.3.16	Simple network management ASE	YES	–
6.3.17	Common DL Mapping ASE	–	–
6.3.17.1	Overview	YES	–
6.3.17.2	DL Mapping class specification	YES	–
6.3.17.3	DL Mapping service specification	–	–
6.3.17.3.1	P Data	YES	–
6.3.17.3.2	N Data	YES	–
6.3.17.3.3	A Data	YES	–
6.3.17.3.4	C Data	YES	–
7	Communication model for decentralized periphery	–	–
7.1	Concepts	YES	–
7.2	ASE data types	YES	–

Clause	Header	Presence	Constraints
7.3	ASEs	–	–
7.3.1	Record Data ASE	YES	–
7.3.2	IO Data ASE	YES	–
7.3.3	LogBook Data ASE	YES	–
7.3.4	Diagnosis ASE	YES	–
7.3.5	Alarm ASE	YES	–
7.3.6	Context ASE	YES	–
7.3.7	Isochronous Mode Application ASE	NO	–
7.3.8	Physical Device Management ASE	YES	–
7.3.9	AR ASE	YES	–
7.4	Behavior of an IO device	–	–
7.4.1	Overview	YES	–
7.4.2	Startup of an IO device	YES	–
7.4.3	Physical device parameter check	–	–
7.4.3.1	General	YES	–
7.4.3.2	Remote system data	YES	–
7.4.3.3	Local system data	YES	–
7.4.3.4	Optical system data	YES	Optional; mandatory if fiber optic is used
7.4.4	Diagnosis and problem indicator	YES	–
7.4.5	User alarms	YES	–
7.4.6	Behavior in case of configuration change	YES	–
7.4.7	Behavior for PTCP within IO devices	YES	–
7.5	Behavior of an IO controller	NO	–
7.6	Application characteristics	YES	–
Annex A	Device instances	YES	–
Annex B	Components of an Ethernet interface	Partial	Used when applicable
Annex C	Scheme of MAC address assignment	YES	–
Annex D	Collection of objects	YES	–
Annex E	Measurement of the fast startup time	YES	–
Annex F	Dynamic Frame Packing	YES	Optional
Annex G	Building IR Data	YES	–

8.4.3.1.2 Network component

Application layer services for a network component are defined in IEC 61158–5–10. Table 74 holds the application layer service selections from IEC 61158–5–10 for this profile.

A 100 Mbit/s switch shall support buffering of all data according to Table 75. This shall be applicable with 100 % bandwidth concurrent at all ports for frames with the smallest frame size.

Table 75 – Buffering capacity

Meaning	Value
Buffering capacity	Recommended: 1 ms
	Mandatory: 500 µs

8.4.3.1.3 IO controller

Application layer services for an IO controller are defined in IEC 61158–5–10. Table 74 holds the application layer service selections from IEC 61158–5–10 for this profile except 7.4 is NO and 7.5 is YES.

8.4.3.1.4 IO supervisor

Not applicable.

8.4.3.1.5 Options

DHCP according to RFC 2131 is an optional service.

DNS is an optional service for an IO controller and IO supervisor.

8.4.3.2 AL protocol selection**8.4.3.2.1 IO device**

Application layer protocols for an IO device are defined in IEC 61158–6–10. Table 76 holds the application layer protocol selections from IEC 61158–6–10 for this profile.

Table 76 – CP 3/6: AL protocol selection for an IO device and network component

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	Partial	Used if needed
3	Terms, definitions, abbreviations, symbols and conventions	Partial	Used if needed
4	Application Layer protocol specification for common protocols	–	–
4.1	FAL syntax description	YES	–
4.2	Transfer syntax	–	–
4.2.1	Coding of basic data types	Partial	Used as needed
4.2.2	Coding section related to common basic fields	Partial	Used as needed
4.3	Discovery and basic configuration	YES	–
4.4	Precision working time control	YES	–
4.5	Time synchronization	YES	Optional
4.6	Media redundancy	YES	See 8.1.6, n.a. for wireless media
4.7	Real-time cyclic	YES	RT_CLASS_UDP is optional
4.8	Real-time acyclic	YES	RTA_CLASS_UDP is optional; mandatory if RT_CLASS_UDP is supported.
4.9	Fragmentation	YES	Optional; mandatory if send clocks lower than 250 µs are supported.

Clause	Header	Presence	Constraints
4.10	Remote procedure call	YES	–
4.11	Link layer discovery	YES	n.a. for wireless media
4.12	MAC bridges	YES	Only applicable if a network component is integrated. Otherwise only PortStateChanged and SetPortState are used.
4.13	Virtual bridges	YES	n.a. for wireless media
4.14	IP suite	YES	–
4.15	Domain name system	YES	Optional
4.16	Dynamic host configuration	YES	Optional
4.17	Simple network management	YES	–
4.18	Common DLL Mapping Protocol Machines	YES	–
5	Application Layer protocol specification for decentralized periphery	–	–
5.1	FAL syntax description	YES	–
5.2	Transfer syntax	YES	When applicable
5.3	FAL protocol state machines	YES	When applicable
5.4	AP-Context state machine	YES	–
5.5	FAL Service Protocol Machines	–	–
5.5.1	Overview	YES	–
5.5.2	FAL Service Protocol Machine Device	YES	–
5.5.3	FAL Service Protocol Machine Controller	NO	–
5.6	Application Relationship Protocol Machines	–	–
5.6.1	Alarm Protocol Machine Initiator	YES	–
5.6.2	Alarm Protocol Machine Responder	YES	–
5.6.3	Device	YES	–
5.6.4	Controller	NO	–
5.7	DLL Mapping Protocol Machines	YES	–
Annex A	Unified establishing of an AR for all RT classes	YES	–
Annex B	Compatible establishing of an AR	YES	–
Annex C	Establishing of a device access AR	YES	–
Annex D	Establishing of an AR (accelerated procedure)	YES	–
Annex E	Establishing of an AR (fast startup procedure)	YES	–
Annex F	Example of the upload, storage and retrieval procedure	YES	–
Annex G	OSI reference model layers	YES	–
Annex H	Overview of the IO controller and the IO device state machines	YES	–
Annex I	Priority regeneration	YES	–
Annex J	Overview of the synchronization master hierarchy	YES	–
Annex K	Optimization of bandwidth usage	YES	–
Annex L	Time constraints for bandwidth allocation	YES	–
Annex M	Time constraints for the forwarding of a frame	YES	–
Annex N	Principle of dynamic frame packing	YES	Optional

Clause	Header	Presence	Constraints
Annex O	Principle of Fragmentation	YES	Optional; mandatory if send clocks lower than 250 µs are supported.
Annex P	MRPD – Principle of seamless media redundancy	YES	Optional; mandatory if RED_CLASS_3 is supported.
Annex Q	Principle of a RED_RELAY without forwarding information in PDIRFrameData	YES	Optional
Annex R	Optimization for fast startup without autonegotiation	YES	–
Annex S	TX-error handling	YES	–
Annex T	Example of a PrmBegin, PrmEnd and ApplRdy procedure	YES	–
Annex U	List of supported MIBs	YES	–
Annex V	Structure and content of BLOB	YES	If needed
Annex W	LLDP EXT MIB	YES	–

8.4.3.2.2 Network component

Application layer protocols for a network component are defined in IEC 61158–6–10. Table 76 specifies the clauses included in this profile.

A 100 Mbit/s switch shall support buffering of all data according to Table 75. This shall be applicable with 100 % bandwidth concurrent at all ports for frames with the smallest frame size.

8.4.3.2.3 IO controller

Application layer protocols for an IO controller are defined in IEC 61158–6–10. Table 77 specifies the clauses included in this profile.

Table 77 – CP 3/6: AL protocol selection for an IO controller

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	Partial	Used if needed
3	Terms, definitions, abbreviations, symbols and conventions	Partial	Used if needed
4	Application Layer protocol specification for common protocols	–	–
4.1	FAL syntax description	YES	–
4.2	Transfer syntax	–	–
4.2.1	Coding of basic data types	Partial	Used as needed
4.2.2	Coding section related to common basic fields	Partial	Used as needed
4.3	Discovery and basic configuration	YES	–
4.4	Precision working time control	YES	n.a. for wireless media
4.5	Time synchronization	YES	Optional
4.6	Media redundancy	YES	See 8.1.6, n.a. for wireless media
4.7	Real-time cyclic	YES	RT_CLASS_UDP is optional
4.8	Real-time acyclic	YES	RTA_CLASS_UDP is optional; mandatory if RT_CLASS_UDP is supported.
4.9	Fragmentation	YES	Optional; mandatory if send clocks lower than 250 µs are supported.

Clause	Header	Presence	Constraints
4.10	Remote procedure call	YES	–
4.11	Link layer discovery	YES	n.a. for wireless media
4.12	MAC bridges	YES	Only applicable if a network component is integrated. Otherwise only PortStateChanged and SetPortState are used.
4.13	Virtual bridges	YES	n.a. for wireless media
4.14	IP suite	YES	–
4.15	Domain name system	YES	Optional
4.16	Dynamic host configuration	YES	Optional
4.17	Simple network management	YES	–
4.18	Common DLL Mapping Protocol Machines	YES	–
5	Application Layer protocol specification for decentralized periphery	–	–
5.1	FAL syntax description	YES	–
5.2	Transfer syntax	YES	When applicable
5.3	FAL protocol state machines	YES	When applicable
5.4	AP-Context state machine	YES	–
5.5	FAL Service Protocol Machines	–	–
5.5.1	Overview	YES	–
5.5.2	FAL Service Protocol Machine Device	NO	–
5.5.3	FAL Service Protocol Machine Controller	YES	–
5.6	Application Relationship Protocol Machines	–	–
5.6.1	Alarm Protocol Machine Initiator	YES	–
5.6.2	Alarm Protocol Machine Responder	YES	–
5.6.3	Device	NO	–
5.6.4	Controller	YES	–
5.7	DLL Mapping Protocol Machines	YES	–
Annex A	Unified establishing of an AR for all RT classes	YES	–
Annex B	Compatible establishing of an AR	YES	–
Annex C	Establishing of a device access AR	YES	–
Annex D	Establishing of an AR (accelerated procedure)	YES	–
Annex E	Establishing of an AR (fast startup procedure)	YES	–
Annex F	Example of the upload, storage and retrieval procedure	YES	–
Annex G	OSI reference model layers	YES	–
Annex H	Overview of the IO controller and the IO device state machines	YES	–
Annex I	Priority regeneration	YES	–
Annex J	Overview of the synchronization master hierarchy	YES	–
Annex K	Optimization of bandwidth usage	YES	–
Annex L	Time constraints for bandwidth allocation	YES	–
Annex M	Time constraints for the forwarding of a frame	YES	–
Annex N	Principle of dynamic frame packing	YES	Optional
Annex O	Principle of Fragmentation	YES	Optional; mandatory if send clocks lower than 250 µs are supported.
Annex P	MRPD – Principle of seamless media redundancy	YES	Optional; mandatory if RED_CLASS_3 is supported.
Annex Q	Principle of a RED_RELAY without forwarding information in PDIRFrameData	YES	Optional
Annex R	Optimization for fast startup without autonegotiation	YES	–

Clause	Header	Presence	Constraints
Annex S	TX-error handling	YES	–
Annex T	Example of a PrmBegin, PrmEnd and ApplRdy procedure	YES	–
Annex U	List of supported MIBs	YES	–
Annex V	Structure and content of BLOB	YES	If needed
Annex W	LLDP EXT MIB	YES	–

8.4.3.2.4 IO supervisor

Not applicable.

8.4.3.2.5 Options

Subclause 8.4.3.1.5 applies.

8.4.4 Performance indicator selection

8.4.4.1 Performance indicator overview

Subclause 8.2.4.1 applies.

8.4.4.2 Performance indicator dependencies

Subclause 8.2.4.2 applies.

8.4.4.3 Consistent set of performance indicators

8.4.4.3.1 MinDeviceInterval=1 ms

Table 78 and Table 79 specifies the consistent set of performance indicators using a network bandwidth of 100 Mbit/s, wired or fiber optic. The values are based of the figures given in Table 80 and the methods or algorithm given in 8.2.4.2. This consistent set of performance indicators shall be tested for devices (not wireless) that claim compliance with CP 3/6.

Table 78 – CP 3/6: Consistent set of PIs for MinDeviceInterval=1 ms and NumberOfSwitches=20

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	1 ms watch dog factor × 1 ms	Without failure Frames lost; (See 8.1, MinDeviceInterval = 1 ms)
Number of end-stations	60	Using 4 port switches and line topology; a switch is also an end-station
Number of switches between end-stations	20	–
Throughput RTE	3 324 706 octets/s	–
Non-RTE bandwidth	23,5 %	100 Mbit/s and related to 1 ms. Any IEEE 802.3 frames supported.
Time synchronization accuracy	< 1 ms	Synchronization of local time ^c
	< 1 µs	Synchronization of synchronous application
Redundancy recovery time	<0 ms	RT_CLASS_3 ^a : single failure
	< 200 ms	RTA ^b retries = 3; RTA timeout factor = 100 ms
	< 3 ms	RT_CLASS_3 ^a : double failure (line break and surge) watch dog factor = 3; delivery time = 1 ms
	< 200 ms	RTA ^b retry = 3; RTA time out factor = 100 ms
^a The attributes RT_CLASS_x are specified in 8.3.10.4.2 of IEC 61158–5–10. ^b The attributes RTA Retries and RTA Timeout Factor are specified in 8.3.10.4 of IEC 61158–5–10. ^c Optional.		

Table 79 – CP 3/6: Consistent set of PI for MinDeviceInterval=1 ms and NumberOfSwitches=63

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	1 ms watch dog factor × 1 ms	Without failure Frames lost; (See 8.1, MinDeviceInterval = 1 ms)
Number of end-stations	64	Using 2 port switches and line topology; a switch is also an end-station
Number of switches between end-stations	62	–
Throughput RTE	3 546 353 octets/s	–
Non-RTE bandwidth	23 %	100 Mbit/s and related to 1 ms. Any IEEE 802.3 frames supported.
Time synchronization accuracy	< 1 ms	Synchronization of local time ^c
	< 1 μs	Synchronization of synchronous application
Redundancy recovery time	<0 ms	RT_CLASS_3 ^a : single failure
	< 200 ms	RTA ^b retries = 3; RTA timeout factor = 100 ms
	< 3 ms	RT_CLASS_3 ^a : double failure (line break and surge) watch dog factor = 3; delivery time = 1 ms
	< 200 ms	RTA ^b retry = 3; RTA time out factor = 100 ms
^a The attributes RT_CLASS_x are specified in 8.3.10.4.2 of IEC 61158–5–10. ^b The attributes RTA Retries and RTA Timeout Factor are specified in 8.3.10.4 of IEC 61158–5–10. ^c Optional.		

Table 80 – CP 3/6: Assumed values for consistent set of PI calculation

Symbol	Definition	Value
<i>Cd</i>	is the cable delay (see parameter <i>cable_delay</i> in IEC 61158–6–10)	5 ns
<i>Cl</i>	is the total cable length	100 m
<i>cta_R</i>	is the application cycle time of the Receiver	1 µs
<i>cta_S</i>	is the application cycle time of the Sender	1 µs
<i>Ctc</i>	is the communication cycle time (see Formula (12) in 8.2.4.2.2) and shall be equal or longer than <i>MinDeviceInterval</i>	1 ms
<i>Data</i>	is the complete Ethernet frame	68 octets
<i>EthernetDataRate</i>	is the Ethernet data rate of the network	Mbit/s
<i>MAC_delay</i>	is the delay on MAC layer	1 µs
<i>NonRTE</i>	is the percentage of non-RTE bandwidth	%
<i>Od</i>	is any other delays, e. g. signal forwarding in a ring	0 s
<i>Pd</i>	is the propagation delay (see Formula (13) in 8.2.4.2.2)	–
<i>Phy_R_delay</i>	is the Phy delay on receiver side	300 ns
<i>Phy_S_delay</i>	is the Phy delay on sender side	300 ns
<i>protocolRTE</i>	is the percentage of protocol time (see Formula (16) in 8.2.4.2.10)	50 %
<i>Queue_delay</i>	is the Queue delay in a switch	0 s
<i>RedundancyManagement</i>	is the time needed for management functions to support redundancy	0 s
<i>STTr</i>	is the receiver stack traversal time	0 s
<i>STTs</i>	is the sender stack traversal time	0 s
<i>Time_synchron_accuracy</i>	is the time synchronization accuracy	1 µs
<i>tt</i>	is the transfer time (80 ns/octet for 100 Mbit/s, 8 ns/octet for 1 Gbit/s)	80 ns
<i>SCF</i>	See IEC 61158–5–10, 8.3.10.4.2	32
<i>RR</i>	See IEC 61158–5–10, 8.3.10.4.2	1

8.4.4.3.2 MinDeviceInterval=31,25 µs

Table 81 specifies the consistent set of performance indicators using a network bandwidth of 100 Mbit/s, wired or fiber optic. The values are based of the figures given in Table 82 and the methods or algorithm given in 8.2.4.2. This consistent set of performance indicators shall be tested for devices (not wireless) that claim compliance with CP 3/6, form together a DFP group, claim conformance to the application class “high performance” and support the given *MinDeviceInterval*.

Table 81 – CP 3/6: Consistent set of PIs for MinDeviceInterval=31,25 µs and NumberOfSwitches=10

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	31,25 µs watch dog factor × 31,25 µs	Without failure Frames lost; (See 8.1, MinDeviceInterval = 31,25 µs)
Number of end-stations	10	Using 2 port switches and line topology; a switch is also an end-station
Number of switches between end-stations	8	–
Throughput RTE	3 264 000 octets/s	–
Non-RTE bandwidth	34,6 %	100 Mbit/s and related to 1 ms. Any IEEE 802.3 frames supported.
Time synchronization accuracy	< 1 ms	Synchronization of local time ^c
	< 1 µs	Synchronization of synchronous application
Redundancy recovery time	< 0 ms	RT_CLASS_3 ^a : single failure
	< 200 ms	RTA ^b retries = 3; RTA timeout factor = 100 ms
	< 100 µs	RT_CLASS_3 ^a : double failure (line break and surge) watch dog factor = 3; delivery time = 31,25 µs
	< 200 ms	RTA ^b retry = 3; RTA time out factor = 100 ms
^a The attributes RT_CLASS_x are specified in 8.3.10.4.2 of IEC 61158–5–10. ^b The attributes RTA Retries and RTA Timeout Factor are specified in 8.3.10.4 of IEC 61158–5–10. ^c Optional.		

Table 82 – CP 3/6: Assumed values for consistent set of PI calculation

Symbol	Definition	Value
<i>cd</i>	is the cable delay (see parameter <i>cable_delay</i> in IEC 61158–6–10)	5 ns
<i>clt</i>	is the total cable length	100 m
<i>cta_R</i>	is the application cycle time of the Receiver	1 µs
<i>cta_S</i>	is the application cycle time of the Sender	1 µs
<i>ctc</i>	is the communication cycle time (see Formula (12) in 8.2.4.2.2) and shall be equal or longer than <i>MinDeviceInterval</i>	31,25 µs
<i>data</i>	is the complete Ethernet frame	118 octets
<i>EthernetDataRate</i>	is the Ethernet data rate of the network	Mbit/s
<i>MAC_delay</i>	is the delay on MAC layer	1 µs
<i>NonRTE</i>	is the percentage of non-RTE bandwidth	%
<i>od</i>	is any other delays, e. g. signal forwarding in a ring	0 s
<i>pd</i>	is the propagation delay (see Formula (13) in 8.2.4.2.2)	–
<i>Phy_R_delay</i>	is the Phy delay on receiver side; the maximum value of the application profile “high performance”	210 ns
<i>Phy_S_delay</i>	is the Phy delay on sender side; the maximum value of the application profile “high performance”	90 ns
<i>protocolRTE</i>	is the percentage of protocol time (see Formula (16) in 8.2.4.2.10)	50 %
<i>Queue_delay</i>	is the Queue delay in a switch	0 s
<i>RedundancyManagement</i>	is the time needed for management functions to support redundancy	0 s
<i>STTr</i>	is the receiver stack traversal time	0 s
<i>STTs</i>	is the sender stack traversal time	0 s
<i>Time_synchron_accuracy</i>	is the time synchronization accuracy	1 µs
<i>tt</i>	is the transfer time (80 ns/octet for 100 Mbit/s, 8 ns/octet for 1 Gbit/s)	80 ns
<i>SCF</i>	See IEC 61158–5–10, 8.3.10.4.2	1
<i>RR</i>	See IEC 61158–5–10, 8.3.10.4.2	1

9 Communication Profile Family 4 (P-NET) – RTE communication profiles

9.1 General overview

Communication Profile Family 4 defines profiles based on IEC 61158-2 Type 4, IEC 61158-3-4, IEC 61158-4-4, IEC 61158-5-4 and IEC 61158-6-4, which corresponds to parts of a communication system commonly known as P-NET®⁶.

– Profile 4/1 P-NET RS 485

This profile contains AL, DLL and PhL services and protocol references with an IEC 61158 compliant application access. Profile 4/1 is based on ANSI TIA/EIA-485-A, and allows up to 125 devices of normal or simple class to communicate on the same physical link, in half duplex mode.

– Profile 4/2 Void

⁶ P-NET is a trade name of International P-NET User Organisation ApS (IPUO). This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the trade name P-NET. Use of the trade name P-NET requires permission from the trade name holder.

– Profile 4/3 P-NET on IP

This profile contains AL and DLL services and protocol references with an IEC 61158 compliant application access. Profile 4/3 is based to ISO/IEC 8802-3, and allows up to 125 devices of normal class to communicate on the same logical link, in full-duplex mode.

Profile 4/1 is described in IEC 61784-1, whereas profile 4/3 is described in this part of IEC 61784.

9.2 Profile 4/3, P-NET on IP

9.2.1 Physical layer

The physical layer of the P-NET on IP profile is implemented according to ISO/IEC 8802-3 or ISO/IEC 8802-11. P-NET devices for this profile shall use a data rate of at least 10 Mbit/s and full-duplex mode.

9.2.2 Data-link layer

9.2.2.1 DLL service selection

Table 83 holds the data-link layer service selections from IEC 61158-3-4 for this profile.

Table 83 – CP 4/3: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope and object	YES	–
2	Normative references	Partial	Used if needed
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	Partial	Used when applicable
4	Data Link Service and concepts	YES	–
5	DL-management Service	–	–
5.1	Scope and inheritance	NO	–
5.2	Facilities of the DL-management service	Partial	Bullets a) and b)
5.3	Model of the DL_management service	YES	–
5.4	Constraints on sequence of primitives	Partial	Only the parts referring to DLM-Set and DLM-Get
5.5	DL-Set	YES	–
5.6	DL-Get	YES	–
5.7 – 5.8	–	NO	–

9.2.2.2 DLL protocol selection

Table 84 holds the data-link layer protocol selections from IEC 61158-4-4 for this profile.

Table 84 – CP 4/3: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope and object	YES	–
2	Normative references	Partial	Used if needed
3	Terms and definitions	Partial	Used when applicable
4	Symbols and abbreviations	Partial	Used when applicable
5	Data Link Protocol definition	YES	See ^a
^a A device shall provide at least the necessary protocol options to fulfil the supported services.			

9.2.3 Application layer

9.2.3.1 AL service selection

Table 85 holds the Application layer service selections from IEC 61158-5-4 for this profile.

Table 85 – CP 4/3: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Application layer service definition – Type 4 elements	YES	–

Normal class devices shall support the Real Variable Objects needed for the variable types, which are actually present in the device, and Proxy Variable Objects for all of the variable types listed in IEC 61158-5-4, 5.2.

9.2.3.2 AL protocol selection

Table 86 holds the Application layer protocol selections from IEC 61158-6-4 for this profile.

Table 86 – CP 4/3: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Application layer protocol specification – Type 4 elements	YES	See ^a
^a A device shall provide at least the necessary protocol options to fulfil the supported services.			

9.2.4 Performance indicator selection

9.2.4.1 Performance indicator overview

Table 87 – CP 4/3: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	Application dependant
Number of end-stations	YES	Up to 125
Basic network topology	YES	
Number of switches between end-stations	YES	Communication between switches must be at least 100 Mbit/s
Throughput RTE	YES	
Non-RTE bandwidth	YES	
Time synchronization accuracy	NO	
Non-time-based synchronization accuracy	YES	
Redundancy recovery time	YES	

9.2.4.2 Performance indicator dependencies

Table 88 shows the overview of performance indicators applicable to CP 4/3.

Table 88 – CP 4/3: PI dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI							
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Non-time-based synchron. accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		YES 9.2.4.2.1	YES 9.2.4.2.3	YES 9.2.4.2.1	YES 9.2.4.2.1	NO	NO	YES 9.2.4.2.2
Number of end-stations	YES 9.2.4.2.1		NO	NO	YES 9.2.4.2.1	YES 9.2.4.2.1	NO	NO
Basic network topology	YES 9.2.4.2.3	NO		NO	NO	NO	NO	NO
Number of switches between end-stations	YES 9.2.4.2.1	NO	NO		YES 9.2.4.2.1	YES 9.2.4.2.1	YES 9.2.4.2.1	YES 9.2.4.2.2
Throughput RTE	YES 9.2.4.2.1	YES 9.2.4.2.1	NO	YES 9.2.4.2.1		NO	NO	YES 9.2.4.2.2
Non-RTE bandwidth	NO	YES 9.2.4.2.1	NO	YES 9.2.4.2.1	NO		NO	NO
Non-time-based synchronization accuracy	YES 9.2.4.2.4	NO	NO	YES 9.2.4.2.4	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	NO	NO	NO	YES 9.2.4.2.2	NO	NO	NO	

9.2.4.2.1 Calculation of Delivery time

Delivery time is calculated according to Formula (17). Derivation of this formula is given in A.3.6. Switches are numbered as #1 at senders connection up to #NoS at the receivers connection.

$$DT = STTs + STTr + NoNt (ttES + pd + QTES) + cd + \sum_{i=1}^{NoS-1} (NoNs(i)(NoS - i)(ttSS + pd + QTSS)) \quad (17)$$

where

<i>cd</i>	is the cable delay time;
<i>DT</i>	is the delivery time;
<i>NoNs[x]</i>	is the number of RTE end-stations connected to switch No x. This includes number of RTE end-stations connected to the switch by other switches, which are not included in the path from sender to receiver. Switches are numbered as #1 at senders connection up to #NoS at the receivers connection;
<i>NoNt</i>	is the number of RTE end-stations, in total;
<i>NoS</i>	is the number of switches in path from sender to receiver;
<i>pd</i>	is the propagation delay within a Switch;
<i>QTES</i>	is the Ethernet enforced quiet time on end-station to switch link;
<i>QTSS</i>	is the Ethernet enforced quiet time on switch-to-switch link;
<i>STTr</i>	is the receiver stack transversal time including Phy and MAC;
<i>STTs</i>	is the sender stack transversal time including Phy and MAC access interval restriction;
<i>ttES</i>	is the P-NET transfer time RTE end-station to switch at maximum APDU size;
<i>ttSS</i>	is the P-NET transfer time switch-to-switch at maximum APDU size.

The delivery time is increased with a timeout value in the event of a lost frame. The timeout value is application dependent, and can be configured for each network in an application. The typical timeout value is 100 ms.

9.2.4.2.2 Redundancy recovery time

The redundancy recovery time depends on the switches that are used for the specific application. It is recommended to use switches that support the rapid spanning tree protocol (RSTP), or similar, to minimize the redundancy recovery time.

9.2.4.2.3 Basic network topology

When using WLAN, the total delay caused by wireless transmissions may change depending on the signal/noise ratio. To obtain a required delivery time in a system using WLAN, the worst case delay time for the WLAN equipment shall be included in the cable delay time, *cd*.

9.2.4.2.4 Non time-base synchronization accuracy

The non time-base synchronization accuracy is calculated according to Formula (18).

$$\text{Non time-base synchronization accuracy} = DT - DTb \quad (18)$$

where

<i>DTb</i>	is the delivery time, calculated by best-case values;
<i>DT</i>	is the delivery time, calculated by worst-case values.

9.2.4.2.5 Throughput RTE

The throughput RTE is calculated according to Formulae (19) and (20).

$$\text{Minimum RTE Throughput} = FS \times \text{minAPDUs} \quad (19)$$

$$\text{Maximum RTE Throughput} = FS \times \text{maxAPDUs} \quad (20)$$

where

<i>FS</i>	is the number of frames allowed to be sent per second for one RTE end-station;
<i>minAPDUs</i>	is the size of the minimum APDU;
<i>maxAPDUs</i>	is the size of the maximum APDU.

9.2.4.2.6 Non-RTE bandwidth

The time not occupied by RTE communication can be used for non-RTE communication. Each RTE end-station has a network access restriction that limits the number of frames produced onto the RTE network.

The RTE load is determined by the critical switch-to-switch link between two devices engaged in a non-RTE communication. The critical switch-to-switch link is where the most RTE frames can occur.

The non-RTE bandwidth (%) can be calculated by using Formula (21).

$$\text{Non-RTE Throughput} = (1 - (\text{NoCEN} \times \text{NoAS}) / (\text{ttSS} + \text{QTSS})) \times 100 \quad (21)$$

where

<i>NoCEN</i>	is the number of RTE end-stations which can produce frames on the critical switch-to-switch link;
<i>NoAS</i>	is the number of accesses allowed per device per second;
<i>ttSS</i>	is the P-NET transfer time switch-to-switch at maximum APDU size;
<i>QTSS</i>	is the Ethernet enforced quiet time on switch-to-switch link.

See example of non-RTE bandwidth calculation in A.3.3.

9.2.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 89 shows a consistent set of performance indicators for a typical configuration for factory automation.

Details for calculating the performance indicators are given in Clause A.2.

Parameters used for the calculation of Table 89 are shown in Table 90. All these parameters are the result of the described scenario and the related calculations of performance indicators.

Table 89 – CP 4/3: Consistent set of PIs

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	6,3 ms	
Minimum delivery time	0,564 ms	
Throughput RTE minimum	5 Koctets/s	
Throughput RTE maximum	64 Koctets/s	
Non-RTE bandwidth	75 %	Non-RTE device to non-RTE device
Non-time-based synchronization accuracy	5,7 ms	
Redundancy recovery time	1 s	Example value. See 9.2.4.2.2
Number of RTE end-stations, in total	30	
Number of switches in path from sender to receiver	4	

Table 90 – Parameters for calculation of consistent set of PIs

Symbol	Description	Value
STTs	Sender stack transversal time including Phy and MAC access interval restriction	1 250 µs
STTR	Receiver stack transversal time including Phy and MAC	250 µs
ttESmin	P-NET transfer time at 10 Mbit/s (at min APDU size)	57 µs
ttES	P-NET transfer time at 10 Mbit/s (at maximum APDU size)	114,4 µs
ttSS	P-NET transfer time at 100 Mbit/s (at maximum APDU size)	11,44 µs
QTES	Ethernet enforced quiet time at 10 Mbit/s	9,4 µs
QTSS	Ethernet enforced quiet time at 100 Mbit/s	0,94 µs
cd	Cable delay. Sum of cable from sender to receiver is 200 m	1 µs
pd	Propagation delay within a switch. Required minimum value	7 µs
NoS	Number of switches in path from sender to receiver	4
NoNt	Number of RTE end-stations, in total	30
NoNs[1]	Number of RTE end-stations connected to switch number 1	10
NoNs[2]	Number of RTE end-stations connected to switch number 2	5
NoNs[3]	Number of RTE end-stations connected to switch number 3	5
NoNs[4]	Number of RTE end-stations connected to switch number 4	10

10 Communication Profile Family 6 (INTERBUS®⁷) – RTE communication profiles

10.1 General overview

Communication Profile Family 6 (CPF 6) defines communication profiles based on IEC 61158 series Type 8 and Type 10 specifications, which correspond to parts of the communication systems commonly known as INTERBUS and PROFINET.

⁷ INTERBUS is the trade name of Phoenix Contact GmbH & Co. KG., control of trade name use is given to the non-profit organisation INTERBUS Club. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the trade name INTERBUS. Use of the trade name INTERBUS requires permission from the INTERBUS Club.

In this part of IEC 61784, the following communication profiles are specified for CPF 6:

– Profile 6/4

This profile defines service and protocol selections together with a mapping for a linking-device connecting Type 8 and Type 10 communication systems. It comprises CP 6/1 master and CP 3/4 device together with a mapping.

– Profile 6/5

This profile defines service and protocol selections together with a mapping for a linking-device connecting Type 8 and Type 10 communication systems. It comprises CP 6/1 master and CP 3/5 device together with a mapping.

– Profile 6/6

This profile defines service and protocol selections together with a mapping for a linking-device connecting Type 8 and Type 10 communication systems. It comprises CP 6/1 master and CP 3/6 device together with a mapping.

Figure 6 shows the linking-device CPs and the relation to other Type 8 and Type 10 CPs.

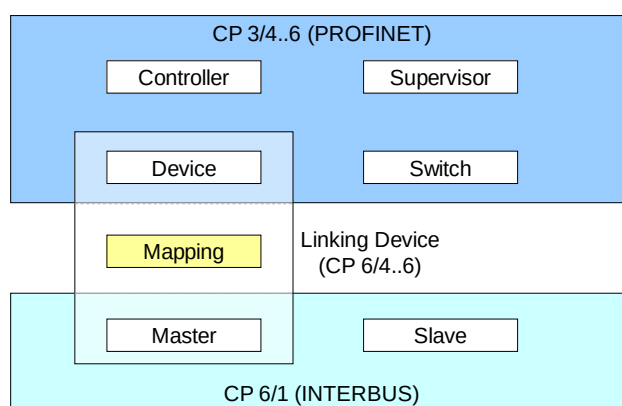


Figure 6 – Linking-device communication profiles RTE-network context

Linking-devices, which comply with a communication profile can be further classified by a CP identifier. The CP identifier assignment is shown in Table 91.

Table 91 – CPF 6: device CP identifier assignment

Profile	Linking device
Profile 6/4	649
Profile 6/5	659
Profile 6/6	669

Each communication profile provides a well-defined set of provisions. For a distinct device further selections of services, parameters and parameter values shall be made. These selections should be described according to ISO 15745-3 as INTERBUS device profiles in the form of an INTERBUS device profile exchange description. An INTERBUS device profile based on a CP shall specify the CP identifier in the following format:

<communicationEntity ... communicationProfile="[CP identifier]" ...>

10.2 Profile 6/4

10.2.1 Mapping

Type 8 devices shall be assigned to Type 10 slots or Type 10 subslots.

NOTE 1 The mapping concept itself is not part of the communication profile. The mapping concept used could be described in the device description of the linking-device according to ISO 15745-1.

Type 10 slots or subslots could have 1 or more Type 8 devices assigned to it.

Figure 7 depicts the mapping principle. The data mapping is shown in Figure 8.

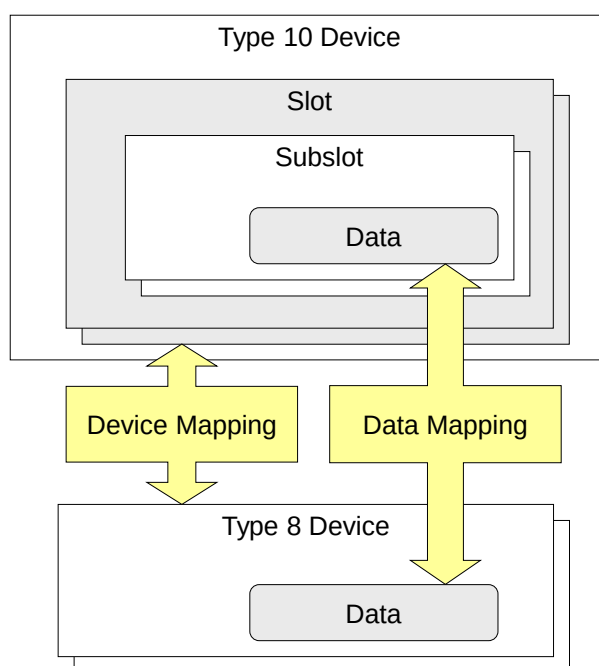


Figure 7 – Linking-device mapping principle

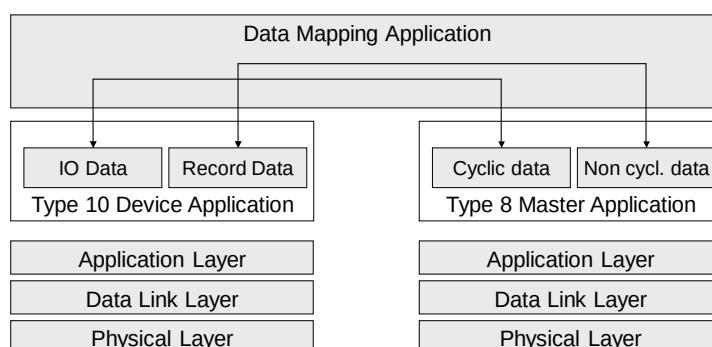


Figure 8 – Data Mapping

The specific applications realize the services of types 8 and 10 according to the defined communication profiles. The data objects of the network applications are interconnected with a mapping application which shall implement the following behavior:

- the Input/Output data of the subslot shall be mapped to the cyclic data of the corresponding Type 8 slaves;

- the process data status information (IOPS/IOCS) of the subslot shall be locally generated because there is no corresponding process data status in Type 8 Systems;
- the record data objects of the subslot shall be mapped to the non cyclic data of the corresponding Type 8 slaves.

NOTE 2 It is possible to describe the Input/Output data and the record data of a subslot in the device description of the linking-device according to ISO 15745-1.

10.2.2 Type 10 service and protocol selection

10.2.2.1 Physical layer

The Type 10 physical layer of this profile shall be according to IEEE 802.3. Linking-devices shall use a data rate of at least 100 Mbit/s and full-duplex mode at least for one port. The auto negotiation and crossover function specified in IEEE 802-3 shall be used.

Recommended connectors, cables and installation guidelines are specified in IEC 61784-5-3.

10.2.2.2 Data-link layer

The Type 10 data-link layer of a linking-device shall be according to IEEE 802.3, IEEE 802.1AB, IEEE 802.1D, and IEEE 802.1Q.

From the various optional Management Information Bases (MIB) at least the LLDP MIB (see IEEE 802.1AB) and SNMP MIB-II (see RFC 1213) are required.

10.2.2.3 Application layer

10.2.2.4 AL service selection

The linking-device shall provide the CP 3/4 service selection as specified in 8.2.3.2.1.

10.2.2.5 AL protocol selection

The linking-device shall provide the CP 3/4 protocol selection as specified in 8.2.3.2.1.

10.2.3 Type 8 service and protocol selection

10.2.3.1 Physical layer

The linking-device shall provide the CP 6/1 master PhL service and protocol selection as specified for CP identifier 619 in IEC 61784-1, Clause 10.

Recommended connectors, cables and installation guidelines are specified in IEC 61784-5-6.

10.2.3.2 Data-link layer

The linking-device shall provide the CP 6/1 master DLL service and protocol selection as specified for CP identifier 619 in IEC 61784-1, Clause 10.

10.2.3.3 Application layer

The linking-device shall provide the CP 6/1 master AL service and protocol selection as specified for CP identifier 619 in IEC 61784-1, Clause 10.

10.2.4 Performance indicator selection

10.2.4.1 Performance indicator overview

Table 92 specifies the relevant performance indicators for the Type 10 network node of a linking-device.

Table 92 – Linking-device Type 10 network PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	See 10.2.4.2.2 for the delivery time of data from the Type 8 network
Number of end-stations	YES	–
Basic network topology	YES	–
Number of switches between end-stations	YES	–
Throughput RTE	YES	–
Non-RTE bandwidth	YES	–
Time synchronization accuracy	YES	–
Non-time-based synchronization accuracy	–	–
Redundancy recovery time	YES	For the Type 10 network only

10.2.4.2 Performance indicator dependencies

10.2.4.2.1 Performance indicator dependency matrix

Table 61 specifies the dependencies of the performance indicators of the Type 10 network of a linking-device.

10.2.4.2.2 Delivery time for Type 8 slave data

The performance indicator delivery time for the Type 10 network (DT10) is defined in 8.2.4.2.2.

The delivery time for data from a Type 8 slave can be calculated by Formula (22).

$$DTLD = DT10 + cta\_M + [M \times 13 \times (8 + s/8) + 3 \times a] \times T_{bit} + t_s \quad (22)$$

where

$DTLD$	is the total delivery time between a Type 8 slave and a Type 10 entity;
$DT10$	is the delivery time of the Type 10 network;
Cta_M	is the application cycle time of the mapping application in the linking-device;
M	is the Type 8 Master implementation factor;
n	is the number of data octets (user data; payload);
$s/8$	is the number of Type 8 slaves connected to the linking-device;
T_{bit}	is the nominal bit duration (see 27.2 in IEC 61158-2);
t_s	is the software processing time of the Type 8 master (application specific).

10.2.4.3 Consistent set of performance indicators

The consistent set of performance indicators for the Type 10 network is described in 8.2.4.3.

10.3 Profile 6/5

10.3.1 Mapping

The mapping is specified in 10.2.1.

10.3.2 Type 10 service and protocol selection

10.3.2.1 Physical layer

The Type 10 physical layer of this profile shall be according to IEEE 802.3. Linking-devices shall use a data rate of at least 100 Mbit/s and full-duplex mode at least for one port. The auto negotiation and crossover function specified in IEEE 802.3 shall be used.

Recommended connectors, cables and installation guidelines are specified in IEC 61784-5-3.

10.3.2.2 Data-link layer

The Type 10 data-link layer of a linking-device shall be according to ISO/IEC 8802-3, IEEE 802.1AB, IEEE 802-1D, and IEEE 802-1Q.

From the various optional Management Information Bases (MIB) at least the LLDP MIB (see IEEE 802.1AB) and SNMP MIB-II (see RFC 1213) are required.

10.3.2.3 Application layer

10.3.2.4 AL service selection

The linking-device shall provide the CP 3/5 service selection as specified in 8.3.3.1.1

10.3.2.5 AL protocol selection

The linking-device shall provide the CP 3/5 protocol selection as specified in 8.3.3.2.1.

10.3.3 Type 8 service and protocol selection

10.3.3.1 Physical layer

The linking-device shall provide the CP 6/1 master PhL service and protocol selection as specified for CP identifier 619 in IEC 61784-1, Clause 10.

Recommended connectors, cables and installation guidelines are specified in IEC 61784-5-6.

10.3.3.2 Data-link layer

The linking-device shall provide the CP 6/1 master DLL service and protocol selection as specified for CP identifier 619 in IEC 61784-1, Clause 10.

10.3.3.3 Application layer

The linking-device shall provide the CP 6/1 master AL service and protocol selection as specified for CP identifier 619 in IEC 61784-1, Clause 10.

10.3.4 Performance indicator selection

10.3.4.1 Performance indicator overview

See 10.2.4.1.

10.3.4.2 Performance indicator dependencies

See 10.2.4.2.

10.3.4.3 Consistent set of performance indicators

The consistent set of performance indicators for the Type 10 network is described in 8.3.4.3.

10.4 Profile 6/6

10.4.1 Mapping

The mapping is specified in 10.2.1.

10.4.2 Type 10 service and protocol selection

10.4.2.1 Physical Layer

The Type 10 physical layer of this profile shall be according to IEEE 802.3. Linking-devices shall use a data rate of at least 100 Mbit/s and full-duplex mode at least for one port. The auto negotiation and crossover function specified in IEEE 802.3 shall be used.

Recommended connectors, cables and installation guidelines are specified in IEC 61784-5-3.

10.4.2.2 Data-link layer

The Type 10 DLL of a linking-device shall be according to IEEE 802.3, IEEE 802.1AB, IEEE 802.1D, and IEEE 802.1Q.

From the various optional Management Information Bases (MIB) at least the LLDP MIB (see IEEE 802.1AB) and SNMP MIB-II (see RFC 1213) are required.

10.4.2.3 Application layer

10.4.2.4 AL service selection

The linking-device shall provide the CP 3/6 service selection as specified in 8.4.3.1.1.

10.4.2.5 AL protocol selection

The linking-device shall provide the CP 3/6 service selection as specified in 8.4.3.2.1.

10.4.3 Type 8 service and protocol selection

The Type 8 service and protocol selection is specified in 10.3.3.

10.4.4 Performance indicator selection

10.4.4.1 Performance indicator overview

See 10.2.4.1.

10.4.4.2 Performance indicator dependencies

See 10.2.4.2.

10.4.4.3 Consistent set of performance indicators

The consistent sets of performance indicators for the Type 10 network is described in 8.4.4.3.

11 Communication Profile Family 10 (Vnet/IP⁸) – RTE communication profiles

11.1 General overview

Communication Profile Family 10 (CPF 10) defines communication profiles using the principles, methodology and model of ISO/IEC 7498-1. In addition, it also follows the three-layer basic fieldbus reference model described in IEC 61158-1.

The OSI model provides a layered approach to communication standards, whereby the layers can be developed and modified independently. CPF 10 is based on the three-layer structure, and each layer of OSI seven layers is mapped onto these three layers as follows.

Functions of the intermediate OSI layers, layers 5, 6 and 7, are consolidated into the Application layer.

Functions of the intermediate OSI layers, layers 2, 3 and 4, are consolidated into the data-link layer.

Likewise, some features common to users of the Fieldbus Application layer are provided to simplify user operation.

Table 93 shows the OSI layers, their functions and the equivalent layers in the CPF10 layer model.

Table 93 – OSI layers and CPF 10 layers

OSI layer	Function	CPF 10 layer
7 Application	Translates demands placed on the communication stack into a form understood by the lower layers and vice versa	Application
6 Presentation	Converts data to/from standardized network formats	
5 Session	Synchronizes and manages data	
4 Transport	Provides transparent reliable data transfer	Data-link
3 Network	Performs message routing	
2 Data-link	Controls access to the communication medium. Performs error detection	
1 Physical	Encodes/decodes signals for transmission/reception in a form appropriate to the communication medium. Specifies communication media characteristics	Physical

Table 94 shows an overview of the communication profile for CPF 10.

Table 94 – Overview of CPF 10 profile

Layer	Protocol
Application	IEC 61158-6-17
Transport	RFC 768 and IEC 61158-4-17
Network	RFC 791
Data-link	ISO/IEC 8802-2 and 8802-3
Physical	Either ISO/IEC 8802-3 or IEEE 802.3

⁸ Vnet/IP is a trade name of Yokogawa Electric Corporation. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the trade name. Use of the trade name requires permission of the trade name holder.

11.2 Profile 10/1

11.2.1 Physical layer

ISO/IEC 8802-3 or IEEE 802.3 shall be used.

11.2.2 Data link layer

11.2.2.1 MAC sublayer

ISO/IEC 8802-3 shall be used.

11.2.2.2 LLC sublayer

ISO/IEC 8802-3 shall be used.

11.2.2.3 Network sublayer

11.2.2.3.1 General

Internet standard RFC 791 and its amendments and successors shall be used.

Internet standard RFC 2236 shall be used to perform multicasting.

11.2.2.3.2 Unicast address

IPv4 class C private address scope shall be used. Each subnetwork of a domain has the respective IP network address as follows.

IP address for the interface connected to the primary network:

192.168.(Domain number).(Host address)

IP address for the interface connected to the secondary network:

192.168.128+(Domain number).(Host address)

Each node of a redundant station has a respective IP host address as follows.

Host address: (Station number) X 2 or (Station number) X 2 + 1

11.2.2.3.3 Group address

IPv4 class D Organization-Local Scope shall be used as group addresses for multicasting. Both the primary network and the secondary network require two group addresses: one for multicasting to all stations in the domain, and another for multicasting to all stations in the multi-domain network.

To assign these group addresses to the stations, AD-HOC Block group address 224.0.23.33 may be used.

NOTE This group address is registered with the Internet Assigned Numbers Authority (IANA).

11.2.2.3.4 TOS

The following four TOS parameter values shall be used for the data-link service:

- time synchronization;
- high priority;
- low priority;

– general purpose.

11.2.2.4 Transport sublayer

11.2.2.4.1 Transport service selection

Internet standard RFC 768 (UDP) and its amendments and successors, and the data-link layer specified in IEC 61158-3-17 and IEC 61158-4-17 shall be used.

UDP port number 5313 shall be used.

NOTE This UDP port number is registered with the Internet Assigned Numbers Authority (IANA).

Table 95 specifies the DLL service selection within IEC 61158-3-17.

Table 95 – CP 10/1: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative reference	YES	–
3	Definitions	YES	–
4	Overview of the data-link layer service	YES	–
5	DLSAP management service	YES	–
6	Connectionless-mode Data Link Service	YES	–
7	DL-management Service	YES	–

11.2.2.4.2 Transport protocol selection

Table 96 specifies the DLL protocol selection within IEC 61158-4-17.

Table 96 – CP 10/1: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative reference	YES	–
3	Definitions	YES	–
4	Overview of the DL-protocol	YES	–
5	DLPDU-parameter structure and encoding	YES	–
6	Local parameters and resources	YES	–
7	DL-service elements of procedure	YES	–
8	DL-support protocol	YES	–

11.2.2.4.3 Parameter selection

Table 97 shows the parameter selection.

Table 97 – Transport Layer Parameter selection

Parameter Symbol	Parameter name	Usage	Value
P(ND)	max-domains	M	31
P(HC)	max-hop-count	M	7
P(NS)	max-stations	M	64
P(GA _{1A})	IP-group-address-1A	M	239.192.24.0
P(GA _{1B})	IP-group-address-1B	M	239.192.24.1
P(GA _{2A})	IP-group-address-2A	M	239.192.24.4
P(GA _{2B})	IP-group-address-2B	M	239.192.24.5
P(AB _{DA})	IP-base-address-domain-A	M	192.168.0.0
P(AB _{DB})	IP-base-address-domain-B	M	192.268.128.0
P(MRC _{AUS})	max-retry-count-AUS	M	5
P(MRC _{ASS})	max-retry-count-ASS	M	5
P(MOS)	max-outstanding-number	M	10
P(TNR _{AUS})	max-response-time-AUS	M	50 ms
P(TNR _{ASS})	max-response-time-ASS	M	500 ms
P(TWT _{AUS})	wait-time-AUS	M	100 ms
P(TWT _{ASS})	wait-time-ASS	M	100 ms
P(TID _{ASS})	inter-DTPDU-time	M	500 ms
P(MC)	macro-cycle-period	M	100 ms
P(SD _{UUS})	starting-delay-UUS	M	{1,11,21,31,41,56,66,76,86} ms
P(SD _{AUS})	starting-delay-AUS	M	{1,11,21,31,41,56,66,76,86} ms
P(SD _{ASS})	starting-delay-ASS	M	{6,16,26,36,51,61,71,81,91} ms
P(SD _{MUS})	starting-delay-MUS	M	{8,28,48,68,88} ms
P(SD _{MSS})	starting-delay-MSS	M	{46} ms
P(TD _{UUS})	time-duration-UUS	M	1 ms
P(TD _{AUS})	time-duration-AUS	M	1 ms
P(TD _{ASS})	time-duration-ASS	M	1 ms
P(TD _{MUS})	time-duration-MUS	M	1 ms
P(TD _{MSS})	time-duration-MSS	M	1 ms
P(TO _{UUS})	offset-time-UUS	M	1 ms
P(TO _{AUS})	offset-time-AUS	M	1 ms
P(TO _{ASS})	offset-time-ASS	M	1 ms
P(TO _{MUS})	offset-time-MUS	M	1 ms
P(TO _{MSS})	offset-time-MSS	M	1 ms
P(DV _{UUS})	divisor-for-grouping-UUS	M	5
P(DV _{AUS})	divisor-for-grouping-AUS	M	5
P(DV _{ASS})	divisor-for-grouping-ASS	M	5
P(DV _{MUS})	divisor-for-grouping-MUS	M	5
P(DV _{MSS})	divisor-for-grouping-MSS	M	5
P(KS)	key size	M	4 octet
P(AS)	authentication field size	M	2 octet
P(PN)	prime-number	M	0b01011001
P(BS)	base-number	M	251
P(UD)	key-update-time	M	3 600 s

11.2.3 Application layer

11.2.3.1 General

The application layer specified in IEC 61158-5-17 and IEC 61158-6-17 shall be used.

11.2.3.2 AL service selection

Table 98 specifies the AL service selection within IEC 61158-5-17.

Table 98 – CP 10/1: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope and objective	YES	–
2	Normative reference	YES	–
3	Definitions	YES	–
4	Concepts	YES	–
5	ASEs	YES	–
6	ARs	YES	–
7	Summary of FAL classes	YES	–
8	Permitted FAL services by AREP role	YES	–

11.2.3.3 AL protocol selection

Table 99 specifies the AL protocol selection within IEC 61158-6-17.

Table 99 – CP 10/1: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative reference	YES	–
3	Definitions	YES	–
4	Abstract syntax description	YES	–
5	Transfer syntax	YES	–
6	FAL protocol state machines structure	YES	–
7	AP-Context state machine	YES	–
8	FAL Service Protocol Machines (FSPMs)	YES	–
9	Application Relationship Protocol Machines (ARPMs)	YES	–
10	DLL Mapping Protocol Machine (DMPM)	YES	–

11.2.4 Performance indicator selection

11.2.4.1 Performance indicator overview

Table 100 shows the overview of performance indicators applicable to CP 10/1.

Table 100 – CP 10/1: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	None
Number of end-stations	YES	None
Basic network topology	YES	None
Number of switches between end-stations	YES	None
Throughput RTE	YES	None
Non-RTE bandwidth	YES	None
Time synchronization accuracy	YES	None
Non-time-based synchronization accuracy	NO	–
Redundancy recovery time	YES	None

11.2.4.2 Performance indicator dependencies

11.2.4.2.1 General

Table 101 shows the dependencies between performance indicators for CP 10/1.

Table 101 – CP 10/1: PI dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI							
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Time synchronization accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		NO	YES 11.2.4.2.2	YES 11.2.4.2.2	NO	NO	NO	NO
Number of end-stations	NO		YES 11.2.4.2.3	YES 11.2.4.2.3	NO	NO	NO	NO
Basic network topology	YES 11.2.4.2.2	YES 11.2.4.2.3		YES 11.2.4.2.3	NO	NO	NO	NO
Number of switches between end-stations	NO	NO	YES 11.2.4.2.3		NO	NO	NO	NO
Throughput RTE	NO	NO	YES 11.2.4.2.4	NO		NO	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	YES 11.2.4.2.5	NO	NO		NO	NO
Time synchronization accuracy	NO	NO	YES 11.2.4.2.6	NO	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	NO	NO	YES 11.2.4.2.7	NO	NO	NO	NO	

11.2.4.2.2 Calculation of delivery time

The actual delivery time can be calculated by Formula (23).

$$DT = STTs + STTr + Trate \times Dlen + Cdly \times Clen + Spd \times NoS \quad (23)$$

where

<i>DT</i>	is the delivery time;
<i>STTs</i>	is the sender stack traversal time including PhL, DLL and AP;
<i>STTr</i>	is the receiver stack traversal time including PhL, DLL and AP;
<i>Trate</i>	is the transfer bit rate;
<i>Dlen</i>	is the bit length of the complete Ethernet frame;
<i>Cdly</i>	is the cable delay;
<i>Clen</i>	is the cable length;
<i>Spd</i>	is the switch delay under not congested condition;
<i>NoS</i>	is the number of switches.

The maximum delivery time for communication between two end-stations belonging to the same domain can be calculated by Formula (24).

$$DTmax1 = 20 \text{ ms} + Cdly \times Clen + Spd \times NoS \quad (24)$$

where

<i>DTmax1</i>	is the maximum delivery time for communication between two end-stations belonging to the same domain;
<i>Cdly</i>	is the cable delay;
<i>Clen</i>	is the cable length;
<i>Spd</i>	is the switch delay under not congested condition;
<i>NoS</i>	is the number of switches.

The maximum delivery time for communication between two end-stations belonging to different domains can be calculated by Formula (25).

$$DTmax2 = 50 \text{ ms} + Cdly \times Clen + Spd \times NoS \quad (25)$$

where

<i>DTmax2</i>	is the maximum delivery time for communication between two end-stations belonging to different domains;
<i>Cdly</i>	is the cable delay;
<i>Clen</i>	is the cable length;
<i>Spd</i>	is the switch delay under not congested condition;
<i>NoS</i>	is the number of switches.

The maximum delivery time with one lost frame for communication between two end-stations belonging to the same domain can be calculated by Formula (26).

$$DTlost1 = 10 \text{ ms} + DTmax1 \quad (26)$$

where

<i>DTlost1</i>	is the maximum delivery time with one lost frame for communication between two end-stations belonging to the same domain;
<i>DTmax1</i>	is the maximum delivery time for communication between two end-stations belonging to the same domain.

The maximum delivery time with one lost frame for communication between two end-stations belonging to different domains can be calculated by Formula (27).

$$DT_{lost2} = 150 \text{ ms} + DT_{max2} \quad (27)$$

where

DT_{lost2}	is the maximum delivery time with one lost frame for communication between two end-stations belonging to different domains;
DT_{max2}	is the maximum delivery time for communication between two end-stations belonging to different domains.

11.2.4.2.3 Network structure restriction

If the network consists of only one domain, the number of the RTE end-stations is restricted to 64.

If the network consists of more than two domains, the number of RTE end-stations in the domain is restricted to 64. The maximum number of the domain shall be 64.

The topology of interconnection among domains shall be a tree topology.

The topology of interconnection among bridges in a domain shall be a tree topology or a ring topology.

The number of switches between any two end-stations in a same domain shall be less than 7, and the number of routers (layer-3-switches) between any two domains shall be less than 4.

11.2.4.2.4 Throughput RTE restriction

The throughput RTE which is generated by communication among end-stations which belong to the same domain shall be limited to less than 10 Moctets per second.

The throughput RTE which is generated by communication going out from any domain shall be limited to less than 10 Moctets per second. And the throughput RTE which is generated by communication coming into any domain shall be limited to less than 10 Moctets per second.

11.2.4.2.5 Non-RTE bandwidth restriction

The non-RTE bandwidth shall be less than 500 Mbit/s. If the network consists of more than two domains, routers shall control the non-RTE traffic in order to make the non-RTE bandwidth of any domain less than 500 Mbit/s, otherwise total non-RTE bandwidth generated in the network shall be less than 500 Mbit/s.

11.2.4.2.6 Time synchronization accuracy

The time synchronization accuracy between any two end nodes which belong to the same domain is ± 1 ms or less, and the time synchronization accuracy between any two end nodes in the different domain is ± 5 ms or less.

11.2.4.2.7 Redundancy recovery time

The redundancy recovery time for communication between any two end-stations which belong to the same domain is less than 200 ms, and the redundancy recovery time for communication between any two end-stations which belong to the different domains is less than 600 ms.

11.2.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 102 shows a consistent set of performance indicators which is applicable to communication between two end-stations belonging to the same domain.

Table 102 – CP 10/1: Consistent set of PIs for the communication between two end-stations belonging to the same domain

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	20 ms	Excluding cable_delay and nominal switch_delay
Number of end-stations	64	None
Number of switches between end-stations	7	None
Throughput RTE	10 M octet/s	None
Non-RTE bandwidth	0 % – 50 % (500 Mbit/s)	None
Time synchronization accuracy	< 1 ms	None
Non-time-based synchronization accuracy	Not applicable	–
Redundancy recovery time	<200 ms	None

Table 103 shows a consistent set of performance indicators which is applicable to communication between two end-stations belonging to different domains.

Table 103 – CP 10/1: Consistent set of PIs for the communication between two end-stations belonging to different domains

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	50 ms	Excluding cable_delay and nominal switch_delay
Number of end-stations	4 096	–
Number of switches between end-stations	39	Including 4 layer-3-switches
Throughput RTE	10 M octet/s	–
Non-RTE bandwidth	0 % – 50 % (500 Mbit/s)	–
Time synchronization accuracy	< 5 ms	–
Non-time-based synchronization accuracy	Not applicable	–
Redundancy recovery time	< 600 ms	–

Table 104 shows a consistent set of performance indicators which is applicable to communication between two end-stations belonging to the same domain with one lost frame.

Table 104 – CP 10/1: Consistent set of PIs for the communication between two end-stations belonging to the same domain with one lost frame

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	60 ms	Excluding cable_delay and nominal switch_delay
Number of end-stations	64	–
Number of switches between end-stations	7	–
Throughput RTE	10 M octet/s	–
Non-RTE bandwidth	0 % – 50 % (500 Mbit/s)	–
Time synchronization accuracy	< 1 ms	–
Non-time-based synchronization accuracy	Not applicable	–
Redundancy recovery time	< 200 ms	–

Table 105 shows a consistent set of performance indicators which is applicable to communication between two end-stations belonging to different domains with one lost frame.

Table 105 – CP 10/1: Consistent set of PIs for the communication between two end-stations belonging to different domains with one lost frame

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	200 ms	Excluding cable_delay and nominal switch_delay
Number of end-stations	4 096	–
Number of switches between end-stations	39	Including 4 layer-3-switches
Throughput RTE	10 M octet/s	–
Non-RTE bandwidth	0-50 % (500 Mbit/s)	–
Time synchronization accuracy	<5 ms	–
Non-time-based synchronization accuracy	Not applicable	–
Redundancy recovery time	<600 ms	–

12 Communication Profile Family 11 (TCnet⁹) – RTE communication profiles

12.1 General overview

Communication Profile Family 11 defines three types of communication profile based on IEC 61158-3-11, IEC 61158-4-11, IEC 61158-5-11 and IEC 61158-6-11 which corresponds to the communication systems commonly known as TCnet.

– Profile 11/1 (TCnet-star)

This profile constitutes a TCnet communication system with star topology. It contains a selection of AL, and DLL services and protocol definitions from IEC 61158-3-11, IEC 61158-4-11, IEC 61158-5-11 and IEC 61158-6-11.

– Profile 11/2 (TCnet-loop 100 with physical layer of 100 Mbit/s)

⁹ In Japan, TCnet is a trade name of TOSHIBA Corporation. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the trade name. Use of the trade name requires permission of the trade name holder.

This profile constitutes a TCnet communication system with loop (ring) topology. It contains a selection of AL, and DLL services and protocol definitions from IEC 61158-3-11, IEC 61158-4-11, IEC 61158-5-11 and IEC 61158-6-11.

- Profile 11/3 (TCnet-loop 1G with physical layer of 1 000 Mbit/s)

This profile constitutes a TCnet communication system with loop (ring) topology. It contains a selection of AL, and DLL services and protocol definitions from IEC 61158-3-11, IEC 61158-4-11, IEC 61158-5-11 and IEC 61158-6-11.

Table 106 shows the overview of TCnet profile set.

Table 106 – CPF 11: Overview of profile sets

Layer	Profile 11/1, profile 11/2, profile 11/3
Application	IEC 61158-5-11, IEC 61158-6-1
Data-link	IEC 61158-3-11, IEC 61158-4-11
Physical	ISO/IEC 8802-3

12.2 Profile 11/1

12.2.1 Physical layer

The physical layer of 100 Mbit/s shall be according to ISO/IEC 8802-3.

Connectors and cables are specified in IEC 61784-5-11 and IEC 61918.

12.2.2 Data-link layer

12.2.2.1 DLL services selection

Table 107 specifies the DLL service selection within IEC 61158-3-11.

Table 107 – CP 11/1: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	Relevant reference only
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	Partial	–
4	Data Link services and concept	YES	–
4.1	Overview	YES	–
4.2	General description of services	YES	–
4.3	TCC data service	YES	–
4.4	Detail description of sporadic message data service	YES	–
5	DL-management services	YES	–
5.1	General	YES	–
5.2	Facilities of the DL-Management service	YES	–
5.3	Service of the DL-management	YES	–
5.4	Overview of interactions	YES	–
5.5	Detail specification of service and interactions	YES	–

12.2.2.2 DLL protocol selection

Table 108 specifies the DLL protocol selection within IEC 61158-4-11.

Table 108 – CP 11/1: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	Relevant reference only
3	Terms, definitions, symbols and abbreviations	Partial	–
4	Overview of the DL-protocol	–	–
4.1	General	YES	–
4.2	Overview of the medium access control	YES	–
4.3	Service assumed from the PhL	YES	–
4.4	DLL architecture	–	–
4.4.1	Overview	YES	–
4.4.2	Star-architecture	YES	–
4.4.3	Loop-architecture	NO	–
4.5	Access control machine and schedule support functions	YES	–
4.6	Local parameters, variables, counters, timers and queues	–	–
4.6.1	Overview	YES	–
4.6.1.1	General		
4.6.1.2	Summary of variables, parameters, counters, timers for star-architecture	YES	–
4.6.1.3	Summary of variables, parameters, counters, timers for loop-architecture	NO	–
4.6.2	Type 11 common variables, parameters, counters, timers and queues	YES	Relevant values and features to star-architecture
4.6.3	Star-architecture specific variables, parameters counters timers and queues	YES	–
4.6.4	Loop-architecture specific variables, parameters, counters timers and queues	NO	–
5	General structure and encoding of PhIDEs and DLPDU and related element of procedure	YES	See Table 109
6	DLPDU-specific structure, encoding and elements of procedure	YES	See Table 110
7	DLE element of procedure	–	–
7.1	DLE elements of procedure for star-architecture	YES	–
7.2	DLE elements of procedure for loop-architecture	NO	–
7.3	Serializer and deserializer	YES	–
7.4	DLL management protocol	–	–
7.4.1	DLL management protocol for star-architecture	YES	–
7.4.2	DLL management protocol for loop-architecture	NO	–

Table 109 – CP 11/1: DLL protocol selection of Clause 5

Clause	Header	Presence	Constraints
5.1	Overview	YES	–
5.2	PhlDU structure and encoding	YES	–
5.3	Common MAC frame structure, encoding and elements of procedure	YES	–
5.4	Elements of the MAC frame	–	–
5.4.1	General	YES	–
5.4.2	Preamble field	YES	–
5.4.3	Start frame delimiter (SFD)	YES	–
5.4.4	Address field	YES	–
5.4.5	Length/type field	YES	–
5.4.6	Frame control field (FC)	–	–
5.4.6.1	Structure of FC field	YES	–
5.4.6.2	Frame type (F-type) field	YES	–
5.4.6.3	Priority field (Pri)	YES	Relevant features to star-architecture
5.4.7	Source node number field (SN)	YES	–
5.4.8	Data and pad field	YES	–
5.4.9	Frame check sequence (FCS)	YES	–
5.5	Order of bit transmission	YES	–
5.6	Invalid DLPDU	YES	–

Table 110 – CP 11/1: DLL protocol selection of Clause 6

Clause	Header	Presence	Constraints
6.1	General	YES	–
6.2	Synchronization DLPDU (SYN)	–	–
6.2.1	General	YES	–
6.2.2	Structure of SYN DLPDU	YES	–
6.2.3	Parameters of SYN DLPDU	–	–
6.2.3.1	Transmission permits node number (PN)	YES	Relevant features to star-architecture
6.2.3.2	Control word (CW)	–	–
6.2.3.2.1	CW for star-architecture	YES	–
6.2.3.2.2	CW for loop-architecture	NO	–
6.2.3.3	Slot time (ST)	YES	Relevant features to star-architecture
6.2.3.4	High-speed transmission period (Th)	YES	–
6.2.3.5	Medium-speed transmission period (Tm)	YES	–
6.2.3.6	Sporadic message transmission target-token-rotation-time period (Ts)	YES	Relevant features to star-architecture
6.2.3.7	Low-speed transmission period (Tl)	YES	–
6.2.3.8	Live list (LL)	YES	–
6.2.4	User data	YES	–
6.2.5	Sending SYN DLPDU	YES	–
6.2.6	Receiving SYN DLPDU	YES	–

Clause	Header	Presence	Constraints
6.3	Transmission complete DLPDU (CMP)	YES	–
6.4	In-ring request DLPDU (REQ)	–	–
6.4.1	General	YES	–
6.4.2	Structure of REQ DLPDU	YES	–
6.4.3	Node-mode – ESYN parameter	NO	–
6.4.4	Recipient node number (RN) Parameter	NO	–
6.4.5	User data of REQ DLPDU	YES	–
6.4.6	Sending REQ DLPDU	YES	–
6.4.7	Receiving REQ DLPDU	YES	–
6.5	Claim DLPDU (CLM)	–	–
6.5.1	General	YES	–
6.5.2	Structure of CLM DLPDU	YES	–
6.5.3	Parameter of CLM DLPDU	–	–
6.5.3.1	Residual counts of CLM DLPDU parameter (RC)	YES	–
6.5.3.2	Slot time (ST) parameter	YES	Relevant feature to star-architecture
6.5.3.3	Node mode (NM) parameter	NO	–
6.5.4	User data of CLM DLPDU	YES	–
6.5.5	Sending and receiving CLM DLPDU	YES	–
6.6	Command DLPDU (COM)	YES	–
6.6.1	General	YES	–
6.6.2	Structure of COM DLPDU	YES	–
6.6.3	Parameter of COM DLPDU	YES	–
6.6.4.	User data of COM DLPDU	YES	–
6.6.5	Sending and receiving COM DLPDU	YES	Relevant feature to star-architecture
6.7	Cyclic data and cyclic data with transmission complete DLPDU (DT) and (DT-CMP)	–	–
6.7.1	General	YES	–
6.7.2	Structure of the DT DLPDU	YES	–
6.7.3	Parameters of DT DLPDU	–	–
6.7.3.1	DLCEP-address parameter	YES	–
6.7.3.2	Word length parameter (WD)	–	–
6.7.3.2.1	WD for star-architecture	YES	–
6.7.3.2.2	WD for loop-architecture	NO	–
6.7.4	Sending DT or DT-CMP DLPDU	YES	–
6.7.5	Receiving DT or DT-CMP DLPDU	YES	–
6.8	RAS DLPDU (RAS)	–	–
6.8.1	General	YES	–
6.8.2	Structure of RAS DLPDU	YES	–
6.8.3	DCEP-address parameters	YES	–
6.8.4	User data	YES	–
6.8.5	Sending and receiving RAS DLPDU	YES	Relevant feature to star-architecture
6.9	Loop repeat request DLPDU (LRR)	NO	–
6.10	Loop diagnosis DLPDU (LPD)	NO	–

12.2.3 Application layer

12.2.3.1 AL service selection

Table 111 specifies the AL service selection within IEC 61158-5-11.

In addition AL services are mapped onto the TCP/UDP/IP protocol suite, as defined in RFC 793, RFC 768 and RFC 791 respectively.

Table 111 – CP 11/1: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	Relevant reference only
3	Terms and definitions, abbreviations and conventions	Partial	Used when applicable
4	Concepts	YES	–
5	Data type ASE	Partial	Used when applicable
6	Communication model specification	YES	–

12.2.3.2 AL protocol selection

Table 112 specifies the AL protocol selection within IEC 61158-6-11.

Table 112 – CP 11/1: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative reference	Partial	Relevant reference only
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	Partial	Used when applicable
4	FAL Syntax description	YES	–
5	Transfer syntax	YES	–
6	FAL protocol state machine structures	YES	–
7	FAL Service Protocol Machine (FSPM)	YES	–
8	Application Relationship Protocol Machines (ARPM)	YES	–
9	DLL Mapping Protocol Machines (DMPM)	YES	–

12.2.4 Performance indicator selection

12.2.4.1 Performance indicator overview

Table 113 shows the performance indicators overview of CP 11/1.

Table 113 – CP 11/1: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	–
Number of end-stations	YES	–
Basic network topology	YES	Star topology
Number of switches between end-stations	NO	Hubs fit, and switches should not be applicable for highest performance
Throughput RTE	YES	–
Non-RTE bandwidth	YES	–
Time synchronization accuracy	YES	IEC 61588 shall be installed
Non-time-based synchronization accuracy	YES	–
Redundancy recovery time	YES	Null time switching without interruption

12.2.4.2 Performance indicator dependencies

12.2.4.2.1 Dependency matrix

Table 114 shows the dependencies between performance indicators for CP 11/1.

Table 114 – CP 11/1: 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 synchron. accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		NO 12.2.4.2.2 12.2.4.2.4	NO 12.2.4.2.5	NO 12.2.4.2.2 12.2.4.2.3	NO 12.2.4.2.2 12.2.4.2.3	NO	NO	NO 12.2.4.2.6
Number of end-stations	NO		NO	YES 12.2.4.2.2 12.2.4.2.3	YES 12.2.4.2.2 12.2.4.2.3	NO	NO	NO
Basic network topology	NO	NO		NO	NO	NO	NO	NO
Throughput RTE	YES 12.2.4.2.2 12.2.4.2.3	YES 12.2.4.2.2 12.2.4.2.3	NO		YES 12.2.4.2.2 12.2.4.2.3	NO	NO	NO
Non-RTE bandwidth	YES 12.2.4.2.2 12.2.4.2.3	YES 12.2.4.2.2 12.2.4.2.3	NO	YES 12.2.4.2.2 12.2.4.2.3		NO	NO	NO
Time synchronization accuracy	NO	NO	NO	NO	NO		NO	NO
Non-time-based synchronization accuracy	NO	NO	NO	NO	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

12.2.4.2.2 Calculation of Delivery time

Delivery time is definitely specified by the application users using the TCC data service, and the delivery time specified meets both cases of no transmission error and one lost frame with recovery.

The TCC data service provides 3 kinds of the data transmission service at the same time, that are according to the data preference and the delivery time of an APDU to be transferred using the data transmission service.

Table 115 specifies the TCC data service selection supported by this profile.

Table 115 – CP 11/1: TCC data service selection

Service ref.	Service name	Applicable	Constraint
IEC 61158-3-11 Clause 4	High-speed cyclic data transmission	YES	The range of the high-speed transmission period (T_h) is 1 to 160 ms, of which unit is in 0,1 ms
IEC 61158-3-11 Clause 4	Medium-speed cyclic data transmission	YES	The range of the medium-speed transmission period (T_m) is 10 to 1 000 ms, of which unit is in 1 ms and in multiples of the T_h
IEC 61158-3-11 Clause 4	Low-speed cyclic data transmission	YES	The range of low-speed transmission period (T_l) is 100 to 10 000 ms, of which unit is in 1 ms and in multiples of the T_h

The performance indicator delivery time is related to the amount of both RTE data and non-RTE data which are exchanged between the end-stations, the number of the Ethernet frame that is used for the deterministic transmission scheduling, the signal propagation delay to the end-station, the number of the end-stations and the number of the Hubs between the end-stations.

The performance indicator delivery time can be calculated using the Formulae (28), (29), (30), (31) and (32).

$$DT_H = T_h \quad (28)$$

$$DT_M = T_m \quad (29)$$

$$DT_L = T_l \quad (30)$$

$$T_h = T_{RTE} + T_{NRT} + T_{SCH} + T_{PD} + T_{MAC} \quad (31)$$

$$T_{RTE} = T_{HS} + \frac{T_{MS}}{T_m} \times T_h + \frac{T_{LS}}{T_l} \times T_h \quad (32)$$

where

DT_H	is the delivery time for the high-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC;
DT_M	is the delivery time for the medium-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC;
DT_L	is the delivery time for the low-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC;
T_h	is the high-speed transmission time period, and is the basic cycle_time (ct) for the TCC data service;
T_m	is the medium-speed transmission time period;

T_l	is the low-speed transmission time period;
T_{RTE}	is the total sum of the frame transmit time, in which the frame of the Ethernet with the RTE data as a payload of a fixed length is sent out of the end-station within the time period of T_h . The total volume of the RTE data and the bandwidth for the non-RTE data is specified by the application user;
T_{NRT}	is the total sum of the frame transmit time, in which the frame with the non-RTE data as a payload is sent out of the end-station within the time period of T_h and is used for the standard Ethernet application on sporadic basis;
T_{SCH}	is the total sum of the frame transmit time, in which the frame is exchanged for the deterministic transmission scheduling between the end-stations. The T_{SCH} includes both the time for the synchronization DLPDU and the multiple Transmission complete DLPDUs which are specified in the IEC 61158-4-11, Clause 6;
T_{PD}	is the sum total of the signal propagation delay (pd) between the end-stations. The T_{PD} depends on the number of Hubs between the end-stations, the cable propagation delay (cd) and the number of the end-stations;
T_{MAC}	is the time for the maintenance and control, in which a new end-station is solicited to join and the periodic time operation is controlled;
T_{HS}	is the total sum of the frame transmit time, in which the TCC data frame conveys the high-speed cyclic data;
T_{MS}	is the total sum of the frame transmit time, in which the TCC data frame conveys the medium-speed cyclic data;
T_{LS}	is the total sum of the frame transmit time, in which the TCC data frame conveys the low-speed cyclic data.

12.2.4.2.3 Relation between throughput RTE and non-RTE bandwidth

Figure 9 shows an example of the relation between the throughput RTE and the non-RTE bandwidth in the case of 100 Mbit/s physical layer. This profile supports the specification of a percentage of the bandwidth and/or the throughput which are used for the non-RTE and the RTE communications.

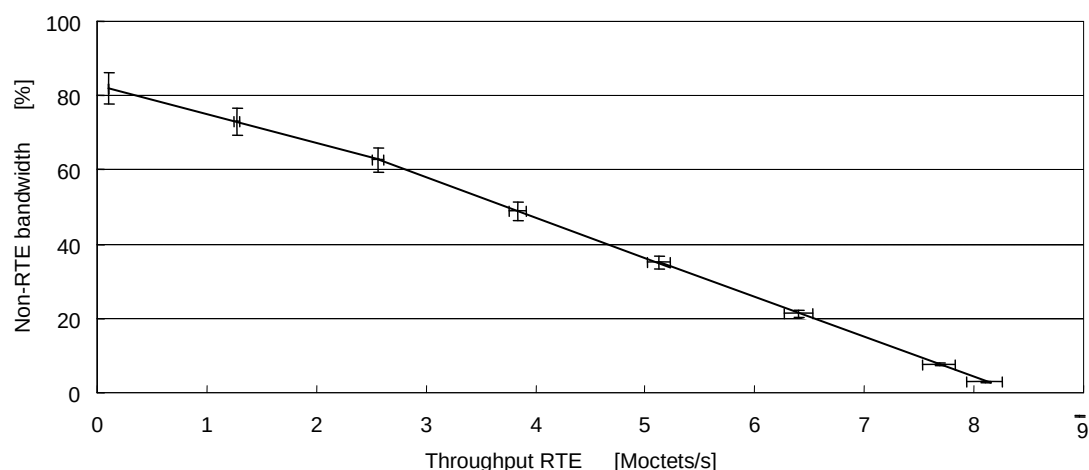


Figure 9 – CP 11/1: Throughput RTE and non-RTE bandwidth

The throughput RTE indicates the total amount of the APDU data by octet length per second, and the APDU data is sent out by the node using the TCC data service specified in the IEC 61158-3-11, 4.3. The non-RTE bandwidth indicates the total percentage of the bandwidth, which is used for the non-RTE communications by the nodes using the sporadic message data service specified in the IEC 61158-3-11, 4.4.

The total bandwidth can be calculated using the Formulae (33), (34), (35), (36), (37) and (38).

$$BW = BW_{RTE} + BW_{NRT} + BW_{CNT} \quad (33)$$

$$BW_{RTE} = TR_{RTE} \times \frac{8}{100} \quad (34)$$

$$TR_{RTE} = TR_{HS} + TR_{MS} + TR_{LS} \quad (35)$$

$$TR_{HS} = \frac{DV_{HS}}{DT_H} \quad (36)$$

$$TR_{MS} = \frac{DV_{MS}}{DT_M} \quad (37)$$

$$TR_{LS} = \frac{DV_{LS}}{DT_L} \quad (38)$$

where

BW	is the total bandwidth in %, and the 100 % is 100 Mbit/s;
BW_{RTE}	is the bandwidth used for the RTE communications in %;
BW_{NRT}	is the bandwidth used for the non-RTE communications in %;
BW_{CNT}	is the bandwidth used for the scheduling communications and for the protocol overhead in %;
TR_{RTE}	is the throughput RTE in Moctets/s;
TR_{HS}	is the throughput RTE for the high-speed cyclic data in Moctets/s;
TR_{MS}	is the throughput RTE for the medium-speed cyclic data in Moctets/s;
TR_{LS}	is the throughput RTE for the low-speed cyclic data in Moctets/s;
DV_{HS}	is the total volume of the high-speed cyclic data sent by all end-stations;
DV_{MS}	is the total volume of the medium-speed cyclic data sent by all end-stations;
DV_{LS}	is the total volume of the low-speed cyclic data sent by all end-stations;
DT_H	is the delivery time for the high-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC;
DT_M	is the delivery time for the medium-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC;
DT_L	is the delivery time for the low-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC.

The throughput RTE or the non-RTE bandwidth depends on the BW_{CNT} for scheduling the communications and for the protocol overhead. The scheduling communications and the protocol overhead, based on the formulas provided in 12.2.4.2.2, depend on the number of the hubs between the end-stations, the cable propagation delay and the total number of the end-stations, and is related to the time for the maintenance and control in order to solicit a new end-stations and to keep the periodic time operation.

12.2.4.2.4 Number of end-stations

The maximum number of the end-stations shall be up to 254.

12.2.4.2.5 Basic network topology

The network topology supported by this profile is of a hierarchical star. The number of layers in a hierarchy is an application specific and is determined on the basis of the number of end-stations, their physical location, and the distance between the end-stations. The maximum number of hubs between any 2 end-stations shall be up to 7.

12.2.4.2.6 Redundancy recovery time

The maximum time from a failure to become fully operational again in case of a single permanent failure, is almost 0 time period. This profile supports fully operational without the interruption of the higher-level data transfer services.

12.2.4.3 Consistent set of performance indicators

12.2.4.3.1 Consistent set of PIs preferential for RTE communications

Table 116 shows one of a consistent set of the performance indicators for CP 11/1. The values in Table 116 are representing one of the practical example, but not of the theoretical maximum, and the example is preferential for the RTE communications, which means that the total available bandwidth both for the RTE communications and the non-RTE communications is allocated alone to the RTE communications.

Table 116 – CP 11/1: Consistent set of PIs preferential for RTE communications

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	$DT_H = 2 \text{ ms}$ $DT_M = 20 \text{ ms}$ $DT_L = 200 \text{ ms}$	–
Number of end-stations	24	Maximum distance between nodes is 4 km
Number of switches between end-stations	0	3 hubs
Throughput RTE	Total = 7,3 Moctets/s $TR_{HS} = 6,4 \text{ Moctets/s}$ $TR_{MS} = 0,9 \text{ Moctets/s}$	$DV_{HS} = 12\ 800 \text{ octets}$ $DV_{MS} = 19\ 200 \text{ octets}$ $DV_L = 0 \text{ octets}$
Non-RTE bandwidth	0 %	–
Non-time-based synchronization accuracy	$< 10 \text{ } \mu\text{s}$	–
Redundancy recovery time	0 s	–

12.2.4.3.2 Consistent set of PIs for RTE and non-RTE communications

Table 117 shows one consistent set of performance indicators for CP 11/1. The values given in Table 117 are representing one practical example, but they are not the theoretical maximum. The total available bandwidth is partitioned between the RTE communications and the non-RTE communications.

Table 117 – CP 11/1: Consistent set of PIs both for RTE and non-RTE communications

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	$DT_H = 2 \text{ ms}$ $DT_M = 20 \text{ ms}$ $DT_L = 200 \text{ ms}$	–
Number of end-stations	13	Maximum distance between nodes is 4 km
Number of switches between end-stations	0	5 hubs
Throughput RTE	Total = 5,7 Moctets/s $TR_{HS} = 5,1 \text{ Moctets/s}$ $TR_{MS} = 0,6 \text{ Moctets/s}$	$DV_{HS} = 10\,240 \text{ octets}$ $DV_{MS} = 12\,800 \text{ octets}$ $DV_L = 0 \text{ octets}$
Non-RTE bandwidth	< 20 %	–
Non-time-based synchronization accuracy	< 10 μs	–
Redundancy recovery time	0 s	–

12.3 Profile 11/2

12.3.1 Physical layer

The physical layer of 100 Mbit/s shall be according to ISO/IEC 8802-3.

Connectors and cables are specified in IEC 61784-5-11 and IEC 61918.

12.3.2 Data-link layer

12.3.2.1 DLL services selection

The DLL service selection is the same as specified in 12.2.2.1.

12.3.2.2 DLL protocol selection

Table 118 specifies the DLL protocol selection within IEC 61158-4-11.

Table 118 – CP 11/2: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	Relevant reference only
3	Terms, definitions, symbols and abbreviations	Partial	–
4	Overview of the DL-protocol	–	–
4.1	General	YES	–
4.2	Overview of the medium access control	YES	–
4.3	Service assumed from the PhL	YES	–
4.4	DLL architecture	–	–
4.4.1	Overview	YES	–
4.4.2	Star-architecture	NO	–
4.4.3	Loop-architecture	YES	–
4.5	Access control machine and schedule support functions	YES	–

Clause	Header	Presence	Constraints
4.6	Local parameters, variables, counters, timers and queues	–	–
4.6.1	Overview	YES	–
4.6.1.1	General	YES	–
4.6.1.2	Summary of variables, parameters, counters, timers for star-architecture	NO	–
4.6.1.3	Summary of variables, parameters, counters, timers for loop-architecture	YES	Relevant values and features to 100 Mbit/s data rate
4.6.2	Type 11 common variables, parameters, counters, timers and queues	YES	Relevant values and features to 100 Mbit/s data rate
4.6.3	Star-architecture specific variables, parameters counters timers and queues	NO	–
4.6.4	Loop-architecture specific variables, parameters, counters timers and queues	YES	Relevant values and features to 100 Mbit/s data rate
5	General structure and encoding of PhIDEs and DLPDU and related element of procedure	YES	See Table 119
6	DLPDU-specific structure, encoding and elements of procedure	YES	See Table 120
7	DLE element of procedure	–	–
7.1	DLE elements of procedure for star-architecture	NO	–
7.2	DLE elements of procedure for loop-architecture	–	–
7.2.1	Overall structure	YES	–
7.2.2	Initialization	YES	–
7.2.3	Cyclic transmission TX/RX control (CTRC)	YES	Relevant values and features to 100 Mbit/s data rate
7.2.4	Sporadic TX/RX control (STRC)	YES	–
7.2.5	Access control machine (ACM)	YES	Table 75 applicable
7.2.6	Redundancy medium control (RMC)	YES	Table 83 applicable
7.3	Serializer and deserializer	YES	–
7.4	DLL management protocol	–	–
7.4.1	DLL management protocol for star-architecture	NO	–
7.4.2	DLL management protocol for loop-architecture	YES	–

Table 119 – CP 11/2: DLL protocol selection of Clause 5

Clause	Header	Presence	Constraints
5.1	Overview	YES	–
5.2	PhIDU structure and encoding	YES	–
5.3	Common MAC frame structure, encoding and elements of procedure	YES	–
5.4	Elements of the MAC frame	–	–
5.4.1	General	YES	–
5.4.2	Preamble field	YES	–
5.4.3	Start frame delimiter (SFD)	YES	–
5.4.4	Address field	YES	–
5.4.5	Length/type field	YES	–
5.4.6	Frame control field (FC)	–	–
5.4.6.1	Structure of FC field	YES	–
5.4.6.2	Frame type (F-type) field	YES	–
5.4.6.3	Priority field (Pri)	YES	Relevant feature to 100 Mbit/s data rate
5.4.7	Source node number field (SN)	YES	–
5.4.8	Data and pad field	YES	–
5.4.9	Frame check sequence (FCS)	YES	–
5.5	Order of bit transmission	YES	–
5.6	Invalid DLPDU	YES	–

Table 120 – CP 11/2: DLL protocol selection of Clause 6

Clause	Header	Presence	Constraints
6.1	General	YES	–
6.2	Synchronization DLPDU (SYN)	–	–
6.2.1	General	YES	–
6.2.2	Structure of SYN DLPDU	YES	–
6.2.3	Parameters of SYN DLPDU	–	–
6.2.3.1	Transmission permits node number (PN)	YES	Relevant feature to 100 Mbit/s operation of loop architecture
6.2.3.2	Control word (CW)	–	–
6.2.3.2.1	CW for star-architecture	NO	–
6.2.3.2.2	CW for loop-architecture	YES	–
6.2.3.3	Slot time (ST)	YES	Relevant feature to 100 Mbit/s operation of loop architecture
6.2.3.4	High-speed transmission period (Th)	YES	–
6.2.3.5	Medium-speed transmission period (Tm)	YES	–
6.2.3.6	Sporadic message transmission target-token-rotation-time period (Ts)	NO	Relevant feature to 100 Mbit/s operation of loop architecture
6.2.3.7	Low-speed transmission period (Tl)	NO	–
6.2.3.8	Live list (LL)	YES	–
6.2.4	User data	YES	–

Clause	Header	Presence	Constraints
6.2.5	Sending SYN DLPDU	YES	–
6.2.6	Receiving SYN DLPDU	YES	–
6.3	Transmission complete DLPDU (CMP)	YES	Relevant feature to 100 Mbit/s operation of loop architecture
6.4	In-ring request DLPDU (REQ)	–	–
6.4.1	General	YES	–
6.4.2	Structure of REQ DLPDU	YES	–
6.4.3	Node mode – ESYN Parameter	NO	–
6.4.4	Recipient node number (RN) Paramete	YES	–
6.4.5	User data of REQ DLPDU	YES	–
6.4.6	Sending REQ DLPDU	YES	Relevant feature to 100 Mbit/s operation of loop architecture
6.4.7	Receiving REQ DLPDU	YES	–
6.5	Claim DLPDU (CLM)	–	–
6.5.1	General	YES	–
6.5.2	Structure of CLM DLPDU	YES	–
6.5.3	Parameter of CLM DLPDU	–	–
6.5.3.1	Residual counts of CLM DLPDU parameter (RC)	YES	–
6.5.3.2	Slot time (ST) parameter	YES	Relevant feature to 100 Mbit/s operation of loop-architecture
6.5.3.3	Node mode (NM) parameter	NO	–
6.5.4	User data of CLM DLPDU	YES	–
6.5.5	Sending and receiving CLM DLPDU	YES	–
6.6	Command DLPDU (COM)	–	–
6.6.1	General	YES	–
6.6.2	Structure of COM DLPDU	YES	–
6.6.3	Parameter of COM DLPDU	YES	–
6.6.4	User data of COM DLPDU	YES	–
6.6.5	Sending and receiving COM DLPDU	YES	Relevant feature to 100 Mbit/s operation of loop-architecture
6.7	Cyclic data and cyclic data with transmission complete DLPDU (DT) and (DT-CMP)	–	–
6.7.1	General	YES	–
6.7.2	Structure of the DT DLPDU	YES	–
6.7.3	Parameters of DT DLPDU	YES	–
6.7.3.1	DLCEP-address parameter	YES	–
6.7.3.2	Word length parameter (WD)	–	–
6.7.3.2.1	WD for star-architecture	NO	–
6.7.3.2.2	WD for loop-architecture	YES	Relevant feature to 100 Mbit/s operation of loop-architecture
6.7.4	Sending DT or DT-CMP DLPDU	YES	–
6.7.5	Receiving DT or DT-CMP DLPDU	YES	–
6.8	RAS DLPDU (RAS)	YES	–

Clause	Header	Presence	Constraints
6.8.1	General	–	–
6.8.2	Structure of RAS DLPDU	YES	–
6.8.3	DCEP-address parameters	YES	–
6.8.4	User data	YES	–
6.8.5	Sending and receiving RAS DLPDU	YES	Relevant feature to 100 Mbit/s operation of loop-architecture
6.9	Loop repeat request DLPDU (LRR)	YES	–
6.10	Loop diagnosis DLPDU (LPD)	YES	–

12.3.3 Application layer

12.3.3.1 AL service selection

The AL service selection is the same as specified in 12.2.3.1.

12.3.3.2 AL protocol selection

The AL protocol selection is the same as specified in 12.2.3.2.

12.3.4 Performance indicator selection

12.3.4.1 Performance indicator overview

Table 121 shows the performance indicators overview of CP 11/2.

Table 121 – CP 11/2: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	–
Number of end stations	YES	–
Basic network topology	YES	Loop (ring) topology
Number of switches between end stations	NO	–
Throughput RTE	YES	–
Non-RTE bandwidth	YES	–
Time synchronization accuracy	YES	IEC 61588 shall be installed
Non-time-based synchronization accuracy	YES	–
Redundancy recovery time	YES	4 x Th

12.3.4.2 Performance indicator dependencies

12.3.4.2.1 Dependency matrix

Table 122 shows the dependencies between performance indicators for CP 11/2.

Table 122 – CP 11/2: 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 synchron. accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		NO 12.3.4.2.2 12.3.4.2.3	NO 12.2.4.2.5	NO 12.3.4.2.2 12.3.4.2.3	NO 12.3.4.2.2 12.3.4.2.3	NO	NO	NO 12.3.4.2.6
Number of end stations	NO		NO	YES 12.3.4.2.2 12.3.4.2.3	YES 12.3.4.2.2 12.3.4.2.3	NO	NO	NO
Basic network topology	NO	NO		NO	NO	NO	NO	NO
Throughput RTE	YES 12.3.4.2.2 12.3.4.2.3	YES 12.3.4.2.2 12.3.4.2.3	NO		YES 12.3.4.2.2 12.3.4.2.3	NO	NO	NO
Non-RTE bandwidth	YES 12.3.4.2.2 12.3.4.2.3	YES 12.3.4.2.2 12.3.4.2.3	NO	YES 12.3.4.2.2 12.3.4.2.3		NO	NO	NO
Time synchronization accuracy	NO	NO	NO	NO	NO		NO	NO
Non-time-based synchronization accuracy	NO	NO	NO	NO	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	YES 12.3.4.2.6	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

12.3.4.2.2 Calculation of Delivery time

Delivery time is definitely specified by the application users using the TCC data service, and the delivery time specified meets both cases of no transmission error and one lost frame with recovery.

The TCC data service provides 2 kinds of data transmission services at the same time, that are according to the data preference and the delivery time of the APDU to be transferred using the data transmission service.

Table 123 specifies the TCC data service selection supported by this profile.

Table 123 – CP 11/2: TCC data service selection

Service ref.	Service name	Applicable	Constraint
IEC 61158-3-11 Clause 4	High-speed cyclic data transmission	YES	The range of the high-speed transmission period (T_h) is 1 to 160 ms, of which unit is in 0,1 ms
IEC 61158-3-11 Clause 4	Medium-speed cyclic data transmission	YES	The range of the medium-speed transmission period (T_m) is 10 to 1 000 ms, of which unit is in 1 ms and in multiples of the T_h

The performance indicator delivery time is related to the amount of both RTE data and non-RTE data which are exchanged between the end stations, the number of the Ethernet frame that is used for the deterministic transmission scheduling, the signal propagation delay to the end station and the number of end stations.

The performance indicator delivery time can be calculated using the Formulae (39), (40), (41) and (42).

$$DT_H = T_h \quad (39)$$

$$DT_M = T_m \quad (40)$$

$$T_h = T_{RTE} + T_{NRT} + T_{SCH} + T_{PD} + T_{MAC} \quad (41)$$

$$T_{RTE} = T_{HS} + \frac{T_{MS}}{T_m} \times T_h \quad (42)$$

where

DT_H	is the delivery time for the high-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC;
DT_M	is the delivery time for the medium-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC;
T_h	is the high-speed transmission time period, and is the basic cycle_time (ct) for the TCC data service;
T_m	is the medium-speed transmission time period;
T_{RTE}	is the total sum of the frame transmit time, in which the frame of the Ethernet with the RTE data as a payload of a fixed length is sent out of the end station within the time period of T_h . The total volume of the RTE data and the bandwidth for the non-RTE data is specified by the application user;
T_{NRT}	is the total sum of the frame transmit time, in which the frame with the non-RTE data as a payload is sent out of the end station within the time period of T_h and is used for the standard Ethernet application on sporadic basis;
T_{SCH}	is the total sum of the frame transmit time, in which the frame is exchanged for the deterministic transmission scheduling between the end stations. The T_{SCH} includes both the time for the synchronization DLPDU and the multiple Transmission complete DLPDUs which are specified in the IEC 61158-4-11, Clause 6;
T_{PD}	is the sum total of the signal propagation delay (pd) between the end stations. The T_{PD} depends on the cable propagation delay (cd) and the number of the end stations;
T_{MAC}	is the time for the maintenance and control, in which a new end station is solicited to join and the periodic time operation is controlled;
T_{HS}	is the total sum of the frame transmit time, in which the TCC data frame conveys the high-speed cyclic data;
T_{MS}	is the total sum of the frame transmit time, in which the TCC data frame conveys the medium-speed cyclic data.

12.3.4.2.3 Relation between throughput RTE and non-RTE bandwidth

Figure 10 shows an example of the relation between the throughput RTE and the non-RTE bandwidth in the case of a 100 Mbit/s physical layer. This profile supports the specification of a percentage of the bandwidth and/or the throughput which are used for the non-RTE and the RTE communications.

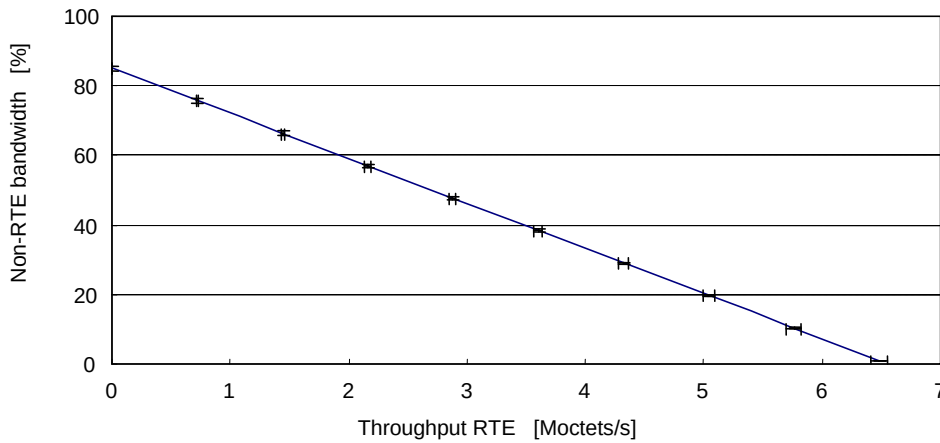


Figure 10 – CP 11/2: Throughput RTE and non-RTE bandwidth

The throughput RTE indicates the total amount of the APDU data by octet length per second, and the APDU data is sent out by the node using the TCC data service specified in IEC 61158-3-11, 4.3. The non-RTE bandwidth indicates the total percentage of the bandwidth, which is used for the non-RTE communications by the nodes using the sporadic message data service specified in the IEC 61158-3-11, 4.4.

The total bandwidth can be calculated using the Formulae (43), (44), (45), (46) and (47).

$$BW = BW_{RTE} + BW_{NRT} + BW_{CNT} \quad (43)$$

$$BW_{RTE} = TR_{RTE} \times \frac{8}{100} \quad (44)$$

$$TR_{RTE} = TR_{HS} + TR_{MS} \quad (45)$$

$$TR_{HS} = \frac{DV_{HS}}{DT_H} \quad (46)$$

$$TR_{MS} = \frac{DV_{MS}}{DT_M} \quad (47)$$

where

BW	is the total bandwidth in %, and the 100 % is 100 Mbit/s;
BW_{RTE}	is the bandwidth used for the RTE communications in %;
BW_{NRT}	is the bandwidth used for the non-RTE communications in %;
BW_{CNT}	is the bandwidth used for the scheduling communications and for the protocol overhead in %;
TR_{RTE}	is the throughput RTE in Mocets/s;
TR_{HS}	is the throughput RTE for the high-speed cyclic data in Mocets/s;
TR_{MS}	is the throughput RTE for the medium-speed cyclic data in Mocets/s;
DV_{HS}	is the total volume of the high-speed cyclic data sent by all end stations;
DV_{MS}	is the total volume of the medium-speed cyclic data sent by all end stations;
DT_H	is the delivery time for the high-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC;
DT_M	is the delivery time for the medium-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC;

The throughput RTE or the non-RTE bandwidth depends on the BW_{CNT} for scheduling the communications and for the protocol overhead. The scheduling communications and the protocol overhead, based on the formulae provided in 12.3.4.2.2, depend on the cable propagation delay and the total number of the end stations and is related to the time for the maintenance and control in order to solicit a new end station and to keep the periodic time operation.

12.3.4.2.4 Number of end-station

The maximum number of end stations shall be up to 254.

12.3.4.2.5 Basic network topology

The network topology supported by this profile is of a loop (ring).

12.3.4.2.6 Redundancy recovery time

The maximum time from a failure to become fully operational again in case of a single permanent failure is $4 \times T_h$ (T_h : the high-speed transmission time period) in 12.3.4.2.2.

12.3.4.3 Consistent set of performance indicators

12.3.4.3.1 Consistent set of PIs preferential for RTE communications

Table 124 shows one of a consistent set of the performance indicators for CP 11/2. The values in Table 124 are representing one practical example, but not the theoretical maximum. The example is preferential for RTE communications, which means that the total available bandwidth both for the RTE communications and the non-RTE communications is allocated alone to the RTE communications.

Table 124 – CP 11/2: Consistent set of PIs preferential for RTE communications

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	$DT_H = 2 \text{ ms}$ $DT_M = 20 \text{ ms}$	–
Number of end stations	24	Total length of cables in a loop is 2 km
Number of switches between end stations	0	Not applicable
Throughput RTE	Total = 4,6 Moctets/s $TR_{HS} = 4,0 \text{ Moctets/s}$ $TR_{MS} = 0,6 \text{ Moctets/s}$	$DV_{HS} = 7\,920 \text{ octets}$ $DV_{MS} = 11\,520 \text{ octets}$
Non-RTE bandwidth	0 %	–
Non-time-based synchronization accuracy	$< 10 \text{ } \mu\text{s}$	–
Redundancy recovery time	8 ms	–

12.3.4.3.2 Consistent set of PIs for RTE and non-RTE communications

Table 125 shows one consistent set of performance indicators for CP 11/2. The values given in Table 125 are representing one practical example, but they are not the theoretical maximum. The total available bandwidth is partitioned between the RTE communications and the non-RTE communications.

Table 125 – CP 11/2: Consistent set of PIs both for RTE and non-RTE communications

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	$DT_H = 2 \text{ ms}$ $DT_M = 20 \text{ ms}$	–
Number of end stations	13	Total length of cables in a loop is 2 km
Number of switches between end stations	0	Not applicable
Throughput RTE	Total = 4,8 Moctets/s $TR_{HS} = 4,3 \text{ Moctets/s}$ $TR_{MS} = 0,5 \text{ Moctets/s}$	$DV_{HS} = 8\,640 \text{ octets}$ $DV_{MS} = 10\,080 \text{ octets}$
Non-RTE bandwidth	< 20 %	–
Non-time-based synchronization accuracy	< 10 μs	–
Redundancy recovery time	8 ms	–

12.4 Profile 11/3

12.4.1 Physical layer

The physical layer of 1 000 Mbit/s shall be according to ISO/IEC 8802-3.

Connectors and cables are specified in IEC 61784–5–11 and IEC 61918.

12.4.2 Data-link layer

12.4.2.1 DLL services selection

The DLL service selection is the same as specified in 12.2.2.1.

12.4.2.2 DLL protocol selection

Table 126 specifies the DLL protocol selection within IEC 61158–4–11.

Table 126 – CP 11/3: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	Relevant reference only
3	Terms, definitions, symbols and abbreviations	Partial	–
4	Overview of the DL-protocol	–	–
4.1	General	YES	–
4.2	Overview of the medium access control	YES	–
4.3	Service assumed from the PhL	YES	–
4.4	DLL architecture	–	–
4.4.1	Overview	YES	–
4.4.2	Star-architecture	NO	–
4.4.3	Loop-architecture	YES	–
4.5	Access control machine and schedule support functions	YES	–
4.6	Local parameters, variables, counters, timers and queues	–	–

Clause	Header	Presence	Constraints
4.6.1	Overview	YES	–
4.6.1.1	General	YES	–
4.6.1.2	Summary of variables, parameters, counters, timers for star-architecture	NO	–
4.6.1.3	Summary of variables, parameters, counters, timers for loop-architecture	YES	Relevant values and features to 1 000 Mbit/s data rate
4.6.2	Type 11 common variables, parameters, counters, timers and queues	YES	Relevant values and features to 1 000 Mbit/s data rate
4.6.3	Star-architecture specific variables, parameters counters timers and queues	NO	–
4.6.4	Loop-architecture specific variables, parameters, counters timers and queues	YES	Relevant values and features to 1 000 Mbit/s data rate
5	General structure and encoding of PhIDEs and DLPDU and related element of procedure	YES	See Table 127
6	DLPDU-specific structure, encoding and elements of procedure	YES	See Table 128
7	DLE element of procedure	–	–
7.1	DLE elements of procedure for star-architecture	NO	–
7.2	DLE elements of procedure for loop-architecture	–	–
7.2.1	Overall structure	YES	–
7.2.2	Initialization	YES	–
7.2.3	Cyclic transmission TX/RX control (CTRC)	YES	Relevant values and features to 1 000 Mbit/s data rate
7.2.4	Sporadic TX/RX control (STRC)	YES	–
7.2.5	Access control machine (ACM)	YES	Table 76 applicable
7.2.6	Redundancy medium control (RMC)	YES	Table 84 applicable
7.3	Serializer and deserializer	YES	–
7.4	DLL management protocol	–	–
7.4.1	DLL management protocol for star-architecture	NO	–
7.4.2	DLL management protocol for loop-architecture	YES	–

Table 127 – CP 11/3: DLL protocol selection of Clause 5

Clause	Header	Presence	Constraints
5.1	Overview	YES	–
5.2	PhIDU structure and encoding	YES	–
5.3	Common MAC frame structure, encoding and elements of procedure	YES	–
5.4	Elements of the MAC frame	–	–
5.4.1	General	YES	–
5.4.2	Preamble field	YES	–
5.4.3	Start frame delimiter (SFD)	YES	–
5.4.4	Address field	YES	–
5.4.5	Length/type field	YES	–
5.4.6	Frame control field (FC)	–	–
5.4.6.1	Structure of FC field	YES	–
5.4.6.2	Frame type (F-type) field	YES	–

Clause	Header	Presence	Constraints
5.4.6.3	Priority field (Pri)	YES	Relevant feature to 1 000 Mbit/s data rate
5.4.7	Source node number field (SN)	YES	–
5.4.8	Data and pad field	YES	–
5.4.9	Frame check sequence (FCS)	YES	–
5.5	Order of bit transmission	YES	–
5.6	Invalid DLPDU	YES	–

Table 128 – CP 11/3: DLL protocol selection of Clause 6

Clause	Header	Presence	Constraints
6.1	General	YES	–
6.2	Synchronization DLPDU (SYN)	–	–
6.2.1	General	YES	–
6.2.2	Structure of SYN DLPDU	YES	–
6.2.3	Parameters of SYN DLPDU	–	–
6.2.3.1	Transmission permits node number (PN)	YES	Relevant feature to 1 000 Mbit/s operation of loop-architecture
6.2.3.2	Control word (CW)	–	–
6.2.3.2.1	CW for star-architecture	NO	–
6.2.3.2.2	CW for loop-architecture	YES	–
6.2.3.3	Slot time (ST)	YES	Relevant feature to 1 000 Mbit/s operation of loop-architecture
6.2.3.4	High-speed transmission period (Th)	YES	–
6.2.3.5	Medium-speed transmission period (Tm)	YES	–
6.2.3.6	Sporadic message transmission target-token-rotation-time period (Ts)	YES	Relevant feature to 1 000 Mbit/s operation of loop-architecture
6.2.3.7	Low-speed transmission period (TI)	YES	–
6.2.3.8	Live list (LL)	YES	–
6.2.4	User data	YES	–
6.2.5	Sending SYN DLPDU	YES	–
6.2.6	Receiving SYN DLPDU	YES	–
6.3	Transmission complete DLPDU (CMP)	YES	Relevant feature to 1 000 Mbit/s operation of loop-architecture
6.4	In-ring request DLPDU (REQ)	–	–
6.4.1	General	YES	–
6.4.2	Structure of REQ DLPDU	YES	–
6.4.3	Node mode – ESYN parameter	YES	–
6.4.4	Recipient node number (RN) parameter	YES	–
6.4.5	User data of REQ DLPDU	YES	–
6.4.6	Sending REQ DLPDU	YES	Relevant feature to 1 000 Mbit/s operation of loop-architecture
6.4.7	Receiving REQ DLPDU	YES	–

Clause	Header	Presence	Constraints
6.5	Claim DLPDU (CLM)	–	–
6.5.1	General	YES	–
6.5.2	Structure of CLM DLPDU	YES	–
6.5.3	Parameter of CLM DLPDU	–	–
6.5.3.1	Residual counts of CLM DLPDU parameter (RC)	YES	
6.5.3.2	Slot time (ST) parameter	YES	Relevant feature to 1 000 Mbit/s operation of loop-architecture
6.5.3.3	Node mode (NM) parameter	YES	–
6.5.4	User data of CLM DLPDU	YES	–
6.5.5	Sending and receiving CLM DLPDU	YES	–
6.6	Command DLPDU (COM)	–	–
6.6.1	General	YES	–
6.6.2	Structure of COM DLPDU	YES	–
6.6.3	Parameter of COM DLPDU	YES	–
6.6.4	User data of COM DLPDU	YES	–
6.6.5	Sending and receiving COM DLPDU	YES	Relevant feature to 1 000 Mbit/s operation of loop-architecture
6.7	Cyclic data and cyclic data with transmission complete DLPDU (DT) and (DT-CMP)	–	–
6.7.1	General	YES	–
6.7.2	Structure of the DT DLPDU	YES	–
6.7.3	Parameters of DT DLPDU	YES	–
6.7.3.1	DLCEP-address parameter	YES	–
6.7.3.2	Word length parameter (WD)	–	–
6.7.3.2.1	WD for star-architecture	NO	–
6.7.3.2.2	WD for loop-architecture	YES	Relevant feature to 1 000 Mbit/s operation of loop-architecture
6.7.4	Sending DT or DT-CMP DLPDU	YES	–
6.7.5	Receiving DT or DT-CMP DLPDU	YES	–
6.8	RAS DLPDU (RAS)	–	–
6.8.1	General	YES	–
6.8.2	Structure of RAS DLPDU	YES	–
6.8.3	DCEP-address parameters	YES	–
6.8.4	User data	YES	–
6.8.5	Sending and receiving RAS DLPDU	YES	Relevant feature to 1 000 Mbit/s operation of loop-architecture
6.9	Loop repeat request DLPDU (LRR)	YES	–
6.10	Loop diagnosis DLPDU (LPD)	YES	–

12.4.3 Application layer

12.4.3.1 AL service selection

The AL service selection is the same as specified in 12.2.3.1.

12.4.3.2 AL protocol selection

The AL protocol selection is the same as specified in 12.2.3.2.

12.4.4 Performance indicator selection

12.4.4.1 Performance indicator overview

Table 129 shows the performance indicators overview of CP 11/3.

Table 129 – CP 11/3: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	–
Number of end stations	YES	–
Basic network topology	YES	Loop (ring) topology
Number of switches between end stations	NO	–
Throughput RTE	YES	–
Non-RTE bandwidth	YES	–
Time synchronization accuracy	YES	IEC 61588 shall be installed
Non-time-based synchronization accuracy	YES	–
Redundancy recovery time	YES	4 x Th

12.4.4.2 Performance indicator dependencies

12.4.4.2.1 Dependency matrix

Table 130 shows the dependencies between performance indicators for CP 11/3.

Table 130 – CP 11/3: 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 synchron. accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		NO 12.4.4.2.2 12.4.4.2.3	NO 12.4.4.2.5	NO 12.4.4.2.2 12.4.4.2.3	NO 12.4.4.2.2 12.4.4.2.3	NO	NO	NO 12.4.4.2.6
Number of end stations	NO		NO	YES 12.4.4.2.2 12.4.4.2.3	YES 12.4.4.2.2 12.4.4.2.3	NO	NO	NO
Basic network topology	NO	NO		NO	NO	NO	NO	NO
Throughput RTE	YES 12.4.4.2.2 12.4.4.2.3	YES 12.4.4.2.2 12.4.4.2.3	NO		YES 12.4.4.2.2 12.4.4.2.3	NO	NO	NO
Non-RTE bandwidth	YES 12.4.4.2.2 12.4.4.2.3	YES 12.4.4.2.2 12.4.4.2.3	NO	YES 12.4.4.2.2 12.4.4.2.3		NO	NO	NO
Time synchronization accuracy	NO	NO	NO	NO	NO		NO	NO
Non-time-based synchronization accuracy	NO	NO	NO	NO	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	YES 12.4.4.2.6	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

12.4.4.2.2 Calculation of Delivery time

Delivery time is definitely specified by the application users using the TCC data service, and the delivery time specified meets both cases of no transmission error and one lost frame with recovery.

The TCC data service provides 3 kinds of the data transmission service at the same time, that are according to the data preference and the delivery time of an APDU to be transferred using the data transmission service.

Table 131 specifies the TCC data service selection supported by this profile.

Table 131 – CP 11/3: TCC data service selection

Service ref.	Service name	Applicable	Constraint
IEC 61158-3-11 Clause 4	High-speed cyclic data transmission	YES	The range of the high-speed transmission period (T_h) is 0.1 to 160 ms, of which unit is in 0,1 ms
IEC 61158-3-11 Clause 4	Medium-speed cyclic data transmission	YES	The range of the medium-speed transmission period (T_m) is 1 to 1 000 ms, of which unit is in 1 ms and in multiples of the T_h
IEC 61158-3-11 Clause 4	Low-speed cyclic data transmission	YES	The range of low-speed transmission period (T_l) is 1 to 10 000 ms, of which unit is in 1 ms and in multiples of the T_h

The performance indicator delivery time is related to the amount of both RTE data and non-RTE data which are exchanged between the end-stations, the number of the Ethernet frame that is used for the deterministic transmission scheduling, the signal propagation delay to the end-station, the number of the end-stations.

The performance indicator delivery time can be calculated using the Formulae (48), (49), (50), (51) and (52).

$$DT_H = T_h \quad (48)$$

$$DT_M = T_m \quad (49)$$

$$DT_L = T_l \quad (50)$$

$$T_h = T_{RTE} + T_{NRT} + T_{SCH} + T_{PD} + T_{MAC} \quad (51)$$

$$T_{RTE} = T_{HS} + \frac{T_{MS}}{T_m} \times T_h + \frac{T_{LS}}{T_l} \times T_h \quad (52)$$

where

DT_H	is the delivery time for the high-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC;
DT_M	is the delivery time for the medium-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC;
DT_L	is the delivery time for the low-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC;
T_h	is the high-speed transmission time period, and is the basic cycle_time (ct) for the TCC data service;
T_m	is the medium-speed transmission time period;
T_l	is the low-speed transmission time period;
T_{RTE}	is the total sum of the frame transmit time, in which the frame of the Ethernet with the RTE data as a payload of a fixed length is sent out of the end-station within the time period of T_h . The total volume of the RTE data and the bandwidth for the non-RTE data is specified by the application user;
T_{NRT}	is the total sum of the frame transmit time, in which the frame with the non-RTE data as a payload is sent out of the end-station within the time period of T_h and is used for the standard Ethernet application on sporadic basis;
T_{SCH}	is the total sum of the frame transmit time, in which the frame is exchanged for the deterministic transmission scheduling between the end-stations. The T_{SCH} includes both the time for the synchronization DLPDU and the multiple Transmission complete DLPDUs which are specified in the IEC 61158-4-11, Clause 6;
T_{PD}	is the sum total of the signal propagation delay (pd) between the end-stations. The T_{PD} depends on the cable propagation delay (cd) and the number of the end-stations;
T_{MAC}	is the time for the maintenance and control, in which a new end-station is solicited to join and the periodic time operation is controlled;
T_{HS}	is the total sum of the frame transmit time, in which the TCC data frame conveys the high-speed cyclic data;
T_{MS}	is the total sum of the frame transmit time, in which the TCC data frame conveys the medium-speed cyclic data;
T_{LS}	is the total sum of the frame transmit time, in which the TCC data frame conveys the low-speed cyclic data.

12.4.4.2.3 Relation between throughput RTE and non-RTE bandwidth

Figure 11 shows an example of the relation between the throughput RTE and the non-RTE bandwidth in the case of 1 000 Mbit/s physical layer. This profile supports the specification of a percentage of the bandwidth and/or the throughput which are used for the non-RTE and the RTE communications.

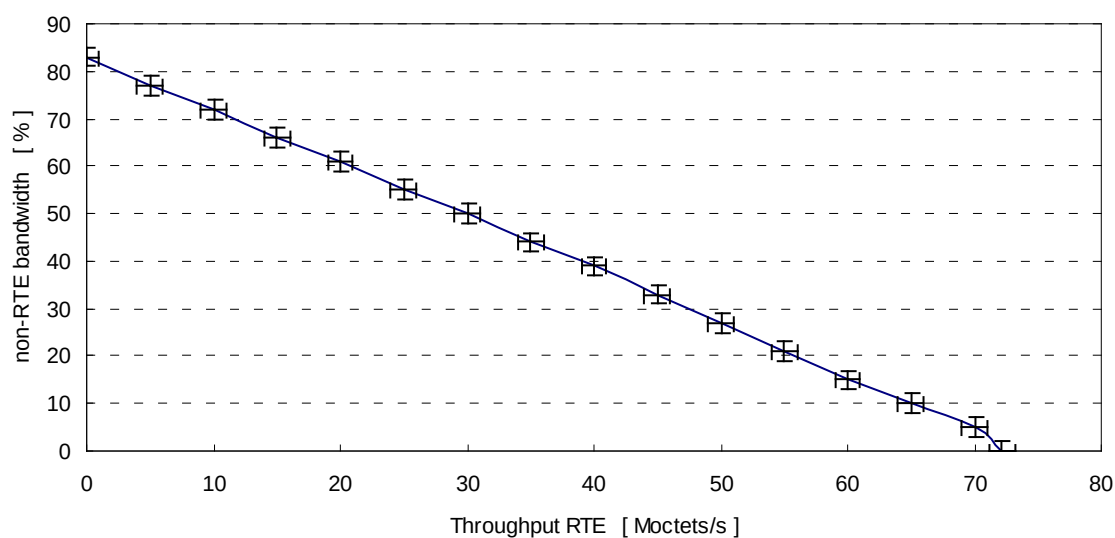


Figure 11 – CP 11/3: Throughput RTE and non-RTE bandwidth

The throughput RTE indicates the total amount of the APDU data by octet length per second, and the APDU data is sent out by the node using the TCC data service specified in the IEC 61158-3-11, 4.3. The non-RTE bandwidth indicates the total percentage of the bandwidth, which is used for the non-RTE communications by the nodes using the sporadic message data service specified in the IEC 61158-3-11, 4.4.

The total bandwidth can be calculated using the Formulae (53), (54), (55), (56), (57) and (58).

$$BW = BW_{RTE} + BW_{NRT} + BW_{CNT} \quad (53)$$

$$BW_{RTE} = TR_{RTE} \times \frac{8}{1000} \quad (54)$$

$$TR_{RTE} = TR_{HS} + TR_{MS} + TR_{LS} \quad (55)$$

$$TR_{HS} = \frac{DV_{HS}}{DT_H} \quad (56)$$

$$TR_{MS} = \frac{DV_{MS}}{DT_M} \quad (57)$$

$$TR_{LS} = \frac{DV_{LS}}{DT_L} \quad (58)$$

where

BW	is the total bandwidth in %, and the 100 % is 1 000 Mbit/s;
BW_{RTE}	is the bandwidth used for the RTE communications in %;
BW_{NRT}	is the bandwidth used for the non-RTE communications in %;
BW_{CNT}	is the bandwidth used for the scheduling communications and for the protocol overhead in %;
TR_{RTE}	is the throughput RTE in Moctets/s;
TR_{HS}	is the throughput RTE for the high-speed cyclic data in Moctets/s;

TR_{MS}	is the throughput RTE for the medium-speed cyclic data in Moctets/s;
TR_{LS}	is the throughput RTE for the low-speed cyclic data in Moctets/s;
DV_{HS}	is the total volume of the high-speed cyclic data sent by all end-stations;
DV_{MS}	is the total volume of the medium-speed cyclic data sent by all end-stations;
DV_{LS}	is the total volume of the low-speed cyclic data sent by all end-stations;
DT_H	is the delivery time for the high-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC;
DT_M	is the delivery time for the medium-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC;
DT_L	is the delivery time for the low-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC.

The throughput RTE or the non-RTE bandwidth depends on the BW_{CNT} for scheduling the communications and for the protocol overhead. The scheduling communications and the protocol overhead, based on the formulas provided in 12.4.4.2.2, the cable propagation delay and the total number of the end-stations, and is related to the time for the maintenance and control in order to solicit a end-stations and to keep the periodic time operation.

12.4.4.2.4 Number of end station

The maximum number of the end-stations shall be up to 254.

12.4.4.2.5 Basic network topology

The network topology supported by this profile is of a loop (ring).

12.4.4.2.6 Redundancy recovery time

The maximum time from a failure to become fully operational again in case of a single permanent failure is $4 \times T_h$ (T_h : the high-speed transmission time period) in 12.4.4.2.2.

12.4.4.3 Consistent set of performance indicators

12.4.4.3.1 Consistent set of PIs preference for RTE communications

Table 132 shows one of a consistent set of the performance indicators for CP 11/3. The values in Table 132 are representing one of the practical example, but not of the theoretical maximum, and the example is preferential for the RTE communications, which means that the total available bandwidth both for the RTE communications and the non-RTE communications is allocated alone to the RTE communications.

Table 132 – CP 11/3: Consistent set of PIs preferential for RTE communications

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	$DT_H = 1 \text{ ms}$ $DT_M = 10 \text{ ms}$ $DT_L = 100 \text{ ms}$	–
Number of end-stations	32	Total length of cables in a loop is 6 km
Number of switches between end-stations	0	Not applicable
Throughput RTE	Total = 72,2 Moctets/s $TR_{HS} = 59,9 \text{ Moctets/s}$ $TR_{MS} = 12,0 \text{ Moctets/s}$ $TR_{LS} = 0,3 \text{ Moctets/s}$	$DV_{HS} = 59\,904 \text{ octets}$ $DV_{MS} = 119\,808 \text{ octets}$ $DV_{LS} = 299\,520 \text{ octets}$
Non-RTE bandwidth	0 %	–
Non-time-based synchronization accuracy	$< 10 \text{ } \mu\text{s}$	–
Redundancy recovery time	4 ms	–

12.4.4.3.2 Consistent set of PIs for RTE and non-RTE communications

Table 133 shows one consistent set of performance indicators for CP 11/3. The values given in Table 133 are representing one practical example, but they are not the theoretical maximum. The total available bandwidth is partitioned between the RTE communications and the non-RTE communications.

Table 133 – CP 11/3: Consistent set of PIs both for RTE and non-RTE communications

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	$DT_H = 1 \text{ ms}$ $DT_M = 10 \text{ ms}$ $DT_L = 100 \text{ ms}$	–
Number of end-stations	32	Total length of cables in a loop is 6 km
Number of switches between end-stations	0	Not applicable
Throughput RTE	Total = 56,9 Moctets/s $TR_{HS} = 48,6 \text{ Moctets/s}$ $TR_{MS} = 6,4 \text{ Moctets/s}$ $TR_{LS} = 1,9 \text{ Moctets/s}$	$DV_{HS} = 48\,640 \text{ octets}$ $DV_{MS} = 64\,000 \text{ octets}$ $DV_{LS} = 192\,000 \text{ octets}$
Non-RTE bandwidth	$> 20 \text{ } \%$	–
Non-time-based synchronization accuracy	$< 10 \text{ } \mu\text{s}$	–
Redundancy recovery time	4 ms	–

13 Communication Profile Family 12 (EtherCAT®) – RTE communication profiles

13.1 General overview

EtherCAT®¹⁰ is a Real-Time Ethernet technology based on ISO/IEC 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 part of IEC 61784, 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 may 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.

13.2 Profile CP 12/1

13.2.1 Physical layer

The physical layer is described in IEC 61158-2 and IEEE 802.3-2008. Table 134 specifies the use of the preferred physical layer, specified in IEEE 802.3-2008, included in this profile.

Table 135 specifies the use of an optimized physical layer for backplane applications, specified in IEC 61158-2, included in this profile.

Table 134 – CP 12/1: PhL selection of preferred physical layer from IEEE 802.3-2008

Clause	Header	Presence	Constraints
21	Introduction to 100 Mb/s baseband networks, type 100BASE-T	YES	–
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	–	–
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	–	

¹⁰ 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 to 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
28	Physical Layer link signaling for 10 Mb/s, 100 Mb/s, and 1 000 Mb/s Auto-Negotiation on twisted pair	Optional	Auto-negotiation and auto-crossover are highly recommended
29	System considerations for multisegment 100BASE-T networks	Optional	Link aggregation can be used but not recommended
Annex 22A	MII	YES	–
Annex 23A	6T code words	YES	–
34 ff	Introduction to 1 000 Mb/s baseband network	Optional	For future use

Table 135 – CP 12/1: PhL selection of an optimized 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: Wire media	YES	–
10	MDS – MAU interface	–	–
29	Type 12: Medium attachment unit: electrical medium	YES	–

13.2.2 Data-link layer

13.2.2.1 EtherCAT Slave

Data-link layer is described in IEC 61158-3-12 and IEC 61158-4-12. Table 136 specifies the use of the services, specified in IEC 61158-3-12, included in this profile. Table 137 specifies the use of the protocol, specified in IEC 61158-4-12, included in this profile.

Table 136 – 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	–	–
6.1	Read Local	YES	–
6.2	Write Local	YES	–

Table 137 – 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	–	–

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

13.2.2.2 EtherCAT Master

The data-link layer is described in IEC 61158-3-12 and IEC 61158-4-12. Table 138 specifies the use of the services, specified in IEC 61158-3-12, included in this profile.

Table 139 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 138 – 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 example 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 139 – 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	–

Clause	Header	Presence	Constraints
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	–

13.2.3 Application layer

13.2.3.1 EtherCAT Slave

The application layer is described in IEC 61158-5-12 and IEC 61158-6-12. Table 140 specifies the use of the services, specified in IEC 61158-5-12, included in this profile. Table 141 specifies the use of the protocol, specified in IEC 61158-6-12, included in this profile.

Table 140 – 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 141 – 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	–
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	–

13.2.3.2 EtherCAT master

The application layer is described in IEC 61158-5-12 and IEC 61158-6-12. Table 142 specifies the use of the services, specified in IEC 61158-5-12, included in this profile. Table 143 specifies the use of the protocol, specified in IEC 61158-6-12, included in this profile.

Table 142 – 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	–

Clause	Header	Presence	Constraints
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 143 – 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	–

13.2.4 Performance indicator selection

13.2.4.1 Performance indicator overview

Table 144 gives an overview of the performance indicator usage.

Table 144 – 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	–

13.2.4.2 Performance indicator dependencies

Table 145 specifies the dependencies of the performance indicators (row) from the performance indicators (column).

Table 145 – CP 12/1: PI dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI						
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Throughput RTE	Non- RTE band width	Non time- based synchron. accu racy	Redundancy re cover time
Delivery time		YES 13.2.4.4	NO	YES 13.2.4.5	NO	NO	YES 13.2.4.6
Number of end-stations	NO		NO	NO	NO	YES 13.2.4.7	NO
Basic network topology	NO	NO		NO	NO	NO	YES 13.2.4.8
Throughput RTE	NO	NO	NO		YES 13.2.4.9	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	YES 13.2.4.9		NO	NO
Non-time-based synchronization accuracy	NO	YES 13.2.4.7	NO	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	NO	NO	YES 13.2.4.8	NO	NO	NO	

Table 146 gives an outline of the range of performance indicators.

Table 146 – CP 12/1: PI ranges

Performance indicator	Value	Explanation
Delivery time	20 µs – 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	1µs – 10 µs	Depends upon topology
Redundancy recovery time	1 cycle	–

13.2.4.3 Calculation of delivery time

The performance indicator delivery time can be calculated by Formula (59).

$$t_D = t_{cycle} + t_{data} + t_{cd} \times l_{tc} + \sum_{i=1}^{NoS} t_{pd}(i) + t_{cpdl} \quad (59)$$

where

t_D	is the delivery time;
t_{cycle}	is the cycle time ($t_{cycle} \geq t_{data}$);
t_{data}	is the time to transmit the longest Real-time Ethernet frame (80 ns/octet);
t_{cd}	is the cable delay (4,5 – 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.

13.2.4.4 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 (59).

13.2.4.5 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 (59).

13.2.4.6 Delivery time dependency on redundancy recovery time

Redundancy recovery time influences the cycle time and hence the delivery time as described in Formula (59).

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

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

13.2.4.8 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.

13.2.4.9 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.

13.2.4.10 Consistent set of performance indicators for mid size automation system

Table 147 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 147 – 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	–

13.3 Profile CP 12/2

13.3.1 Physical layer

The physical layer is the same as described in 13.2.1.

13.3.2 Data-link layer

13.3.2.1 EtherCAT Slave

The data-link layer is described in IEC 61158-3-12 and 61158-4-12. Table 148 specifies the use of the services, specified in IEC 61158-3-12, included in this profile. Table 149 specifies the use of the protocol, specified in IEC 61158-4-12, included in this profile.

Table 148 – 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 example 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	–
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 149 – 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	–	–
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	–

13.3.2.2 EtherCAT Master

The data-link layer is described in IEC 61158-3-12 and IEC 61158-4-12. Table 150 specifies the use of the services, specified in IEC 61158-3-12, included in this profile. Table 151 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 150 – 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 151 – 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	–

Clause	Header	Presence	Constraints
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	–

13.3.3 Application layer

13.3.3.1 EtherCAT Slave

The application layer is described in IEC 61158-5-12 and IEC 61158-6-12. Table 152 specifies the use of the services, specified in IEC 61158-5-12, included in this profile. Table 153 specifies the use of the protocol, specified in IEC 61158-6-12, included in this profile.

Table 152 – 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 153 – 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	–
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	–

13.3.3.2 EtherCAT Master

The application layer is described in IEC 61158-5-12 and IEC 61158-6-12. Table 154 specifies the use of the services, specified in IEC 61158-5-12, included in this profile. Table 155 specifies the use of the protocol, specified in IEC 61158-6-12, included in this profile.

Table 154 – 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	–

Clause	Header	Presence	Constraints
6.1.5	EoE ASE	Optional	–
6.1.6	FoE ASE	Optional	–
6.1.7	MBX ASE	Optional	–
6.2	AR	YES	–

Table 155 – 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	–

13.3.4 Performance indicator selection

13.3.4.1 Performance indicator overview

The performance indicator overview of 13.2.4.1 applies.

Table 156 gives an overview of the performance indicator usage.

Table 156 – 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	–

13.3.4.2 Performance indicator dependencies

Table 157 specifies the dependencies of the performance indicators (row) from the performance indicators (column).

Table 157 – 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 synchron. accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		YES 13.2.4.4	NO	YES 13.2.4.5	NO	NO	NO	YES 13.2.4.6
Number of end-stations	NO		NO	NO	NO	YES 13.3.4.4	YES 13.2.4.7	NO
Basic network topology	NO	NO		NO	NO	NO	NO	YES 13.2.4.8
Throughput RTE	NO	NO	NO		YES 13.2.4.9	NO	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	YES 13.2.4.9		NO	NO	NO
Time synchronization accuracy	NO	YES 13.3.4.4	NO	NO	NO		NO	NO
Non-time-based synchronization accuracy	NO	YES 13.2.4.7	NO	NO	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	NO	NO	YES 13.2.4.8	NO	NO	NO	NO	

13.3.4.3 Calculation of delivery time

The delivery time is calculated according to Formula (59).

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

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

13.3.4.5 Consistent set of performance indicators for large automation systems

Table 158 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 158 – 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	–

14 Communication Profile Family 13 (Ethernet POWERLINK¹¹) – RTE communication profiles

14.1 General overview

Communication Profile Family 13 (CPF 13) defines a profile using Type 13 of the IEC 61158 series, which correspond to the communication system commonly known as Ethernet POWERLINK.

– Profile 13/1

This profile contains AL, and DLL services and protocol definitions from IEC 61158-3-13, IEC 61158-4-13, IEC 61158-5-13 and IEC 61158-6-13.

Table 159 shows the overview of Ethernet POWERLINK profile set.

Table 159 – CPF 13: Overview of profile sets

Layer	Profile 13/1
Application	IEC 61158-5-13, IEC 61158-6-13
Data-link	IEC 61158-3-13, IEC 61158-4-13
Physical	ISO/IEC 8802-3

14.2 Profile 13/1

14.2.1 Physical layer

The physical layer shall be according to ISO/IEC 8802-3.

¹¹ Ethernet POWERLINK is a trade name of Bernecker&Rainer Industrieelektronik Ges.m.b.H., control of trade name use is given to the non profit organization EPSG. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the trade name. Use of the trade name requires permission of the trade name holder.

14.2.2 Data-link layer

14.2.2.1 DLL services selection

The data-link layer services are defined in IEC 61158-3-13. Table 160 shows the subclauses included in this profile.

Table 160 – CP 13/1: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Data link service specification (Type 13)	YES	–

14.2.2.2 DLL protocol selection

The data-link layer protocols are defined in IEC 61158-4-13. Table 161 shows the subclauses included in this profile.

Table 161 – CP 13/1: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Data link protocol specification (Type 13)	YES	–

14.2.3 Application layer

14.2.3.1 AL service selection

The application layer services are defined in IEC 61158-5-13. Table 162 shows the subclauses included in this profile.

Table 162 – CP 13/1: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Application layer service specification (Type 13)	YES	–

14.2.3.2 AL protocol selection

The application layer protocols are defined in IEC 61158-6-13. Table 163 shows the subclauses included in this profile.

Table 163 – CP 13/1: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Application layer protocol specification (Type 13)	YES	–

14.2.4 Performance indicator selection

14.2.4.1 Performance indicator overview

Table 164 shows the performance indicators overview of CP 13/1.

Table 164 – CP 13/1: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery Time	YES	–
Number of end-stations	YES	–
Basic network topology	YES	Star and linear topology
Number of switches between end-stations	YES	For highest performance use repeaters instead of switches
Throughput RTE	YES	–
Non-RTE bandwidth	YES	–
Time synchronization accuracy	YES	–
Non time-based synchronization accuracy	YES	–
Redundancy recovery time	YES	–

14.2.4.2 Performance indicator dependencies

14.2.4.2.1 Performance indicator dependency matrix

Table 165 shows the dependencies between performance indicators for CP 13/1.

Table 165 – CP 13/1: 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 synchron. accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		YES 14.2.4.2.5	YES 14.2.4.2.6	YES 14.2.4.2.8	NO	NO	NO	NO
Number of end-stations	YES 14.2.4.2.3		NO	NO	NO	NO	NO	NO
Basic network topology	YES 14.2.4.2.4	NO		NO	NO	YES 14.2.4.2.11	YES 14.2.4.2.12	YES 14.2.4.2.13
Throughput RTE	NO	NO	NO		YES 14.2.4.2.10	NO	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	YES 14.2.4.2.7	YES 14.2.4.2.9		NO	NO	NO
Time synchronization accuracy	NO	NO	NO	NO	NO		NO	NO
Non-time-based synchronization accuracy	NO	NO	NO	NO	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

14.2.4.2.2 Delivery time

The delivery time is dependent on the communication cycle time and properties of the specific end-station. Data which is produced is transmitted in the following communication cycle and processed by the receiving node at the beginning of the third communication cycle.

The delivery time for communication between two RTE end-stations can be calculated by Formula (60).

$$T_D = T_{PS} + T_C + T_{PR} \quad (60)$$

where

T_D	is the delivery time;
T_C	is the communication cycle time, see Formula (61);
T_{PR}	is the processing time in the receiving end-station.
T_{PS}	is the processing time in the sending end-station.

The communication cycle time T_C can be calculated by Formula (61).

$$T_C = T_S + T_A + \sum_{i=1}^N (T_{FT,i} + T_{RD,i} + T_{SD,i}) \quad (61)$$

where

T_C	is the communication cycle time;
T_S	is the communication cycle start delay;
N	is the number of RTE end-stations processed in one communication cycle;
$T_{FT,i}$	is the RTE frames transmission time for RTE end-station i (depends on the amount of APDU data for this node);
$T_{RD,i}$	is the response delay of the RTE end-station i ;
$T_{SD,i}$	is the sum of all delays of infrastructure components (switches, repeaters, cabling) for the RTE end-station i ;
T_A	is the time reserved for non-RTE data within one communication cycle.

The delivery time with one lost frame for communication between two RTE end-stations can be calculated by Formula (62).

$$T_D = T_{PS} + 2 \times T_C + T_{PR} \quad (62)$$

where

T_D	is the delivery time;
T_C	is the communication cycle time, see Formula (61);
T_{PR}	is the processing time in the receiving end-station.
T_{PS}	is the processing time in the sending end-station.

14.2.4.2.3 Delivery time dependency on number of end-stations

Typically the amount of APDU data increases with the number of end-stations. Moreover additional delays are introduced with every extra node (by the node itself and additional network infrastructure components if necessary). Both parameters are considered in Formula (61) and therefore influence the delivery time as calculated by Formula (60).

14.2.4.2.4 Delivery time dependency on basic network topology

Basic network topology influences signal propagation delay between two RTE end-stations which limits the communication cycle time and consequently the delivery time.

14.2.4.2.5 Number of end-stations dependency on delivery time

As shown in Formula (60) the delivery time is given by the communication cycle time. As every node occupies a certain amount of time within the communication cycle there is a limit on the number of nodes if a certain delivery time is to be accomplished.

14.2.4.2.6 Basic network topology dependency on delivery time

A given delivery time limits the amount of tolerable signal propagation delays which are introduced by a given network topology.

14.2.4.2.7 Basic network topology dependency on non-RTE bandwidth

Non-RTE bandwidth is provided by a fixed time slice of the communication cycle and therefore dependent on delivery time. From this it follows that basic network topology is also dependent on non-RTE bandwidth.

14.2.4.2.8 Throughput RTE dependency on delivery time

A certain delivery time limits the amount of APDU which can be transmitted within one communication cycle. Throughput RTE is a function of APDU size and communication cycle time and therefore dependent on delivery time.

14.2.4.2.9 Throughput RTE dependency on non-RTE bandwidth

Non-RTE bandwidth is provided by a fixed time slice of one communication cycle. This time slice can not be used for real-time data and therefore limits throughput RTE.

14.2.4.2.10 Non-RTE bandwidth dependency on Throughput RTE

Non-RTE bandwidth is provided by a fixed time slice of one communication cycle. More RTE data sent within one communication cycle reduces the time available for non-RTE communication.

Non-RTE bandwidth is derived from the communication cycle time and network maximum transmission unit (MTU) size as calculated by Formula (63). Total link bandwidth corresponds to full link rate according ISO/IEC 8802-3 (e.g. 100 Mbit/s).

$$B_{NRTE} = \frac{M}{125\,000 \times T_C} \quad (63)$$

where

B_{NRTE}	is the non-RTE bandwidth;
M	is the network MTU in octets;
T_C	is the communication cycle time.

14.2.4.2.11 Time synchronization accuracy dependency on basic network topology

On the transmission path between two communicating RTE end-stations several switches (or other network infrastructure components) can be traversed, each causing jitter of the receive time, thus influencing the time synchronization accuracy.

14.2.4.2.12 Non-time-based synchronization accuracy dependency on basic network topology

Subclause 14.2.4.2.8 applies.

14.2.4.2.13 Redundancy recovery time dependency on basic network topology

Basic network topology determines duration and method of failure detection and recovery.

14.2.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 166 shows one consistent set of performance indicators for CP 13/1 using a network bandwidth of 100 Mbit/s. The values in Table 166 represent a practical example of a small sized system for machine automation. This system operates at a communication cycle time of 150 μ s and is connected by a realistic network infrastructure using star topology. The numerical calculations are based on worst case performance values of devices widely installed in the field for this type of automation system.

Table 166 – CP 13/1: Consistent set of PIs small size automation system

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery Time	350 μ s	Processing time is 100 μ s at sender and receiver, no failure
Number of end-stations	4	
Number of switches between end-stations	0	1 Repeater used instead of switches
Throughput RTE	1,9 Moctets/s	
Non-RTE bandwidth	19,6 %	Network MTU is 369 octets
Time synchronization accuracy	< 1 s	Implementation dependent
Non time-based synchronization accuracy	< 200 ns	Depends on location of node within network topology
Redundancy recovery time	150 μ s	

Table 167 shows one consistent set of performance indicators for CP 13/1 using a network bandwidth of 100 Mbit/s. The values in Table 167 represent a practical example of a medium sized system for machine automation. This system operates at a communication cycle time of 500 μ s and is connected by a realistic network infrastructure using combined star and linear topology. The numerical calculations are based on worst case performance values of devices widely installed in the field for this type of automation system.

Table 167 – CP 13/1: Consistent set of PIs medium size automation system

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery Time	700 μ s	Processing time is 100 μ s at sender and receiver, no failure
Number of end-stations	20	
Number of switches between end-stations	0	7 Repeaters used instead of switches
Throughput RTE	2,5 Moctets/s	
Non-RTE bandwidth	11,5 %	Network MTU is 720 octets
Time synchronization accuracy	< 1 s	Implementation dependent
Non time-based synchronization accuracy	< 440 ns	Depends on location of node within network topology
Redundancy recovery time	500 μ s	

Table 168 shows one consistent set of performance indicators for CP 13/1 using a network bandwidth of 100 Mbit/s. The values in Table 168 represent a practical example of a large sized system for machine or process automation. This system operates at a communication cycle time of 2 700 µs and is connected by network infrastructure using star topology. The numerical calculations are based on worst case performance values of devices widely installed in the field for this type of automation system.

Table 168 – CP 13/1: Consistent set of PIs large size automation system

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery Time	2 900 µs	Processing time is 100 µs at sender and receiver, no failure
Number of end-stations	150	
Number of switches between end-stations	0	3 Repeaters used instead of switches
Throughput RTE	4 M octets/s	
Non-RTE bandwidth	4,4 %	Network MTU is 1 500 octets
Time synchronization accuracy	< 1 s	Implementation dependent
Non time-based synchronization accuracy	< 280 ns	Depends on location of node within network topology
Redundancy recovery time	2 700 µs	

15 Communication Profile Family 14 (EPA¹²)- RTE communication profiles

15.1 General overview

Communication Profile Family 14 (CPF 14) defines communication profiles based on IEC 61158-3-14, IEC 61158-4-14, IEC 61158-5-14 and IEC 61158-6-14, which correspond to parts of the communication systems commonly known as real-time EPA (Ethernet for Plant Automation).

– Profile 14/1

This profile contains a selection of AL, DLL and PHL services and protocol definitions from IEC 61158-3-14, IEC 61158-4-14, IEC 61158-5-14 and IEC 61158-6-14. This profile provides real time communication using IEEE 802 series and IETF communication protocols with accurate time synchronization based on IEC 61588.

This profile support communications between master devices and bridges.

– Profile 14/2

This profile provides ISO/IEC 8802-3-based real time communication with deterministic communications defined in IEC 61158-3-14 and IEC 61158-4-14.

This profile supports communication between field devices and bridges.

– Profile 14/3

This profile contains a selection of AL, DLL and PHL services and protocol definitions from IEC 61158-3-14, IEC 61158-4-14, IEC 61158-5-14 and IEC 61158-6-14. This profile provides real time communication using IEEE 802 series. IETF communication protocols can be used if necessary. Accurate time synchronization based on IEC 61588 should be used.

– Profile 14/4

¹² EPA™ is a trade name of SUPCON Group Co. Ltd. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the trade name. Use of the trade name requires permission of the trade name holder.

This profile provides ISO/IEC 8802-3-based real time communication with deterministic communications defined in IEC 61158-3-14 and IEC 61158-4-14. This profile contains a selection of AL services and protocol definitions from IEC 61158-5-14 and IEC 61158-6-14.

This profile supports communication between master devices and field devices.

15.2 CPF 14 (EPA) communication concept

15.2.1 General

The EPA system is a distributed system which uses the Ethernet network defined by ISO/IEC 8802-3, IEEE 802 series and IETF protocols to connect field devices and small systems, and to control/monitor equipment in the industrial field. EPA devices work together to provide I/O and control for automated processes and operations.

The EPA system architecture provides a framework for describing these systems as the collection of physical devices interconnected by an EPA network. The objective of 15.2 is to identify the components of the system, describe their relationships and interactions, and define how they are configured.

15.2.2 Network Topology

Figure 12 shows an example of the EPA network topology with two subnets, process monitor layer subnet (L2-subnet) and field device layer subnet (L1-subnet).

The following describes the characteristics of EPA topology:

- a L1-subnet is used to connect field devices (such as transmitters, actuators and analytical instruments, etc.) mounted in field environment;
- a L1-subnet can be separated into more than one micro-segments, where the time-sharing controlling mechanism is used to meet the demands of deterministic communication;
- a L2-subnet is used to connect the devices of control center and HMI devices and one or more micro-segments. In L2-subnet, regular communication schedule based on CSMA/CD defined in ISO/IEC 8802-3 is applied when deterministic communication is not necessary;
- devices on both L1-subnets and L2-subnets may be interconnected with standard switches or hubs;
- an EPA device may function as a bridge, which interconnects a L1-subnet micro-segment to a L2-subnet. This EPA bridge performs message filtering and forwarding between L1-subnet and L2-subnet.

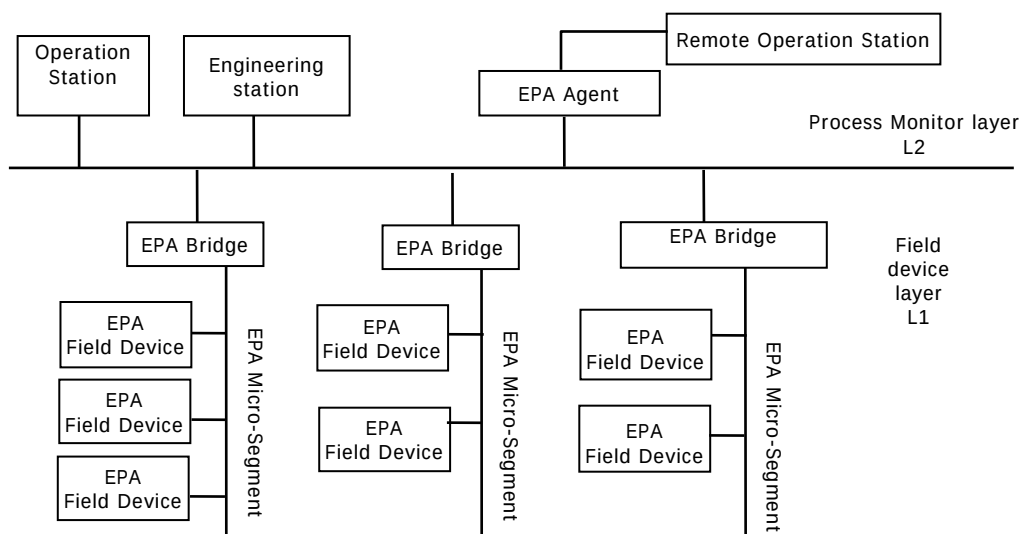


Figure 12 – EPA system network topology example

A micro-segment is a control area, where EPA devices communicate with each other to implement specific measuring and control functions. That is, the devices which need to communicate with each other shall be interconnected in the same L1 micro-segment.

Those devices consisting of a control loop or function block application process, such as transmitters, actuators and controllers which need to communicate with each other, shall be interconnected in the same micro-segment.

15.2.3 EPA devices

15.2.3.1 EPA master device

An EPA master device is connected to a L2-subnet directly. An EPA master device has an EPA communication interface but may have no control function block or function block application. An EPA master device may commonly be a configuration device, a monitoring device or a HMI station.

An EPA master device has a unique IP address in a system.

15.2.3.2 EPA field device

An EPA field device is installed in the industrial field environment. EPA field devices must have EPA a communication entity and at least include one function block instance.

An EPA field Device has a unique IP address in a system.

15.2.3.3 EPA bridge

An EPA bridge is an optional device that interconnects one L1-subnet micro-segment to a L2-subnet. An EPA bridge has at least has two communication interfaces, connecting one L1-subnet micro-segment and one L2-subnet respectively.

An EPA bridge can be configured to provide the following functions:

- communication isolation;

When the traffic occurs between two devices connected in one micro-segment, the EPA bridge shall provide limit it within the segment. Here, the traffic includes broadcast, multicast and peer to peer communication flows.

- message forwarding and filtering

An EPA bridge transmit shall forward and filter the messages between one L1-subnet micro-segment and another L1-segment or L2-subnet. That is, when forwarding a message, the EPA bridge shall examine whether it should be forwarded according to configured criteria.

NOTE As an optional device, an EPA bridge is not necessary if the number of nodes in a system is not too large.

15.2.3.4 EPA agent

An EPA agent is an optional device used to interconnect an EPA network and other different networks. It shall provide the function of security control for the remote access.

15.3 Profile 14/1

15.3.1 Physical layer

The physical layer of the EPA profile is according to ISO/IEC 8802-3. for wired connection, ISO/IEC 8802-11 and IEEE 802.15.1 for wireless connection

15.3.2 Data-link layer

The data-link layer shall be according to ISO/IEC 8802-3, IEEE 802-1D, ISO/IEC 8802-11 and IEEE 802.15.1.

15.3.3 Network Layer

Internet standard RFC 791 (IP), RFC 826 (ARP), RFC 792 (ICMP) and their amendments and successors shall be used.

15.3.4 Transport Layer

Internet standard RFC 768 (UDP), RFC 793 (TCP) and their amendments and successors may be used. But for real-time applications, RFC 768 shall be used for field devices, bridges and master devices.

15.3.5 Application layer

15.3.5.1 AL service selection

The application layer services for profile 14/1 are defined in IEC 61158-5-14. Table 169 specifies the clauses included in this profile.

Table 169 – CP 14/1: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations	Partial	Used when applicable
4	Concepts	Partial	Used when applicable
5	Data type ASE	YES	–
6	Communication model specification	YES	–

15.3.5.2 AL protocol selection

The application layer protocols for profile 14/1 are defined IEC 61158-6-14. Table 170 specifies the clauses included in this profile.

Table 170 – CP 14/1: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations	Partial	Used when applicable
4	Abstract syntax	YES	–
4.1	Fixed format PDU description	YES	–
4.2	Object definitions in FAL management ASE	YES	–
4.3	Definition of objects used in Type 14 application access entity	YES	–
5	Transfer syntax	YES	–
5.1	Encoding of basic data types	YES	–
5.2	Encoding of Type 14 APDU header	YES	–
5.3	Encoding of FAL management entity service parameters	YES	–
5.4	Encoding of AAE Services	YES	–
6	Structure of FAL protocol state machines	YES	–
7	AP-Context state machine	YES	–
8	FAL management state machines	YES	–
9	Application access entity protocol machine	YES	–
10	Application relationship state machine	YES	–
11	DLL mapping protocol machine	YES	–

15.3.6 Performance indicator selection

15.3.6.1 Performance indicator overview

Table 171 provides an overview of CP 14/1 performance indicators.

Table 171 – CP 14/1: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery Time	YES	–
Number of end-stations	YES	–
Basic network topology	YES	–
Number of switches between end-stations	YES	–
Throughput RTE	YES	–
Non-RTE bandwidth	YES	–
Time synchronization accuracy	YES	–
Non-time-based synchronization accuracy	NO	–
Redundancy recovery time	YES	–

15.3.6.2 Performance indicator dependencies

Table 172 specifies PI dependencies included in this profile.

Table 172 – CP 14/1: PI dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI							
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Time synchron. accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		YES	NO	YES	YES	NO	NO	NO
Number of end-stations	YES		NO	NO	NO	NO	NO	NO
Basic network topology	YES	NO		NO	NO	NO	YES	YES
Number of switches between end-stations	YES	NO	NO		NO	NO	YES	YES
Throughput RTE	NO	NO	NO	NO		YES	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	NO	NO		YES	NO
Time synchronization accuracy	NO	YES	NO	YES	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	YES	NO	YES	YES	NO	NO	NO	

15.3.6.2.1 Delivery Time

The performance indicator delivery time can be calculated by Formula (64).

$$DT = T_{Stack\_S} + T_{Queue\_S} + T_{Ethernet\_S} + T_{Trf\_S} \times N_{data} + T_{Cable} \times L_{Cable} + T_{Switch} \times N_{Switch} + T_{Stack\_R} \quad (64)$$

where

<i>DT</i>	is the delivery time;
<i>T_{Stack_S}</i>	is the sender stack processing time;
<i>T_{Queue_S}</i>	is the sender queuing delay;
<i>T_{Ethernet_S}</i>	is the sender traversal time through MAC and Phy based on ISO/IEC 8802-3;
<i>T_{Trf_S}</i>	is the transfer time for an octet;
<i>N_{data}</i>	is the length in octets of complete Ethernet frame;
<i>T_{Cable}</i>	is the cable delay;
<i>L_{Cable}</i>	is the cable length;
<i>T_{Switch}</i>	is the Switch delay;
<i>N_{Switch}</i>	is the Number of switches between end-stations;
<i>T_{Stack_R}</i>	is the receiver stack processing time including Phy and MAC.

As shown in Formula (64):

- the number of end-stations influence DT with queue delay;
- the number of switches between end-stations influences DT. DT will be longer when the number of switches between end-stations increases;
- the throughput RTE influences DT. That is, DT will be longer due to queue delay when Throughput RTE increases.

15.3.6.2.2 Number of end-stations

If the delivery time is set to the bounded delivery time, then the maximum number of end-stations is restricted.

15.3.6.2.3 Basic network topology

The basic network topology is designed in linear, star, ring or daisy-chain according to the delivery time in application. If the delivery time is preset to the boundary delivery time, the basic network topology shall be set to a hierarchical star.

If the time synchronization accuracy is set to the minimum value, the basic network topology shall be set to a hierarchical star.

If redundancy recovery time is allowed to use rapid spanning tree algorithm according to IEEE 802.1D, then the basic network topology can be designed in linear, star, ring or daisy-chain.

15.3.6.2.4 Number of switches between end-stations

The number of switches between end-stations shall be designed to a minimum value so that delivery time, time synchronization accuracy and redundancy recovery accuracy meet the application demands.

15.3.6.2.5 Relation between Throughput RTE and Non-RTE bandwidth

The relation between Throughput RTE and Non-RTE bandwidth is specified in Formula (65).

$$NRTE\_BW = ((RateofEthernet - ThroughputRTE \times 8) / RateofEthernet) \times 100 \% \quad (65)$$

where

<i>NRTE_BW</i>	is the non-RTE bandwidth, in %;
<i>RateofEthernet</i>	is the Ethernet data rate in Mbit/s;
<i>ThroughputRTE</i>	is the RTE throughput in octets/s.

Throughput RTE can be calculated by Formula (66).

$$ThroughputRTE = (\sum (RTData + TSData + RMDData)) / s \quad (66)$$

where

<i>ThroughputRTE</i>	is the RTE throughput in octets/s;
<i>RTData</i>	is the real-time data in octets;
<i>TSData</i>	is the time synchronization data in octets;
<i>RMDData</i>	is the redundancy management data in octets.

15.3.6.2.6 Time synchronization accuracy

Time synchronization accuracy depends on synchronization cycle and switch delay. The synchronization cycle depends on the number of end-stations and the switch delay depends on the number of switches between end-stations.

15.3.6.2.7 Redundancy recovery time

The time to detect the failure is dependant from the number of switches between end-stations.

15.3.6.3 Consistent set of performance indicators

Table 173 specifies consistent set of PI included in this profile.

Table 173 – CP 14/1: Consistent set of PIs

performance indicator	value	constraints
Delivery time	5 ms 10 ms	Without failure 1 frame lost
Number of end-stations	32	Star topology with switches
Number of switches between end-stations	4	
Throughput RTE	1 536 000 octets/s	
Non-RTE bandwidth	85 %	100 Mbit/s Ethernet
Time synchronization accuracy	< 10 µs	
Redundancy recovery time	< 300 ms	

15.4 Profile 14/2

15.4.1 Physical layer

The physical layer of the EPA profile is according to ISO/IEC 8802-3. EPA devices may use a data rate of 10 Mbit/s, 100 Mbit/s and higher. The topology shall be linear, star, ring or the combination of the above.

15.4.2 Data-link layer

The data-link layer shall be according to ISO/IEC 8802-3, IEEE 802-1D.

In addition, EPA Communication Scheduling Management Entity (ECSME) is defined on ISO/IEC 8802-3 data-link services are defined in IEC 61158-3-14, and data-link protocol to manage the deterministic communication in IEC 61158-4-14.

Table 174 defines the DLL service selection from IEC 61158-3-14 for profile 14/2.

Table 174 – CP 14/2: DLL service selection

Clause	Header	Presence	constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	Partial	Used when applicable
4	DL Service and concept	Partial	Used when applicable
4.1	General	Partial	Used when applicable
4.2	Services provided by the DLL	YES	–
5	DL-management services	YES	–
5.1	Overview	Partial	Used when applicable
5.2	Non-periodic data annunciation	YES	–
5.3	EndofNonPeriodicDataSendingAnnunciation service	YES	–
5.4	DL-management for FRT applications	–	–

Table 175 defines the DLL protocol selections from IEC 61158-4-14 for CP14/2.

Table 175 – CP 14/2: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations	Partial	Used when applicable
4	Overview of DL-protocol	Partial	Used when applicable
4.1	General	Partial	Used when applicable
4.2	Services provided by the DL	YES	–
4.3	Structure of deterministic communication scheduling	YES	–
5	Procedure of deterministic communication scheduling	–	–
5.1	Overview	YES	–
5.2	State transitions	YES	–
5.3	State table	YES	–
5.4	Function descriptions	–	–
6	The structure and encoding of ECSME PDU	YES	–

15.4.3 Network Layer

Internet standard RFC 791 (IP), RFC 826 (ARP), RFC 792 (ICMP) and their amendments and successors shall be used.

15.4.4 Transport Layer

Internet standard RFC 768 (UDP), RFC 793 (TCP) and their amendments and successors may be used. But for real-time applications, RFC 768 shall be used for field devices, bridges and master devices.

15.4.5 Application layer

15.4.5.1 AL service selection

The application layer services for profile 14/2 are defined in IEC 61158-5-14. Table 176 specifies the clauses included in this profile.

Table 176 – CP 14/2: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	Partial	Used when applicable
4	Concepts	Partial	Used when applicable
5	Data type ASE	YES	–
6	Communication model specification	YES	–

15.4.5.2 AL protocol selection

The application layer protocol for profile 14/2 is defined in IEC 61158-6-14. Table 177 specifies the clauses included in this profile.

Table 177 – CP 14/2: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	Partial	Used when applicable
4	Abstract syntax	YES	–
4.1	Fixed format PDU description	YES	–
4.2	Object definitions in FAL management ASE	YES	–
4.3	Definition of objects used in Type 14 application access entity	YES	–
5	Transfer syntax	YES	–
5.1	Encoding of basic data types	YES	–
5.2	Encoding of Type 14 APDU header	YES	–
5.3	Encoding of FAL management entity service parameters	YES	–
5.4	Encoding of AAE Services	YES	–
6	Structure of FAL protocol state machines	YES	–
7	AP-Context state machine	YES	–
8	FAL management state machines	YES	–
9	Application access entity protocol machine	YES	–
10	Application relationship state machine	YES	–
11	DLL mapping protocol machine	YES	–

15.4.6 Performance indicator selection

15.4.6.1 Performance indicator overview

Table 178 provides an overview of CP 14/2 performance indicators.

Table 178 – CP 14/2: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery Time	YES	–
Number of end-stations	YES	–
Basic network topology	YES	–
Number of switches between end-stations	YES	–
Throughput RTE	YES	–
Non-RTE bandwidth	YES	–
Time synchronization accuracy	YES	–
Non-time-based synchronization accuracy	NO	–
Redundancy recovery time	YES	–

15.4.6.2 Performance indicator dependencies

Table 179 specifies the performance indicator dependencies for CP 14/2.

Table 179 – CP 14/2: PI dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI							
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Time synchron. accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		YES	NO	YES	YES	NO	NO	NO
Number of end-stations	YES		NO	NO	NO	NO	NO	NO
Basic network topology	YES	NO		NO	NO	NO	YES	YES
Number of switches between end-stations	YES	NO	NO		NO	NO	YES	YES
Throughput RTE	NO	NO	NO	NO		YES	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	NO	NO		YES	NO
Time synchronization accuracy	NO	YES	NO	YES	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	YES	NO	YES	YES	NO	NO	NO	

15.4.6.2.1 Delivery Time

The performance indicator delivery time can be calculated by Formula (67).

$$DT = T_{Stack\_S} + T_{Queue\_S} + T_{Ethernet\_S} + T_{Trf\_S} \times N_{data} + T_{Cable} \times L_{Cable} + T_{Switch} \times N_{Switch} + T_{Stack\_R} \quad (67)$$

where

DT	is the delivery time;
T_{Stack_S}	is the sender stack processing time;
T_{Queue_S}	is the sender queuing delay, the max queue delay is equal to cycle time, the minimum queue delay is 0;
$T_{Ethernet\_S}$	is the sender traversal time through MAC and Phy based on ISO/IEC 8802-3;
T_{Trf_S}	is the transfer time for an octet;
N_{data}	is the length in octets of complete Ethernet frame;
T_{Cable}	is the cable delay;
L_{Cable}	is the cable length;
T_{Switch}	is the Switch delay;
N_{Switch}	is the Number of switches between end-stations;
T_{Stack_R}	is the receiver stack processing time including Phy and MAC.

As shown in Formula (67),

- the number of end-stations influence DT with queue delay;
- the number of switches between end-stations influences DT. DT will be enlarged when the number of switches between end-stations increases;

- the throughput RTE influences DT. That is, DT will be enlarged due to queue delay when Throughput RTE increases. The max queue delay is equal to cycle time, and the minimum queue delay is 0.

15.4.6.2.2 Number of end-stations

If the delivery time is set to the bounded delivery time, then the maximum number of end-stations is restricted.

15.4.6.2.3 Basic network topology

The basic network topology is designed in linear, star, ring or daisy-chain according to the delivery time in application. If the delivery time is preset to the boundary delivery time, the basic network topology shall be set to a hierarchical star.

If the time synchronization accuracy is set to the minimum value, the basic network topology shall be set to a hierarchical star.

If redundancy recovery time is allowed to use rapid spanning tree algorithm according to IEEE 802.1D, then the basic network topology can be designed in linear, star, ring or daisy-chain.

15.4.6.2.4 Number of switches between end-stations

The number of switches between end-stations shall be designed to a minimum value so that delivery time, time synchronization accuracy and redundancy recovery accuracy meet the application requirements.

15.4.6.2.5 Throughput RTE and Non-RTE bandwidth

See 15.3.6.2.5.

15.4.6.2.6 Time synchronization accuracy

Time synchronization accuracy depends on synchronization cycle and switch delay. The synchronization cycle depends on the number of end-stations and the switch delay depends on the number of switches between end-stations.

15.4.6.2.7 Redundancy recovery time

The time to detect a failure depends on the number of switches between end-stations.

15.4.6.3 Consistent set of performance indicators

Table 180 specifies a consistent set of PI included in this profile.

Table 180 – CP 14/2: Consistent set of PIs

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery Time	100 μ s 500 μ s	Without failure One frame lost
Number of end-stations	64	Star topology with switches connected
Number of switches between end-stations	4	–
Throughput RTE	1 536 000 octets/s	–
Non-RTE bandwidth	85 %	10 Mbit/s Ethernet (full duplex)
Time synchronization accuracy	< 1 μ s	–
Redundancy recovery time	< 300 ms	Using IEEE 802.1D

15.5 Profile 14/3

15.5.1 Physical layer

The physical layer of the EPA profile is according to ISO/IEC 8802-3. EPA devices may use a data rate of 10 Mbit/s, 100 Mbit/s and higher. The topology shall be linear, star, ring or the combination of the above.

15.5.2 Data-link layer

The data-link layer shall be according to ISO/IEC 8802-3, IEEE 802-1D.

In addition, EPA Communication Scheduling Management Entity (ECSME) is defined on ISO/IEC 8802-3 data-link services are defined in IEC 61158-3-14, and data-link protocol to manage the deterministic communication in IEC 61158-4-14.

Table 181 defines the DLL service selection from IEC 61158-3-14 for profile 14/3.

Table 181 – CP 14/3: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	Partial	Used when applicable
4	DL Service and concept	Partial	Used when applicable
4.1	General	Partial	Used when applicable
4.2	Services provided by the DLL	YES	–
5	DL-management services	YES	–
5.1	Overview	Partial	Used when applicable
5.2	Non-periodic data annunciation	YES	–
5.3	EndofNonPeriodicDataSendingAnnunciation service	YES	–
5.4	DL-management for FRT applications	YES	–

Table 182 defines the DLL protocol selections from IEC 61158-4-14 for CP14/3.

Table 182 – CP 14/3: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations	Partial	Used when applicable
4	Overview of DL-protocol	Partial	Used when applicable
4.1	General	Partial	Used when applicable
4.2	Services provided by the DL	YES	–
4.3	Structure of deterministic communication scheduling	YES	–
5	Procedure of deterministic communication scheduling	Partial	Used when applicable
5.1	Overview	Partial	Used when applicable
5.2	State transitions	Partial	Used when applicable
5.3	State table	Partial	Used when applicable
5.4	Function descriptions	Partial	Used when applicable
6	The structure and encoding of ECSME PDU	Partial	Used when applicable

15.5.3 Network Layer

Internet standards RFC 791 (IP), RFC 826 (ARP), RFC 792 (ICMP) and their amendments and successors can be used. For FRT applications, RFC 791 can be omitted to enhance real-time performance.

15.5.4 Transport Layer

Internet standards RFC 768 (UDP), RFC 793 (TCP) and their amendments and successors can be used. For FRT applications, RFC 768 can be omitted to enhance real-time performance.

15.5.5 Application layer

15.5.5.1 AL service selection

The application layer services for profile 14/3 are defined in IEC 61158-5-14. Table 183 specifies the clauses included in this profile.

Table 183 – CP 14/3: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	Partial	Used when applicable
4	Concepts	Partial	Used when applicable
5	Data type ASE	YES	–
6	Communication model specification	YES	–

15.5.5.2 AL protocol selection

The application layer protocols for profile 14/3 are defined IEC 61158-6-14. Table 184 specifies the clauses included in this profile.

Table 184 – CP 14/3: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	Partial	Used when applicable
4	Abstract syntax	YES	–
4.1	Fixed format PDU description	YES	–
4.2	Object definitions in FAL management ASE	YES	–
4.3	Definition of objects used in Type 14 application access entity	YES	–
5	Transfer syntax	YES	–
5.1	Encoding of basic data types	YES	–
5.2	Encoding of Type 14 APDU header	YES	–
5.3	Encoding of FAL management entity service parameters	YES	–
5.4	Encoding of AAE Services	YES	–
6	Structure of FAL protocol state machines	YES	–
7	AP-Context state machine	YES	–

Clause	Header	Presence	Constraints
8	FAL management state machines	YES	–
9	Application access entity protocol machine	YES	–
10	Application relationship state machine	YES	–
11	DLL mapping protocol machine	YES	–

15.5.6 Performance indicator selection

15.5.6.1 Performance indicator overview

Table 185 provides an overview of CP 14/3 performance indicators.

Table 185 – CP 14/3: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery Time	YES	–
Number of end stations	YES	–
Basic network topology	YES	–
Number of switches between end stations	YES	–
Throughput RTE	YES	–
Non-RTE bandwidth	YES	–
Time synchronization accuracy	YES	–
Non-time-based synchronization accuracy	NO	–
Redundancy recovery time	YES	–

15.5.6.2 Performance indicator dependencies

15.5.6.2.1 Dependency matrix

Table 186 specifies PI dependencies included in this profile.

Table 186 – CP 14/3: PI dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI							
	Delivery time	Number of end stations	Basic network topology	Number of switches between end stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Time synchron. accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		YES	NO	YES	YES	NO	NO	NO
Number of end stations	YES		NO	NO	NO	NO	NO	NO
Basic network topology	YES	NO		NO	NO	NO	YES	YES
Number of switches between end stations	YES	NO	NO		NO	NO	YES	YES
Throughput RTE	NO	NO	NO	NO		YES	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	NO	NO		YES	NO
Time synchronization accuracy	NO	YES	NO	YES	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	YES	NO	YES	YES	NO	NO	NO	

15.5.6.2.2 Delivery Time

The performance indicator delivery time can be calculated by Formula (68).

$$DT = T_{Stack\_S} + T_{Queue\_S} + T_{Ethernet\_S} + T_{Trf\_S} \times N_{data} + T_{Cable} \times L_{Cable} + T_{Switch} \times N_{Switch} + T_{Stack\_R} \quad (68)$$

where

<i>DT</i>	is the delivery time;
<i>T_{Stack_S}</i>	is the sender stack processing time;
<i>T_{Queue_S}</i>	is the sender queuing delay;
<i>T_{Ethernet_S}</i>	is the sender traversal time through MAC and Phy based on ISO/IEC 8802-3;
<i>T_{Trf_S}</i>	is the transfer time for an octet;
<i>N_{data}</i>	is the length in octets of complete Ethernet frame;
<i>T_{Cable}</i>	is the cable delay;
<i>L_{Cable}</i>	is the cable length;
<i>T_{Switch}</i>	is the Switch delay;
<i>N_{Switch}</i>	is the Number of switches between end stations;
<i>T_{Stack_R}</i>	is the receiver stack processing time including Phy and MAC.

As shown in Formula (68):

- the number of end stations influence DT with queue delay;
- the number of switches between end stations influences DT. DT will be longer when the number of switches between end stations increases;
- the throughput RTE influences DT. That is, DT will be longer due to queue delay when Throughput RTE increases.

15.5.6.2.3 Number of end stations

If the delivery time is set to the bounded delivery time, then the maximum number of end stations is restricted.

15.5.6.2.4 Basic network topology

The basic network topology is designed in linear, star, ring or daisy-chain according to the delivery time in application.

If redundancy recovery time is allowed to use rapid spanning tree algorithm according to IEEE 802.1D, then the basic network topology can be designed in linear, star, ring or daisy-chain. For redundant ring topology, a single cable fault does not produce any failure, redundancy recovery time is zero.

15.5.6.2.5 Number of switches between end stations

The number of switches between end stations shall be designed to a minimum value so that delivery time, time synchronization accuracy and redundancy recovery accuracy meet the application demands.

15.5.6.2.6 Relation between Throughput RTE and Non-RTE bandwidth

The relation between Throughput RTE and Non-RTE bandwidth is specified in Formula (69).

$$NRTE\_BW = ((RateofEthernet - ThroughputRTE \times 8) / RateofEthernet) \times 100 \quad (69)$$

where

NRTE_BW is the non-RTE bandwidth, in %;
RateofEthernet is the Ethernet data rate in Mbit/s;
ThroughputRTE is the RTE throughput in octets/s.

Throughput RTE can be calculated by Formula (70).

$$ThroughputRTE = (\sum (RTData + TSData + RMDData)) / s \quad (70)$$

where

ThroughputRTE is the RTE throughput in octets/s;
RTData is the real-time data in octets;
TSData is the time synchronization data in octets;
RMDData is the redundancy management data in octets.

15.5.6.2.7 Time synchronization accuracy

Time synchronization accuracy depends on synchronization cycle and switch delay. The synchronization cycle depends on the number of end stations and the switch delay depends on the number of switches between end stations.

15.5.6.2.8 Redundancy recovery time

The time to detect a failure is depends on the number of switches between end stations.

15.5.6.3 Consistent set of performance indicators

Table 187 specifies consistent set of PI included in this profile.

Table 187 – CP 14/3: Consistent set of PIs

performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	100 µs 100 µs 200 µs	Star topology, no failure Linear topology, no failure Ring topology, no failure
Number of end stations	6	–
Number of switches between end stations	1 0 0	Star topology Linear topology Ring topology
Throughput RTE	3 840 000 octets/s	100 Mbit/s Ethernet (full-duplex)
Non-RTE bandwidth	0	–
Time synchronization accuracy	< 1 µs	–
Redundancy recovery time	n.a. n.a. 0 s	Star topology Linear topology Ring topology

Table 188 specifies consistent set of PI included in this profile.

Table 188 – CP 14/3: Consistent set of PIs

performance indicator	value	constraints
Delivery time	250 µs	Star topology, no failure
	250 µs	Linear topology, no failure
	500 µs	Ring topology, no failure
Number of end stations	6	
Number of switches between end stations	1	Star topology
	0	Linear topology
	0	Ring topology
Throughput RTE	1 536 000 octets/s	100 Mbit/s Ethernet (full duplex)
Non-RTE bandwidth	84 %	100 Mbit/s Ethernet (full duplex)
Time synchronization accuracy	< 1 µs	–
Redundancy recovery time	n.a.	Star topology
	n.a.	Linear topology
	0 s	Ring topology

Table 189 specifies consistent set of PI included in this profile.

Table 189 – CP 14/3: Consistent set of PIs

performance indicator	value	Constraints
Delivery time	1 000 µs	Star topology, no failure
	1 000 µs	Linear topology, no failure
	2 000 µs	Ring topology, no failure
Number of end stations	80	–
Number of switches between end stations	3	Star topology
	0	Linear topology
	0	Ring topology
Throughput RTE	5 576 000 octets/s	100 Mbit/s Ethernet (full duplex)
Non-RTE bandwidth	40 %	100 Mbit/s Ethernet (full duplex)
Time synchronization accuracy	< 1 µs	–
Redundancy recovery time	300 ms	Star topology, IEEE 802.1D
	n.a.	Linear topology
	0	Ring topology

15.6 Profile 14/4

15.6.1 Physical layer

The Physical Layer of the EPA profile is according to ISO/IEC 8802-3. EPA devices may use a data rate of 10 Mbit/s, 100 Mbit/s and higher. The topology shall be linear, star, ring or the combination of the above.

15.6.2 Data-link layer

The Data Link Layer shall be according to ISO/IEC 8802-3, IEEE 802-1D.

In addition, EPA Communication Scheduling Management Entity (ECSME) is defined on ISO/IEC 8802-3 data link services are defined in IEC 61158-3-14, and data link protocol to manage the deterministic communication in IEC 61158-4-14.

Table 190 defines the DLL service selection from IEC 61158-3-14 for profile 14/4.

Table 190 – CP 14/4: DLL service selection

Clause	Header	Presence	constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	Partial	Used when applicable
4	DL Service and concept	Partial	Used when applicable
4.1	General	Partial	Used when applicable
4.2	Services provided by the DLL	YES	–
5	DL-management services	YES	–
5.1	Overview	Partial	Used when applicable
5.2	Non-periodic data annunciation	YES	–
5.3	EndofNonPeriodicDataSendingAnnunciation service	YES	–
5.4	DL-management for FRT applications	–	–

Table 191 defines the DLL protocol selections from IEC 61158-4-14 for CP14/4

Table 191 – CP 14/4: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations	Partial	Used when applicable
4	Overview of DL-protocol	Partial	Used when applicable
4.1	General	Partial	Used when applicable
4.2	Services provided by the DL	YES	–
4.3	Structure of deterministic communication scheduling	YES	–
5	Procedure of deterministic communication scheduling	Partial	–
5.1	Overview	YES	–
5.2	State transitions	YES	–
5.3	State table	YES	–
5.4	Function descriptions	–	–
6	The structure and encoding of ECSME PDU	YES	–

15.6.3 Network layer

Internet standards RFC 791 (IP), RFC 826 (ARP), RFC 792 (ICMP) and their amendments and successors can be used.

15.6.4 Transport layer

Internet standard RFC 768 (UDP), RFC 793 (TCP) and their amendments and successors may be used. But for real-time applications, RFC 768 shall be used for field devices, bridges and master devices.

15.6.5 Application layer

15.6.5.1 AL service selection

The application layer services for profile 14/4 are defined in IEC 61158-5-14. Table 192 specifies the clauses included in this profile.

Table 192 – CP 14/4: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	Partial	Used when applicable
4	Concepts	Partial	Used when applicable
5	Data type ASE	YES	–
6	Communication model specification	YES	–

15.6.5.2 AL protocol selection

The application layer protocol for profile 14/4 is defined in IEC 61158-6-14. Table 193 specifies the clauses included in this profile.

Table 193 – CP 14/4: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	Partial	Used when applicable
4	Abstract syntax	YES	–
4.1	Fixed format PDU description	YES	–
4.2	Object definitions in FAL management ASE	YES	–
4.3	Definition of objects used in Type 14 application access entity	YES	–
5	Transfer syntax	YES	–
5.1	Encoding of basic data types	YES	–
5.2	Encoding of Type 14 APDU header	YES	–
5.3	Encoding of FAL management entity service parameters	YES	–
5.4	Encoding of AAE Services	YES	–
6	Structure of FAL protocol state machines	YES	–
7	AP-Context state machine	YES	–
8	FAL management state machines	YES	–
9	Application access entity protocol machine	YES	–
10	Application relationship state machine	YES	–
11	DLL mapping protocol machine	YES	–

15.6.6 Performance indicator selection

15.6.6.1 Performance indicator overview

Table 194 provides an overview of CP 14/4 performance indicators.

Table 194 – CP 14/4: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery Time	YES	–
Number of end-stations	YES	–
Basic network topology	YES	–
Number of switches between end-stations	YES	–
Throughput RTE	YES	–
Non-RTE bandwidth	YES	–
Time synchronization accuracy	YES	–
Non-time-based synchronization accuracy	NO	–
Redundancy recovery time	YES	–

15.6.6.2 Performance indicator dependencies

specifies the performance indicator dependencies for CP 14/4.

Table 195 – CP 14/4: PI dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI							
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Time synchron. accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		YES	NO	YES	YES	NO	NO	NO
Number of end-stations	YES		NO	NO	NO	NO	NO	NO
Basic network topology	YES	NO		NO	NO	NO	YES	YES
Number of switches between end-stations	YES	NO	NO		NO	NO	YES	YES
Throughput RTE	NO	NO	NO	NO		YES	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	NO	NO		YES	NO
Time synchronization accuracy	NO	YES	NO	YES	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	YES	NO	YES	YES	NO	NO	NO	

15.6.6.2.1 Delivery Time

The performance indicator delivery time can be calculated by Formula (71).

$$DT = TStack\_S + TQueue\_S + TEthernet\_S + TTrf\_S \times Ndata + TCable \times LCable + TSwitch \times NSwitch + TStack\_R \quad (71)$$

where

<i>DT</i>	is the delivery time;
<i>TStack_S</i>	is the sender stack processing time;
<i>TQueue_S</i>	is the sender queuing delay, the max queue delay is equal to cycle time, the minimum queue delay is 0;
<i>TEthernet_S</i>	is the sender traversal time through MAC and Phy based on ISO/IEC 8802-3;
<i>TTrf_S</i>	is the transfer time for an octet;
<i>Ndata</i>	is the length in octets of complete Ethernet frame;
<i>TCable</i>	is the cable delay;
<i>LCable</i>	is the cable length;
<i>TSwitch</i>	is the Switch delay;
<i>NSwitch</i>	is the Number of switches between end-stations;
<i>TStack_R</i>	is the receiver stack processing time including Phy and MAC.

As shown in Formula (71),

- the number of end-stations influence DT with queue delay;
- the number of switches between end-stations influences DT. DT will be enlarged when the number of switches between end-stations increases;
- the throughput RTE influences DT. That is, DT will be enlarged due to queue delay when Throughput RTE increases. The max queue delay is equal to cycle time, and the minimum queue delay is 0.

15.6.6.2.2 Number of end-stations

If the delivery time is set to the bounded delivery time, then the maximum number of end-stations is restricted.

15.6.6.2.3 Basic network topology

The basic network topology is designed in linear, star, ring or daisy-chain according to the delivery time in application. If the delivery time is preset to the boundary delivery time, the basic network topology shall be set to a hierarchical star.

If the time synchronization accuracy is set to the minimum value, the basic network topology shall be set to a hierarchical star.

If redundancy recovery time is allowed to use rapid spanning tree algorithm according to IEEE 802.1D, then the basic network topology can be designed in linear, star, ring or daisy-chain.

15.6.6.2.4 Number of switches between end-stations

The number of switches between end-stations shall be designed to a minimum value so that delivery time, time synchronization accuracy and redundancy recovery accuracy meet the application requirements.

15.6.6.2.5 Throughput RTE and Non-RTE bandwidth

See 15.3.6.2.5.

15.6.6.2.6 Time synchronization accuracy

Time synchronization accuracy depends on synchronization cycle and switch delay. The synchronization cycle depends on the number of end-stations and the switch delay depends on the number of switches between end-stations.

15.6.6.2.7 Redundancy recovery time

The time to detect a failure depends on the number of switches between end-stations.

15.6.6.3 Consistent set of performance indicators

Table 196 specifies a consistent set of PI included in this profile.

Table 196 – CP 14/4: Consistent set of PIs

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery Time	100 µs	Without failure
	500 µs	One frame lost
Number of end-stations	6	Star topology with switches connected
Number of switches between end-stations	1	–
Throughput RTE	9 248 000 octets/s	–
Non-RTE bandwidth	25 %	100 Mbit/s Ethernet (full duplex)
Time synchronization accuracy	< 1 µs	–
Redundancy recovery time	< 300 ms	Using IEEE 802.1D

16 Communication Profile Family 15 (MODBUS-RTPS) – RTE communication profiles

16.1 General overview

Communication Profile Family 15 defines profiles based on ISO/IEC 8802-3, RFC 791 (IP), RFC 793 (TCP), RFC 768 (UDP), IEC 61158-5-15 and IEC 61158-6-15, which specify the communication system protocols commonly known as Modbus®¹³ and Modbus TCP, and RTPS (Real-Time Publish-Subscribe).

In this part of IEC 61784, the following communication profiles are specified for CPF 15:

- Profile 15/1
Is a profile using Modbus TCP
- Profile 15/2
Is a profile using RTPS.

For both profiles the communication is assumed to be full-duplex, with network topologies built via switches.

¹³ Modbus is a trademark of Schneider Automation Inc registered in the United States of America and other countries. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the trademark Modbus. Use of the trademark Modbus requires permission from Schneider Automation Inc.

These communication profiles can be active at the same time on the same device and network, and as such they do not constitute alternative profiles, but can provide complementary and concurrent functionality.

16.2 Profile 15/1

16.2.1 Physical layer

The physical layer of CP 15/1 is as specified in ISO/IEC 8802-3.

16.2.2 Data-link layer

The data-link layer of CP 15/1 is as specified in ISO/IEC 8802-3.

16.2.3 Application layer

16.2.3.1 General

The application layer of CP 15/1 is mapped on TCP (RFC 793), using TCP Port Number 502, registered with IANA, over IP (RFC 791), as described in IEC 61158-5-15 and IEC 61158-6-15.

16.2.3.2 AL service selection

The application layer services are defined in IEC 61158-5-15. Table 197 shows the subclauses included in this profile.

Table 197 – CP 15/1: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Application layer services definition (Type 15)	Partial	Subclauses qualified as Common or Client/Server

16.2.3.3 AL protocol selection

The application layer protocols are defined in IEC 61158-6-15. Table 198 shows the subclauses included in this profile.

Table 198 – CP 15/1: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Application layer protocol specification (Type 15)	Partial	Subclauses qualified as Common or Client/Server

16.2.4 Performance indicator selection

16.2.4.1 Performance indicator overview

Table 199 provides an overview of the CP 15/1 performance indicators.

Table 199 – CP 15/1: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	–
Number of end-stations	YES	–
Basic network topology	YES	–
Number of switches between end-stations	YES	–
Throughput RTE	YES	–
Non-RTE bandwidth	YES	–
Time synchronization accuracy	YES	Provided with NTP (RFC 1305)
Non-time-based synchronization accuracy	YES	–
Redundancy recovery time	YES	–

16.2.4.2 Performance indicator dependencies

Table 200 provides the CP 15/1 performance indicator dependency matrix.

Table 200 – CP 15/1: PI dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI								
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Time synchron. accuracy	non time- based synchron. accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		NO	YES 16.2.4.2.1 16.2.4.2.2 3	YES 16.2.4.2.2 3	NO	NO	NO	NO 16.2.4.2.2	YES 16.2.4.2.3
Number of end-stations	NO		NO 16.2.4.2.4	YES 16.2.4.2.5	NO	NO	NO	NO	NO
Basic network topology	NO	YES 16.2.4.2.6		YES 16.2.4.2.7	NO	NO	NO	NO	NO
Number of switches between end-stations	NO	YES 16.2.4.2.8	YES 16.2.4.2.9		NO	NO	NO	NO	NO
Throughput RTE	NO	NO	NO	NO		YES 16.2.4.2.1 0	NO	NO 16.2.4.2.1 1	YES 16.2.4.2.1 2
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	NO	YES 16.2.4.2.1 3		NO	NO	YES 16.2.4.2.1 4
Time synchronization accuracy	NO	NO	YES 16.2.4.2.1 5	YES 16.2.4.2.1 6	NO	NO		NO	YES 16.2.4.2.1 7
Non-time-based synchronization accuracy	NO	NO	YES 16.2.4.2.1 8	YES 16.2.4.2.1 9	NO	NO	NO		YES 16.2.4.2.2 0
Redundancy recovery time	NO	NO	YES 16.2.4.2.2 1	YES 16.2.4.2.2 2	NO	NO	NO	NO	

16.2.4.2.1 Delivery time and basic network topology

The following network topologies are supported:

- Star
- Linear (embedded or bus)
- Ring
- Redundant ring
- Mesh

The network topology influences the delivery time indirectly by influencing the number of switches to be traversed and the queuing and directly when supporting redundancy, by reacting differently in case of failures.

CP 15/1 has no switch technology dependencies.

16.2.4.2.2 Delivery time and non-time-based synchronization accuracy

In a scan situation it may affect the delivery time of the response/confirmation, due to queues on switches. It does not affect non-scan situations.

16.2.4.2.3 Delivery time and redundancy recovery time

This dependency is applicable only when the network topology supports redundancy.

16.2.4.2.4 Number of end-stations and basic network topology

Indirect dependency bounded in practice by the number of switches that have to be traversed, given the same number of connected end-stations, for different topologies.

16.2.4.2.5 Number of end-stations and number of switches between end-stations

The number of end-stations, for a given topology, depends on the number and kind of switches: there must be enough switches with enough ports.

16.2.4.2.6 Basic network topology and number of end-stations

Some topologies, e.g. linear, have limits on the number of nodes.

16.2.4.2.7 Basic network topology and number of switches between end-stations

The realization of some topologies requires a minimum number of switches, with a minimum number of ports, given a number of end-stations.

16.2.4.2.8 Number of switches between end-stations and number of end-stations

For certain topologies, like linear, the number of switches between end-stations depends on the number of end-stations. Considering the limit on the number of ports per switch this dependency is generally present.

16.2.4.2.9 Number of switches between end-stations and basic network topology

Some topologies allow for fewer switches given a number of nodes, e.g. the star topology.

16.2.4.2.10 Throughput RTE and non-RTE bandwidth

The application is responsible for limiting non-RTE traffic, which can otherwise impact the throughput RTE.

16.2.4.2.11 Throughput RTE and non-time-based synchronization accuracy

In a scan situation the throughput may be affected, due to queues on switches. It is not affected in non-scan situations.

16.2.4.2.12 Throughput RTE and redundancy recovery time

There is throughput RTE disruption when recovery takes place.

16.2.4.2.13 Non-RTE bandwidth and throughput RTE

The application is responsible for limiting RTE traffic if Non-RTE bandwidth has to be made available.

16.2.4.2.14 Non-RTE bandwidth and redundancy recovery time

There is non-RTE bandwidth disruption when recovery takes place.

16.2.4.2.15 Time synchronization accuracy and basic network topology

Some topologies, e.g. linear, affect the NTP accuracy due to the presence of variable delays.

16.2.4.2.16 Time synchronization accuracy and number of switches between end-stations

Switches cause variable delays, affecting the NTP accuracy.

16.2.4.2.17 Time synchronization accuracy and redundancy recovery time

There is disruption when recovery takes place.

16.2.4.2.18 Non-time-based synchronization accuracy and basic network topology

Some topologies, e.g. the star topology, allow for a better non-time-based synchronization accuracy.

16.2.4.2.19 Non-time-based synchronization accuracy and number of switches between end-stations

Switches cause variable delays, affecting the accuracy.

16.2.4.2.20 Non-time-based synchronization accuracy and redundancy recovery time

There is disruption when recovery takes place.

16.2.4.2.21 Redundancy recovery time and basic network topology

The redundancy recovery time, when supported by the topology, is topology dependent.

16.2.4.2.22 Redundancy recovery time and number of switches between end-stations

The redundancy recovery time, when supported by the topology, is dependent on the number of switches.

16.2.4.2.23 Calculation of delivery time

The performance indicator delivery time can be calculated by Formula (72)

$$DT = STT\_s + N\_Sw \times TD\_Sw + (N\_Sw + 1) \times T\_wire \times D\_size + STT\_r \quad (72)$$

where

<i>DT</i>	is the delivery time;
<i>STT_s</i>	is the stack traversal time of the sender;
<i>N_Sw</i>	is the number of switches between end-stations;
<i>TD_Sw</i>	is the time delay in switch;
<i>T_wire</i>	is the time per octet on a wire segment;
<i>D_size</i>	is the data size in octets;
<i>STT_r</i>	is the stack traversal time of the receiver.

The performance indicator delivery time, in case of one lost frame, can be calculated by Formula (73) :

$$DT_{lf} = 2 \times DT + RTO \quad (73)$$

where

DT_{lf}	is the delivery time when a frame is lost;
DT	is as computed in Formula (72);
RTO	is the TCP retransmission time out parameter.

NOTE RTO is a dynamic parameter, computed with an algorithm configured using an initial value and a minimum value, see RFC 2988 (Computing TCP's Retransmission Timer). The configuration values of RTO differ between TCP implementations.

16.3 Profile 15/2

16.3.1 Physical layer

The physical layer of CP 15/2 is as specified in ISO/IEC 8802-3.

16.3.2 Data-link layer

The data-link layer of CP 15/2 is as specified in ISO/IEC 8802-3.

16.3.3 Application layer

16.3.3.1 General

The application layer of CP 15/2 is mapped on UDP (RFC 768), over IP (RFC 791), as described in IEC 61158-5-15 and IEC 61158-6-15.

CP 15/2 uses three UDP ports. The actual values can be configured in the field by setting the parameters 'portBaseNumber' and 'portGroupNumber' as from Formulae (74), (75) and (76). Implementations of CP 15/2 must support configuring these two parameters.

$$port1 = portBaseNumber + 10 \times portGroupNumber \quad (74)$$

$$port2 = 1 + portBaseNumber + 10 \times portGroupNumber \quad (75)$$

$$port3 = 2 + portBaseNumber + 10 \times portGroupNumber \quad (76)$$

The default configuration is to set the values portBaseNumber = 7400 and portGroupNumber = 0, which results in the use of ports 7400, 7401, and 7402. These ports are registered with IANA as:

- 7400 RTPS Discovery
- 7401 RTPS Data-Distribution User-Traffic
- 7402 RTPS Data-Distribution Meta-Traffic

16.3.3.2 AL service selection

The application layer services are defined in IEC 61158-5-15. Table 201 shows the subclauses included in this profile.

Table 201 – CP 15/2: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Application layer services definition (Type 15)	Partial	Subclauses qualified as Common or Publish/Subscribe

16.3.3.3 AL protocol selection

The application layer protocols are defined in IEC 61158-6-15. Table 202 shows the subclauses included in this profile.

Table 202 – CP 15/2: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Application layer protocol specification (Type 15)	Partial	Subclauses qualified as Common or Publish/Subscribe

16.3.4 Performance indicator selection

16.3.4.1 Performance indicator overview

Table 203 provides an overview of the CP 15/2 performance indicators.

Table 203 – CP 15/2: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	–
Number of end-stations	YES	–
Basic network topology	YES	–
Number of switches between end-stations	YES	–
Throughput RTE	YES	–
Non-RTE bandwidth	YES	–
Redundancy recovery time	YES	–

16.3.4.2 Performance indicator dependencies

Table 204 provides the CP 15/2 performance indicator dependency matrix.

Table 204 – CP 15/2: PI dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI						
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Redundancy recovery time
Delivery time		NO	YES 16.3.4.2.1 16.3.4.2.15	YES 16.3.4.2.15	NO	NO	YES 16.3.4.2.2
Number of end-stations	NO		NO 16.3.4.2.3	YES 16.3.4.2.4	NO	NO	NO
Basic network topology	NO	YES 16.3.4.2.5		YES 16.3.4.2.6	NO	NO	NO
Number of switches between end-stations	NO	YES 16.3.4.2.7	YES 16.3.4.2.8		NO	NO	NO
Throughput RTE	NO	NO	NO	NO		YES 16.3.4.2.9	YES 16.3.4.2.10
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	NO	YES 16.3.4.2.11		YES 16.3.4.2.12
Redundancy recovery time	NO	NO	YES 16.3.4.2.13	YES 16.3.4.2.14	NO	NO	

16.3.4.2.1 Delivery time and basic network topology

The following network topologies are supported:

- Star
- Linear (embedded or bus)
- Ring
- Redundant ring
- Mesh

The network topology influences the delivery time indirectly by influencing the number of switches to be traversed and the queuing and directly when supporting redundancy, by reacting differently in case of failures.

CP 15/2 has no switch technology dependencies.

16.3.4.2.2 Delivery time and redundancy recovery time

This dependency is applicable only when the network topology supports redundancy.

16.3.4.2.3 Number of end-stations and basic network topology

Indirect dependency bounded in practice by the number of switches that have to be traversed, given the same number of connected end-stations, for different topologies.

16.3.4.2.4 Number of end-stations and number of switches between end-stations

The number of end-stations, for a given topology, depends on the number and kind of switches: there must be enough switches with enough ports.

16.3.4.2.5 Basic network topology and number of end-stations

Some topologies, e.g. linear, have limits on the number of nodes.

16.3.4.2.6 Basic network topology and number of switches between end-stations

The realization of some topologies requires a minimum number of switches, with a minimum number of ports, given a number of end-stations.

16.3.4.2.7 Number of switches between end-stations and number of end-stations

For certain topologies, like linear, the number of switches between end-stations depends on the number of end-stations. Considering the limit on the number of ports per switch this dependency is generally present.

16.3.4.2.8 Number of switches between end-stations and basic network topology

Some topologies allow for fewer switches given a number of nodes, e.g. the star topology.

16.3.4.2.9 Throughput RTE and non-RTE bandwidth

The application is responsible for limiting non-RTE traffic, which can otherwise impact the throughput RTE.

16.3.4.2.10 Throughput RTE and redundancy recovery time

There is throughput RTE disruption when recovery takes place.

16.3.4.2.11 non-RTE bandwidth and throughput RTE

The application is responsible for limiting RTE traffic if non-RTE bandwidth has to be made available.

16.3.4.2.12 not-RTE bandwidth and redundancy recovery time

There is non-RTE bandwidth disruption when recovery takes place.

16.3.4.2.13 Redundancy recovery time and basic network topology

The redundancy recovery time, when supported by the topology, is topology dependent.

16.3.4.2.14 Redundancy recovery time and number of switches between end-stations

The redundancy recovery time, when supported by the topology, is dependent on the number of switches.

16.3.4.2.15 Calculation of delivery time

The performance indicator delivery time can be calculated using the Formulae (77), (78) and (79).

$$STT_s = STT_{s1} + SST_{s2} \times D\_size \quad (77)$$

where

STT_s	is the stack traversal time of the sender;
STT_{s1}	is the part of the stack traversal time of the sender that is independent of the data size;
SST_{s2}	is the part of the stack traversal time of the sender that depends linearly on the size of the data D_size ; this is because the stack performs a memory copy so it is affected by the speed of the memory system;
D_size	is the data size in octets.

$$STT_r = STT_{r1} + SST_{r2} \times D\_size \quad (78)$$

where

STT_r	is the stack traversal time of the receiver;
STT_{r1}	is the part of the stack traversal time of the receiver that is independent of the data size;
SST_{r2}	is the part of the stack traversal time of the receiver that depends linearly on the size of the data D_size ; this is because the stack performs a memory copy so it is affected by the speed of the memory system;
D_size	is the data size in octets.

$$DT = STT_s + N\_Sw \times TD\_Sw + (N\_Sw + 1) \times T\_wire \times D\_size + STT_r \quad (79)$$

where

DT	is the delivery time;
STT_s	is the stack traversal time of the sender;
N_Sw	is the number of switches between end-stations;
TD_Sw	is the time delay in switch;
T_wire	is the time per octet on a wire segment;
D_size	is the data size in octets;
STT_r	is the stack traversal time of the receiver.

The performance indicator delivery time, in case of one lost frame, depends on how the communication between end-stations under consideration is configured:

- best effort;
- reliable periodic;
- reliable with heartbeat.

If best effort, then the delivery time in case of a lost frame does not apply, since that frame is not retransmitted.

If reliable periodic then, in case of one lost frame, the performance indicator delivery time can be calculated by the Formula (80).

$$DT_{lfp} = 2 \times DT + DT_n + T \quad (80)$$

where

DT_{lfp}	is the delivery time when a frame is lost and the configuration is reliable periodic;
DT	is as computed in Formula (79);
DT_n	is the delivery time for the NACK message, computed again using Formula (79), but with a D_size of 16 octets;
T	is the period, which is a configured parameter.

NOTE 1 A typical value for the period T is 10 ms.

If reliable with heartbeat then, in case of one lost frame, the performance indicator delivery time can be calculated by the Formula (81)

$$DT_{lfh} = 2 \times DT + DT_n + H \quad (81)$$

where

DT_{lfh}	is the delivery time when a frame is lost and the configuration is reliable with heartbeat;
DT	is as computed in Formula (79);
DT_n	is the delivery time for the NACK message, computed again using Formula (79), but with a D_{size} of 16 octets;
H	is the period of the heartbeat, which is a configured parameter.

NOTE 2 A typical value for the period heartbeat is between 100 ms and 1 s (it has a system monitoring role and does not carry any data).

17 Communication Profile Family 16 (SERCOS¹⁴)- RTE communication profiles

17.1 General overview

Communication Profile Family 16 defines profiles based on IEC 61158 series, protocol Type 16 and Type 19.

The CPF 16 consists of three communication profiles (CP).

- Profile 16/1 (SERCOS I)
This profile is based on fibre-media physical layers and operates at 2 Mbit/s and 4 Mbit/s. Refer to IEC 61784-1.
- Profile 16/2 (SERCOS II)
This profile is similar to 16/1, but operates also at 8 Mbit/s and 16 Mbit/s, and provides for additional features. Refer to IEC 61784-1.
- Profile 16/3 (SERCOS III)
This profile is based on ISO/IEC 8802-3 (Ethernet) MAC and physical layers; it provides again for additional features.

17.2 Profile 16/3 (SERCOS III)

17.2.1 Physical layer

The physical layer is based on standard Ethernet hardware according to ISO/IEC 8802-3. CP 16/3 (SERCOS III) devices shall use a data rate of 100 Mbit/s, and shall be connected in a ring or a line topology. Any combination of full-duplex, 100Base-TX with auto crossover function (wire, 2 twisted pairs), as well as 100Base-FX (optical fibre) may be used.

When using cables, they shall be rated Cat5e or better, and shielded in an appropriate way (FTP, STP or SFTP) depending upon EMC constraints.

¹⁴ SERCOS and SERCOS interface are trade names of SERCOS International e.V. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the trade name. Use of the trade name requires permission of the trade name holder.

17.2.2 Data-link layer

17.2.2.1 General

CP 16/3 profile shall use standard Ethernet ISO/IEC 8802-3 frames tagged with the Ethertype 0x88CD.

17.2.2.2 DLL service selection

The data-link layer services are defined in IEC 61158-3-19. Table 205 shows the subclauses included in this profile.

Table 205 – CP 16/3: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Data link protocol specification (Type 19)	YES	–

17.2.2.3 DLL protocol selection

The data-link layer protocols are defined in IEC 61158-4-19. Table 206 shows the subclauses included in this profile.

Table 206 – CP 16/3: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Data link protocol specification (Type 19)	YES	–

17.2.3 Application layer

17.2.3.1 AL service selection

The application layer services are defined in IEC 61158-5-19. Table 207 shows the subclauses included in this profile.

Table 207 – CP 16/3: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Data link protocol specification (Type 19)	YES	–

17.2.3.2 AL protocol selection

The application layer protocol is defined in IEC 61158-6-19. Table 208 shows the subclauses included in this profile.

Table 208 – CP 16/3: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Data link protocol specification (Type 19)	YES	–

17.2.4 Performance indicator selection

17.2.4.1 Performance indicator overview

Table 209 gives an overview on the applicable performance indicators for CP 16/3.

Table 209 – CP 16/3: 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	Switches shall not be used
Throughput RTE	YES	–
Non-RTE bandwidth	YES	–
Time synchronization accuracy	NO	–
Non-time-based synchronization accuracy	YES	–
Redundancy recovery time	YES	In the ring topology, a single permanent fault does not produce any failure. In this case, the recovery time is zero

17.2.4.2 Performance indicator dependencies

Table 210 gives an overview on the dependencies of the performance indicators.

Table 210 – CP 16/3: PI dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI						
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	non time- based synchron. accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		YES 17.2.4.2.1	NO	YES 17.2.4.2.1	YES 17.2.4.2.1	NO	NO
Number of end-stations	YES		NO	YES	YES	NO	NO
Basic network topology	NO	NO		NO	NO	NO	NO
Throughput RTE	NO	NO	NO		YES 17.2.4.2.5	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	YES 17.2.4.2.5		NO	NO
Non-time-based synchronization accuracy	NO	YES 17.2.4.2.6	NO	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	NO	NO	YES 17.2.4.2.7	NO	NO	NO	

17.2.4.2.1 Calculation of delivery time

The performance indicator delivery time can be calculated by Formula (82).

$$DT = ct + STTs + STTr + fr \quad (82)$$

where

<i>DT</i>	is the delivery time;
<i>ct</i>	is the cycle_time (according to 17.2.4.2.2);
<i>STTs</i>	is the sender stack traversal time including Phy and MAC (according to 17.2.4.2.4);
<i>STTr</i>	is the receiver stack traversal time including Phy and MAC (according to 17.2.4.2.4);
<i>fr</i>	is the frame runtime (according to 17.2.4.2.3);
<i>STT</i>	is the stack traversal time including Phy and MAC .

Example:

Cycle_Time = 31,25 µs; Frame Runtime = 9 µs; STTs << 1 µs; STTr << 1 µs

Delivery time = 31,25 µs + 9 µs = 40,25 µs

17.2.4.2.2 Calculation of cycle time

CP 16/3 is a communication technology with fixed, discrete communication cycles. The cycle time is defined as multiples and submultiples of 250 µs according to Formula (83).

$$ct = \begin{cases} N \times 250 \text{ } \mu\text{s where } N \geq 1 \text{ and } N \leq 260\,000 \\ \frac{250 \text{ } \mu\text{s}}{N} \text{ where } N = 2, 4 \text{ or } 8 \end{cases} \quad (83)$$

where

<i>ct</i>	is the cycle_time configured for the network segment;
<i>N</i>	is an integer value.

This means that the cycle time may be selected between 31,25 µs and 65 ms. It may be shorter, but shall not be longer. In any case, the selected cycle time shall be greater than the minimum cycle time, as shown in Formula (84).

$$ct > mct \quad (84)$$

where

<i>ct</i>	is the cycle_time configured for the network segment;
<i>mct</i>	is the minimum cycle time (according to Formula (85)).

The minimum cycle time of an application depends on the number of CP 16/3 nodes, the amount of real-time data exchanged between these nodes and the number of Ethernet frames that are used to transport the amount of real-time data between these nodes.

The minimum cycle time can be calculated by Formula (85).

$$mct = tt \times data + st \times nf \quad (85)$$

where

<i>mct</i>	is the minimum_cycle_time;
<i>tt</i>	is the transfer time (80 ns/octet);
<i>data</i>	Is the data to be transmitted in one cycle (including the complete Ethernet frame);
<i>st</i>	is the separation time per frame;
<i>nf</i>	is the number of frames.

The number of frames is in a range between 2 and 8 depending on the amount of data to be transmitted and the number of nodes.

Example

Transfer time = 80 ns/octet (100 Mbit/s); data = 336 octets; separation time per frame = 1 µs; number of frames = 2

Minimum cycle time: $mct = 80 \text{ ns} \times 336 \text{ octets} + 1 \text{ µs} \times 2 = 26,88 \text{ µs} + 2 \text{ µs} = 28,88 \text{ µs}$

Selected cycle time: $ct = 31,25 \text{ µs} > 28,88 \text{ µs}$

17.2.4.2.3 Calculation of the frame runtime

The frame runtime depends on the cable delay and the propagation delay (signal delay) in the forwarding nodes. Forwarding nodes are intermediate nodes between the sending and receiving node in a ring or line topology.

The frame runtime can be calculated by Formula (86)).

$$fr = cd \times clt + \sum_{i=1}^{nn} pd_i \quad (86)$$

where

<i>fr</i>	is the frame runtime;
<i>cd</i>	is the cable delay;
<i>clt</i>	is the total cable length;
<i>nn</i>	is the number of nodes;
<i>pd</i>	is the propagation delay (signal delay) of a forwarding node.

Example

Cable delay = 5 ns/m; cable length = 900 m; propagation delay = 0,5 µs; number of nodes = 9

Frame runtime = $5 \text{ ns/m} \times 900 \text{ m} + 9 \times 0,5 \text{ µs} = 9,0 \text{ µs}$

17.2.4.2.4 Calculation of Sender and Receiver Stack Traversal Time

The sender and receiver stack traversal time are implementation specific and cannot be calculated by a formula. Real-time data is not moved through a sender and receiver stack. Instead the data is exchanged between the application and the communication controller by means of a shared memory which allows a fast and efficient access to the data.

17.2.4.2.5 Throughput RTE and non-RTE bandwidth

The throughput RTE and the non-RTE bandwidth are directly dependent on each other. When cycle times below 250 µs are configured (125 µs, 62,5 µs, 31,25 µs) only real-time data can be transmitted (non-RTE bandwidth = 0). For cycle times of 250 µs and higher, the share of non-RTE bandwidth in relation to the available bandwidth of 100 Mbit/s can be freely configured.

Example 1

Cycle time = 250 µs, time slot for real-time data: 125 µs, time slot IP channel: 125 µs

Non-RTE bandwidth = 50 %, throughput RTE < 50 Mbit/s

Example 2

Cycle time = 500 µs, time slot for real-time data: 125 µs, time slot IP channel: 375 µs

Non-RTE bandwidth = 75 %, throughput RTE < 25 Mbit/s

17.2.4.2.6 Non-time based synchronization accuracy

The synchronization accuracy depends on the accuracy of the Ethernet hardware which influences the exact point of time when the synchronization pattern is received by the node. The synchronization pattern is part of the MDT0 telegram which is sent once per communication cycle.

The accuracy can be calculated by Formula (87).

$$ac = ma + \sum_{i=1}^{nn-1} sa_i \quad (87)$$

where

<i>ac</i>	is the non-time based synchronization accuracy;
<i>ma</i>	is the synchronization accuracy of the master device;
<i>sa</i>	is the synchronization accuracy of one slave device;
<i>nn</i>	the number of nodes; (nn-1) is the number of slaves, in a line topology.

Example 1 Master device with hardware-based synchronization

ma = 50 ns, 10 slave devices each with a synchronization accuracy of 50 ns

nslave = 10 slave devices each with a synchronization accuracy of 50 ns (equivalent to 20 slaves in a ring configuration)

ac = 50 ns + 10 × 50 ns = 550 ns

Example 2 Master device with Standard Ethernet hardware and software-based synchronization

ma = 40 µs, 10 slave devices each with a synchronization accuracy of 50 ns

nslave = 10 slave devices each with a synchronization accuracy of 50 ns (equivalent to 20 slaves in a ring configuration)

ac = 40 µs + 10 × 50 ns = 40,5 µs

17.2.4.2.7 Redundancy recovery time

In the ring topology, a single permanent fault does not produce any failure. The ring is immediately split into two lines. In this case, the recovery time is zero.

17.2.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 211 shows the consistent set of performance indicators for a scenario where the minimal cycle time of 31,25 µs is configured in a ring topology. In this scenario it is assumed that 9 end-stations (1 master end-station and 8 slave end-stations) are set up in such a way that each node produces and consumes up to 10 octets each including control and status words (4 octets each), that is 20 real-time octets per node.

Table 211 – CP 16/3: Consistent set of PIs with a minimum cycle time of 31,25 µs

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	< 39,8 µs	Cable length between all end-stations 100 m (worst case) Cycle time set to 31,25 µs Frame runtime: 9 µs
Number of end-stations	≤ 9	1 master end-station, 8 slave end-stations
Number of switches between end-stations	0	Switches shall not be used
Throughput RTE	≤ 11 520 000 octets/s	≤ 10/10 real-time octets per slave end-station
Non-RTE bandwidth	0	For cycle times below 250 µs, non-RTE traffic is not supported
Non-time-based synchronization accuracy	< 1 µs or < 50 µs	< 1 µs (high performance synchronization), < 50 µs (low performance synchronization)
Redundancy recovery time	0	In the ring topology, a single permanent fault does not produce any failure. In this case, the recovery time is zero

Table 212 shows the consistent set of performance indicators for a scenario where the cycle time of 500 µs is configured in a ring topology. In this scenario it is assumed that 185 end-stations (1 master end-station and 184 slave end-stations) are set up in such a way that each node produces and consumes up to 10 octets each including control and status words (4 octets each), that is 20 real-time octets per node. Non-RTE traffic is not used.

Table 212 – CP 16/3: Consistent set of PIs with a cycle time of 500 µs (real-time only)

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	< 677 µs	Cable length between all end-stations 100 m (worst case) Cycle time set to 500 µs Frame runtime: 185 µs
Number of end-stations	≤ 185	1 master end station, 184 slave end-stations
Number of switches between end-stations	0	Switches shall not be used
Throughput RTE	≤ 12 192 000 octets/s	≤ 10/10 real-time octets per slave end-station
Non-RTE bandwidth	0	In this scenario, non-RTE traffic is not configured although possible
Non-time-based synchronization accuracy	< 1 µs or < 50 µs	< 1 µs (high performance synchronization), < 50 µs (low performance synchronization)
Redundancy recovery time	0	In the ring topology, a single permanent fault does not produce any failure. In this case, the recovery time is zero

Table 213 shows the consistent set of performance indicators for a scenario where the cycle time of 500 µs is configured in a ring topology. In this scenario it is assumed that 139 end-stations (1 master end-station and 138 slave end-stations) are set up in such a way that each node produces and consumes up to 10 octets each including control and status word (4 octets each), that is 20 real-time octets per node. The non-RTE traffic is used and uses 25 % of the available bandwidth (slot for non-real-time data: 125 µs = 25 % of 500 µs).

Table 213 – CP 16/3: Consistent set of PIs with a cycle time of 500 µs (real-time and non-real-time)

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	< 513 µs	Cable length between all end-stations 100 m (worst case) Cycle time set to 500 µs Frame runtime: 139 µs
Number of end-stations	≤ 139	1 master end-station, 138 slave end-stations
Number of switches between end-stations	0	Switches shall not be used
Throughput RTE	≤ 9 248 000 octets/s	≤ 10/10 real-time octets per slave end-station
Non-RTE bandwidth	≤ 3 125 000 octets/s	25 % of the bandwidth is used for non-RTE traffic (IP channel is 125 µs wide)
Non-time-based synchronization accuracy	< 1 µs or < 50 µs	< 1 µs (high performance synchronization), < 50 µs (low performance synchronization)
Redundancy recovery time	0	In the ring topology, a single permanent fault does not produce any failure. In this case, the recovery time is zero

Table 214 shows the consistent set of performance indicators for a scenario where the cycle time of 500 µs is configured in a ring topology. In this scenario it is assumed that 101 end-stations (1 master end-station and 100 slave end-stations) are set up in such a way that each end slave node produces 24 octets and consumes 8 octets, including control and status words respectively (4 octets each). Such a scenario fits particularly well to power drive system applications as described in the IEC 61800 series. The non-RTE traffic is used and uses 25 % of the available bandwidth (slot for non-real-time data: 125 µs = 25 % of 500 µs).

Table 214 – CP 16/3: Consistent set of PIs with non symmetrical data throughput and a cycle time of 500 µs (real-time and non-real-time)

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	< 474 µs	Cable length between all end-stations 100 m (worst case) Cycle time set to 500 µs Frame runtime: 101 µs
Number of end-stations	≤ 101	1 master end-station, 100 slave end-stations
Number of switches between end-stations	0	Switches shall not be used
Throughput RTE	≤ 9 248 000 octets/s	≤ 10/10 real-time octets per slave end-station
Non-RTE bandwidth	≤ 3 125 000 octets/s	25 % of the bandwidth is used for non-RTE traffic (IP channel is 125 µs wide)
Non-time-based synchronization accuracy	< 1 µs or < 50 µs	< 1 µs (high performance synchronization), < 50 µs (low performance synchronization)
Redundancy recovery time	0	In the ring topology, a single permanent fault does not produce any failure. In this case, the recovery time is zero

18 Communication Profile Family 17(RAPIEnet) – RTE communication profiles

18.1 General overview

Communication Profile Family 17 (CPF 17) defines one communication profile based on the IEC 61158 series protocol Type 21. This profile corresponds to the communication system commonly known as RAPIEnet.

- Profile 17/1 (RAPIEnet)

This profile is based on ISO/IEC 8802-3 (Ethernet) MAC and physical layers and selections of AL, and DLL services and protocol definitions from the IEC 61158 series Type 21.

Table 215 shows the overview of RAPIEnet profile set.

Table 215 – CPF 17: Overview of profile sets

Layer	Profile 17/1
Application	IEC 61158-5-21, IEC 61158-6-21
Data-link	IEC 61158-3-21, IEC 61158-4-21
Physical	ISO/IEC 8802-3

18.2 Profile 17/1

18.2.1 Physical layer

The physical layer shall be according to IEEE 802.3.

NOTE IEEE 802.3 is a revised version of ISO/IEC 8802-3.

The data rate shall be at least 100 Mbit/s and full-duplex mode shall be used at least for one port.

The auto negotiation and crossover function (see IEEE 802.3) shall be used.

18.2.2 Datalink layer

18.2.2.1 DLL services selection

Table 216 specifies the DLL service selection within IEC 61158-3-21.

Table 216 – CP 17/1: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	–
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	Partial	If applicable
4	Data-link layer services and concepts	YES	–
5	Data-link management services	YES	–
6	MAC control service	YES	–
7	Ph-control service	YES	–

18.2.2.2 DLL protocol selection

Table 217 specifies the DLL protocol selection within IEC 61158-4-21.

Table 217 – CP 17/1: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	–
3	Terms, definitions, symbols and abbreviations	Partial	If applicable
4	Overview of the data-link protocol	YES	–
5	General structure and encoding	YES	–
6	DL PDU structure and procedure	YES	–
7	DLE elements of procedure	YES	–
8	Constants and error codes	YES	–

18.2.3 Application layer

18.2.3.1 AL service selection

Table 218 specifies the AL service selection within IEC 61158-5-21.

Table 218 – CP 17/1: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	–
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations, and conventions	Partial	If applicable
4	Concepts	YES	–
5	Data type ASE	YES	–
6	Communication model specification	YES	–

18.2.3.2 AL protocol selection

Table 219 specifies the AL protocol selection within IEC 61158-6-21.

Table 219 – CP 17/1: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	–
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations, and conventions	Partial	If applicable
4	FAL syntax description	YES	–
5	Transfer Syntax	YES	–
6	FAL protocol state machines	YES	–
7	AP context state machine	YES	–
8	FAL service protocol machine	YES	–
9	AR protocol machine	YES	–
10	DLL mapping protocol machine	YES	–

18.2.4 Performance indicator selection

18.2.4.1 Performance indicator overview

Table 220 shows the performance indicators overview of CP 17/1.

Table 220 – CP 17/1: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery Time	YES	None
Number of end stations	YES	None
Basic network topology	YES	None
Number of switches between end stations	Not practically limited by the protocol	RAPIEnet nodes are 2-port switches
Throughput RTE	YES	None
Non-RTE bandwidth	YES	None
Time synchronization accuracy	YES	None
Non time-based synchronization accuracy	No	None
Redundancy recovery time	YES	None

18.2.4.2 Performance indicator dependencies

18.2.4.2.1 Performance indicator dependency matrix

Table 221 shows the dependencies between performance indicators for CP 17/1.

Table 221 – CP 17/1: PI dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI						
	Delivery time	Number of end stations	Basic network topology	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Time synchron. accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		Yes	NO	Yes	NO	NO	NO
Number of end stations	YES		NO	NO	NO	NO	NO
Basic network topology	NO	NO		NO	NO	NO	YES
Throughput RTE	NO	NO	NO		YES	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	YES		NO	NO
Time synchronization accuracy	NO	YES	NO	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	NO	YES	YES	YES	NO	NO	

18.2.4.2.2 Delivery time

The delivery time for communication between two RTE end stations can be calculated by Formula (88).

$$T_{DELAY} = T_{SND} + T_{PKT} + T_{CPD} + \sum_{i=0}^N T_{NLD\_i} + T_{RCV} \quad (88)$$

where

T_{DELAY}	is the delivery time in microseconds;
T_{SND}	is the sender stack traversal time including Phy and MAC in microseconds;
T_{PKT}	is the packet transmit time in microseconds, see Formula (89);
T_{CPD}	is the cable propagation delay time in microseconds, see formula (90);
T_{NLD_i}	is the node latency delay time of node i in microseconds, see formula (91);
T_{RCV}	is the receiver stack traversal time including Phy and MAC in microseconds;
N	is the number of nodes between sending and receiving end-stations.

The packet transmit time T_{PKT} can be calculated by Formula (89).

$$T_{PKT} = \frac{(APDUsiz e + POSiz e) \times 8}{LDR} \quad (89)$$

where

T_{PKT}	is the packet transmit time in microseconds;
$APDUsiz e$	is the size of the application protocol data unit in octets;
LDR	is the link data rate in bit per seconds;
$POSiz e$	is the size of the protocol overhead in octets.

The cable propagation delay time T_{CPD} can be calculated by Formula (90).

$$T_{CPD} = T_{CPD/M} \times L_{TC} \quad (90)$$

where

T_{CPD}	is the cable propagation delay time in microseconds;
$T_{CPD/M}$	is the cable propagation delay in nanoseconds per meter (depending on the characteristics of the selected cable);
L_{TC}	is the total cable length in meter.

The node latency delay time T_{NLD_i} can be calculated by Formula (91).

$$T_{NLD\_i} = T_{NPD\_i} + T_{PKT\_i} + \sum_{j=0}^M T_{TX\_PKT\_ij} \quad (91)$$

where

T_{NLD_i}	is the node latency delay time of node i in microseconds;
T_{NPD_i}	is the node propagation delay time of node i in microseconds;
T_{PKT_i}	is the packet transmit time of node i in microseconds, see Formula (89);
$T_{TX\_PKT\_ij}$	is the packet transmit time of packet j in microseconds in the port transmit queue of node i in front on of this packet (depending on APDU size of node i) , see Formula (89);
M	is the number of packets in the port transmit queue of node i in front on of this packet.

18.2.4.2.3 Number of end stations

The maximum number of the end stations shall be 256.

18.2.4.2.4 Basic network topology

Basic network topology shall be a ring or a linear topology.

18.2.4.2.5 Redundancy recovery time

Redundancy recovery time of Media redundancy requires ring topology.

The traffic load in the ring shall be less than 90 %.

In case of copper media, the redundancy recovery time for communication between any two end stations is less than 160 ms,

In case of fiber optic media, the redundancy recovery time for communication between any two end stations is less than 10 ms.

18.2.4.2.6 Throughput RTE

Throughput RTE depends on the link data rate and protocol overhead. Throughput RTE for one direction of a CP xx/1 link operating can be calculated on the basis of Formula (92).

$$\text{Throughput}_{\text{RTE}} = \text{APDUsize} \times (N_{F_{\text{RTE/S}}} \leq N_{F_{\text{E/S\_MAX}}}) \quad (92)$$

where

APDUsize	is the size of the application protocol data unit in octets;
$N_{F_{\text{RTE/S}}}$	is the number of frames allowed to be sent per second for one RTE end station;
$N_{F_{\text{E/S\_MAX}}}$	is the maximum number of frames allowed to be sent per second for one end station, see Formula (93).

The maximum number of frames allowed to be sent per second for one end station $N_{F_{\text{E/S\_MAX}}}$ can be calculated by Formula (93).

$$N_{F_{\text{E/S\_MAX}}} = \frac{\text{LDR}}{(\text{APDUsize} + \text{POsize}) \times 8} \quad (93)$$

where

LDR	is the link data rate in mega bit per seconds;
APDUsize	is the size of the application protocol data unit in octets;
POsize	is the size of the protocol overhead in octets.

18.2.4.2.7 Non-RTE bandwidth

The time not occupied by RTE communication can be used for non-RTE communication. Non-RTE bandwidth can be calculated as shown below.

18.2.4.2.8 Relation between throughput RTE and non-RTE bandwidth

The total link bandwidth is limited by the end station throughput, which is the same as the end station maximum packet rate. The total link bandwidth is therefore a sum of end station RTE and non-RTE packet rates and can be calculated using Formula (94).

$$BW_{NRTE} = \frac{NF_{E/S\_MAX} - NF_{RTE/S}}{NF_{E/S\_MAX}} \times 100\% \quad (94)$$

where

BW_{NRTE} is the non-RTE bandwidth, in %;
 NF_{E/S_MAX} is the maximum number of frames allowed to be sent per second for one end station;
 $NF_{RTE/S}$ is the number of frames allowed to be sent per second for one RTE end station.

18.2.4.3 Consistent set of performance indicators

Parameters used for the calculation of Table 222 are shown in Table 223. All these parameters are the result of the described scenario and the related calculations of performance indicators.

Table 222 – Consistent set of Pls small size automation system

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery Time	110 µs to 4 100 µs	Processing time is 10 µs, no failure
Number of end stations	256	–
Number of switches between end stations	0	RAPIEnet nodes are 2-port switches
Throughput RTE	0 octets/s to 5,55 x 10 ⁶ octets/s	100 Mbit/s (full-duplex)
Non-RTE bandwidth	0 % to 100 %	–
Time synchronization accuracy	< 10 µs	–
Redundancy recovery time	n.a. < 160 ms < 10 ms	Linear topology Ring topology (100BASE-TX) Ring topology (100BASE-FX)

Table 223 – Parameters for Calculation of Consistent set of Pls

Parameter	Definition	Value
T _{SND}	Sender stack traversal time including Phy and MAC	50 µs
T _{RCV}	Receiver stack traversal time including Phy and MAC	50 µs
APDUsize	Size of the application protocol data	32 octets
LDR	Link Data Rate	100 Mbit/s
POsize	Size of the protocol overhead	40 octets
T _{CPD/M}	Cable propagation delay (depending on the characteristics of the selected cable)	5 ns/m
L _{TC}	Total cable length	100 m
T _{NPD}	Node propagation delay time	10 µs
N	Number of nodes between sending and receiving end-stations	Minimum: 0 Maximum: 254

19 Communication Profile Family 18 (SafetyNET p¹⁵) – RTE communication profiles

19.1 General overview

Communication Profile Family 18 defines profiles based on IEC 61158-3-22, IEC 61158-4-22, IEC 61158-5-22 and IEC 61158-6-22.

In this part of IEC 61784, the following communication profiles are specified for CPF 18.

– Profile 18/1

This profile defines protocol and service selection for devices which utilize the communication model real time frame line (RTFL).

– Profile 18/2

This profile defines protocol and service selection for devices which utilize the communication model real time frame network (RTFN).

19.2 Profile 18/1

19.2.1 Physical layer

The physical layer shall be based on standard Ethernet hardware according to ISO/IEC 8802-3.

CP 18/1 devices shall use a data rate of 100 Mbit/s and full-duplex transmission mode. A combination of full-duplex and 100Base-TX with auto crossover function (wire, 2 twisted pairs) should be used.

When using cables, they shall be rated Cat5e or better, and shielded in an appropriate way (FTP, STP or SFTP) depending upon EMC constraints.

19.2.2 Data link layer

Data link layer is described in IEC 61158-3-22 and IEC 61158-4-22. Table 224 specifies the use of the services included in this profile. Table 225 specifies the use of the protocol included in this profile.

Table 224 – CP 18/1: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	–
3	Terms, definitions, abbreviations and conventions	Partial	If applicable
4	Data-link layer services and concepts	–	–
4.1	Operating principle	YES	–
4.2	Communication models	–	–
4.2.1	Overview	YES	–
4.2.2	RTFL device reference model	YES	–
4.2.3	RTFN device reference model	NO	–
4.3	Topology	–	–

¹⁵ SafetyNET p is a trade name of the Pilz GmbH & Co. KG. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by IEC of the trade name holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the trade name SafetyNET p. Use of the trade name SafetyNET p requires permission of the trade name holder.

Clause	Header	Presence	Constraints
4.3.1	RTFL topology	YES	–
4.3.2	RTFN topology	NO	–
4.4	Addressing	–	–
4.4.1	Overview	YES	–
4.4.2	RTFL device addressing	YES	–
4.4.3	RTFN device addressing	NO	–
4.5	Gateway	YES	–
4.6	Interaction models	–	–
4.6.1	Overview	YES	–
4.6.2	Producer-consumer	YES	–
4.6.3	Publisher-subscriber	NO	–
4.7	Synchronization concept	YES	–
5	Communication services	–	–
5.1	Overview	Partial	Only services selected by this CP
5.2	Communication management services	–	–
5.2.1	Overview	YES	–
5.2.2	RTFL-network verification	–	–
5.2.2.1	DL-Network verification service (NV)	YES	–
5.2.2.2	DL-RTFN scan network read service (RTFNSNR)	NO	–
5.2.3	Communication management	–	–
5.2.3.1	DL-RTFN connection establishment service (RTFNCE)	NO	–
5.2.3.2	DL-RTFN connection release service (RTFNCR)	NO	–
5.2.3.3	DL-RTFL control service (RTFLCTL)	YES	–
5.2.3.4	DL-RTFL configuration service (RTFLCFG)	YES	–
5.2.3.5	DL-Read configuration data service (RDCD)	YES	–
5.2.3.6	DL-RTFL configuration service 2 (RTFLCFG2)	YES	–
5.2.3.7	DL-Read configuration data service 2 (RDCD2)	YES	–
5.3	Cyclic data channel service (CDC)	YES	–
5.4	Message channel services (MSC)	YES	–
5.5	Time synchronization	–	–
5.5.1	DL-DelayMeasurement start service (DMS)	YES	–
5.5.2	DL-DelayMeasurement read service (DMR)	YES	–
5.5.3	DL-PCS configuration service (PCSC)	YES	–
5.5.4	DL-Sync master configuration service (SYNC_MC)	YES	–
5.5.5	DL-Sync start service (SYNC_START)	YES	–
5.5.6	DL-Sync stop service (SYNC_STOP)	YES	–
5.6	Media independent interface (MII) management services	YES	–

Table 225 – CP 18/1: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	–
3	Terms, definitions, abbreviations and conventions	Partial	If applicable
4	Overview of the DL-protocol	–	–
4.1	Operating principle	YES	–
4.2	Communication model	–	–
4.2.1	Overview	YES	–
4.2.2	RTFL device reference model	YES	–
4.2.3	RTFN device reference model	NO	–
4.3	Topology	–	–
4.3.1	RTFL topology	YES	–
4.3.2	RTFN topology	NO	–
4.4	DLPDU processing	–	–
4.4.1	Communication model RTFL	YES	–
4.4.2	Communication model RTFN	NO	–
4.5	General communication mechanisms	YES	–
4.6	Gateway	YES	–
4.7	Interaction models	–	–
4.7.1	Overview	YES	–
4.7.2	Producer-consumer	YES	–
4.7.3	Publisher-subscriber	NO	–
5	DLPDU structure	–	–
5.1	Overview	YES	–
5.2	Data types and encoding rules	YES	–
5.3	DLPDU identification	YES	–
5.4	General DLPDU structure	–	–
5.4.1	Type 22 DLPDU inside an ISO/IEC 8802-3 DLPDU	YES	–
5.4.2	Type 22 DLPDU inside a VLAN tagged ISO/IEC 8802-3 DLPDU	NO	–
5.4.3	Type 22 DLPDU inside an UDP DLPDU	NO	–
5.4.3	Type 22 DLPDU structure	YES	–
5.5	Communication management DLPDUs	–	–
5.5.1	RTFL-network verification DLPDUs	YES	–
5.5.2	RTFN scan network DLPDUs	NO	–
5.5.3	Identification data	YES	–
5.5.4	RTFN connection management DLPDU	NO	–
5.5.5	ID data	NO	–
5.5.6	RTFL control DLPDU	YES	–
5.5.7	RTFL configuration DLPDU	YES	–
5.6	Cyclic data channel (CDC) DLPDUs	–	–
5.6.1	Cyclic data channel line (CDCL) DLPDU	YES	–
5.6.2	Cyclic data channel network (CDCN) DLPDU	NO	–
5.7	Cyclic data channel (CDC) DLPDU data	YES	–
5.8	Message channel (MSC) DLPDUs	–	–
5.8.1	Message channel line (MSCL) DLPDU	YES	–
5.8.2	Message channel network (MSCN) DLPDU	NO	–
5.9	Message channel DLPDU data – MSC message transfer protocol (MSC-MTP)	YES	–

Clause	Header	Presence	Constraints
5.10	Time synchronization	YES	–
6	Telegram timing and DLPDU handling	–	–
6.1	Communication mechanism	–	–
6.1.1	Communication model RTFL	YES	–
6.1.2	Communication model RTFN	NO	–
6.2	Device synchronization	–	–
6.2.1	Communication model RTFL – precise clock synchronization	YES	–
6.2.2	Communication model RTFN	NO	–
7	Type 22 protocol machines	–	–
7.1	RTFL device protocol machines	YES	–
7.2	RTFN device protocol machines	NO	–
7.3	Message channel – message transfer protocol (MSC-MTP)	YES	–

19.2.3 Application layer

Application layer is described in IEC 61158-5-22 and IEC 61158-6-22. Table 226 specifies the use of the services included in this profile. Table 227 specifies the use of the protocol included in this profile.

Table 226 – CP 18/1: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	–
3	Terms, definitions, abbreviations and conventions	Partial	If applicable
4	Concepts	–	–
4.1	Common concepts	YES	–
4.2	Type specific concepts	–	–
4.2.1	Operating principle	YES	–
4.2.2	Communication model overview	–	–
4.2.2.1	Overview	YES	–
4.2.2.2	Communication model RTFL	YES	–
4.2.2.3	Communication model RTFN	NO	–
4.2.3	Application layer element description	YES	–
4.2.4	Producer-consumer interaction	YES	–
4.2.5	Device reference models	–	–
4.2.5.1	RTFL device reference model	YES	–
4.2.5.2	RTFN device reference model	NO	–
5	Data type ASE	YES	–
6	Communication model specification	–	–
6.1	Application service elements (ASEs)	–	–
6.1.1	CeS ASE	YES	–
6.1.2	ISO/IEC 8802-3 DLPDU communication ASE	YES	–
6.1.3	Management ASE	YES	–
6.2	Application relationships (ARs)	–	–
6.2.1	Overview	YES	–
6.2.2	Point-to-point network-scheduled unconfirmed producer-consumer AREP	YES	–
6.2.3	Point-to-multipoint network-scheduled unconfirmed producer-consumer AREP	YES	–

Clause	Header	Presence	Constraints
6.2.4	Point-to-point network-scheduled confirmed client/server AREP	YES	–
6.2.5	Point-to-point user-triggered confirmed client/server AREP	NO	–
6.2.6	AR classes	Partial	According to the present ARs
6.2.7	FAL services by AREP class	Partial	According to the present ARs
6.2.8	Permitted FAL services by AREP role	Partial	According to the present ARs

Table 227 – CP 18/1: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	–
3	Terms, definitions, abbreviations and conventions	Partial	If applicable
4	Application layer protocol specification	–	–
4.1	Operating principle	YES	–
4.2	Device reference models	–	–
4.2.1	RTFL device reference model	YES	–
4.2.2	RTFN device reference model	NO	–
4.3	Application layer structure	YES	–
5	FAL syntax description	YES	–
6	FAL protocol state machines	YES	–
7	AP-context state machine	YES	–
8	FAL service protocol machine (FSPM)	YES	–
9	Application layer state machine (ALSM)	YES	–
10	DLL mapping protocol machine (DMPM)	YES	–

19.2.4 Performance indicator selection

19.2.4.1 Performance indicator overview

Table 228 gives an overview of the performance indicator usage.

Table 228 – CP 18/1: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	None
Number of RTE end-stations	YES	None
Basic network topology	YES	Hierarchical star and linear topology
Number of switches between RTE end-stations	YES	For highest performance usage of switches shall be omitted
Throughput RTE	YES	None
Non-RTE bandwidth	YES	None
Time synchronization accuracy	YES	None
Non-time-based synchronization accuracy	NO	–
Redundancy recovery time	NO	–

19.2.4.2 Performance indicator dependencies

Table 229 specifies the dependencies of the performance indicators (row) from the performance indicators (column).

Table 229 – CP 18/1: PI dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI						
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between RTE end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Time synchronization accuracy
Delivery time		YES 19.2.4.5	YES 19.2.4.6	YES 19.2.4.7	YES 19.2.4.8	NO	NO
Number of end-stations	NO		NO	NO	NO	NO	YES 19.2.4.9
Basic network topology	NO	NO		YES 19.2.4.10	NO	NO	YES 19.2.4.11
Number of switches between RTE end-stations	NO	NO	YES 19.2.4.10		NO	NO	YES 19.2.4.13
Throughput RTE	NO	NO	NO	NO		YES 19.2.4.14	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	NO	YES 19.2.4.14		NO
Time synchronization accuracy	NO	YES 19.2.4.9	YES 19.2.4.11	YES 19.2.4.13	NO	NO	

19.2.4.3 Delivery time calculation

The performance indicator delivery time for a linear topology and a star topology can be calculated by Formula (95).

$$t_D = t_{cyc} + t_{STsrc} + t_{data} + t_{CD} * (l_F + l_B) + \sum_{i=1}^{NoDoF} (t_{pd}(i) + t_{SW}(i)) + \sum_{i=1}^{NoDoB} (t_{pd}(i) + t_{SW}(i)) + t_{STsink} \quad (95)$$

where

t_D	is the delivery time;
t_{cyc}	is the cycle time of the communication system ($t_{cycle} \geq t_{data}$);
t_{STsrc}	is the stack traversal time including data-link layer and physical layer of the source;
t_{data}	is the time to transmit all Real-time DLPDU for one cycle;
t_{CD}	is the cable delay (4,5 ns/m to 5 ns/m);
l_F	is the distance along the cable in meters which is passed by the packet from source to last device of the logical line;
l_B	is the distance along the cable in meters which is passed by the packet from last device of the logical line to sink;
t_{pd}	is the propagation delay of a device in forward or backward direction;
t_{SW}	is the delay caused by switching procedure;
$NoDoF$	is the number of succeeding devices on forward direction from the source to the last device of the logical line;
$NoDoB$	is the number of succeeding devices on backward direction from the last device of the logical line to the sink;
t_{STsink}	is the stack traversal time including data-link layer and physical layer of the sink.

NOTE 1 In the case of a linear topology the time factor t_{SW} has the value 0.

NOTE 2 The distance in each direction is affected by the number of switching devices within the network topology.

19.2.4.4 Basic network topology

The basic network topologies supported by this profile are hierarchical star or linear topology. It is highly recommended to use linear topology to reach highest performance. For both basic network topologies this profile establishes a logical line topology by appropriate addressing within devices. For detailed information refer to IEC 61158-4-22.

19.2.4.5 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 DLPDU as well as the sum of propagation delays. Furthermore the number of devices on forward and backward direction is influenced and hence the delivery time as described in Formula (95).

19.2.4.6 Delivery time dependency on basic network topology

The delivery time depends on the amount of signal propagation delays within a network which are introduced by a given network topology. The network topology dependent parameters in terms of additional delay times are considered in Formula (95).

19.2.4.7 Delivery time dependency on number of switches between RTE end-stations

The delivery time depends on the amount of signal propagation delays within a network which are introduced by switches between RTE end-stations. The switch dependent parameters in terms of additional delay times are considered in Formula (95).

19.2.4.8 Delivery time dependency on throughput RTE

The delivery time depends on throughput RTE via data amount and cycle time. Throughput RTE can be adapted by changing the parameters data amount and cycle time, whereas the minimal reachable cycle time depends highly on the amount of data to be transferred. If throughput RTE is increased by increasing the amount of data transferred within one cycle, the delivery time is increased. An increase of throughput RTE by reducing the cycle time decreases the delivery time. Throughput RTE can be increased by an adequate adjustment of both parameters without influencing the delivery time as described in Formula (95).

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

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

19.2.4.10 Relation between basic network topology and number of switches between RTE end-stations

The usage of switches is restricted to hierarchical star topology.

19.2.4.11 Relation between basic network topology and time synchronization accuracy

The usage of switches (for example to build up a hierarchical star topology) reduces the reachable accuracy of time synchronization of devices.

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

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

19.2.4.13 Relation between number of switches between RTE end-stations and time synchronization accuracy

Accuracy of time synchronization is the maximum jitter between device clocks. The usage of switches reduces the reachable accuracy of time synchronization of devices.

19.2.4.14 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.

19.3 Profile 18/2

19.3.1 Physical layer

The physical layer shall be based on standard Ethernet hardware according to ISO/IEC 8802-3.

19.3.2 Data link layer

Data link layer is described in IEC 61158-3-22 and IEC 61158-4-22. Table 230 specifies the use of the services included in this profile. Table 231 specifies the use of the protocol included in this profile.

Table 230 – CP 18/2: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	–
3	Terms, definitions, abbreviations and conventions	Partial	If applicable
4	Data-link layer services and concepts	–	–
4.1	Operating principle	YES	–
4.2	Communication models	–	–
4.2.1	Overview	YES	–
4.2.2	RTFL device reference model	NO	–
4.2.3	RTFN device reference model	YES	–
4.3	Topology	–	–
4.3.1	RTFL topology	NO	–
4.3.2	RTFN topology	YES	–
4.4	Addressing	–	–
4.4.1	Overview	YES	–
4.4.2	RTFL device addressing	NO	–
4.4.3	RTFN device addressing	YES	–
4.5	Gateway	YES	–
4.6	Interaction models	–	–
4.6.1	Overview	YES	–
4.6.2	Producer-consumer	NO	–
4.6.3	Publisher-subscriber	YES	–
4.7	Synchronization concept	YES	–
5	Communication services	–	–
5.1	Overview	Partial	Only services selected by this CP
5.2	Communication management services	–	–
5.2.1	Overview	YES	–
5.2.2	RTFL-network verification	–	–
5.2.2.1	DL-Network verification service (NV)	NO	–

Clause	Header	Presence	Constraints
5.2.2.2	DL-RTFN scan network read service (RTFNSNR)	YES	–
5.2.3	Communication management	–	–
5.2.3.1	DL-RTFN connection establishment service (RTFNCE)	YES	–
5.2.3.2	DL-RTFN connection release service (RTFNCR)	YES	–
5.2.3.3	DL-RTFL control service (RTFLCTL)	NO	–
5.2.3.4	DL-RTFL configuration service (RTFLCFG)	NO	–
5.2.3.5	DL-Read configuration data service (RDCD)	NO	–
5.2.3.6	DL-RTFL configuration service 2 (RTFLCFG2)	NO	–
5.2.3.7	DL-Read configuration data service 2 (RDCD2)	NO	–
5.3	Cyclic data channel service (CDC)	YES	–
5.4	MSC services	YES	–
5.5	Time synchronization	–	–
5.5.1	DL-DelayMeasurement start service (DMS)	NO	–
5.5.2	DL-DelayMeasurement read service (DMR)	NO	–
5.5.3	DL-PCS configuration service (PCSC)	NO	–
5.5.4	DL-Sync master configuration service (SYNC_MC)	YES	–
5.5.5	DL-Sync start service (SYNC_START)	YES	–
5.5.6	DL-Sync stop service (SYNC_STOP)	YES	–
5.6	Media independent interface (MII) management services	NO	–

Table 231 – CP 18/2: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	–
3	Terms, definitions, abbreviations and conventions	Partial	If applicable
4	DL-protocol overview	–	–
4.1	Operating principle	YES	–
4.2	Communication model	–	–
4.2.1	Overview	YES	–
4.2.2	RTFL device reference model	NO	–
4.2.3	RTFN device reference model	YES	–
4.3	Topology	–	–
4.3.1	RTFL topology	NO	–
4.3.2	RTFN topology	YES	–
4.4	DLPDU processing	–	–
4.4.1	Communication model RTFL	NO	–
4.4.2	Communication model RTFN	YES	–
4.5	General communication mechanisms	YES	–
4.6	Gateway	YES	–
4.7	Interaction models	–	–
4.7.1	Overview	YES	–
4.7.2	Producer-consumer	NO	–
4.7.3	Publisher-subscriber	YES	–
5	DLPDU structure	–	–
5.1	Overview	YES	–

Clause	Header	Presence	Constraints
5.2	Data types and encoding rules	YES	–
5.3	DLPDU identification	YES	–
5.4	General DLPDU structure	YES	–
5.5	Communication management DLPDUs	–	–
5.5.1	RTFL-network verification DLPDUs	NO	–
5.5.2	RTFN scan network DLPDUs	YES	–
5.5.3	Identification data	YES	–
5.5.4	RTFN connection management DLPDU	YES	–
5.5.5	ID data	YES	–
5.5.6	RTFL control DLPDU	NO	–
5.5.7	RTFL configuration DLPDU	NO	–
5.6	Cyclic data channel (CDC) DLPDUs	–	–
5.6.1	Cyclic data channel line (CDCL) DLPDU	NO	–
5.6.2	Cyclic data channel network (CDCN) DLPDU	YES	–
5.7	Cyclic data channel (CDC) DLPDU data	YES	–
5.8	Message channel (MSC) DLPDUs	–	–
5.8.1	Message channel line (MSCL) DLPDU	NO	–
5.8.2	Message channel network (MSCN) DLPDU	YES	–
5.9	Message channel DLPDU data – MSC message transfer protocol (MSC-MTP)	YES	–
5.10	Time synchronization	–	–
5.10.1	DelayMeasurement start	NO	–
5.10.2	DelayMeasurement read	NO	–
5.10.3	PCS configuration	NO	–
5.10.4	Time synchronization service	YES	–
6	Telegram timing and DLPDU handling	–	–
6.1	Communication mechanism	–	–
6.1.1	Communication model RTFL	NO	–
6.1.2	Communication model RTFN	YES	–
6.2	Device synchronization	–	–
6.2.1	Communication model RTFL – precise clock synchronization	NO	–
6.2.2	Communication model RTFN	YES	–
7	Type 22 protocol machines	–	–
7.1	RTFL device protocol machines	NO	–
7.2	RTFN device protocol machines	YES	–
7.3	Message channel – message transfer protocol (MSC-MTP)	YES	–

19.3.3 Application layer

Application layer is described in IEC 61158-5-22 and IEC 61158-6-22. Table 232 specifies the use of the services included in this profile. Table 233 specifies the use of the protocol included in this profile.

Table 232 – CP 18/2: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	–
3	Terms, definitions, abbreviations and conventions	Partial	If applicable
4	Concepts	–	–
4.1	Common concepts	YES	–
4.2	Type specific concepts	–	–
4.2.1	Operating principle	YES	–
4.2.2	Communication model overview	–	–
4.2.2.1	Overview	YES	–
4.2.2.2	Communication model RTFL	NO	–
4.2.2.3	Communication model RTFN	YES	–
4.2.3	Application layer element description	YES	–
4.2.4	Producer-consumer interaction	YES	–
4.2.5	Device reference models	–	–
4.2.5.1	RTFL device reference model	NO	–
4.2.5.2	RTFN device reference model	YES	–
5	Data type ASE	YES	–
6	Communication model specification	–	–
6.1	Application service elements (ASEs)	–	–
6.1.1	CeS ASE	YES	–
6.1.2	ISO/IEC 8802-3 DLPDU communication ASE	NO	–
6.1.3	Management ASE	YES	–
6.2	Application relationships (ARs)	–	–
6.2.1	Overview	YES	–
6.2.2	Point-to-point network-scheduled unconfirmed producer-consumer AREP	YES	–
6.2.3	Point-to-multipoint network-scheduled unconfirmed producer-consumer AREP	YES	–
6.2.4	Point-to-point network-scheduled confirmed client/server AREP	NO	–
6.2.5	Point-to-point user-triggered confirmed client/server AREP	YES	–
6.2.6	AR classes	Partial	According to the present ARs
6.2.7	FAL services by AREP class	Partial	According to the present ARs
6.2.8	Permitted FAL services by AREP role	Partial	According to the present ARs

Table 233 – CP 18/2: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	–
3	Terms, definitions, abbreviations and conventions	Partial	If applicable
4	Application layer protocol specification	–	–
4.1	Operating principle	YES	–
4.2	Device reference models	–	–
4.2.1	RTFL device reference model	NO	–
4.2.2	RTFN device reference model	YES	–
4.3	Application layer structure	YES	–
5	FAL syntax description	–	–
5.1	Introduction and coding principles	YES	–
5.2	Data type encoding	YES	–
5.3	CeS encoding	YES	–
5.4	ISO/IEC 8802-3 DLPDU communication	NO	–
5.5	Management encoding	YES	–
6	FAL protocol state machines	YES	–
7	AP-context state machine	YES	–
8	FAL service protocol machine (FSPM)	YES	–
9	Application layer state machine (ALSM)	YES	–
10	DLL mapping protocol machine (DMPM)	YES	–

19.3.4 Performance indicator selection

19.3.4.1 Performance indicator overview

Table 234 gives an overview of the performance indicator usage.

Table 234 – CP 18/2: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	None
Number of RTE end-stations	YES	None
Basic network topology	YES	Hierarchical star topology
Number of switches between RTE end-stations	YES	None
Throughput RTE	YES	None
Non-RTE bandwidth	YES	None
Time synchronization accuracy	YES	Requires switches capable to function as IEC 61588:2009 boundary clocks
Non-time-based synchronization accuracy	NO	–
Redundancy recovery time	NO	–

19.3.4.2 Performance indicator dependencies

Table 235 specifies the dependencies of the performance indicators (row) from the performance indicators (column).

Table 235 – CP 18/2: PI dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI						
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between RTE end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Time synchronization accuracy
Delivery time		NO	NO	YES 19.3.4.4	NO	NO	NO
Number of end-stations	NO		NO	YES 19.3.4.5	NO	NO	NO
Basic network topology	NO	NO		NO	NO	NO	NO
Number of switches between RTE end-stations	NO	NO	NO		NO	NO	YES 19.3.4.6
Throughput RTE	NO	NO	NO	NO		YES 19.3.4.7	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	NO	YES 19.3.4.7		NO
Time synchronization accuracy	NO	NO	NO	YES 19.3.4.6	NO	NO	

19.3.4.3 Delivery time calculation

The performance indicator delivery time for a linear topology (physical line) can be calculated by Formula (96).

$$t_D = t_{cyc} + t_{STsrc} + t_{data} + t_{CD} * l_C + \sum_{i=1}^{NoS} t_{SW}(i) + t_{ST \sin k} \quad (96)$$

where

t_D	is the delivery time;
t_{cyc}	is the cycle time of the communication relation ($t_{cycle} \geq t_{data}$);
t_{STsrc}	is the stack traversal time of the source;
t_{data}	is the time to transmit the packet containing the APDU;
t_{CD}	is the cable delay (4,5 ns/m to 5 ns/m);
l_C	is the cable length in m from source to sink;
t_{SW}	is the delay time of the switch;
NoS	is the number of switches between source and sink.

NOTE 1 In the case of event-driven communication the time factor t_{cyc} has the value 0.

NOTE 2 The time behavior of switching devices is device-dependent.

19.3.4.4 Delivery time dependence on number of switches between RTE end-stations

The delivery time depends on the amount of signal propagation delays within a network which are introduced by switches between RTE end-stations. The switch dependent parameters in terms of additional delay times are considered in Formula (96).

19.3.4.5 Number of end-stations dependence on number of switches between RTE end-stations

A hierarchical star topology can be extended by additional switches, thus the number of RTE end-stations can be increased.

19.3.4.6 Relation between number of switches between RTE end-stations and time synchronization accuracy

Accuracy of time synchronization is the maximum jitter between device clocks. In order to achieve accuracy in a star network, it is necessary to use switches containing IEC 61588:2009 boundary clocks.

19.3.4.7 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.

20 Communication Profile Family 8 (CC-Link) – RTE communication profiles

20.1 General overview

Communication Profile Family 8 defines profiles based on ISO/IEC 8802-3, IEC 61158-5-23 and IEC 61158-6-23, which specify the communication system protocols commonly known as CC-Link IE¹⁶.

In this part of IEC 61784 the following communication profiles are specified for CPF 8:

- Profile 8/4
a profile using fiber optic cable in a ring topology (CC-Link IE Control Network)
- Profile 8/5
a profile using copper cable in linear and star topologies (CC-Link IE Field Network).

20.2 Profile 8/4

20.2.1 Physical layer

The physical layer of CP 8/4 is as specified in ISO/IEC 8802-3.

The bit rate shall be 1 000 Mbit/s. The full duplex and the auto negotiation function shall not be used.

Recommended connectors, cables and installation guidelines are specified in IEC 61784-5-8.

20.2.2 Data link layer

The data link layer of CP 8/4 is as specified in ISO/IEC 8802-3.

¹⁶ CC-Link™ and CC-Link IE™ are trade names of Mitsubishi Electric Co.. This information is given for the convenience of users of this International Standard and does not constitute an endorsement by IEC of the trade name holder or any of its products. Compliance to this standard does not require use of the trade names CC-Link™ or CC-Link IE™. Use of the trade names CC-Link™ or CC-Link IE™ requires permission of CC-Link Partner Association.

20.2.3 Application layer

20.2.3.1 AL service selection

Application Layer services are defined in IEC 61158-5-23. Table 236 shows the subclauses included in this profile.

Table 236 – CP 8/4: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	–
3	Terms, definitions, symbols, abbreviated terms and conventions	YES	–
4	Concept	YES	–
5	Data type ASE	YES	–
6	Communication model specification	–	–
6.1	Communication model	YES	–
6.2	ASE	–	–
6.2.1	Overview type C	YES	–
6.2.2	Overview type F	NO	–
6.2.3	Cyclic data ASE type C	YES	–
6.2.4	Cyclic data ASE type F	NO	–
6.2.5	Acyclic data ASE type C	YES	–
6.2.6	Acyclic data ASE type F	NO	–
6.2.7	Management ASE	YES	–
6.2.8	Synchronization ASE	NO	–
6.2.9	Measurement ASE	YES	–
6.3	AR Type C	YES	–
6.4	AR Type F	NO	–

20.2.3.2 AL protocol selection

Application Layer protocols are defined in IEC 61158-6-23. Table 237 shows the subclauses included in this profile.

Table 237 – CP 8/4: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	–
3	Terms, definitions, symbols, abbreviated terms and conventions	YES	–
4	FAL syntax description	–	–
4.1	FALPDU type C abstract syntax	YES	–
4.2	FALPDU type F abstract syntax	NO	–
4.3	Data assignmentds for type C	YES	–
4.4	Data assignmentds for type F	NO	–
5	FAL transfer syntax	–	–
5.1	Encoding rules	YES	–
5.2	FALPDU type C elements encoding	YES	–
5.3	FALPDU type F elements encoding	NO	–
6	Structure of the FAL protocol state machine	YES	–
7	FAL service protocol machine (FSPM)	–	–
7.1	Overview	YES	–
7.2	FSPM type C	YES	–
7.3	FSPM type F	NO	–
8	Application relationship protocol machine (ARPM)	–	–
8.1	ARPM type C	YES	–
8.2	ARPM type F	NO	–
9	DLL mapping protocol machine (DMPM)	–	–
9.1	DMPM type C	YES	–
9.2	DMPM type F	NO	–

20.2.4 Performance indicator selection

20.2.4.1 Performance indicator overview

Table 238 provides an overview of the CP 8/4 performance indicators.

Table 238 – CP 8/4: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	–
Number of end-stations	YES	–
Basic network topology	YES	–
Number of switches between end-stations	YES	–
Throughput RTE	YES	–
Non-RTE bandwidth	YES	–
Time synchronization accuracy	NO	–
Non-time-based synchronization accuracy	NO	–
Redundancy recovery time	YES	–

20.2.4.2 Performance indicator dependencies

Table 239 specifies the dependencies of the performance indicators (row) from the influencing performance indicators (column).

Table 239 – CP 8/4: PI dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI							
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Non-time-based synchronization accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		Yes	No	No	Yes	Yes	No	Yes
Number of end-stations	No		No	No	No	No	No	No
Basic network topology	No	No		No	No	No	No	No
Number of switches between end-stations	No	No	No		No	No	No	No
Throughput RTE	Yes	Yes	No	No		Yes	No	Yes
Non-RTE bandwidth	No	No	No	No	No		No	No
Non-time-based synchronization accuracy	No	No	No	No	No	No		No
Redundancy recovery time	No	No	No	No	No	No	No	

20.2.4.3 Delivery time

20.2.4.3.1 Delivery time calculation

The delivery time between any two end-stations is calculated as the sum of the following:

- sender delay time (see 20.2.4.3.2)
- transmission time (see 20.2.4.3.3)
- receiver delay time (see 20.2.4.3.4)

NOTE Unless otherwise specified, the following units apply: all time units are microseconds, all sizes are octets, and all rates are Mbit/s.

20.2.4.3.2 Sender delay time

20.2.4.3.2.1 Sender delay time calculation

The sender delay time is calculated as the sum of the following:

- send buffer transfer time (see 20.2.4.3.2.2)
- frame transmission time (see 20.2.4.3.2.3)
- transmission delay time (see 20.2.4.3.2.4)

20.2.4.3.2.2 Send buffer transfer time

The send buffer transfer time is calculated as the product of the following:

- cyclic data transfer size
- send buffer transfer time (µs/octet)

The send buffer transfer time is specified by the manufacturer. A typical value is 0,01 µs/octet.

20.2.4.3.2.3 Frame transmission time

The frame transmission time is calculated as the sum of the following:

- cyclic data transfer time
- cyclic data header transfer time
- frame gap time
- preamble time

The cyclic data transfer time is calculated as shown in Formula (97):

$$\text{cyclic data transfer time} = \text{cyclic data transfer size} * 8 / \text{transmission rate} \quad (97)$$

The transmission rate is specified by the manufacturer. A typical value is 1 000 Mbit/s.

The cyclic data header transfer time is calculated as shown in Formula (98):

$$\text{cyclic data header transfer time} = 44 * \text{number of cyclic data frames} * 8 / \text{transmission rate} \quad (98)$$

The number of cyclic data frames is calculated as shown in Formula (99):

$$\text{number of cyclic data frames} = 1 + (\text{cyclic data transfer size} / (1518 - 44)) \quad (99)$$

NOTE In Formula (99) the calculated value is truncated to yield an integer result

The frame gap time is calculated as shown in Formula (100):

$$\text{frame gap time} = 12 * (\text{number of cyclic data frames} - 1) * 8 / \text{transmission rate} \quad (100)$$

The preamble time is calculated as shown in Formula (101):

$$\text{preamble time} = 8 * (\text{number of cyclic data frames} - 1) * 8 / \text{transmission rate} \quad (101)$$

20.2.4.3.2.4 Transmission delay time

The transmission delay time is specified by the manufacturer. A typical value is 0,35 µs.

20.2.4.3.3 Transmission time

20.2.4.3.3.1 Transmission time calculation

The transmission time is calculated as the sum of the following:

- repeaters delay time (see 20.2.4.3.3.2)
- transmission channel delay time (see 20.2.4.3.3.3)

20.2.4.3.3.2 Repeaters delay time

The repeater delay time is calculated as shown in Formula (102):

$$\text{repeater delay time} = \text{repeater delay time} * (\text{number of stations} - 2) \quad (102)$$

The repeater delay time is specified by the manufacturer. A typical value is 0,7 µs.

20.2.4.3.3.3 Transmission channel delay time

The transmission channel delay time is calculated as shown in Formula (103):

$$\text{transmission channel delay time} = \text{transmission channel length (Km)} / 210\,000 \text{ (Km/s)} \quad (103)$$

20.2.4.3.4 Receiver delay time

20.2.4.3.4.1 Receiver delay time calculation

The receiver delay time is calculated as shown in Formula (104):

$$\text{receiver delay time} = \text{receive delay time} + \text{receive buffer transfer time} \quad (104)$$

See 20.2.4.3.4.2 for receive delay time and 20.2.4.3.4.3 for receive buffer transfer time.

20.2.4.3.4.2 Receive delay time

The receive delay time is specified by the manufacturer. A typical value is 0,35 µs.

20.2.4.3.4.3 Receive buffer transfer time

The receive buffer transfer time is calculated as shown in Formula (105):

$$\text{receive buffer transfer time} = \text{cyclic data transfer size} * \text{receive buffer transfer time (µs/octet)} \quad (105)$$

The receive buffer transfer time is specified by the manufacturer. A typical value is 0,01 µs/octet.

20.2.4.4 Number of end-stations

The maximum number of end-stations is 256. This value is not influenced by any other PI.

20.2.4.5 Basic network topology

The basic network topology, a ring, is fixed.

20.2.4.6 Number of switches between end-stations

No switches are used.

20.2.4.7 Throughput RTE

The Throughput RTE is calculated as shown in Formula (106):

$$\text{throughput RTE} = \text{cyclic data transfer size} * 8 / \text{token circulation time} \quad (106)$$

The token circulation time is calculated as shown in Formula (107):

$$\text{token circulation time} = (\text{sender delay time} + \text{transmission channel delay time} + \text{receiver delay time} + \text{token frame time}) * \text{number of stations} \quad (107)$$

The token frame time is calculated as shown in Formula (108):

$$\text{token frame time} = 64 * 8 / \text{transmission rate} \quad (108)$$

20.2.4.8 Non-RTE bandwidth

The non-RTE bandwidth is influenced by the throughput RTE. The relationship shown in Formula (109) expressed as a ratio of two rates (all terms are Mbit/s), describes this dependency:

$$\text{non-RTE bandwidth} < (\text{transmission rate} - \text{throughput RTE} - \text{protocol overhead}) / \text{transmission rate} \quad (109)$$

The protocol overhead is calculated as the sum of the following:

- cyclic data overhead
- acyclic data overhead

The cyclic data overhead is calculated as shown in Formula (110):

$$\text{cyclic data overhead} = (44 * 8 / \text{token circulation time}) * \text{number of cyclic data frames} \quad (110)$$

The acyclic data overhead is calculated as shown in Formula (111):

$$\text{acyclic data overhead} = (44 * 8 / \text{token circulation time}) * \text{number of acyclic data frames} \quad (111)$$

The number of acyclic data frames is calculated as in Formula (112):

$$\text{number of acyclic data frames} = 1 + (\text{acyclic data transfer size} / (1518 - 48)) \quad (112)$$

NOTE The value of number of acyclic data frames calculated with Formula (112) is truncated to yield an integer result.

20.2.4.9 Time synchronization accuracy

Void.

20.2.4.10 Non-time-based synchronization accuracy

Void.

20.2.4.11 Redundancy recovery time

The redundancy recovery time is not dependent on any other PI. The redundancy recovery time influences delivery time and throughput RTE. The influence on delivery time is not parametric because the transmission protocol does not include the retransmission procedure, however, a redundancy recovery event has a direct correlation on throughput RTE as influenced by the change in transmission pass.

20.2.4.12 Consistent set of performance indicators for large automation systems

Table 240 gives an outline of a consistent set of performance indicators for a large automation system.

Table 240 – CP 8/4: Consistent set of PIs (real-time only)

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	200 µs	No failure
Number of end-stations	120	Ring topology
Number of switches between end-stations	NA	–
Throughput RTE	50 Moctets/s	–
Non-RTE bandwidth	0	In this scenario, non-RTE traffic is not configured although possible
Redundancy recovery time	< 100 ms	–

Table 241 gives an outline of a consistent set of performance indicators for a large automation system. The slot for no-real-time data is 240 000 octets per cycle time.

Table 241 – CP 8/4: Consistent set of PIs (real-time and non-real-time)

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	217 µs	No failure
Number of end-stations	120	Ring topology
Number of switches between end-stations	NA	–
Throughput RTE	35 Moctets/s	–
Non-RTE bandwidth	48,4 %	In this scenario, The slot for no-real-time data is 240 000 octets per cycle time.
Redundancy recovery time	< 100 ms	–

20.3 Profile 8/5

20.3.1 Physical layer

The physical layer of CP 8/5 is as specified in ISO/IEC 8802-3.

20.3.2 Data link layer

The data link layer of CP 8/5 is as specified in ISO/IEC 8802-3.

20.3.3 Application layer

20.3.3.1 AL service selection

Application Layer services are defined in IEC 61158-5-23. Table 242 shows the subclauses included in this profile.

Table 242 – CP 8/5: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	–
3	Terms, definitions, symbols, abbreviated terms and conventions	YES	–
4	Concept	YES	–
5	Data type ASE	YES	–
6	Communication model specification	–	–
6.1	Communication model	YES	–
6.2	ASE	–	–
6.2.1	Overview type C	NO	–
6.2.2	Overview type F	YES	–
6.2.3	Cyclic data ASE type C	NO	–
6.2.4	Cyclic data ASE type F	YES	–
6.2.5	Acyclic data ASE type C	NO	–
6.2.6	Acyclic data ASE type F	YES	–
6.2.7	Management ASE	YES	–
6.2.8	Synchronization ASE	YES	–
6.2.9	Measurement ASE	YES	–
6.3	AR Type C	NO	–
6.4	AR Type F	YES	–

20.3.3.2 AL protocol selection

Application Layer protocols are defined in IEC 61158-6-23. Table 243 shows the subclauses included in this profile.

Table 243 – CP 8/5: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	–
2	Normative references	YES	–
3	Terms, definitions, symbols, abbreviated terms and conventions	YES	–
4	FAL syntax description	–	–
4.1	FALPDU type C abstract syntax	NO	–
4.2	FALPDU type F abstract syntax	YES	–
4.3	Data assignmentds for type C	NO	–
4.4	Data assignmentds for type F	YES	–
5	FAL transfer syntax	–	–
5.1	Encoding rules	YES	–
5.2	FALPDU type C elements encoding	NO	–
5.3	FALPDU type F elements encoding	YES	–
6	Structure of the FAL protocol state machine	YES	–
7	FAL service protocol machine (FSPM)	–	–
7.1	Overview	YES	–
7.2	FSPM type C	NO	–
7.3	FSPM type F	YES	–
8	Application relationship protocol machine (ARPM)	–	–
8.1	ARPM type C	NO	–
8.2	ARPM type F	YES	–
9	DLL mapping protocol machine (DMPM)	–	–
9.1	DMPM type C	NO	–
9.2	DMPM type F	YES	–

20.3.4 Performance indicator selection

20.3.4.1 Performance indicator overview

Table 244 provides an overview of the CP 8/5 performance indicators.

Table 244 – CP 8/5: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	–
Number of end-stations	YES	–
Basic network topology	YES	–
Number of switches between end-stations	YES	–
Throughput RTE	YES	–
Non-RTE bandwidth	YES	–
Time synchronization accuracy	NO	–
Non-time-based synchronization accuracy	YES	–
Redundancy recovery time	YES	–

20.3.4.2 Performance indicator dependencies

Table 245 specifies the dependencies of the performance indicators (row) from the influencing performance indicators (column).

Table 245 – CP 8/5: PI dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI							
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Non-time-based synchronization accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes
Number of end-stations	No		No	No	No	No	No	No
Basic network topology	No	No		No	No	No	No	No
Number of switches between end-stations	Yes	No	Yes		Yes	No	No	No
Throughput RTE	Yes	Yes	No	Yes		No	No	Yes
Non-RTE bandwidth	No	No	No	No	Yes		No	No
Non-time-based synchronization accuracy	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No		Yes
Redundancy recovery time	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	

20.3.4.3 Delivery time

20.3.4.3.1 Delivery time calculation

The delivery time between any two end-stations is calculated as the sum of the following:

- sender delay time (see 20.3.4.3.2)
- transmission time (see 20.3.4.3.3)
- receiver delay time (see 20.3.4.3.4)

NOTE Unless otherwise specified, the following units apply: all time units are microseconds, all sizes are octets, and all rates are Mbit/s.

20.3.4.3.2 Sender delay time

20.3.4.3.2.1 Sender delay time calculation

The sender delay time is calculated as the sum of the following:

- send buffer transfer time (see 20.3.4.3.2.2)
- frame transmission time (see 20.3.4.3.2.3)
- transmission delay time (see 20.3.4.3.2.4)

20.3.4.3.2.2 Send buffer transfer time

The send buffer transfer time is calculated as the product of the following:

- cyclic data transfer size
- send buffer transfer time (µs/octet)

The send buffer transfer time is specified by the manufacturer. A typical value is 0,05 µs/octet.

20.3.4.3.2.3 Frame transmission time

The frame transmission time is calculated as the sum of the following:

- cyclic data transfer time
- cyclic data header transfer time
- frame gap time
- preamble time
- token frame time
- my status frame time

The cyclic data transfer time is calculated as shown in Formula (113):

$$\text{cyclic data transfer time} = \text{cyclic data transfer size} * 8 / \text{transmission rate} \quad (113)$$

The transmission rate is specified by the manufacturer. A typical value is 1 000 Mbit/s.

The cyclic data header transfer time is calculated as shown in Formula (114):

$$\text{cyclic data header transfer time} = 40 * \text{number of cyclic data frames} * 8 / \text{transmission rate} \quad (114)$$

The number of cyclic data frames is calculated as shown in Formula (115):

$$\text{number of cyclic data frames} = 1 + (\text{cyclic data transfer size} / (1518 - 40)) \quad (115)$$

NOTE In Formula (115) the calculated value is truncated to yield an integer result

The frame gap time is calculated as shown in Formula (116):

$$\text{frame gap time} = 12 * (\text{number of cyclic data frames} + 1) * 8 / \text{transmission rate} \quad (116)$$

The preamble time is calculated as shown in Formula (117):

$$\text{preamble time} = 8 * (\text{number of cyclic data frames} + 2) * 8 / \text{transmission rate} \quad (117)$$

The token frame time is calculated as shown in Formula (118):

$$\text{token frame time} = 64 * 8 / \text{transmission rate} \quad (118)$$

The my status frame time is calculated as shown in Formula (119):

$$\text{my status frame time} = 64 * 8 / \text{transmission rate} \quad (119)$$

20.3.4.3.2.4 Transmission delay time

The transmission delay time is specified by the manufacturer. A typical value is 0,165 µs.

20.3.4.3.3 Transmission time

20.3.4.3.3.1 Transmission time calculation

The transmission time is calculated as the sum of the following:

- repeaters delay time (see 20.3.4.3.3.2)
- transmission channel delay time (see 20.3.4.3.3.3)
- switches delay time (see 20.3.4.3.3.4)

20.3.4.3.3.2 Repeaters delay time

The repeaters delay time is calculated as shown in Formula (120):

$$\text{repeaters delay time} = \text{repeater delay time} * (\text{number of stations} - 2) \quad (120)$$

The repeaters delay time is specified by the manufacturer. A typical value is 0,99 µs.

20.3.4.3.3.3 Transmission channel delay time

The transmission channel delay time is calculated as shown in Formula (121):

$$\text{transmission channel delay time} = \text{transmission channel length (Km)} / 210\,000 \text{ (Km/s)} \quad (121)$$

20.3.4.3.3.4 Switches delay time

The switches delay time is calculated as shown in Formula (122):

$$\text{switches delay time} = \text{switch delay time} * \text{number of switches between end-stations} \quad (122)$$

The switches delay time is specified by the manufacturer. A typical value is 8,0 µs.

20.3.4.3.4 Receiver delay time

20.3.4.3.4.1 Receiver delay time calculation

The receiver delay time is calculated as the sum of the following:

- receive delay time (see 20.3.4.3.4.2)
- frame receive time (see 20.3.4.3.4.3)
- receive buffer transfer time (see 20.3.4.3.4.4)

20.3.4.3.4.2 Receive delay time

The receive delay time is specified by the manufacturer. A typical value is 0,165 µs.

20.3.4.3.4.3 Frame receive time

The frame receive time is equal to the frame transmission time.

20.3.4.3.4.4 Receive buffer transfer time

The receive buffer transfer time is calculated as shown in Formula (123):

$$\text{receive buffer transfer time} = \text{cyclic data transfer size} * \text{receive buffer transfer time (µs/octet)} \quad (123)$$

The receive buffer transfer time is specified by the manufacturer. A typical value is 0,05 µs/octet.

20.3.4.4 Number of end-stations

The maximum number of end-stations is 121. This value is not influenced by any other PI.

20.3.4.5 Basic network topology

The basic network topology is designed in linear, star or ring according to the delivery time application.

20.3.4.6 Number of switches between end-stations

The number of switches between end-stations shall be optimized to a minimum value in order that delivery time meets application constraints.

20.3.4.7 Throughput RTE

The Throughput RTE is calculated as shown in Formula (124):

$$\text{throughput RTE} = \text{cyclic data transfer size} * 8 / \text{link scan time} \quad (124)$$

The link scan time is specified by the manufacturer.

20.3.4.8 Non-RTE bandwidth

The non-RTE bandwidth is influenced by the throughput RTE. The relationship in Formula (125) expressed as a ratio of two rates (all terms are Mbit/s), describes this dependency:

$$\frac{\text{non-RTE bandwidth}}{\text{transmission rate}} < (\text{transmission rate} - \text{throughput RTE} - \text{acyclic data overhead}) / (125)$$

The acyclic data overhead is calculated as shown in Formula (126):

$$\text{acyclic data overhead} = (44 * 8 / \text{link scan time}) * \text{number of acyclic data frames} \quad (126)$$

The number of acyclic data frames is calculated as shown in Formula (127):

$$\text{number of acyclic data frames} = 1 + (\text{acyclic data transfer size} / (1518 - 44)) \quad (127)$$

NOTE In Formula (127) the calculated value is truncated to yield an integer result.

20.3.4.9 Time synchronization accuracy

Void.

20.3.4.10 Non-time-based synchronization accuracy

The synchronization accuracy is dependent on the delivery time, the number of end-stations, the basic network topology, the number of switches between end-stations and the redundancy recovery time.

20.3.4.11 Redundancy recovery time

The redundancy recovery time is dependent on the delivery time, the number of end-stations, the basic network topology and the number of switches between end-stations. The redundancy recovery time influences delivery time, non-time-base synchronization accuracy and throughput RTE. The influence on delivery time is not parametric because the transmission protocol does not include the retransmission procedure, however, a redundancy recovery event has a direct correlation on throughput RTE and non-time-base synchronization accuracy as influenced by the change in transmission pass.

20.3.4.12 Consistent set of performance indicators for large automation systems

Table 246 gives an outline of a consistent set of performance indicators for a large automation system.

Table 246 – CP 8/5: Consistent set of PIs (real-time only)

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	118 µs	No failure
Number of end-stations	120	Linear topology
Number of switches between end-stations	0	–
Throughput RTE	72 Moctets/s	–
Non-RTE bandwidth	0	In this scenario, non-RTE traffic is not configured although possible
Non-time-based synchronization accuracy	< 1 µs	–
Redundancy recovery time	< 8 ms	–

Table 247 gives an outline of a consistent set of performance indicators for a large automation system. The slot for no-real-time data is 8 Koctets per cycle time.

Table 247 – CP 8/5: Consistent set of PIs (real-time and non-real-time)

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	225 µs	No failure
Number of end-stations	120	Linear topology
Number of switches between end-stations	0	–
Throughput RTE	12 Moctets/s	–
Non-RTE bandwidth	20 %	In this scenario, The slot for no-real-time data is 8 Koctets per cycle time.
Non-time-based synchronization accuracy	< 1 µs	–
Redundancy recovery time	< 8 ms	–

Annex A (informative)

Performance Indicator calculation

A.1 CPF 2 (CIP) – Performance indicator calculation

A.1.1 Profile 2/2 EtherNet/IP

A.1.1.1 Delivery time

Using the formulae specified in 7.2.4.2.2, minimum and maximum values of delivery time can be calculated based on the following assumptions:

- $SD_s = SD_r = 50 \mu s$;
- APDU size = 32 octets;
- CP 2/2 protocol overhead (PO) = 84 octets;
- Link data rate (LDR) = 100 Mbit/s;
- All cable segments are of the same length and of the same cable type;
- Cable propagation delay (PD) = 5 ns/m;
- Cable length (CL) = 100 m;
- Switch processing delay (SPD) = 10 μs ;
- Minimum number of switches (n_{min}) = 1;
- Maximum number of switches (n_{max}) = 1 024;
- No RTE packets in the transmit queue in front of this packet;
- No transmission errors.

$$T_{x\_packet} = \frac{(APDUsize + PO) \times 8}{LDR} = \frac{(32 + 84) \times 8}{1 \times 10^5} = 9,3 \mu s$$

$$CD_i = PD_i \times CL_i = 500 ns = 0,5 \mu s$$

$$SL_k = SPD_k + T_{x\_packet} = 19,3 \mu s$$

$$DT_{min} = 50 + 9,3 + 2 \times 0,5 + 19,3 + 50 = 129,6 \mu s \approx 130 \mu s$$

$$DT_{max} = 50 + 9,3 + 1024 \times 0,5 + 1024 \times 19,3 + 50 = 20\,384,5 \mu s \approx 20,4 ms$$

A.1.1.2 Throughput RTE

The maximum theoretical throughput RTE is calculated based on the following assumptions:

- all APDUs are of the same size;
- APDU size = 32 octets;
- CP 2/2 protocol overhead (PO) = 84 octets;
- Link data rate (LDR) = 100 Mbit/s.

$$T_{x\_packet} = \frac{(APDUsize + PO) \times 8}{LDR} = \frac{(32 + 84) \times 8}{1 \times 10^5} = 9,3 \mu s$$

$$EN\_PR\_MAX = \frac{1}{T_{x\_packet}} = \frac{1}{9,3 \times 10^{-6}} \approx 107\,500 \text{ pps}$$

$$Throughput\_RTE_{\max\_theoretical} = 32 \times 107\,500 = 3,44 \times 10^6 \text{ octets/s}$$

A.1.2 Profile 2/2.1 EtherNet/IP with Time Synchronization

A.1.2.1 Delivery time

Using the formulae specified in 7.2.4.2.2, minimum and maximum values of delivery time can be calculated based on the following assumptions:

- $SD_s = SD_r = 50 \text{ } \mu\text{s}$;
- APDU size = 32 octets;
- CP 2/2 protocol overhead (PO) = 84 octets;
- Link data rate (LDR) = 100 Mbit/s;
- All cable segments of the same length and of the same cable type;
- Cable propagation delay (PD) = 5 ns/m;
- Cable length (CL) = 100 m;
- Switch processing delay (SPD) = 10 μs ;
- Minimum number of switches ($n_{\min}$) = 1;
- Maximum number of switches ($n_{\max}$) = 4;
- No RTE packets in the transmit queue in front of this packet;
- No transmission errors.

$$T_{x\_packet} = \frac{(APDUsize + PO) \times 8}{LDR} = \frac{(32 + 84) \times 8}{1 \times 10^5} = 9,3 \text{ } \mu\text{s}$$

$$CD_i = PD_i \times CL_i = 500 \text{ ns} = 0,5 \text{ } \mu\text{s}$$

$$SL_k = SPD_k + T_{x\_packet} = 19,3 \text{ } \mu\text{s}$$

$$DT_{\min} = 50 + 9,3 + 2 \times 0,5 + 19,3 + 50 = 129,6 \text{ } \mu\text{s} \approx 130 \text{ } \mu\text{s}$$

$$DT_{\max} = 50 + 9,3 + 4 \times 0,5 + 4 \times 19,3 + 50 = 188,5 \text{ } \mu\text{s} \approx 190 \text{ } \mu\text{s}$$

A.1.2.2 Maximum number of end-stations

Presently, the maximum number of ports in a switch with boundary clock is 24. The maximum number of nodes in a 2-layer star network with 4 switches, $N_{\max}$, is:

$$N_{\max} = (24 - 3) + [3 \times (24 - 1)] = 90$$

A.2 CPF 3 – PROFINET – Performance indicator calculation

A.2.1 Application Scenario

The application scenario for the consistent set of performance indicators has been selected for a typical configuration for factory automation. In general, the number of nodes is only limited by the delivery time.

A.2.2 Structural examples used for calculation

A.2.2.1 CP 3/4

A.2.2.1.1 Line structure

To reduce the amount of cabling a line structure is selected. In Figure A.1 the structure is shown for 60 nodes.

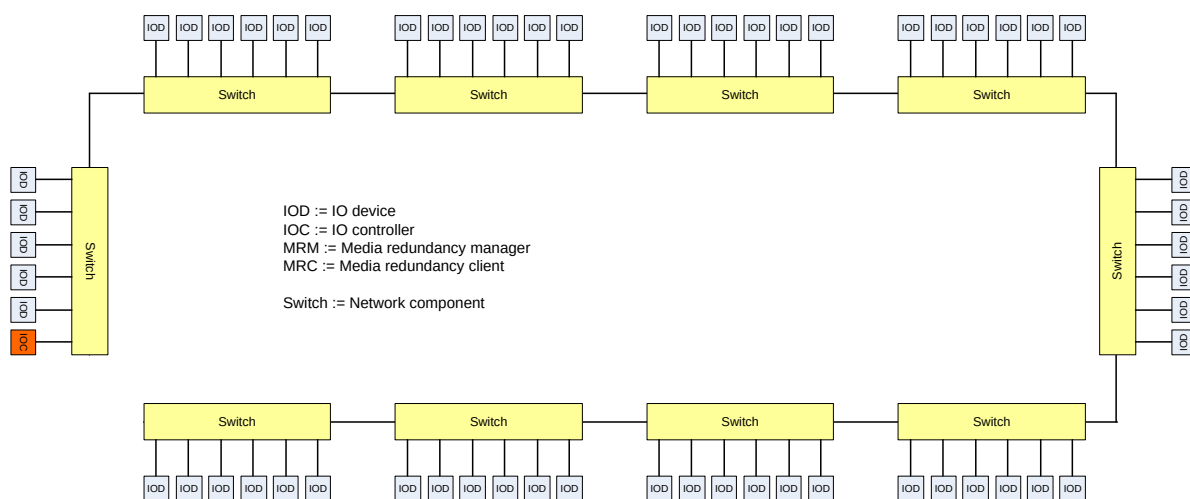


Figure A.1 – CP 3/4: Example of line structure

A.2.2.1.2 Ring structure

To reduce the amount of cabling a line structure is selected. To increase the availability, a ring structure for media redundancy is shown in Figure A.2 for 60 nodes. In this case media redundancy is a feature of the switches.

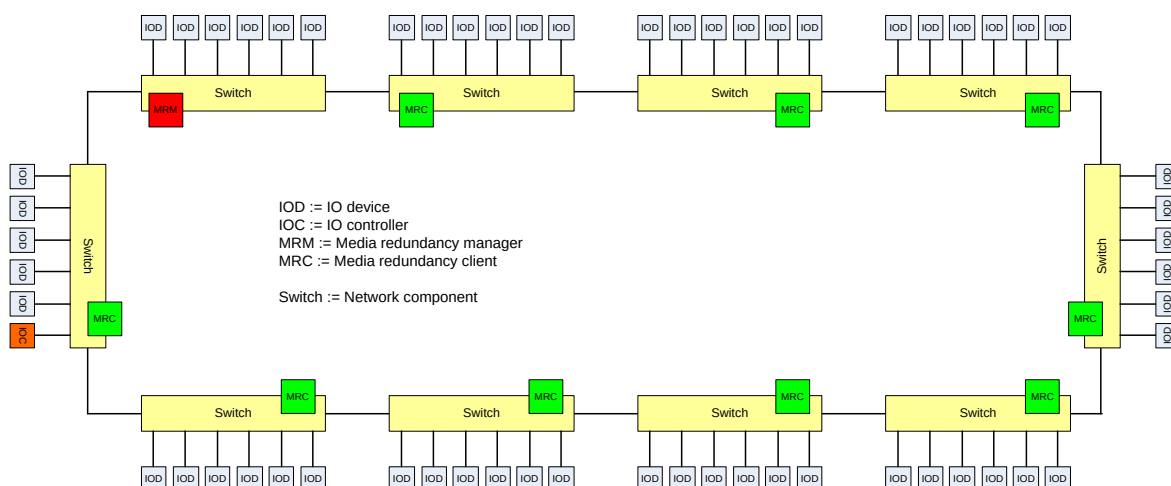


Figure A.2 – CP 3/4: Example of ring structure

A.2.2.1.3 Tree or star structure

Tree or star structure offers the possibility to switch off bigger parts of a machine. They need more cabling.

A.2.2.1.4 Wireless structure

A.2.2.1.4.1 Wireless bridge

An example of a wireless topology is shown in Figure A.3. The wireless bridge (2 access points or 1 access point and 1 client) are used to connect two wired network segments.

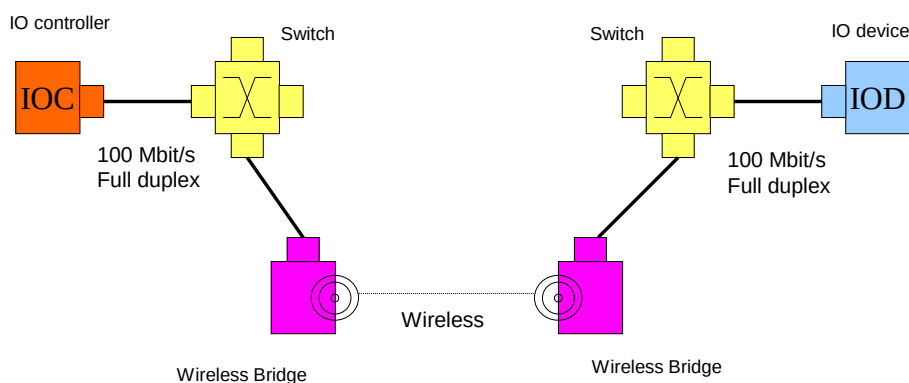


Figure A.3 – CP 3/4: Example of a wireless segment

A.2.2.1.4.2 Wireless Client

An example of a wireless topology is shown in Figure A.4. The IO device uses its integrated wireless client to connect via the wireless access points to the IO controller.

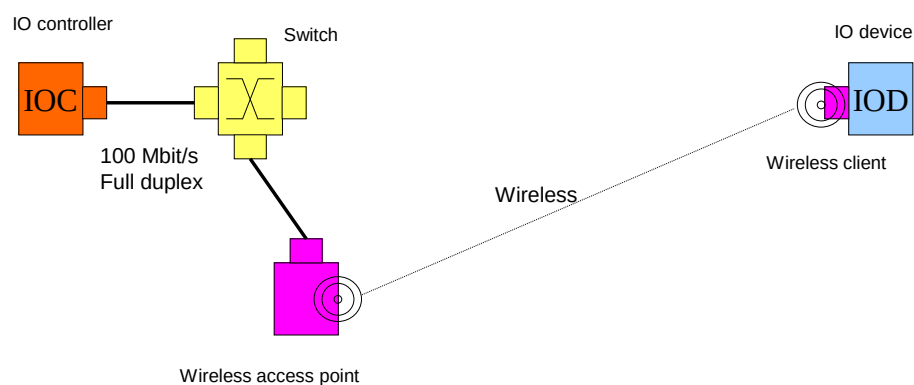


Figure A.4 – CP 3/4: Example of an integrated wireless client

A.2.2.2 CP 3/5

A.2.2.2.1 Line structure

To reduce the amount of cabling a line structure is selected. In Figure A.5 the structure is shown for 60 nodes.

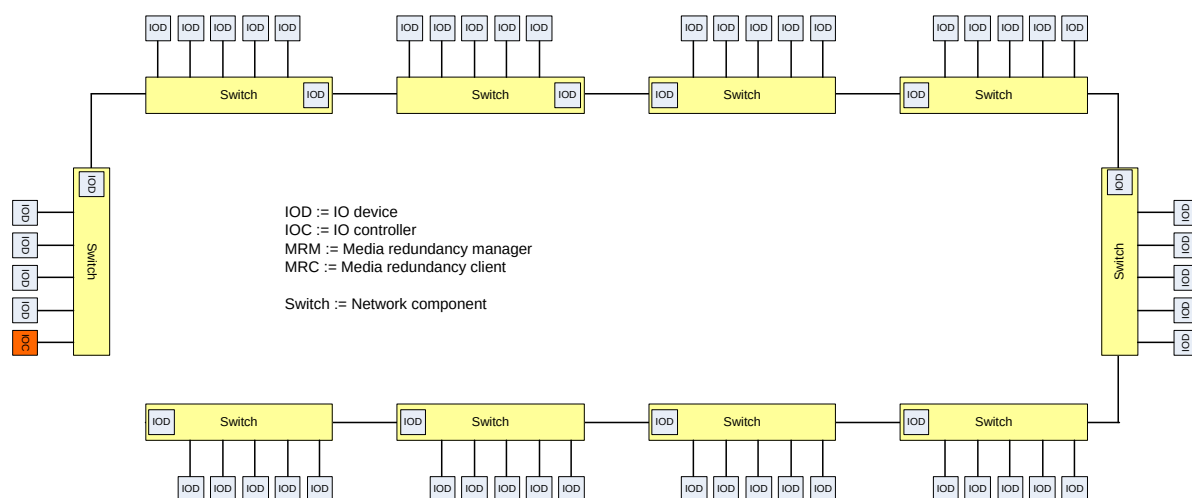


Figure A.5 – CP 3/5: Example of line structure

A.2.2.2.2 Ring structure

To reduce the amount of cabling a line structure is selected. To increase the availability, a ring structure for media redundancy is shown in Figure A.6 for 60 nodes. The ring structure depicted in Figure A.6 offers the ability to use bumpless media redundancy.

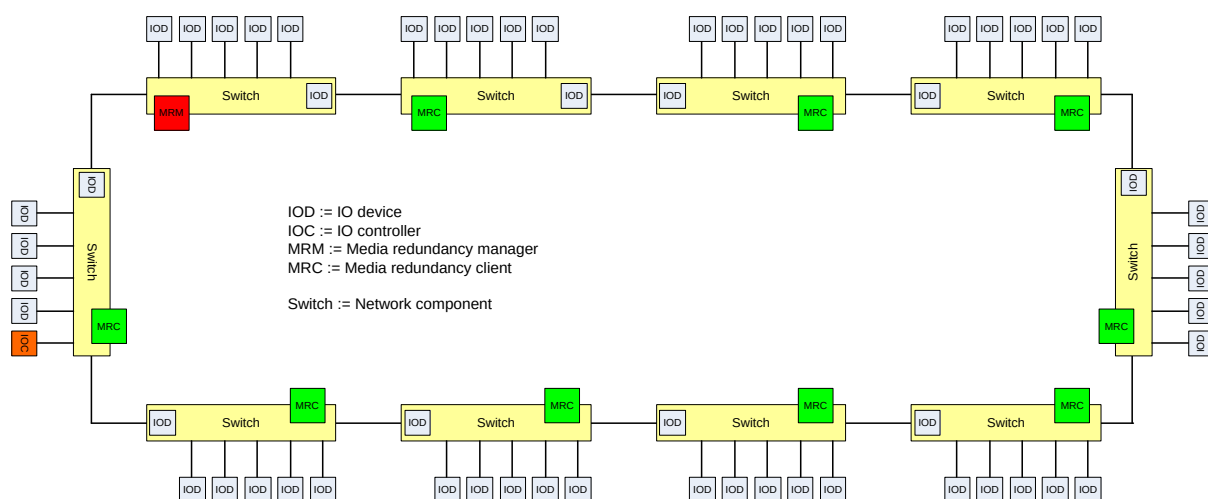


Figure A.6 – CP 3/5: Example of ring structure

A.2.2.2.3 Tree or star structure

See A.2.2.1.3.

A.2.2.3 CP 3/6

A.2.2.3.1 Line structure

To reduce the amount of cabling a line structure is selected. In Figure A.7 the structure is shown for 60 nodes.

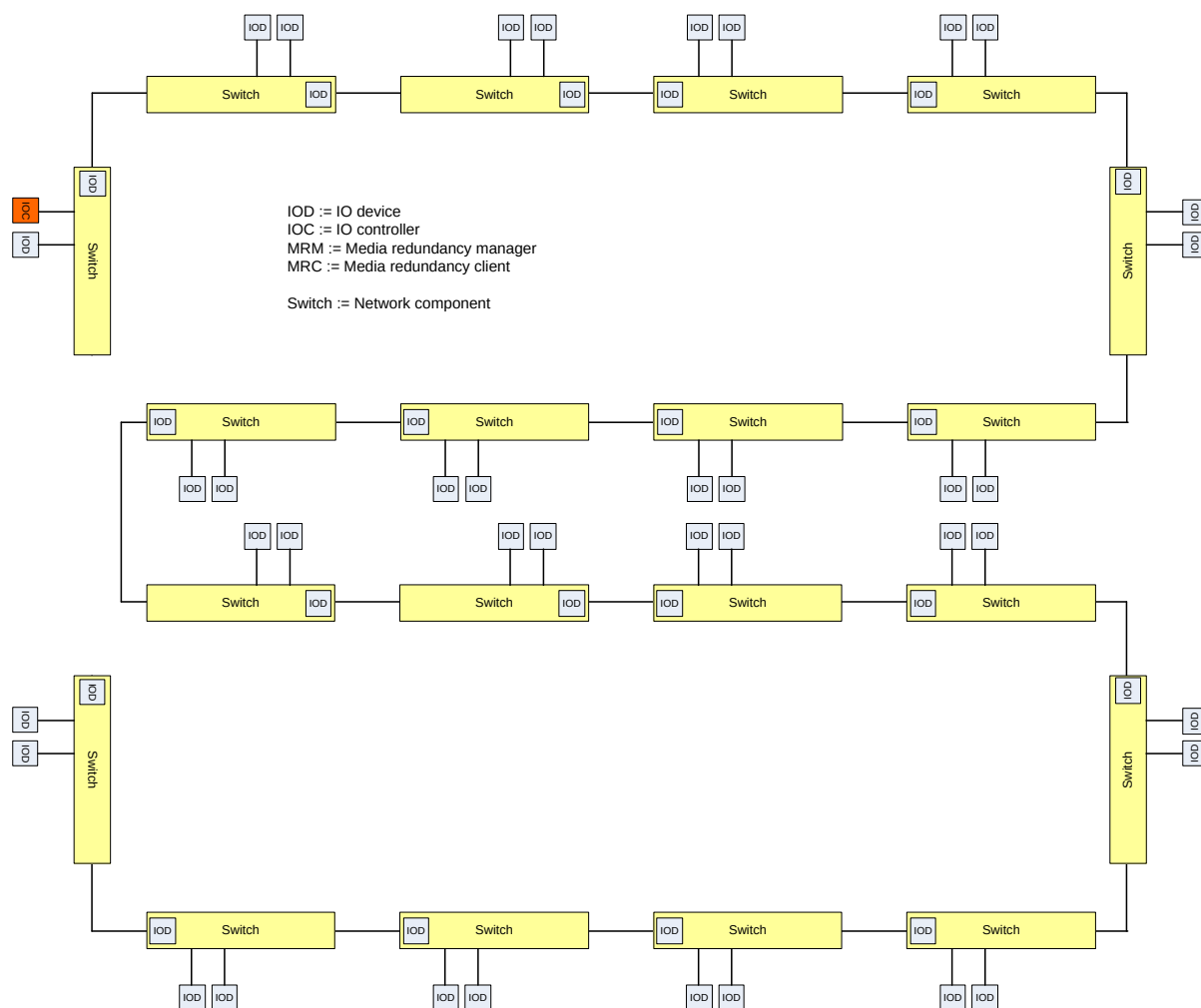


Figure A.7 – CP 3/6: Example of line structure

Figure A.8 shows a line structure with 64 nodes.

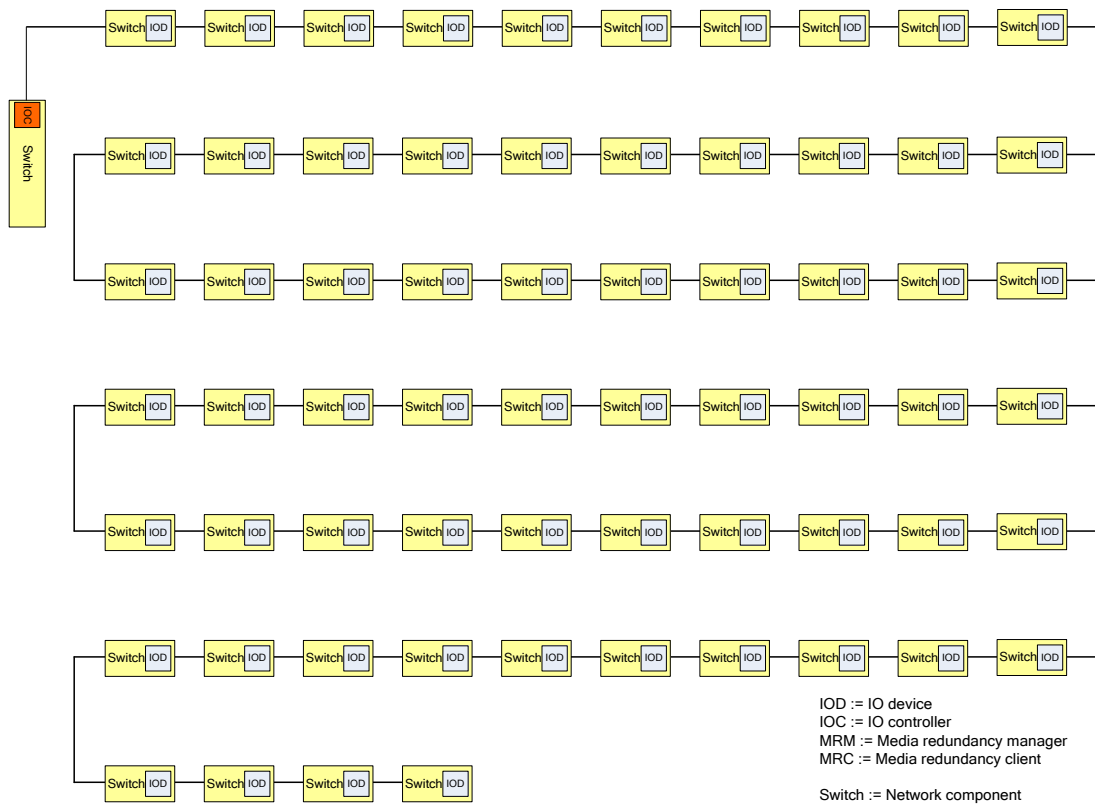


Figure A.8 – CP 3/6: Example of line structure

A.2.2.3.2 Ring structure

To reduce the amount of cabling a line structure is selected. To increase the availability, a ring structure for media redundancy is shown in Figure A.9 for 60 nodes. The structure depicted in Figure A.9 shows the ability to use bumpless media redundancy.

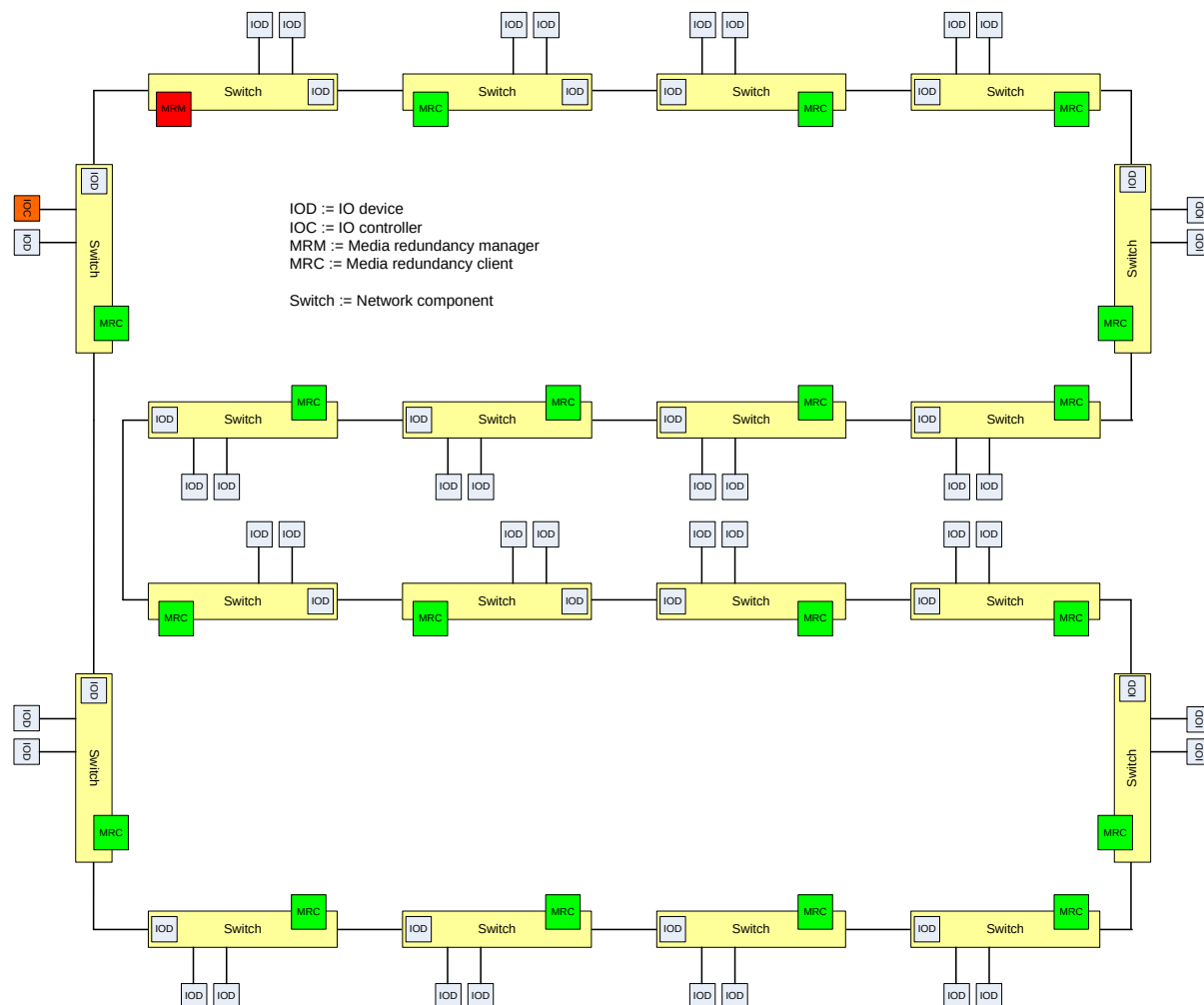


Figure A.9 – CP 3/6: Example of ring structure

A.2.2.3.3 Tree or star structure

Tree or star structure offers the possibility to switch off bigger parts of a machine. They need more cabling. Figure A.10 shows this structure with integrated network components for 60 nodes. This structure offers the possibility to use higher bandwidth to communicate between IO controller and IO device. Each branch (shown as GREEN areas in Figure A.10) may use the full bandwidth of the connected port of the IO controller. It may also be disabled without bothering the other branches.

Figure A.11 shows a comb structure with 64 nodes. Figure A.12 shows a comb structure with more than 64 nodes.

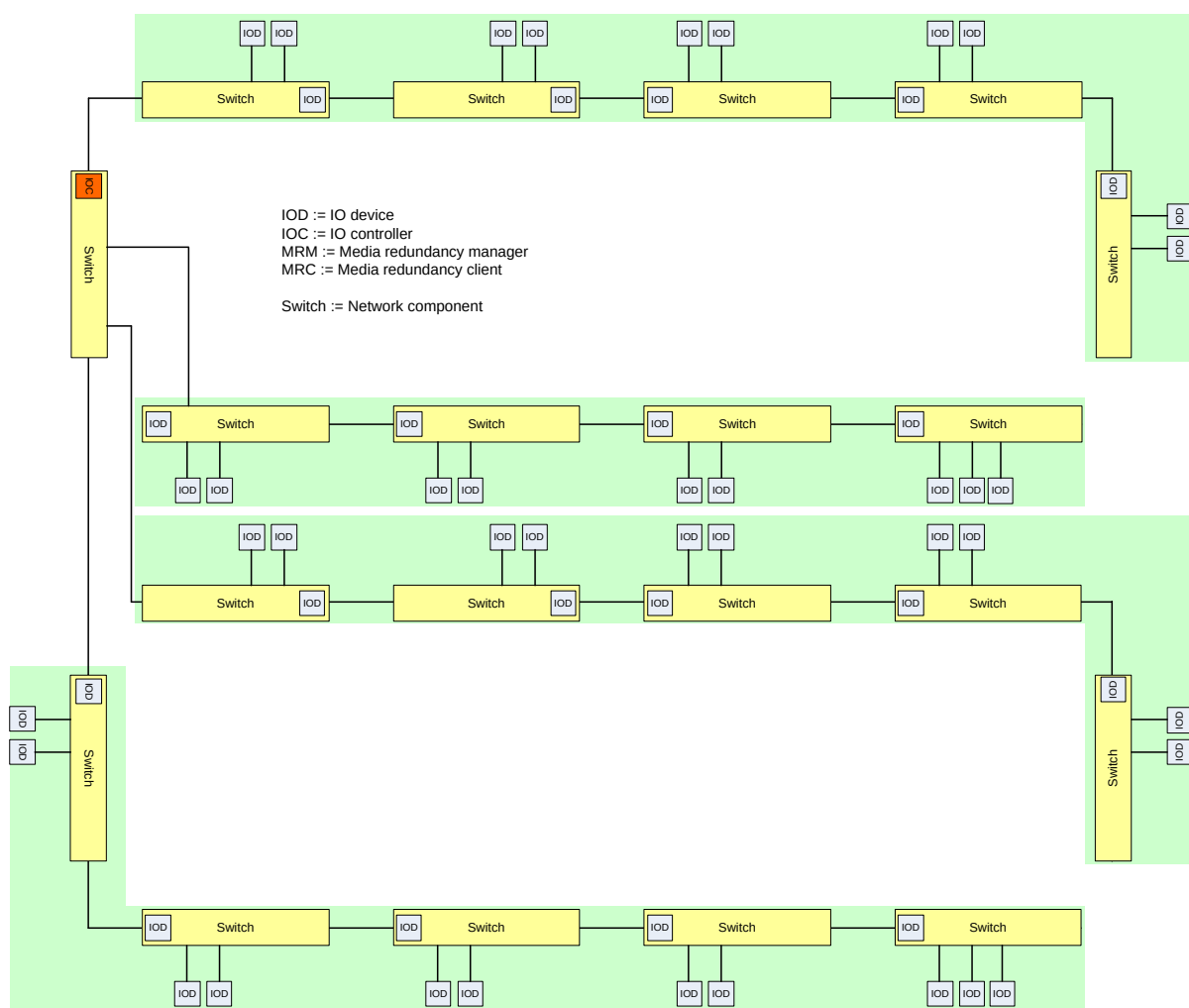


Figure A.10 – CP 3/6: Example of tree structure

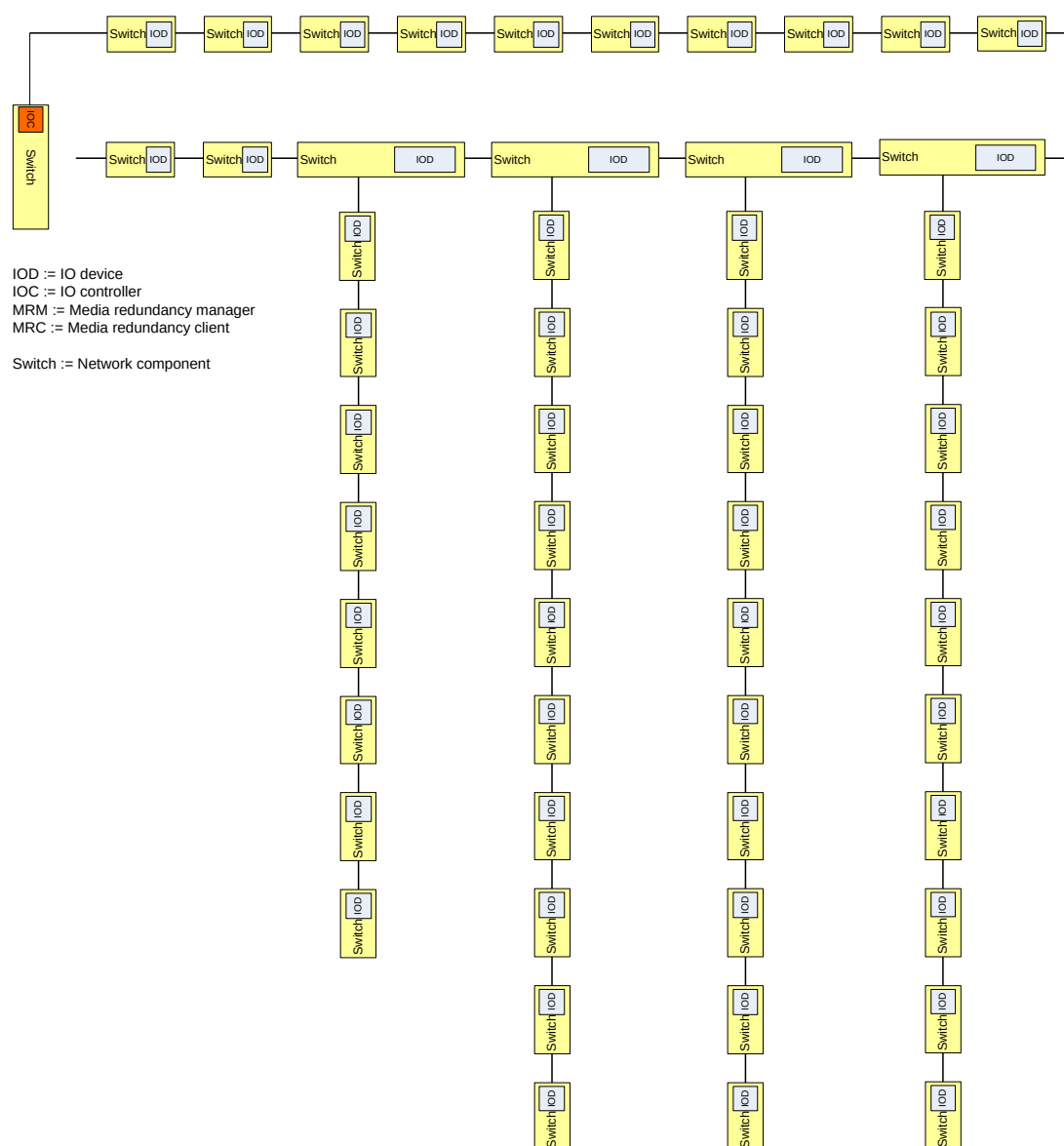


Figure A.11 – CP 3/6: Example of comb structure

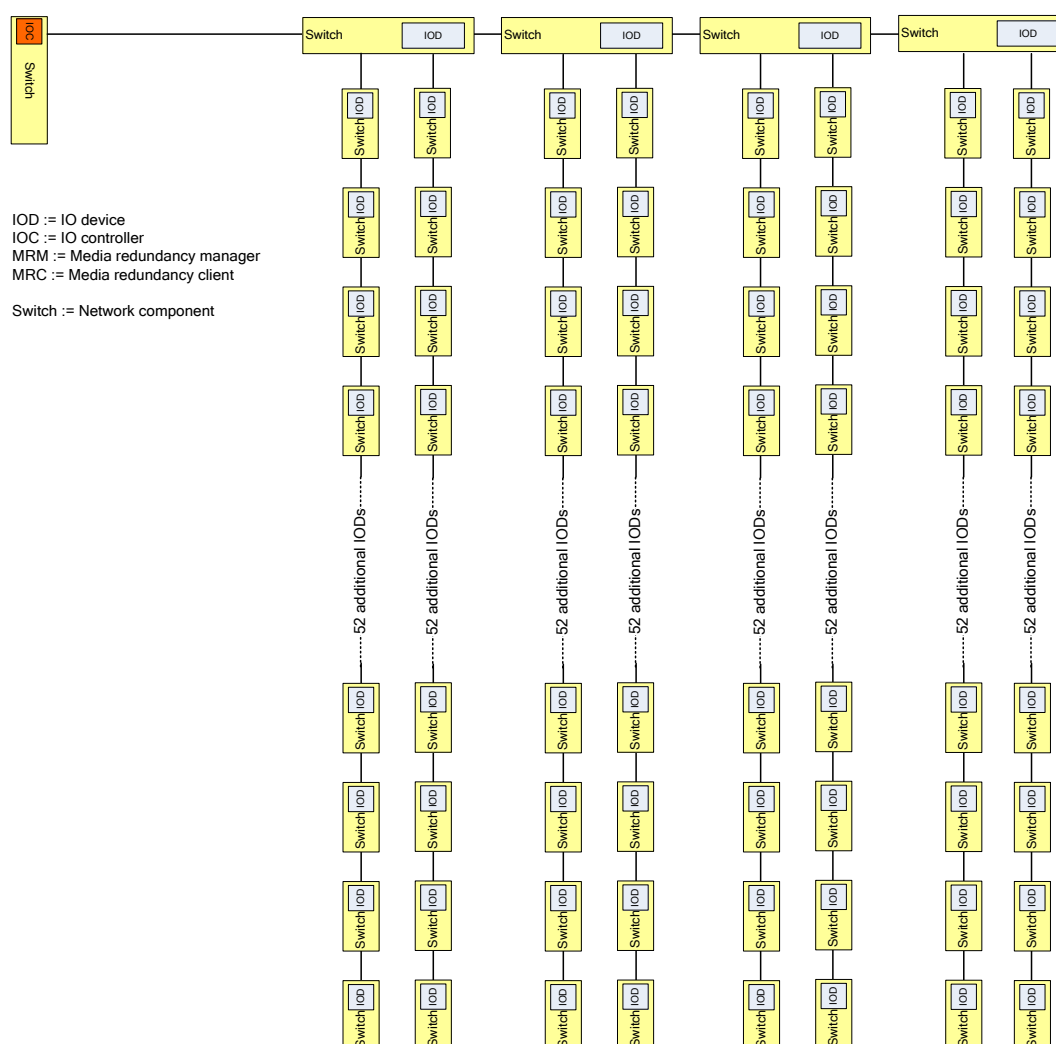


Figure A.12 – CP 3/6: Example of comb structure (optional)

A.2.3 Principles used for calculation

A.2.3.1 General

For Ethernet a switch is the backbone of the communication infrastructure. Its abilities and the stack traversal time are the key figures for the calculation of delivery time.

A.2.3.2 Stack traversal time

The stack traversal time (STT) may be reduced by means of hardware to a memory access.

A.2.3.3 Switch structure

A.2.3.3.1 General

The abilities of a switch, especial the bridging delay (bd) and the amount of frame buffer memory, may be considered further.

A.2.3.3.2 Bridging delay

The bridging delay is specified as the amount of time to transmit a frame from one port to another according to Figure A.13.

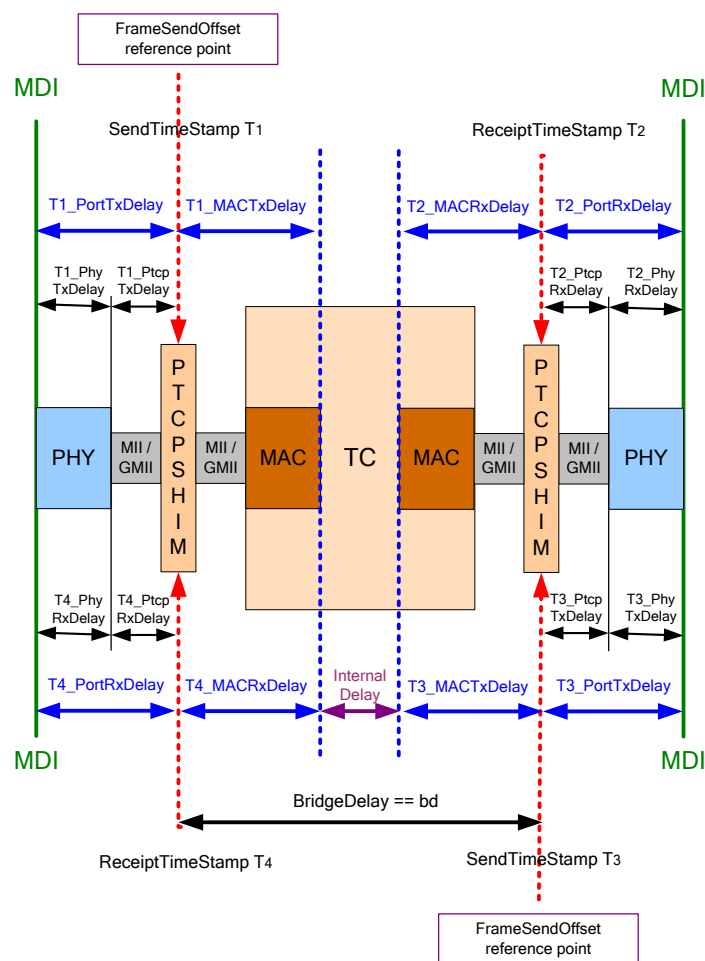


Figure A.13 – Definition of bridge delay

There are at least two different ways to switch a frame. Store and forward (S&F) offers a limited speed, because the whole frame is received over one port, before it can be transmitted over another. Cut through (CT) offers the best available speed, because only a small portion of the frame is received, before it is transmitted over another.

S&F

For 100 Mbit/s a maximum frame takes approx. 125 μ s to transmit. This means, the propagation delay of a line is depending to the count of switches multiplied with the frame size.

CT

After receiving up to 64 octets, the transmission over another port is started. This means, the propagation delay of a line is depending to the count of switches, but not multiplied with the frame size.

Internal delay

The calculation of the destination port within the filtering data base and the forwarding of the data stream take time.

A.2.3.3.3 PHY delay

The PHY receive and transmit delay is specified as the amount of time to transmit data according to Figure A.13.

NOTE These delays seem to be marginal. But the value is multiplied by the 'Number of switches between RTE end stations'.

A.2.3.3.4 Frame queues

The switching fabric is designed to handle data streams. These streams are steered by the filtering data base. In a theoretical approach, there are always enough resources to buffer frames in case of traffic jam. In real networks the traffic depends on the structure and the connected end nodes. Figure A.14 shows in principle the structure of a switch integrated into an IO device or an IO controller.

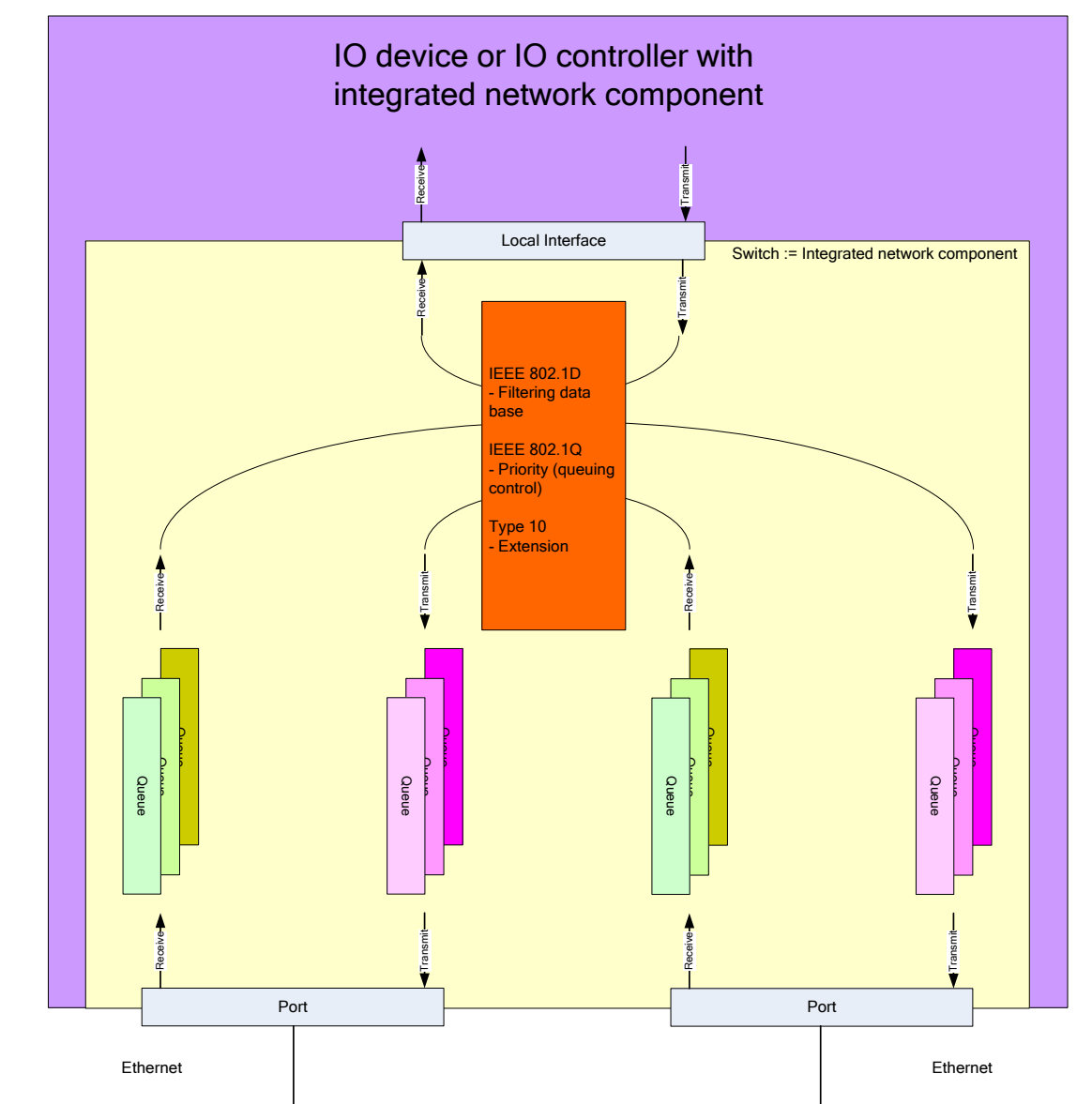


Figure A.14 – Example of a switch structure

All calculation is done in assumption,

- that the buffer capability of the used switches is always sufficient, and
- the priority queue control is available.

A.3 CPF 4/3 P-NET on IP – Performance indicator calculation

A.3.1 Application scenario

The application scenario for the consistent set of performance indicators has been selected for a typical configuration for factory automation. The complete application would typically have more nodes than shown in Figure A.15, both for control and IO handling. These nodes are either connected directly to the RTE nodes or via a P-NET network. Only the RTE nodes are shown in Figure A.15.

Thirty RTE end-stations (numbered from N1 to N30) are connected by means of 4 switches, as shown in Figure A.15, in an RTE network containing switches. All RTE nodes can communicate to any of the RTE nodes.

A.3.2 Delivery time calculation

The worst-case situation for calculating the Delivery time occurs when all 29 RTE end-stations (N1 to N29) are sending to the same receiver (N30) using the maximum packet size. The example for calculating the worst-case is given for Sender N1.

End-station-to-switch link is 10 Mbit/s.

Switch-to-switch link is 100 Mbit/s.

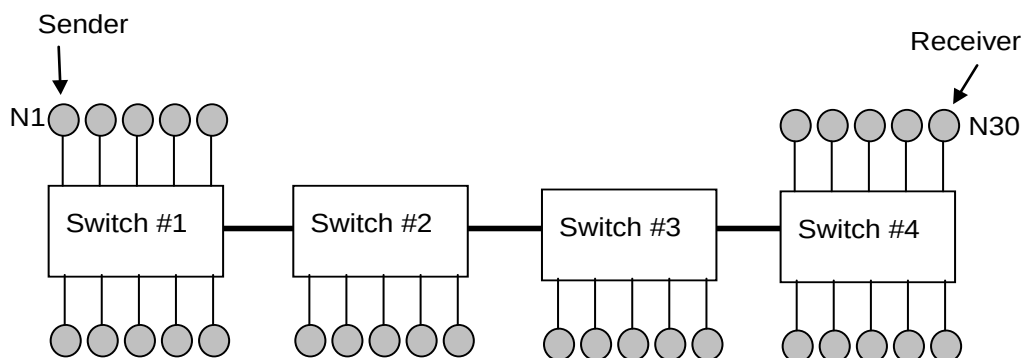


Figure A.15 – Application configuration

Delivery time can now be calculated by inserting the application-dependent constants for the selected scenario into the Formula (A.1).

$$DT = STTs + SStr + NoNt (ttES + pd + QTES) + cd + \sum_{i=1}^{NoS-1} (NoNs(i)(NoS - i)(ttSS + pd + QTSS)) \quad (A.1)$$

$$DT = 1\,250 + 250 + 30(114,4 + 7 + 9,4) + 1$$

$$10 \times 3 \times (11,44 + 7 + 0,944) +$$

$$5 \times 2 \times (11,44 + 7 + 0,944) +$$

$$5 \times 1 \times (11,44 + 7 + 0,944)$$

$$DT = 6,3 \mu s$$

where

<i>cd</i>	is the cable delay time (200m) = 1 μs;
<i>DT</i>	is the delivery time;
<i>NoNs[1]</i>	is the number of RTE end-stations connected to switch No 1 = 10;
<i>NoNs[2]</i>	is the number of RTE end-stations connected to switch No 1 = 5;
<i>NoNs[3]</i>	is the number of RTE end-stations connected to switch No 1 = 5;
<i>NoNs[4]</i>	is the number of RTE end-stations connected to switch No 1 = 10;
<i>NoNt</i>	is the number of RTE end-stations, in total = 30;
<i>NoS</i>	is the number of switches in the path from sender to receiver = 4;
<i>pd</i>	is the propagation delay within a switch = 7 μs;
<i>QTES</i>	is the Ethernet enforced quiet time on end-station to switch link (10 Mbit/s) = 9,4 μs;
<i>QTSS</i>	is the Ethernet enforced quiet time on switch-to-switch link (100 Mbit/s) = 0,94 μs;
<i>STTr</i>	is the receiver stack transversal time including Phy and MAC = 250 μs;
<i>STTs</i>	is the sender stack transversal time including Phy and MAC access interval restriction = 1 250 μs;
<i>ttES</i>	is the P-NET transfer time RTE end station to switch at maximum APDU size (10 Mbit/s) = 114,4 μs;
<i>ttSS</i>	is the P-NET transfer time switch-to-switch at maximum APDU size (100 Mbit/s) = 11,44 μs.

The delivery time is increased with a timeout value in the event of a lost frame. The timeout value is application-dependent, and can be configured for each network in an application. The typical timeout value is 100 ms.

A.3.3 Non-RTE throughput calculation

Maximum RTE traffic on the switch-to-switch line, appears when all 20 external RTE end-stations (N1 to N20) are sending to the same receiver (N30) using maximum packet size. The remaining bandwidth is available for non-RTE traffic.

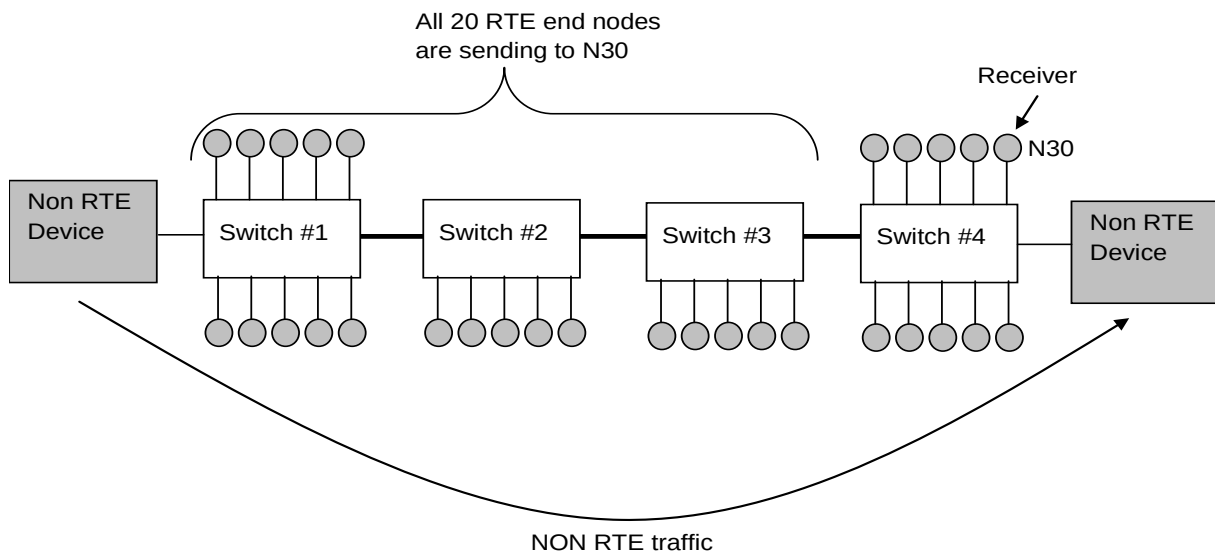


Figure A.16 – Non-RTE throughput calculation

The RTE load calculation is performed, using Formula (A.2).

$$\text{Max RTE load} = \text{NoEN} (ttSS + QTss) \quad (\text{A.2})$$

$$\text{Max RTE load} = 20(11,44 + 0,94) = 250 \mu\text{s}$$

where

<i>NoEN</i>	is the number of RTE end-stations on the external switches = 20;
<i>ttSS</i>	is the transmission time for a maximum APDU on a switch-to-switch link = 11,44 μs ;
<i>QTss</i>	is the enforced Ethernet quiet time on a switch-to-switch link = 0,94 μs .

The maximum RTE load is 250 μs and due to the access restriction for a sender, this load can only be established once for every single ms.

This leaves 750 μs to the non-RTE bandwidth for every 1 000 μs , equivalent to 75 %.

A.3.4 Non time-base synchronization accuracy

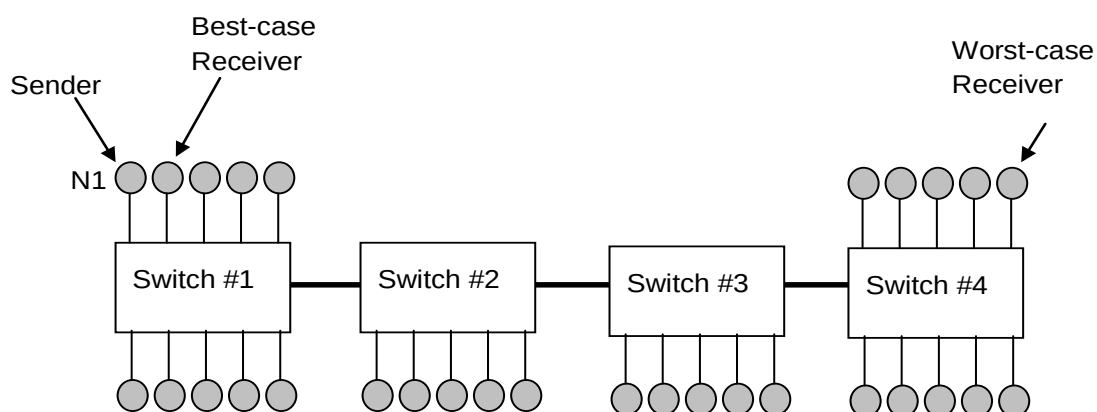


Figure A.17 – Non time-base synchronization accuracy

The non-time-base synchronization accuracy is calculated as the time difference between the best-case delivery time and the worst-case delivery time of a broadcasted "Super-Global-Variable". Calculation of non-time-base synchronization accuracy is shown in Formula (A.4).

Sender N1 is broadcasting a "Super-Global-Variable" message. A node on Switch #1 will obtain the best-case delivery time, whereas nodes on Switch #4 will have a worst-case delivery time, as shown in Figure A.17.

Delivery time to worst-case receiver will be 6 300 μ s. See delivery time calculation in Formula (A.1).

$$\text{Best case delivery time} = SOT + ttESmin + pd + ttESmin + STTr \quad (A.3)$$

$$\text{Best case delivery time} = 250 + 57 + 7 + 57 + 250 = 621 \mu s$$

where

<i>SOT</i>	is the sender stack transversal time. Best case without access restriction = 250 μ s;
<i>ttES</i>	is the transmission time for a minimum APDU on 10 Mbit/s = 57 μ s;
<i>pd</i>	is the propagation delay within a switch = 7 μ s;
<i>STTr</i>	is the receiver stack transversal time including Phy and MAC = 250 μ s.

$$\text{Non-time-base synchronization accuracy} = DT - DTbest \quad (A.4)$$

$$\text{Non-time-base synchronization accuracy} = 6\,300 - 621 = 5\,679 \text{ ms}$$

where

<i>DT</i>	is the delivery time = 6,3 ms;
<i>DTbest</i>	is the best-case delivery time = 621 μ s.

A.3.5 RTE throughput calculation

RTE throughput is calculated as a device's maximum transmission rate of 1 000 frames/s.

Each frame can contain an APDU of variable size. The minimum RTE throughput is calculated by using Formula (A.5).

$$\text{Minimum RTE throughput} = FS \times APDUMin \quad (A.5)$$

$$\text{Minimum RTE throughput} = 1\,000 \times 5 = 5\,000 \text{ octet/s}$$

where

<i>FS</i>	is the number of frames allowed to be sent per second for one RTE end-station: 1 frame / ms = 1 000 frames / second;
<i>APDUMin</i>	is the minimum APDU size = 5 octets.

The maximum RTE throughput is calculated by using Formula (A.6).

$$\text{Maximum RTE throughput} = FS \times APDUMax \quad (A.6)$$

$$\text{Maximum RTE throughput} = 1\,000 \times 64 = 64\,000 \text{ octets/s}$$

where

FS is the number of frames allowed to be sent per second for one RTE end-station:
 $1 \text{ frame / ms} = 1\,000 \text{ frames / second};$
 $APDUMax$ is the maximum APDU size = 64 octets.

A.3.6 CPF 4/3, Derivation of delivery time formula

The derivation of delivery time formula is composed of 6 elements:

(N1 frame to Switch1) + (N1..N10 frames to Switch 2) + (N1..15 frames to Switch 3) + (N1..N20 frames to Switch 4) + (N1..N29 frames from Switch 4 to N30) + (cable delay from N1 to N30), as shown in Formula (A.7).

$$STTs + ttES + pd + QTES + \quad (A.7)$$

$$NoNs(1) \times (ttSS + pd + QTSS) +$$

$$(NoNs(1)+NoNs(2))(ttSS + pd + QTSS) +$$

$$(NoNs(1)+NoNs(2) + NoNs(3))(ttSS + pd + QTSS) +$$

$$STTr + (NoNt-1)(ttES + pd + QTES) +$$

$$cd$$

$$=$$

Element 1, 5 and 6 are combined into:

$$STTs + STTr + NoNt(ttES + pd + QTES) + cd$$

Elements 2,3 and 4 are combined into:

$$\sum_{i=1}^{NoS-1} (NoNs(i)(NoS - i)(ttSS + pd + QTSS))$$

This gives the formula for Delivery time:

$$DT = STTs + STTr + NoNt (ttES + pd + QTES) + cd$$

$$\sum_{i=1}^{NoS-1} (NoNs(i)(NoS - i)(ttSS + pd + QTSS))$$

where

cd is the cable delay time;
 DT is the delivery time;
 $NoNs[x]$ is the number of RTE end-stations connected to switch No x. This includes number of RTE end-stations connected to the switch by other switches, which are not included in the path from sender to receiver. Switches are numbered as #1 at senders connection up to #NoS at the receivers connection;
 $NoNt$ is the number of RTE end-stations, in total;
 NoS is the number of switches in the path from sender to receiver;
 pd is the propagation delay within a switch;
 $QTES$ is the Ethernet enforced quiet time on end-station to switch link;

<i>QTSS</i>	is the Ethernet enforced quiet time on switch-to-switch link;
<i>STTr</i>	is the receiver stack transversal time including Phy and MAC;
<i>STTs</i>	is the sender stack transversal time including Phy and MAC access interval restriction;
<i>ttES</i>	is the P-NET transfer time RTE end-station to switch at maximum APDU size;
<i>ttSS</i>	is the P-NET transfer time switch-to-switch at maximum APDU size.

A.3.7 CPF 4/3, Ethernet characteristics

The size of an Ethernet frame for P-NET on IP is calculated by using Formula (A.8).

$$\text{Ethernet frame size} = Pa + Sadr + Dadr + Type + CRC + IPoh + UDPoh + Pnet \quad (\text{A.8})$$

where

<i>Pa</i>	is the Ethernet preamble of 8 octets;
<i>Sadr</i>	is the Ethernet source address of 6 octets;
<i>Dadr</i>	is the Ethernet destination address of 6 octets;
<i>Type</i>	is the Ethernet type of 2 octets;
<i>CRC</i>	is the Ethernet sum check of 4 octets;
<i>IPoh</i>	is the IP overhead of 20 octets;
<i>UDPoh</i>	is the UDP overhead of 8 octets;
<i>Pnet</i>	is the P-NET frame of variable size.

The Ethernet frame size is defined to be at least 72 octets. Since only the P-NET part of the Ethernet frame is variable, this means that a P-NET frame must occupy at least 18 octets, whether needed or not.

$$\text{Transmission time} = (NoO \times BpO) / Bps \quad (\text{A.9})$$

where

<i>NoO</i>	is the number of octets in a frame;
<i>BpO</i>	is the number of bits per octet to send = 8;
<i>Bps</i>	is the number bits send per second (transmission speed).

Using Formula (A.9) for calculating transmission time, the P-NET transmission times can be calculated for 10 Mbit/s:

The P-NET transmission time for the smallest frame up to 18 octets is 57,6 µs.

The P-NET transmission time for the largest RTE frame (Pnet = 70 octets) is 99,2 µs.

The P-NET transmission time for the largest Ethernet P-NET frame with routing information (Pnet = 89 octets) is 114,4 µs.

Enforced quiet time between Ethernet frames for 10 Mbit/s is 9,4 µs.

Cable delay: max allowed length of each cable connection is 100 m. A typical propagation speed is 2x10E8 m/s. This gives a max cable delay of 0,5 µs for each cable connection.

Bibliography

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

ISO/IEC TR 8802-1:2001, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 1: Overview of Local Area Network Standards*

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

ISO 15745-1, *Industrial automation systems and integration – Open systems application integration framework – Part 1: Generic reference description*

CAE Specification, *X/Open DCE: Remote Procedure Call*, X/Open Company Limited, Reading, Berkshire, UK, 1994. ISBN 1-85912-041-5.

(available online from the OSF as C709, DCE 1.1: Remote Procedure Call, at <http://www.opengroup.org>)

ODVA: THE CIP NETWORKS LIBRARY – Volume 1: *Common Industrial Protocol (CIP™)* – Edition 3.13, November 2012, available at <http://www.odva.org>

ODVA: THE CIP NETWORKS LIBRARY – Volume 2: *EtherNet/IP™ Adaptation of CIP* – Edition 1.14, November 2012, available at <http://www.odva.org>

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	297
INTRODUCTION.....	300
1 Domaine d'application	301
2 Références normatives.....	301
3 Termes, définitions, abréviations, acronymes et conventions	307
3.1 Termes et définitions	307
3.2 Abréviations et acronymes	311
3.3 Symboles.....	313
3.3.1 Symboles CPF 2.....	313
3.3.2 Symboles CPF 3.....	314
3.3.3 Symboles CPF 4.....	315
3.3.4 Symboles CPF 6.....	315
3.3.5 Symboles CPF 10.....	316
3.3.6 Symboles CPF 11.....	316
3.3.7 Symboles CPF 12.....	317
3.3.8 Symboles CPF 13.....	318
3.3.9 Symboles CPF 14.....	318
3.3.10 Symboles CPF 15.....	319
3.3.11 Symboles CPF 16.....	319
3.3.12 Symboles CPF 17.....	320
3.3.13 Symboles CPF 18.....	320
3.4 Conventions.....	321
3.4.1 Conventions communes à toutes les couches	321
3.4.2 Couche physique	323
3.4.3 Couche de liaison de données	323
3.4.4 Couche d'application	323
4 Conformité aux profils de communication	324
5 Indicateurs de performance RTE	324
5.1 Principes de base des indicateurs de performance	324
5.2 Exigences d'application	326
5.3 Indicateurs de performance.....	327
5.3.1 Temps de remise	327
5.3.2 Nombre de stations d'extrémité RTE.....	327
5.3.3 Topologie de réseau de base.....	327
5.3.4 Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité RTE	327
5.3.5 Débit RTE.....	328
5.3.6 Largeur de bande non RTE.....	328
5.3.7 Exactitude de la synchronisation temporelle	328
5.3.8 Exactitude de synchronisation non périodique	328
5.3.9 Temps de reprise de redondance.....	328
6 Essais de conformité	328
6.1 Concept	328
6.2 Méthodologie	329
6.3 Conditions d'essai et cas d'essai	330
6.4 Procédure d'essai et mesures	330
6.5 Rapport d'essai.....	331

7	Famille de profils de communication 2 (CIP™) – Profils de communication RTE.....	331
7.1	Présentation générale	331
7.2	Profil 2/2	332
7.2.1	Couche physique	332
7.2.2	Couche de liaison de données	332
7.2.3	Couche d'application	332
7.2.4	Sélection d'indicateur de performance	332
7.3	Profil 2/2.1	336
7.3.1	Couche physique	336
7.3.2	Couche de liaison de données	336
7.3.3	Couche d'application	338
7.3.4	Sélection d'indicateur de performance	340
8	Famille de profils de communication 3 (PROFIBUS & PROFINET) – Profils de communication RTE	342
8.1	Présentation générale	342
8.1.1	Présentation de CPF 3.....	342
8.1.2	Numéros administratifs	342
8.1.3	Classes de nœud.....	343
8.1.4	Paramètres de temporisation	344
8.1.5	Classes de communication	346
8.1.6	Classes de redondance de support.....	349
8.1.7	Classes de support.....	350
8.1.8	Classes d'application.....	350
8.1.9	Enregistrements	354
8.1.10	Liste des fonctions de communication.....	361
8.1.11	Comportements de la classe de conformité.....	361
8.2	Profil 3/4	365
8.2.1	Couche physique	365
8.2.2	Couche de liaison de données	366
8.2.3	Couche d'application	366
8.2.4	Sélection d'indicateur de performance	375
8.3	Profil 3/5	382
8.3.1	Couche physique	382
8.3.2	Couche de liaison de données	382
8.3.3	Couche d'application	383
8.3.4	Sélection d'indicateur de performance	391
8.4	Profil 3/6	392
8.4.1	Couche physique	392
8.4.2	Couche de liaison de données	393
8.4.3	Couche d'application	393
8.4.4	Sélection d'indicateur de performance	401
9	Famille de profils de communication 4 (P-NET) – Profils de communication RTE.....	406
9.1	Présentation générale	406
9.2	Profil 4/3, P-NET on IP.....	407
9.2.1	Couche physique	407
9.2.2	Couche de liaison de données	407
9.2.3	Couche d'application	408
9.2.4	Sélection d'indicateur de performance	409

10	Famille de profils de communication 6 (INTERBUS®) – Profils de communication RTE.....	412
10.1	Présentation générale	413
10.2	Profil 6/4	414
10.2.1	Mapping	414
10.2.2	Sélection du service de Type 10 et du protocole	416
10.2.3	Sélection du service de Type 8 et du protocole	417
10.2.4	Sélection d'indicateur de performance	417
10.3	Profil 6/5	418
10.3.1	Mapping	418
10.3.2	Sélection du service de Type 10 et du protocole	418
10.3.3	Sélection du service de Type 8 et du protocole	419
10.3.4	Sélection d'indicateur de performance	419
10.4	Profil 6/6	419
10.4.1	Mapping	419
10.4.2	Sélection du service de Type 10 et du protocole	419
10.4.3	Sélection du service de Type 8 et du protocole	420
10.4.4	Sélection d'indicateur de performance	420
11	Famille de profils de communication 10 (Vnet/IP) – Profils de communication RTE.....	420
11.1	Présentation générale	420
11.2	Profil 10/1	421
11.2.1	Couche physique	421
11.2.2	Couche de liaison de données	421
11.2.3	Couche d'application	425
11.2.4	Sélection d'indicateur de performance	425
12	Famille de profils de communication 11 (TCnet) – Profils de communication RTE.....	431
12.1	Présentation générale	431
12.2	Profil 11/1	431
12.2.1	Couche physique	431
12.2.2	Couche de liaison de données	431
12.2.3	Couche d'application	436
12.2.4	Sélection d'indicateur de performance	437
12.3	Profil 11/2	443
12.3.1	Couche physique	443
12.3.2	Couche de liaison de données	443
12.3.3	Couche d'application	447
12.3.4	Sélection d'indicateur de performance	448
12.4	Profil 11/3	453
12.4.1	Couche physique	453
12.4.2	Couche de liaison de données	454
12.4.3	Couche d'application	457
12.4.4	Sélection d'indicateur de performance	458
13	Famille de profils de communication 12 (EtherCAT®) – Profils de communication RTE.....	464
13.1	Présentation générale	464
13.2	Profil CP 12/1	464
13.2.1	Couche physique	464
13.2.2	Couche de liaison de données	466
13.2.3	Couche d'application	471

	13.2.4	Sélection d'indicateur de performance	474
13.3		Profil CP 12/2	477
	13.3.1	Couche physique	477
	13.3.2	Couche de liaison de données	477
	13.3.3	Couche d'application	482
	13.3.4	Sélection d'indicateur de performance	485
14		Famille de profils de communication 13 (Ethernet POWERLINK) – Profils de communication RTE	487
14.1		Présentation générale	487
14.2		Profil 13/1	488
	14.2.1	Couche physique	488
	14.2.2	Couche de liaison de données	488
	14.2.3	Couche d'application	488
	14.2.4	Sélection d'indicateur de performance	489
15		Famille de profils de communication 14 (EPA)- Profils de communication RTE	494
15.1		Présentation générale	494
15.2		Concept de communication CPF 14 (EPA)	495
	15.2.1	Généralités	495
	15.2.2	Topologie de réseau	495
	15.2.3	Appareils EPA	496
15.3		Profil 14/1	497
	15.3.1	Couche physique	497
	15.3.2	Couche de liaison de données	497
	15.3.3	Couche de réseau	497
	15.3.4	Couche de transport	497
	15.3.5	Couche d'application	498
	15.3.6	Sélection d'indicateur de performance	499
15.4		Profil 14/2	502
	15.4.1	Couche physique	502
	15.4.2	Couche de liaison de données	502
	15.4.3	Couche de réseau	503
	15.4.4	Couche de transport	503
	15.4.5	Couche d'application	503
	15.4.6	Sélection d'indicateur de performance	504
15.5		Profil 14/3	507
	15.5.1	Couche physique	507
	15.5.2	Couche de liaison de données	507
	15.5.3	Couche de réseau	508
	15.5.4	Couche de transport	508
	15.5.5	Couche d'application	508
	15.5.6	Sélection d'indicateur de performance	509
15.6		Profil 14/4	513
	15.6.1	Couche physique	513
	15.6.2	Couche de liaison de données	514
	15.6.3	Couche de réseau	515
	15.6.4	Couche de transport	515
	15.6.5	Couche d'application	515
	15.6.6	Sélection d'indicateur de performance	516

16	Famille de profils de communication 15 (MODBUS-RTPS) – Profils de communication RTE	519
16.1	Présentation générale	519
16.2	Profil 15/1	519
16.2.1	Couche physique	519
16.2.2	Couche de liaison de données	519
16.2.3	Couche d'application	520
16.2.4	Sélection d'indicateur de performance	520
16.3	Profil 15/2	524
16.3.1	Couche physique	524
16.3.2	Couche de liaison de données	524
16.3.3	Couche d'application	524
16.3.4	Sélection d'indicateur de performance	525
17	Famille de profils de communication 16 (SERCOS)- Profils de communication RTE	530
17.1	Présentation générale	530
17.2	Profil 16/3 (SERCOS III)	530
17.2.1	Couche physique	530
17.2.2	Couche de liaison de données	530
17.2.3	Couche d'application	531
17.2.4	Sélection d'indicateur de performance	531
18	Famille de profils de communication 17 (RAPIEnet) – Profils de communication RTE.....	539
18.1	Présentation générale	539
18.2	Profil 17/1	539
18.2.1	Couche physique	539
18.2.2	Couche de liaison de données	540
18.2.3	Couche d'application	540
18.2.4	Sélection d'indicateur de performance	541
19	Famille de profils de communication 18 (SafetyNET p) – Profils de communication RTE.....	546
19.1	Présentation générale	546
19.2	Profil 18/1	547
19.2.1	Couche physique	547
19.2.2	Couche de liaison de données	547
19.2.3	Couche d'application	550
19.2.4	Sélection d'indicateur de performance	552
19.3	Profil 18/2	555
19.3.1	Couche physique	555
19.3.2	Couche de liaison de données	555
19.3.3	Couche d'application	558
19.3.4	Sélection d'indicateur de performance	560
20	Famille de profils de communication 8 (CC-Link) – Profils de communication RTE	562
20.1	Présentation générale	562
20.2	Profil 8/4	562
20.2.1	Couche physique	562
20.2.2	Couche de liaison de données	563
20.2.3	Couche d'application	563
20.2.4	Sélection d'indicateur de performance	564
20.3	Profil 8/5	569

20.3.1	Couche physique	569
20.3.2	Couche de liaison de données	569
20.3.3	Couche d'application	569
20.3.4	Sélection d'indicateur de performance	571
Annexe A (informative)	Calcul de l'indicateur de performance	577
Bibliographie.....		601
Figure 1	– Exemple de représentation graphique des indicateurs cohérents	326
Figure 2	– Présentation de l'essai de conformité.....	329
Figure 3	– Exemple de topologie de réseau utilisant les composants CP 3/4, CP 3/5 et CP 3/6	365
Figure 4	– Exemple de topologie de réseau avec segment sans fil.....	369
Figure 5	– Base de calcul du temps de remise et du débit RTE.....	378
Figure 6	– Contexte de réseau RTE des profils de communication d'appareil de liaison.....	413
Figure 7	– Principe de mapping de l'appareil de liaison.....	415
Figure 8	– Mapping des données	416
Figure 9	– CP 11/1: Débit RTE et largeur de bande non RTE.....	440
Figure 10	– CP 11/2: Débit RTE et largeur de bande non RTE	451
Figure 11	– CP 11/3: Débit RTE et largeur de bande non RTE	461
Figure 12	– Exemple de topologie de réseau d'un système EPA	496
Figure A.1	– CP 3/4: Exemple de structure linéaire	579
Figure A.2	– CP 3/4: Exemple de structure en anneau	580
Figure A.3	– CP 3/4: Exemple de segment sans fil.....	581
Figure A.4	– CP 3/4: Exemple de client sans fil intégré	582
Figure A.5	– CP 3/5: Exemple de structure linéaire	583
Figure A.6	– CP 3/5: Exemple de structure en anneau	584
Figure A.7	– CP 3/6: Exemple de structure linéaire	585
Figure A.8	– CP 3/6: Exemple de structure linéaire	586
Figure A.9	– CP 3/6: Exemple de structure en anneau	587
Figure A.10	– CP 3/6: Exemple de structure en arborescence.....	588
Figure A.11	– CP 3/6: Exemple de structure en peigne	589
Figure A.12	– CP 3/6: Exemple de structure en peigne (facultatif).....	590
Figure A.13	– Définition du délai de pontage.....	591
Figure A.14	– Exemple de structure de commutation	593
Figure A.15	– Configuration de l'application.....	594
Figure A.16	– Calcul du débit non RTE	596
Figure A.17	– Exactitude de synchronisation non périodique.....	597
Tableau 1	– Présentation des tableaux de sélection des articles/paragraphes de profil.....	321
Tableau 2	– Contenu des tableaux de sélection des articles/paragraphes	321
Tableau 3	– Présentation des tableaux de sélection de service.....	322
Tableau 4	– Contenu des tableaux de sélection de service	322
Tableau 5	– Présentation des tableaux de sélection de paramètre	322
Tableau 6	– Contenu des tableaux de sélection de paramètre	323

Tableau 7 – Présentation des tableaux de sélection d'attribut de classe	323
Tableau 8 – Contenu des tableaux de sélection d'attribut de classe	324
Tableau 9 – Types de topologie de réseau de base	327
Tableau 10 – CP 2/2: Présentation des indicateurs de performance (PI)	332
Tableau 11 – CP 2/2: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	333
Tableau 12 – CP 2/2: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour l'automatisation des usines	336
Tableau 13 – CP 2/2.1: Sélection de protocole DLL	337
Tableau 14 – CP 2/2.1: Sélection de protocole DLL des objets de gestion	338
Tableau 15 – CP 2/2.1: Sélection de service AL	338
Tableau 16 – CP 2/2.1: Sélection de protocole AL	339
Tableau 17 – CP 2/2.1: Présentation des indicateurs de performance	340
Tableau 18 – CP 2/2.1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	341
Tableau 19 – CP 2/2.1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la commande de mouvement	341
Tableau 20 – Attribution des numéros administratifs	342
Tableau 21 – Paramètres de la couche IP du contrôleur d'entrée-sortie	344
Tableau 22 – Paramètres de la couche IP de l'appareil d'entrée-sortie	344
Tableau 23 – Valeurs de temporisation pour la résolution de nom	344
Tableau 24 – Temps de réaction pour un appareil d'entrée-sortie	345
Tableau 25 – Valeurs maximales de temps pour MRP	346
Tableau 26 – Valeurs maximales de temps pour PTCP	346
Tableau 27 – Valeurs maximales de temps pour LLDP	346
Tableau 28 – Classes de communication applicables dans les classes de conformité	347
Tableau 29 – Paramètres de performance de communication	347
Tableau 30 – Paramètres pour ponts RT_CLASS_3	348
Tableau 31 – Ecart FrameSendOffset	348
Tableau 32 – Ecart FrameSendOffset pour RT_CLASS_1 / RT_CLASS_UDP	348
Tableau 33 – Minimum FrameSendOffset	349
Tableau 34 – Boucle de contrôle PTCP	349
Tableau 35 – <u>Taille maximale de trame</u>	349
Tableau 36 – Classe de redondance de support applicable dans les classes de conformité	350
Tableau 37 – Classes d'application applicables dans les classes de conformité pour appareil d'entrée-sortie et contrôleur d'entrée-sortie	351
Tableau 38 – Classes d'application applicables dans les classes de conformité pour composants de réseau	351
Tableau 39 – Classe d'application "application isochrone" – Sélection de service AL	351
Tableau 40 – Classe d'application "application isochrone" – Sélection de composant de protocole AL	351
Tableau 41 – Classe d'application "automatisation des processus" – Sélection de service AL	352
Tableau 42 – Classe d'application "automatisation des processus" – Sélection de composant de protocole AL	352
Tableau 43 – Classe d'application "Haute performance" – fonctions prises en charge	353
Tableau 44 – Classe d'application "Haute performance" – valeurs de paramètre	353

Tableau 45 – Classe d'application “Contrôleur à contrôleur” – fonctions prises en charge	353
Tableau 46 – Indice (spécifique à l'utilisateur)	354
Tableau 47 – Indice (spécifique au sous-ensemble)	354
Tableau 48 – Indice (spécifique à l'ensemble)	356
Tableau 49 – Indice (Spécifique à l'AR)	357
Tableau 50 – Indice (Spécifique à l'API)	358
Tableau 51 – Indice (spécifique à l'appareil)	359
Tableau 52 – PDPortDataAdjust (sous-blocs)	360
Tableau 53 – PDPortDataCheck (sous-blocs)	360
Tableau 54 – Liste des fonctions de communication	361
Tableau 55 – Comportements de la classe de conformité	361
Tableau 56 – Objets MIB-II	363
Tableau 57 – Comportements de la classe de conformité pour les composants de réseau	364
Tableau 58 – CP 3/4: Sélection de service AL pour un appareil d'entrée-sortie	366
Tableau 59 – CP 3/4: Sélection de protocole AL pour un appareil d'entrée-sortie et un composant de réseau	370
Tableau 60 – CP 3/4: Sélection de protocole AL pour un contrôleur d'entrée-sortie	373
Tableau 61 – CP 3/4, CP 3/5 et CP 3/6: Présentation des indicateurs de performance	375
Tableau 62 – CP 3/4, CP 3/5 et CP 3/6: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	376
Tableau 63 – Paramètres du gestionnaire	380
Tableau 64 – Paramètres du client	380
Tableau 65 – CP 3/4: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (PI) pour MinDeviceInterval=128 ms	381
Tableau 66 – CP 3/4: Calcul des valeurs supposées de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance	382
Tableau 67 – CP 3/5: Sélection de service AL pour un appareil d'entrée-sortie	383
Tableau 68 – CP 3/5: Sélection de protocole AL pour un appareil d'entrée-sortie et un composant de réseau	386
Tableau 69 – Capacité de mise en mémoire tampon pour moins de huit accès	388
Tableau 70 – Capacité de mise en mémoire tampon pour huit accès et plus	388
Tableau 71 – CP 3/5: Sélection de protocole AL pour un contrôleur d'entrée-sortie	389
Tableau 72 – CP 3/5: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (PI) pour MinDeviceInterval=128 ms	391
Tableau 73 – CP 3/5: Calcul des valeurs supposées de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance	392
Tableau 74 – CP 3/6: Sélection de service AL pour un appareil d'entrée-sortie	394
Tableau 75 – Capacité de mise en mémoire tampon	396
Tableau 76 – CP 3/6: Sélection de protocole AL pour un appareil d'entrée-sortie et un composant de réseau	397
Tableau 77 – CP 3/6: Sélection de protocole AL pour un contrôleur d'entrée-sortie	399
Tableau 78 – CP 3/6: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (PI) pour MinDeviceInterval=1 ms et NumberOfSwitsches=20	402
Tableau 79 – CP 3/6: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (PI) pour MinDeviceInterval=1 ms et NumberOfSwitsches=63	403

Tableau 80 – CP 3/6: Calcul des valeurs supposées de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance	404
Tableau 81 – CP 3/6: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (PI) pour MinDeviceInterval=31,25 µs et NumberOfSwitches=10.....	405
Tableau 82 – CP 3/6: Calcul des valeurs supposées de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance	406
Tableau 83 – CP 4/3: Sélection de service DLL	407
Tableau 84 – CP 4/3: Sélection de protocole DLL	408
Tableau 85 – CP 4/3: Sélection de service AL	408
Tableau 86 – CP 4/3: Sélection de protocole AL	408
Tableau 87 – CP 4/3: Présentation des indicateurs de performance.....	409
Tableau 88 – CP 4/3: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	409
Tableau 89 – CP 4/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance	412
Tableau 90 – Paramètres de calcul de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance	412
Tableau 91 – CPF 6: Attribution d'un identifiant CP à l'appareil	414
Tableau 92 – Présentation des indicateurs de performance de réseau de Type 10 de l'appareil de liaison.....	417
Tableau 93 – Couches OSI et CPF 10	421
Tableau 94 – Présentation du profil CPF 10.....	421
Tableau 95 – CP 10/1: Sélection de service DLL	423
Tableau 96 – CP 10/1: Sélection de protocole DLL	423
Tableau 97 – Sélection de paramètre de couche transport.....	424
Tableau 98 – CP 10/1: Sélection de service AL.....	425
Tableau 99 – CP 10/1: Sélection de protocole AL	425
Tableau 100 – CP 10/1: Présentation des indicateurs de performance.....	426
Tableau 101 – CP 10/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	426
Tableau 102 – CP 10/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine	429
Tableau 103 – CP 10/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents	429
Tableau 104 – CP 10/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine avec une trame perdue	430
Tableau 105 – CP 10/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents avec une trame perdue	430
Tableau 106 – CPF 11: Présentation d'ensembles de profils.....	431
Tableau 107 – CP 11/1: Sélection de service DLL.....	432
Tableau 108 – CP 11/1: Sélection de protocole DLL	432
Tableau 109 – CP 11/1: Sélection de protocole DLL de l'Article 5	434
Tableau 110 – CP 11/1: Sélection de protocole DLL de l'Article 6	435
Tableau 111 – CP 11/1: Sélection de service AL.....	436
Tableau 112 – CP 11/1: Sélection de protocole AL	437
Tableau 113 – CP 11/1: Présentation des indicateurs de performance	437
Tableau 114 – CP 11/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	438

Tableau 115 – CP 11/1: Sélection de service de données TCC	439
Tableau 116 – CP 11/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE	442
Tableau 117 – CP 11/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE et non RTE.....	443
Tableau 118 – CP 11/2: Sélection de protocole DLL	444
Tableau 119 – CP 11/2: Sélection de protocole DLL de l'Article 5	445
Tableau 120 – CP 11/2: Sélection de protocole DLL de l'Article 6	446
Tableau 121 – CP 11/2: Présentation des indicateurs de performance.....	448
Tableau 122 – CP 11/2: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	449
Tableau 123 – CP 11/2: Sélection de service de données TCC.....	449
Tableau 124 – CP 11/2: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE	453
Tableau 125 – CP 11/2: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE et non RTE.....	453
Tableau 126 – CP 11/3: Sélection de protocole DLL	454
Tableau 127 – CP 11/3: Sélection de protocole DLL de l'Article 5	455
Tableau 128 – CP 11/3: Sélection de protocole DLL de l'Article 6	456
Tableau 129 – CP 11/3: Présentation des indicateurs de performance.....	458
Tableau 130 – CP 11/3: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	459
Tableau 131 – CP 11/3: Sélection de service de données TCC.....	460
Tableau 132 – CP 11/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE	463
Tableau 133 – CP 11/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE et non RTE.....	464
Tableau 134 – CP 12/1: Sélection PhL de la couche physique préférentielle de l'IEEE 802.3-2008	465
Tableau 135 – CP 12/1: Sélection PhL d'une couche physique optimisée de la CEI 61158-2	466
Tableau 136 – CP 12/1: Sélection de service DLL.....	466
Tableau 137 – CP 12/1: Sélection de protocole DLL	467
Tableau 138 – CP 12/1: Sélection de service DLL.....	469
Tableau 139 – CP 12/1: Sélection de protocole DLL	470
Tableau 140 – CP 12/1: Sélection de service AL.....	471
Tableau 141 – CP 12/1: Sélection de protocole AL	472
Tableau 142 – CP 12/1: Sélection de service AL.....	473
Tableau 143 – CP 12/1: Sélection de protocole AL	474
Tableau 144 – CP 12/1: Présentation des indicateurs de performance.....	475
Tableau 145 – CP 12/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	475
Tableau 146 – CP 12/1: Plages d'indicateurs de performance.....	476
Tableau 147 – CP 12/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les systèmes d'automatisation de taille moyenne	477
Tableau 148 – CP 12/2: Sélection de service DLL.....	478
Tableau 149 – CP 12/2: Sélection de protocole DLL	479
Tableau 150 – CP 12/2: Sélection de service DLL.....	480
Tableau 151 – CP 12/2: Sélection de protocole DLL	481

Tableau 152 – CP 12/2: Sélection de service AL.....	482
Tableau 153 – CP 12/2: Sélection de protocole AL	483
Tableau 154 – CP 12/2: Sélection de service AL.....	484
Tableau 155 – CP 12/2: Sélection de protocole AL	485
Tableau 156 – CP 12/2: Présentation des indicateurs de performance.....	486
Tableau 157 – CP 12/2: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	486
Tableau 158 – CP 12/2: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance	487
Tableau 159 – CPF 13: Présentation des ensembles de profils	488
Tableau 160 – CP 13/1: Sélection de service DLL.....	488
Tableau 161 – CP 13/1: Sélection de protocole DLL	488
Tableau 162 – CP 13/1: Sélection de service AL.....	488
Tableau 163 – CP 13/1: Sélection de protocole AL	489
Tableau 164 – CP 13/1: Présentation des indicateurs de performance.....	489
Tableau 165 – CP 13/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	490
Tableau 166 – CP 13/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance d'un système d'automatisation de petite taille.....	493
Tableau 167 – CP 13/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance d'un système d'automatisation de taille moyenne	493
Tableau 168 – CP 13/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance d'un système d'automatisation de grande taille.....	494
Tableau 169 – CP 14/1: Sélection de service AL.....	498
Tableau 170 – CP 14/1: Sélection de protocole AL	498
Tableau 171 – CP 14/1: Présentation des indicateurs de performance.....	499
Tableau 172 – CP 14/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	499
Tableau 173 – CP 14/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance	501
Tableau 174 – CP 14/2: Sélection de service DLL.....	502
Tableau 175 – CP 14/2: Sélection de protocole DLL	503
Tableau 176 – CP 14/2: Sélection de service AL.....	503
Tableau 177 – CP 14/2: Sélection de protocole AL	504
Tableau 178 – CP 14/2: Présentation des indicateurs de performance.....	504
Tableau 179 – CP 14/2: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	505
Tableau 180 – CP 14/2: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance	507
Tableau 181 – CP 14/3: Sélection de service DLL.....	507
Tableau 182 – CP 14/3: Sélection de protocole DLL	508
Tableau 183 – CP 14/3: Sélection de service AL.....	508
Tableau 184 – CP 14/3: Sélection de protocole AL	509
Tableau 185 – CP 14/3: Présentation des indicateurs de performance.....	509
Tableau 186 – CP 14/3: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	510
Tableau 187 – CP 14/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance	512
Tableau 188 – CP 14/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance	513
Tableau 189 – CP 14/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance	513
Tableau 190 – CP 14/4: Sélection de service DLL.....	514
Tableau 191 – CP 14/4: Sélection de protocole DLL	514
Tableau 192 – CP 14/4: Sélection de service AL.....	515

Tableau 193 – CP 14/4: Sélection de protocole AL	516
Tableau 194 – CP 14/4: Présentation des indicateurs de performance	516
Tableau 195 – CP 14/4: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	517
Tableau 196 – CP 14/4: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance	519
Tableau 197 – CP 15/1: Sélection de service AL	520
Tableau 198 – CP 15/1: Sélection de protocole AL	520
Tableau 199 – CP 15/1: Présentation des indicateurs de performance	520
Tableau 200 – CP 15/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	521
Tableau 201 – CP 15/2: Sélection de service AL	525
Tableau 202 – CP 15/2: Sélection de protocole AL	525
Tableau 203 – CP 15/2: Présentation des indicateurs de performance	526
Tableau 204 – CP 15/2: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	526
Tableau 205 – CP 16/3: Sélection de service DLL	531
Tableau 206 – CP 16/3: Sélection de protocole DLL	531
Tableau 207 – CP 16/3: Sélection de service AL	531
Tableau 208 – CP 16/3: Sélection de protocole AL	531
Tableau 209 – CP 16/3: Présentation des indicateurs de performance	532
Tableau 210 – CP 16/3: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	532
Tableau 211 – CP 16/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance avec une durée minimale du cycle de 31,25 µs	536
Tableau 212 – CP 16/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance avec une durée de cycle de 500 µs (temps réel uniquement)	537
Tableau 213 – CP 16/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance avec une durée de cycle de 500 µs (temps réel et non réel)	538
Tableau 214 – CP 16/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance avec un débit de données asymétriques et une durée de cycle de 500 µs (temps réel et non réel)	539
Tableau 215 – CPF 17: Présentation des ensembles de profils	539
Tableau 216 – CP 17/1: Sélection de service DLL	540
Tableau 217 – CP 17/1: Sélection de protocole DLL	540
Tableau 218 – CP 17/1: Sélection de service AL	541
Tableau 219 – CP 17/1: Sélection de protocole AL	541
Tableau 220 – CP 17/1: Présentation des indicateurs de performance	542
Tableau 221 – CP 17/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	542
Tableau 222 – Ensemble cohérent d'indicateurs de performance d'un système d'automatisation de petite taille	546
Tableau 223 – Paramètres de calcul de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance	546
Tableau 224 – CP 18/1: Sélection de service DLL	547
Tableau 225 – CP 18/1: Sélection de protocole DLL	549
Tableau 226 – CP 18/1: Sélection de service AL	551
Tableau 227 – CP 18/1: Sélection de protocole AL	552
Tableau 228 – CP 18/1: Présentation des indicateurs de performance	552
Tableau 229 – CP 18/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	553
Tableau 230 – CP 18/2: Sélection de service DLL	555
Tableau 231 – CP 18/2: Sélection de protocole DLL	557

Tableau 232 – CP 18/2: Sélection de service AL.....	559
Tableau 233 – CP 18/2: Sélection de protocole AL	560
Tableau 234 – CP 18/2: Présentation des indicateurs de performance	560
Tableau 235 – CP 18/2: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	561
Tableau 236 – CP 8/4: Sélection de service AL.....	563
Tableau 237 – CP 8/4: Sélection de protocole AL	564
Tableau 238 – CP 8/4: Présentation des indicateurs de performance.....	564
Tableau 239 – CP 8/4: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	565
Tableau 240 – CP 8/4: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (temps réel uniquement).....	569
Tableau 241 – CP 8/4: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (temps réel et non réel)	569
Tableau 242 – CP 8/5: Sélection de service AL.....	570
Tableau 243 – CP 8/5: Sélection de protocole AL	571
Tableau 244 – CP 8/5: Présentation des indicateurs de performance.....	571
Tableau 245 – CP 8/5: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	572
Tableau 246 – CP 8/5: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (temps réel uniquement).....	576
Tableau 247 – CP 8/5: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (temps réel et non réel)	576

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**RÉSEAUX DE COMMUNICATION INDUSTRIELS –
PROFILS –****Partie 2: Profils de bus de terrain supplémentaires pour
les réseaux en temps réel basés sur l'ISO/CEI 8802-3**

AVANT-PROPOS

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

L'attention est attirée sur le fait que l'utilisation de certains des types de protocole 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 autorisées explicitement par les détenteurs respectifs des droits de propriété intellectuelle pour ces types.

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

La Norme Internationale CEI 61784-2 a été établie par le sous-comité 65C: Réseaux industriels, du comité d'études 65 de la CEI: Mesure, commande et automation dans les processus industriels.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2010. Cette édition constitue une révision technique.

Par rapport à l'édition précédente, les changements majeurs sont les suivants:

- La mise à jour des références datées à la série CEI 61158, à la CEI 61784-1, à la série CEI 61784-3, à la série CEI 61784-5 et à la CEI 61918 dans tout le document;
- La mise à jour des tables de sélection pour CPF 3
 - Mise à jour des exigences pour toutes les classes de conformité;
 - Ajout d'exigences de temporisation précise pour IP;
 - Mise à jour des exigences de temporisation pour les appareils d'entrée-sortie;
 - Ajout d'exigences de temporisation précise pour PTCP;
 - Augmentation du nombre d'appareils synchronisés en ligne;
 - Ajout d'un ensemble cohérent de paramètres;
 - Ajout de classes d'application;
 - Intégration du démarrage rapide en tant que fonction supplémentaire.
- La mise à jour des tables de sélection pour CPF 11 et CPF 14;
- L'ajout d'un nouveau profil CP 11/3 en 12.4;
- L'ajout d'un nouveau profil CP 14/4 en 15.6;
- L'ajout d'une nouvelle famille de profils de communication – CPF 8 à l'Article 20.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
65C/761/FDIS	65C/771/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 61784, publiées sous le titre général *Réseaux de communication industriels – Profils*, peut être consultée sur le site Web de la CEI.

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

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

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

INTRODUCTION

La présente partie de la CEI 61784 fournit des profils de communication (CP) supplémentaires aux familles de profils de communication (CPF) de la CEI 61784-1 et des CPF supplémentaires à un ou plusieurs profils de communication. Ces profils répondent aux objectifs du marché d'automatisation industrielle visant à identifier les réseaux de communication RTE (Real-Time Ethernet – Ethernet en temps réel) coexistant avec l'ISO/CEI 8802-3 ou l'IEEE 802.3 – communément appelé Ethernet. Ces réseaux de communication RTE s'appuient sur les dispositions de l'ISO/CEI 8802-3 relatives aux couches inférieures de pile de communication et, de plus, assurent 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/CEI 8802-3 ou à l'IEEE 802.3 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 fonctions requises dans la zone de terrain des réseaux d'automatisation des communications industrielles, comme par exemple:

- le temps réel,
- les actions synchronisées entre les appareils de terrain (les unités, par exemple),
- l'échange efficace et fréquent d'enregistrements de données peu volumineuses.

Ces nouveaux profils RTE peuvent présenter l'avantage d'améliorer les réseaux Ethernet en termes 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 fonctions 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 correspondant aux diverses exigences d'application. Les indicateurs de performance RTE (voir l'Article 5), dont les valeurs sont fournies avec les appareils RTE en fonction des profils de communication spécifiés dans la présente partie de la CEI 61784, permettent à l'utilisateur de mettre en correspondance les éléments du réseau avec les exigences de performance d'application d'un réseau RTE.

Le Paragraphe 5.1 précise les principes de base des indicateurs de performance requis pour exprimer les performances RTE d'un profil de communication. Le Paragraphe 5.2 présente les exigences d'application. Une classe dépendante de l'application peut être utilisée pour rechercher un profil de communication adapté. L'Article 4 précise comment il convient d'établir la conformité d'un appareil à la famille de profils de communication ou au profil de communication.

RÉSEAUX DE COMMUNICATION INDUSTRIELS – PROFILS –

Partie 2: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps réel basés sur l'ISO/CEI 8802-3

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61784 spécifie

- les indicateurs de performance prenant en charge les schémas de classement pour les exigences RTE (Real-Time Ethernet);
- les profils et les composants de réseau connexes reposant sur l'ISO/CEI 8802-3 ou l'IEEE 802.3, la série CEI 61158 et la CEI 61784-1;
- les solutions RTE capables de fonctionner en parallèle avec les applications ISO/CEI 8802-3 ou IEEE 802.3.

Ces profils de communication sont appelés Ethernet en temps réel (RTE).

NOTE Les profils de communication RTE utilisent les réseaux de communication ISO/CEI 8802-3 ou IEEE 802.3 et ses composants de réseau connexes ou la CEI 61588 et peuvent, dans certains cas, amender ces normes pour obtenir les fonctions RTE.

2 Références normatives

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

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

CEI 61010 (toutes les parties), *Règles de sécurité pour appareils électriques de mesurage, de régulation et de laboratoire*

CEI 61131-2, *Automates programmables – Partie 2: Exigences et essais des équipements*

CEI 61158 (toutes les parties), *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain*

CEI 61158-1:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 1: Présentation et lignes directrices des séries CEI 61158 et CEI 61784*

CEI 61158-2:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 2: Spécification et définition des services de la couche physique*

CEI 61158-3-2:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 3-2: Définition des services de la couche liaison de données – Eléments de type 2*

CEI 61158-3-4:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 3-4: Définition des services de la couche liaison de données – Éléments de type 4*

CEI 61158-3-11:2007, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 3-11: Définition des services de la couche liaison de données – Éléments de type 11*

CEI 61158-3-12:2014, *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*

CEI 61158-3-13:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 3-13: Définition des services de la couche liaison de données – Éléments de type 13*

CEI 61158-3-14:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 3-14: Définition des services de la couche liaison de données – Éléments de type 14*

CEI 61158-3-17:2007, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 3-17: Définition des services de la couche liaison de données – Éléments de type 17*

CEI 61158-3-19:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 3-19: Définition des services de la couche liaison de données – Éléments de type 19*

CEI 61158-3-21:2010, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 3-21: Définition des services de la couche liaison de données – Éléments de type 21*

CEI 61158-3-22:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 3-22: Définition des services de la couche liaison de données – Éléments de type 22*

CEI 61158-4-2:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 4-2: Spécification du protocole de la couche liaison de données – Éléments de type 2*

CEI 61158-4-4:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 4-4: Spécification du protocole de la couche liaison de données – Éléments de type 4*

CEI 61158-4-11:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 4-11: Spécification du protocole de la couche liaison de données – Éléments de type 11*

CEI 61158-4-12:2014, *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*

CEI 61158-4-13:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 4-13: Spécification du protocole de la couche liaison de données – Éléments de type 13*

CEI 61158-4-14:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 4-14: Spécification du protocole de la couche liaison de données – Éléments de type 14*

CEI 61158-4-17:2007, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 4-17: Spécification du protocole de la couche liaison de données – Éléments de type 17*

CEI 61158-4-19:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 4-19: Spécification du protocole de la couche liaison de données – Éléments de type 19*

CEI 61158-4-21:2010, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 4-21: Spécification du protocole de la couche liaison de données – Éléments de type 21*

CEI 61158-4-22:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 4-22: Spécification du protocole de la couche liaison de données – Éléments de type 22*

CEI 61158-5-2:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 5-2: Définition des services de la couche application – Éléments de type 2*

CEI 61158-5-4:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 5-4: Définition des services de la couche application – Éléments de type 4*

CEI 61158-5-10:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 5-10: Définition des services de la couche application – Éléments de type 10*

CEI 61158-5-11:2007, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 5-11: Définition des services de la couche application – Éléments de type 11*

CEI 61158-5-12:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 5-12: Définition des services de la couche application – Éléments de type 12*

CEI 61158-5-13:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 5-13: Définition des services de la couche application – Éléments de type 13*

CEI 61158-5-14:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 5-14: Définition des services de la couche application – Éléments de type 14*

CEI 61158-5-15:2010, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 5-15: Définition des services de la couche application – Éléments de type 15*

CEI 61158-5-17:2007, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 5-17: Définition des services de la couche application – Éléments de type 17*

CEI 61158-5-19:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 5-19: Définition des services de la couche application – Éléments de type 19*

CEI 61158-5-21:2010, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 5-21: Définition des services de la couche application – Éléments de type 21*

CEI 61158-5-22:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 5-22: Définition des services de la couche application – Éléments de type 22*

CEI 61158-5-23:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 5-23: Définition des services de la couche application – Éléments de type 23*

CEI 61158-6-2:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 6-2: Spécification du protocole de la couche application – Éléments de type 2*

CEI 61158-6-4:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 6-4: Spécification du protocole de la couche application – Éléments de type 4*

CEI 61158-6-10:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 6-10: Spécification du protocole de la couche application – Éléments de type 10*

CEI 61158-6-11:2007, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 6-11: Spécification du protocole de la couche application – Éléments de type 11*

CEI 61158-6-12:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 6-12: Spécification du protocole de la couche application – Éléments de type 12*

CEI 61158-6-13:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 6-13: Spécification du protocole de la couche application – Éléments de type 13*

CEI 61158-6-14:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 6-14: Spécification du protocole de la couche application – Éléments de type 14*

CEI 61158-6-15:2010, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 6-15: Spécification du protocole de la couche application – Éléments de type 15*

CEI 61158-6-17:2007, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 6-17: Spécification du protocole de la couche application – Éléments de type 17*

CEI 61158-6-19:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 6-19: Spécification du protocole de la couche application – Éléments de type 19*

CEI 61158-6-21:2010, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 6-21: Spécification du protocole de la couche application – Éléments de type 21*

CEI 61158-6-22:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 6-22: Spécification du protocole de la couche application – Éléments de type 22*

CEI 61158-6-23:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 6-23: Spécification du protocole de la couche application – Éléments de type 23*

IEC 61588:2009, *Precision clock synchronization protocol for networked measurement and control systems* (disponible en anglais seulement)

CEI 61784-1:2014, *Réseaux de communication industriels – Profils – Partie 1 : Profils de bus de terrain*

CEI 61784-5-2:2013, *Réseaux de communication industriels – Profils – Partie 5-2: Installation des bus de terrain – Profils d'installation pour CPF 2*

CEI 61784-5-3:2013, *Réseaux de communication industriels – Profils – Partie 5-3: Installation des bus de terrain – Profils d'installation pour CPF 3*

CEI 61784-5-6:2013, *Réseaux de communication industriels – Profils – Partie 5-6: Installation des bus de terrain – Profils d'installation pour CPF 6*

CEI 61784-5-8:2013, *Réseaux de communication industriels – Profils – Partie 5-8: Installation des bus de terrain – Profils d'installation pour CPF 8*

CEI 61784-5-11:2013, *Réseaux de communication industriels – Profils – Partie 5-11: Installation des bus de terrain – Profils d'installation pour CPF 11*

CEI 61800 (toutes les parties), *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable*

CEI 61918:2013, *Réseaux de communication industriels – Installation de réseaux de communication dans des locaux industriels*

ISO/CEI 2382-16:1996, *Technologies de l'information – Vocabulaire – Partie 16: Théorie de l'information*

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

ISO/CEI 8802-2, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 2: Logical link control* (disponible en anglais seulement)
Corrigendum 1

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

ISO/IEC 8802-11, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 11: Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications* (disponible en anglais seulement)

ISO/IEC 11801:2002, *Information technology – Generic cabling for customer premises* (disponible en anglais seulement)¹
Amendement 1: 2008
Amendement 2:2010

ISO 15745-3, *Systèmes d'automatisation industrielle et intégration – Cadres d'intégration d'application pour les systèmes ouverts – Partie 3: Description de référence pour les systèmes de contrôle fondés sur la CEI 61158*

¹ Il existe une édition consolidée 2.2:2011 comprenant l'ISO/CEI 11801:2002, son Amendement 1:2008 et son Amendement 2:2010.

ISO 15745-4:2003, *Systèmes d'automatisation industrielle et intégration – Cadres d'intégration d'application pour les systèmes ouverts – Partie 4: Description de référence pour les systèmes de contrôle fondés sur Ethernet*
Amendement 1:2006, *profils PROFINET*

IEEE 802-2001, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture*

IEEE 802.1AB, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Station and Media Access Control Connectivity Discovery*

IEEE 802.1AS-2011 *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – IEEE standard for Local and metropolitan area networks – Timing and Synchronisation pour Time-Sensitive Applications in Bridged Local Area Networks*

IEEE 802.1D-2004, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – IEEE standard for local and metropolitan area networks – Common specifications – Media access control (MAC) Bridges*

IEEE 802.1Q-2011 *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – IEEE standard for Local and metropolitan area networks – Virtual bridged local area networks*

IEEE 802.3-2008: *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications*

NOTE La conformité aux futures éditions de la présente norme devra être vérifiée.

IEEE Std 802.11-2007, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks– Specific requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications*

IEEE Std 802.15.1, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 15: Sans fil medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications for sans fil personal area networks (WPANs)*

IETF RFC 768, *Protocole de datagramme d'utilisateur*, disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 791, *Protocole Internet*, disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 792, *Internet Control Message Protocol*, disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 793, *Transmission Control Protocol*, disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 826, *Ethernet Address Resolution Protocol*, disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 894, *A standard for the Transmission of IP Datagrams over Ethernet Networks*, disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 1034, *Domain names – concepts and facilities*, disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 1112, *Host Extensions for IP Multicasting*, disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 1122, *Requirements for Internet Hosts – Communication Layers*, disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 1123, *Requirements for Internet Hosts – Application and Support*, disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 1127, *A Perspective on the Host Requirements RFCs*, disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 1157, *Simple Network Management Protocol (SNMP)*, disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 1213, *Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets: MIB-II*, disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 1305, *Network Time Protocol (Version 3)*, disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 2131, *Dynamic Host Configuration Protocol*, disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 2236, *Internet Group Management Protocol, Version 2*, disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 2544, *Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices*, disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 2988, *Computing TCP's Retransmission Timeout*, disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 4836, *Definitions of Managed Objects for IEEE 802.3 Medium Attachment Units (MAUs)*, disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org>>

Open Software Foundation (OSF): C706, *CAE Specification DCE1.1: Appel de procédure à distance*, disponible à l'adresse <http://www.opengroup.org/onlinepubs/9629399/toc.htm>

3 Termes, définitions, abréviations, acronymes et conventions

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO/CEI 8802-3, l'IEEE 802, l'IEEE 802.1AB, l'IEEE 802.1AS, l'IEEE 802.1D, l'IEEE 802.1Q et l'IEEE 802.3, ainsi que les suivants, s'appliquent.

3.1.1

réseau actif

réseau dans lequel la transmission entre les dispositifs qui ne sont pas immédiatement connectés dépend des éléments actifs des dispositifs intercalés formant le chemin de connexion

[SOURCE: CEI 61918:2013, 3.1.3]

3.1.2

cycle de communication

<CPF 16>

période de temps fixe entre deux messages de synchronisation principaux

3.1.3

cyclique

répétitif de manière régulière

3.1.4

domaine

<CPF 10>

partie du réseau composée d'un ou de deux sous-réseau(x)

Note 1 à l'article: Deux sous-réseaux sont nécessaires à la composition d'un réseau à double redondance, chaque station d'extrémité du domaine étant connectée à l'un ou l'autre des sous-réseaux.

3.1.5

station d'extrémité

système associé à un réseau, qui est la source ou la destination des trames MAC transmises sur ledit réseau

Note 1 à l'article: Du point de vue du réseau, un routeur de couche réseau est une station d'extrémité. Un commutateur, dont le rôle consiste à transférer des trames MAC d'une liaison à une autre, n'est pas une station d'extrémité.

3.1.6

zone de terrain

endroit d'un site de fabrication ou de traitement dans lequel se trouvent les appareils de terrain

3.1.7

trame

unité de transmission de données d'un contrôle d'accès au support (MAC) ISO/CEI 8802-3 qui achemine une unité de données de protocole (PDU) entre les utilisateurs de service MAC

[SOURCE: IEEE 802.1Q-2011]

3.1.8

numéro d'identification (IDN)

<CPF 16>

appellation d'une donnée de fonctionnement sous laquelle un bloc de données est préservé avec ses attributs, noms, unités, valeurs d'entrée minimales et maximales, ainsi que les données

3.1.9

canal IP

<CPF 16>

intervalle de temps défini dans le cycle de communication, permettant de transmettre les trames de protocole Ethernet ISO/CEI 8802-3 (communication en temps différé)

3.1.10

gigue

modification temporelle du signal d'horloge ou d'un événement régulier

3.1.11**topologie linéaire**

topologie dans laquelle les nœuds sont connectés en série, deux nœuds étant connectés à un seul autre nœud et tous les autres étant connectés à deux autres nœuds (en d'autres termes, la connexion forme une ligne)

[SOURCE: CEI 61918:2013, 3.1.44]

3.1.12**liaison**

chemin de transmission entre deux nœuds adjacents

[SOURCE: dérivée de l'ISO/CEI 11801]

3.1.13**double ligne logique**

<CPF 18>

séquence de l'appareil racine et de tous les appareils ordinaires prenant en charge le traitement du DLPDU dans les directions avant et arrière

3.1.14**maître**

<CPF 16>

nœud qui autorise les autres nœuds à transmettre

3.1.15**message**

série ordonnée d'octets destinée à communiquer des informations

Note 1 à l'article: En principe utilisé pour acheminer des informations entre des homologues au niveau de la couche d'application.

[SOURCE: dérivée de l'ISO/CEI 2382-16:1996, 16.02.01]

3.1.16**message MDT0**

<CPF 16>

message dans lequel le maître transmet aux esclaves ses données de synchronisation et tout ou partie de ses données en temps réel

3.1.17**nœud**

entité de réseau connectée à une ou plusieurs liaisons

Note 1 à l'article: Un nœud peut être un commutateur, une station d'extrémité ou une station d'extrémité RTE.

3.1.18**paquet**

groupement logique d'informations permettant de décrire une unité de données d'une couche afin d'acheminer les données utilisateur de la couche supérieure vers sa couche homologue

Note 1 à l'article: Un paquet est identique au PDU de chaque couche en termes de modèle de référence OSI. Un paquet de couche de liaison de données est une trame.

3.1.19**temps réel**

aptitude d'un système à fournir un résultat requis dans un temps limité

3.1.20

communication en temps réel

transfert de données en temps réel

3.1.21

Ethernet en temps réel

(RTE)

réseau ISO/CEI 8802-3 ou IEEE 802.3 comprenant une communication en temps réel

Note 1 à l'article: Une autre communication peut être prise en charge, à condition de ne pas compromettre la communication en temps réel.

Note 2 à l'article: Cette définition est spécialisée mais n'est pas limitée à l'ISO/CEI 8802-3. Elle pourrait s'appliquer à d'autres spécifications IEEE 802 (l'IEEE 802.11, par exemple).

3.1.22

ligne de trame en temps réel

(RTFL)

<CPF 18>

modèle de communication comportant des appareils communiquant dans le cadre d'une double ligne logique

3.1.23

réseau de trames en temps réel

(RTFN)

<CPF 18>

modèle de communication comportant des appareils communiquant dans un réseau commuté

3.1.24

anneau

réseau actif dans lequel chaque nœud est connecté en série à deux autres nœuds

Note 1 à l'article: Un anneau peut également être appelé boucle.

[SOURCE: CEI 61918:2013, 3.1.63]

3.1.25

router

<CPF 10>

équipement intermédiaire permettant de connecter au moins deux sous-réseaux à l'aide d'une fonction de relais de couche réseau

3.1.26

élément final RTE

appareil comportant au moins une station d'extrémité RTE

3.1.27

station d'extrémité RTE

station d'extrémité offrant une fonction RTE

3.1.28

planification

disposition temporelle d'un certain nombre d'opérations liées

3.1.29

étoile

réseau composé d'au moins trois dispositifs, chacun étant connecté à un point central

[SOURCE: CEI 61918:2013, 3.1.69, modifiée – "qui peut être actif ou passif" a été supprimé]

3.1.30**sous-réseau**

<CPF 10>

partie d'un réseau ne contenant pas de routeur

Note 1 à l'article: Un sous-réseau est composé de stations d'extrémité, de ponts et de segments.

Note 2 à l'article: Les adresses de réseau IP de chaque station d'extrémité incluse dans un sous-réseau sont identiques.

3.1.31**commutateur**

pont MAC tel que défini dans l'IEEE 802.1D

3.1.32**message**

<CPF 16>

trame

3.2 Abréviations et acronymes

AL	Couche d'application (<i>Application Layer</i>)
APDU	Ensemble (Unité) de données de protocole d'application (<i>Application Protocol Data Unit</i>)
API	Identificateur de processus d'application (<i>Application Process Identifier</i>)
AR	Relation d'application (<i>Application Relationship</i>)
ARP	Protocole de résolution d'adresse (<i>Address Resolution Protocol</i>)
ASE	Éléments de service d'application (<i>Application Service Elements</i>)
CP	Profil de communication (<i>Communication Profile</i>) [conformément à la CEI 61784-1]
CPF	Famille de profils de communication (<i>Communication Profile Family</i>) [conformément à la CEI 61784-1]
CRC	Contrôle de redondance cyclique (<i>Cyclic Redundancy Check</i>)
CSMA-CD	Accès multiple par surveillance du signal et détection de collision (<i>Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection</i>)
DA	Adresse MAC de destination (<i>Destination MAC Address</i>)
DHCP	Protocole de configuration d'hôte dynamique (<i>Dynamic Host Configuration Protocol</i>) (voir RFC 2131)
DL	Couche de liaison de données (<i>Data Link</i>) (préfixe)
DLL	Couche DL (<i>DL Layer</i>)
DNS	Service de nom de domaine (<i>Domain Name Service</i>)
DUT	Appareil en essai (<i>Device under test</i>)
ECSME	Entité de gestion de planification des communications EPA (<i>EPA Communication Scheduling Management Entity</i>)
FA	Automatisation des usines (<i>Factory Automation</i>)
FCS	Séquence de contrôle de trame (<i>Frame Check Sequence</i>)
FrameID	Identificateur de trame (<i>Frame Identifier</i>) (voir CEI 61158-6-10)
GSD	Description générale de station (<i>General station description</i>)
HW	Matériel (<i>HardWare</i>)
IANA	Internet Assigned Numbers Authority
ICMP	Protocole de message de contrôle Internet (<i>Internet Control Message Protocol</i>) (voir RFC 792)

ID	Identificateur
IDN	Numéro d'identification (<i>IDentification Number</i>)
IETF	Internet Engineering Task Force
ES	Entrée-Sortie
IP	Protocole Internet (<i>Internet Protocol</i>) (voir RFC 791)
IPv4	Protocole Internet version 4 (<i>Internet Protocol version 4</i>) (voir RFC 791)
IRT	RT isochrone (<i>Isochronous RT</i>)
LAN	Réseau local (<i>Local Area Network</i>)
LLC	Contrôle de liaison logique (<i>Logical Link Control</i>)
LLDP	Protocole de reconnaissance de couche de liaison (<i>Link Layer Discovery Protocol</i>) (voir l'IEEE 802.1AB)
MAC	Contrôle d'accès au support (<i>Media Access Control</i>)
MAC	Contrôle d'accès au support (<i>Media Access Control</i>) (voir l'ISO/CEI 8802.3 ou l'IEEE 802.3)
Mbit/s	Million de bits par seconde
Moctets/s	Million d'octets par seconde
MCR	Relation de communication à multidestination (<i>Multicast Communication Relation</i>)
MIB	Base d'informations de gestion (<i>Management Information Base</i>)
MRP	Protocole de redondance du support (<i>Medium Redundancy Protocol</i>)
MRPD	Redondance du support pour la duplication planifiée (<i>Media redundancy for planned duplication</i>)
ms	millisecondes
n.a.	Non applicable
NoS	Nombre de commutateurs (<i>Number of Switches</i>)
NRT	Temps différé (<i>Non-Real-Time</i>)
PDU	Ensemble (Unité) de données de protocole (<i>Protocol Data Unit</i>)
PI	Indicateur de performance (<i>Performance indicator</i>)
ns	Nano-secondes
OID	Identificateur d'objet (<i>Object Identifier</i>) (voir IETF RFC 1157)
PhL	Couche physique (<i>Physical Layer</i>)
Phy	Sous-couche de l'entité de couche physique PHY (voir l'ISO/CEI 8802.3 ou l'IEEE 802.3)
pps	Paquets par seconde
PTCP	Precision Transparent Clock Protocol
PTP	Precision Time Protocol [CEI 61588]
RPC	Appel de procédure à distance (<i>Remote Procedure Call</i>)
RSTP	Algorithme d'arbre maximal rapide et protocole (<i>Rapid Spanning Tree Algorithm and protocol</i>) (voir l'IEEE 802.1D)
RT	Temps réel (<i>Real-time</i>)
RTA	Protocole acyclique en temps réel (<i>Real-time protocol acyclic</i>)
RTE	Ethernet en temps réel (<i>Real-Time Ethernet</i>)
RT-Ethernet	Ethernet en temps réel (<i>RT-Ethernet</i>)
RTFL	Ligne de trame en temps réel (<i>Real Time Frame Line</i>)
RTFN	Réseau de trames en temps réel (<i>Real Time Frame Network</i>)

RTO	Délai d'attente de retransmission (<i>Retransmission Time Out</i>) [conformément à RFC 2988 – Calcul des temporisateurs de retransmission de TCP]
RTPS	Publication-abonnement en temps réel (<i>Real-Time Publish-Subscribe</i>)
SERCOS	SErial Real time COmmunication System
SNMP	Protocole de gestion de réseau simple (<i>Simple Network Management Protocol</i>) (voir IETF RFC 1213)
TCC	Cyclique à contrainte de temps (<i>Time-Critical Cyclic</i>)
TCP	Protocole de contrôle de transmission (<i>Transmission Control Protocol</i>) (voir IETF RFC 793)
TOS	Type de service (<i>Type Of Service</i>)
UDP	Protocole de datagramme utilisateur (<i>User Datagram Protocol</i>) (voir IETF RFC 768)
VLAN	LAN virtuel (<i>Virtual LAN</i>)

3.3 Symboles

3.3.1 Symboles CPF 2

Symbole	Définition	Unité
APDUsize	Taille de l'ensemble de données de protocole d'application par connexion CP 2/2	octets
CD	Délai de segment du câble	µs
CL	Longueur du segment de câble	m
DT	Temps de remise	µs
EN_NRTE_PR	Vitesse de transmission des paquets non RTE de la station d'extrémité par connexion CP 2/2	pps
EN_RTE_PR	Vitesse de transmission des paquets RTE de la station d'extrémité par connexion CP 2/2	pps
EN_PR	Vitesse de transmission des paquets de la station d'extrémité	pps
EN_PR_MAX	Vitesse maximale de transmission des paquets de la station d'extrémité	pps
EN_TNRTE_PR	Vitesse totale de transmission des paquets non RTE de la station d'extrémité en pps	pps
EN_TRTE_PR	Vitesse totale de transmission des paquets RTE de la station d'extrémité	pps
k	Nombre de connexions CP 2/2 prises en charge par la station d'extrémité	–
m	Nombre de connexions non RTE CR 2/2	–
n	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité d'origine et destinataire	–
p	Nombre de connexions RTE CR 2/2	–
NRTE_BW	Largeur de bande non RTE	%
PD	Délai de propagation du câble	n/m
SD _r	Délai de pile du récepteur	µs
SD _s	Délai de pile de l'émetteur	µs
SL	Latence du commutateur	µs
SPD	Délai de traitement du commutateur	µs
T _{x_paquet}	Durée d'émission du paquet	µs

3.3.2 Symboles CPF 3

Symbole	Définition	Unité
Cd	Délai du câble (voir l'attribut cable_delay dans la CEI 61158-5-10)	s
Cl _t	Longueur totale du câble	m
cta _R	Durée de cycle d'application du récepteur	s
cta _S	Durée de cycle d'application de l'émetteur	s
Ctc	Durée de cycle de communication	s
Data	Trame Ethernet complète	octets
data_request	Débit RTE demandé	octets/s
data_RTE	Débit RTE réel	octets/s
DT	Temps de remise	s
endStations	Nombre de stations d'extrémité	–
EthernetDataRate	Vitesse de transmission Ethernet du réseau	Mbit/s
MAC_delay	Délai sur la couche MAC	s
NonRTE	Pourcentage de largeur de bande non RTE	%
NoS	Nombre de commutateurs	–
Od	Autres délais, par exemple, transfert de signal dans un anneau	s
Pd	Délai de propagation	s
Phy_R_delay	Délai Phy côté récepteur	s
Phy_S_delay	Délai Phy côté émetteur	s
protocolRTE	Pourcentage de temps de protocole	s
Queue_delay	Délai de file d'attente dans un commutateur	s
RM	Durée nécessaire aux fonctions de gestion pour prendre en charge la redondance	s
RR	Rapport de réduction d'attribut (voir CEI 61158-5-10)	–
SCF	Attribut SendClockFactor (voir CEI 61158-5-10)	–
STTr	Temps transversal de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC	s
STTs	Temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris Phy et MAC	s
Throughput_RTE	Débit RTE	octets/s
Time_synchron_accuracy	Exactitude de la synchronisation temporelle	s
Tt	Temps de transfert	s

3.3.3 Symboles CPF 4

Symbole	Définition	Unité
cd	Délai du câble (Maximum 100 m)	µs
DT	Temps de remise	µs
DTb	Temps de remise, calculé par les valeurs du cas le plus favorable	µs
DTw	Temps de remise, calculé par les valeurs du cas le moins favorable	µs
FS	Nombre de trames admises à envoyer toutes les secondes pour une station d'extrémité RTE	–
NoAS	Nombre d'accès autorisés par appareil toutes les secondes	–
NoCEN	Nombre de stations d'extrémité RTE qui peuvent générer des trames sur la liaison commutateur-commutateur critique	–
NoNs[x]	Nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur x	–
NoNt	Nombre total de stations d'extrémité RTE	–
NoS	Nombre de commutateurs présents entre l'émetteur et le récepteur	–
pd	Délai de propagation à l'intérieur d'un commutateur. Valeur minimale requise	µs
QTES	Période de calme de la station d'extrémité imposée par Ethernet à la liaison de commutation	µs
QTSS	Période de calme imposée par Ethernet sur la liaison commutateur-commutateur	µs
STTr	Temps transversal de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC	µs
STTs	Temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris Phy et MAC	µs
ttES	Temps de transfert P-NET de la station d'extrémité RTE pour se commuter (à taille APDU maximale)	µs
ttESmin	Temps de transfert P-NET de la station d'extrémité RTE pour se commuter (à taille APDU minimale)	µs
ttSS	Temps de transfert P-NET commutateur-commutateur (à taille APDU maximale)	µs

3.3.4 Symboles CPF 6

Symbole	Définition	Unité
DTLD	Temps de remise total entre un esclave de Type 8 et une entité de Type 10	µs
DT10	Temps de remise du réseau de Type 10	µs
Cta_M	Durée du cycle d'application de l'application de mapping dans l'appareil de liaison	
M	Facteur de mise en œuvre du maître de Type 8	–
n	Nombre d'octets des données (données utilisateur; données utiles)	octets
sl8	Nombre d'esclaves de Type 8 connectés à l'appareil de liaison	–
T _{bit}	Durée nominale en bit (voir 27.2 de la CEI 61158-2)	µs
t _s	Temps de traitement logiciel du maître de Type 8 (spécifique à l'application)	µs

3.3.5 Symboles CPF 10

Symbole	Définition	Unité
Cdly	Délai du câble	µs
Clen	Longueur du câble	m
Dlen	Longueur de la trame Ethernet complète	bit
DT	Temps de remise	µs
DTlost1	temps de remise maximal avec une trame perdue pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine	µs
DTlost2	temps de remise maximal avec une trame perdue pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents	µs
DTmax1	temps de remise maximal pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine	µs
DTmax2	temps de remise maximal pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents	µs
NoS	Nombre de commutateurs présents entre l'émetteur et le récepteur	–
Spd	Délai de commutation dans des conditions non saturées	µs
STTr	Temps transversal de la pile du récepteur, y compris PhL, DLL et AP	µs
STTs	Temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris PhL, DLL et AP	µs
Trate	Débit binaire du transfert	Mbit/s

3.3.6 Symboles CPF 11

Symbole	Définition	Unité
BW _{CNT}	Largeur de bande utilisée pour la planification de la communication et le traitement des protocoles	%
BW _{NRT}	Largeur de bande utilisée pour les communications non RTE	%
BW _{RTE}	Largeur de bande utilisée pour les communications RTE	%
cd	Délai du câble	µs
cdl	Longueur totale du câble	km
ct	Durée de cycle	ms
data	Trame Ethernet complète	–
DT _H	Temps de remise des données cycliques à grande vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC	ms
DT _L	Temps de remise des données cycliques à faible vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC	ms
DT _M	Temps de remise des données cycliques à moyenne vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC	ms
DV _{HS}	Volume total de données cycliques à grande vitesse	octets
DV _{LS}	Volume total de données cycliques à faible vitesse	octets
DV _{MS}	Volume total de données cycliques à moyenne vitesse	octets
NoS	Nombre de commutateurs	–
od	Autres délais	µs
pd	Délai de propagation	µs
STTs	Temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris Phy et MAC	µs
STTr	Temps transversal de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC	µs
T _h	Temps de transmission à grande vitesse – cycle_time (ct) de base du service de données TCC	ms

Symbole	Définition	Unité
T_{HS}	Somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame de données TCC achemine les données cycliques à grande vitesse	μs
T_I	Temps de transmission à basse vitesse	ms
T_{LS}	Somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame de données TCC achemine les données cycliques à basse vitesse	μs
T_m	Temps de transmission à moyenne vitesse	ms
T_{MAC}	Temps de maintenance et de contrôle, au cours duquel une nouvelle station d'extrémité est sollicitée et l'opération de temps périodique est contrôlée	μs
T_{MS}	Somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame de données TCC achemine les données cycliques à moyenne vitesse	μs
T_{NRT}	Somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame et les données non RTE (données utiles), quittent la station d'extrémité dans le temps T_h et sont utilisées pour l'application Ethernet standard de manière sporadique	μs
TR_{HS}	Débit RTE de données cycliques à grande vitesse	Moctets/s
TR_{LS}	Débit RTE de données cycliques à faible vitesse	Moctets/s
TR_{MS}	Débit RTE de données cycliques à moyenne vitesse	Moctets/s
TR_{RTE}	Débit RTE et somme de TR_{HS} , TR_{LS} et TR_{MS}	Moctets/s
T_{RTE}	Somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame et les données RTE (données utiles) de longueur fixe, quittent la station d'extrémité dans le temps T_h	μs
T_{SCH}	Somme des durées d'émission de trame pour la planification de transmission	μs
tt	Temps de transfert	μs

3.3.7 Symboles CPF 12

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

3.3.8 Symboles CPF 13

Symbole	Définition	Unité
B _{NRTE}	Largeur de bande non RTE	%
M	MTU (unité de transmission maximale) du réseau	octets
N	Nombre de stations d'extrémité RTE traitées dans un cycle de communication	–
T _A	Temps réservé aux données non RTE dans un cycle de communication	µs
T _C	Durée de cycle de communication	µs
T _D	Temps de remise	µs
T _{FT,i}	Temps de transmission des trames RTE d'une station d'extrémité RTE i	µs
T _{PR}	Temps de traitement dans la station d'extrémité destinataire	µs
T _{PS}	Temps de traitement dans la station d'extrémité d'origine	µs
T _{RD,i}	Délai de réponse de la station d'extrémité RTE i	µs
T _S	Délai de démarrage du cycle de communication	µs
T _{SD,i}	Somme de tous les délais des composants d'infrastructure (commutateurs, concentrateurs, câblage) de la station d'extrémité RTE i	µs

3.3.9 Symboles CPF 14

Symbole	Définition	Unité
DT	Temps de remise	µs
D_size	Taille des données	octets
LCable	Longueur du câble	m
Ndata	Longueur de la trame Ethernet complète	octets
NRTE_BW	Largeur de bande non RTE	%
NSwitch	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	
RateofEthernet	Vitesse de transmission Ethernet	Mbit/s
RMDData	Données de gestion de redondance	octets
RTEDData	Données en temps réel	octets
TApp_R	Temps de traitement de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC	µs
TCable	Délai du câble	µs
TD_Sw	Retard dans le commutateur	µs
TEthernet_S	Temps transversal de l'émetteur par MAC et Phy conformément à l'ISO/CEI 8802-3	µs
ThroughputRTE	Débit RTE	octets/s
TQueue_S	Délai de mise en file d'attente de l'émetteur	µs
TSDData	Données de synchronisation temporelle	octets
TStack_S	Temps de traitement de la pile de l'émetteur	µs
TSwitch	Délai de commutation	µs
TTrf_S	Temps de transfert d'un octet	µs
T_wire	Temps par octet sur un segment de fil	µs
STT_s	Temps transversal de la pile de l'émetteur	µs
STT_r	Temps transversal de la pile du récepteur	µs

3.3.10 Symboles CPF 15

Symbole	Définition	Unité
D_size	Taille des données	octets
DT	Temps de remise	µs
DT_lf	Temps de remise lors de la perte d'une trame	µs
DT_lfh	Temps de remise lors de la perte d'une trame et lorsque la configuration est fiable selon la cadence (impulsions)	µs
DT_lfp	Temps de remise lors de la perte d'une trame et lorsque la configuration est fiable périodiquement	µs
DT_n	Temps de remise du message NACK	µs
H	Période de la cadence (impulsions), qui est un paramètre configuré	µs
N_Sw	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	–
RTO	Paramètre de délai d'attente de retransmission TCP	µs
STT_r	Temps transversal de la pile du récepteur	µs
STT_r1	Partie du temps transversal de la pile du récepteur indépendante de D_size	µs
STT_r2	Partie du temps transversal de la pile du récepteur qui dépend linéairement de D_size	µs
STT_s	Temps transversal de la pile de l'émetteur	µs
STT_s1	Partie du temps transversal de la pile de l'émetteur indépendante de D_size	µs
STT_s2	Partie du temps transversal de la pile de l'émetteur qui dépend linéairement de D_size	µs
T	Période, qui est un paramètre configuré	µs
T_wire	Temps par octet sur un segment de fil	µs
TD_Sw	Retard dans le commutateur	µs

3.3.11 Symboles CPF 16

Symbole	Définition	Unité
ac	Exactitude de synchronisation non périodique	ns
cd	Délai du câble	µs/m
clt	Longueur totale du câble	m
ct	Cycle_time configuré pour le segment de réseau	µs
data	Données à transmettre dans un cycle (y compris la trame Ethernet complète)	bit
DT	Temps de remise	µs
fr	Temps d'exécution de trame	µs
ma	Exactitude de synchronisation de l'appareil maître	µs
mct	Durée minimale du cycle	ms
N	Valeur entière	–
nf	Nombre de trames	–
nn	Nombre de nœuds	–
pd	Délai de propagation (retard du signal) d'un nœud de renvoi	µs
sa	Exactitude de synchronisation d'un appareil esclave	µs
st	Temps de séparation par trame	µs
tt	Temps de transfert	µs

3.3.12 Symboles CPF 17

Symbol	Définition	Unit
APDUsize	Taille de l'ensemble de données de protocole d'application en octets	octets
BW _{N RTE}	Largeur de bande non RTE, en %	%
LDR	Vitesse de transmission des données de liaison en bit par secondes	bps
LTC	Longueur totale du câble, en mètre	m
M	Nombre de paquets dans la file d'attente de transmission du port du nœud i en face de ce paquet	–
N	Nombre de nœuds entre les stations d'extrémité d'origine et destinataire	–
NF _{E/S_MAX}	Nombre maximal de trames admises à envoyer toutes les secondes pour une station d'extrémité	pps
NF _{RTE/S}	Nombre de trames admises à envoyer toutes les secondes pour une station d'extrémité RTE	pps
Posize	Taille du traitement de protocoles, en octets	octets
T _{CPD}	Délai de propagation du câble, en microsecondes	µs
T _{CPD/M}	délai de propagation du câble en nanosecondes par mètre (selon les caractéristiques du câble sélectionné)	ns/m
T _{DELAY}	Temps de remise, en microsecondes	µs
T _{DELAY_MAX}	Temps de remise maximal, en microsecondes	µs
T _{DELAY_MIN}	Temps de remise minimal, en microsecondes	µs
Throughput_RTE	Débit RTE	octets/s
Throughput_RTE _{MAX}	Débit RTE maximal	octets/s
T _{NLD}	Délai de latence du nœud, en microsecondes	µs
T _{NLD_i}	Délai de latence du nœud i, en microsecondes	µs
T _{NPD}	Délai de propagation du nœud, en microsecondes	µs
T _{NPD_i}	Délai de propagation du nœud i, en microsecondes	µs
T _{PKT}	Durée d'émission du paquet, en microsecondes	µs
T _{PKT_i}	Durée d'émission du paquet du nœud i en microsecondes	µs
T _{RCV}	Temps transversal de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC, en microsecondes	µs
T _{SND}	Temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris Phy et MAC, en microsecondes	µs
T _{TX_PKT_ij}	durée d'émission du paquet j en microsecondes, dans la file d'attente de transmission du port du nœud i en face de ce paquet (selon la taille APDU du nœud i)	µs
T _{TX_PKT_j}	durée d'émission du paquet j, en microsecondes, dans la file d'attente de transmission du port en face de ce paquet (selon la taille APDU du nœud i)	µs

3.3.13 Symboles CPF 18

Symbole	Définition	Unité
I _B	Distance du câble en sens inverse	m
I _C	Longueur du câble	m
I _F	Distance du câble en sens direct	m
NoDoB	Nombre d'appareils dans le sens inverse	–
NoDoF	Nombre d'appareils dans le sens direct	–
NoS	Nombre d'appareils de commutation	–
t _{CD}	Délai du câble	ns/m
t _{cyc}	Durée de cycle du système/de la relation de communication	µs

Symbole	Définition	Unité
t_D	Temps de remise	μs
t_{data}	Durée d'émission des DLPDU	μs
t_{pd}	Délai de propagation	μs
t_{STsink}	Temps transversal de la pile du collecteur	μs
t_{STsrc}	Temps transversal de la pile de la source	μs
t_{SW}	Retard d'un commutateur	μs

3.4 Conventions

3.4.1 Conventions communes à toutes les couches

3.4.1.1 Tableaux de sélection des articles/paragraphes

La sélection des articles/paragraphes pour toutes les couches est définie dans le Tableau 1 et le Tableau 2. Les spécifications de base sélectionnées sont indiquées juste avant le/les tableau(x) de sélection. La sélection est réalisée au plus haut niveau de paragraphe/article possible afin de définir sans équivoque la sélection du profil.

Tableau 1 – Présentation des tableaux de sélection des articles/paragraphes de profil

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes

Tableau 2 – Contenu des tableaux de sélection des articles/paragraphes

Colonne	Texte	Signification
Article / paragraphe	<#>	numéro d'article/paragraphe des spécifications de base
	Articles/paragraphes suivants	tout article / paragraphe suivant jusqu'au dernier article / paragraphe de la spécification de base
	Annexes suivantes	toute annexe suivante jusqu'à la dernière annexe de la spécification de base
En-tête	<texte>	titre d'article/paragraphe des spécifications de base
Présence	NON	Cet article/paragraphe n'est pas inclus dans le profil
	OUI	Cet article/paragraphe est intégralement (100 %) inclus dans le profil dans ce cas, aucun détail supplémentaire n'est donné
	–	La présence est définie dans les paragraphes suivants
	Partiel	Des parties de cet article/paragraphe sont incluses dans le profil
	Facultatif	Cet article/paragraphe peut éventuellement être inclus dans le profil
Contraintes	Voir <#>	Les contraintes/remarques sont définies dans le paragraphe, le tableau ou la figure donné du document de ce profil
	–	Aucune contrainte autre que celle donnée dans l'article/paragraphe du document de référence, Ou non applicable
	<texte>	Le texte définit directement la contrainte. Pour les textes plus longs, des notes de bas de page ou des notes placées dans le tableau peuvent être utilisées

Si des séquences d'articles/paragraphes ne correspondent pas au profil, les numéros sont concaténés.

EXEMPLE paragraphes concaténés

3.4 – 3.7	–	NON	–

3.4.1.2 Tableaux de sélection de service

Si la sélection des services est définie dans un tableau, le format du Tableau 3 est utilisé. Le tableau identifie les services sélectionnés et comprend les contraintes liées au service (voir le Tableau 4).

Tableau 3 – Présentation des tableaux de sélection de service

Réf. du service	Nom du service	Utilisation	Contrainte

Tableau 4 – Contenu des tableaux de sélection de service

Colonne	Texte	Signification
Réf. du service	<#>	numéro d'article/paragraphe des spécifications de base dans lesquelles le service est défini
	–	Non applicable
Nom du service	<texte>	Nom du service
Utilisation	M	Obligatoire
	O	Facultatif
	–	Le service n'est jamais utilisé
Contraintes	Voir <#>	Les contraintes/remarques sont définies dans le paragraphe, le tableau ou la figure donné du document de ce profil
	–	Aucune contrainte autre que celle qui est donnée dans l'article/paragraphe du document de référence, ou non applicable
	<texte>	Le texte définit directement la contrainte. Pour les textes plus longs, des notes de bas de page ou des notes placées dans le tableau peuvent être utilisées

Si la sélection des paramètres de service est définie dans un tableau, le format du Tableau 5 est utilisé. Chaque tableau identifie les paramètres sélectionnés et comprend les contraintes liées au paramètre (voir le Tableau 6).

Tableau 5 – Présentation des tableaux de sélection de paramètre

Réf. de paramètre	Nom du paramètre	Utilisation	Contrainte

Tableau 6 – Contenu des tableaux de sélection de paramètre

Colonne	Texte	Signification
Réf. de paramètre	<#>	numéro d'article/paragraphe des spécifications de base dans lesquelles le service est défini
	–	Non applicable
Nom du paramètre	<texte>	Nom du paramètre de service
Utilisation	M	Obligatoire
	O	Facultatif
	–	L'attribut n'est jamais présent
Contraintes	Voir <#>	Les contraintes/remarques sont définies dans le paragraphe, le tableau ou la figure donné du document de ce profil
	–	Aucune contrainte autre que celle qui est donnée dans l'article/paragraphe du document de référence ou non applicable
	<texte>	Le texte définit directement la contrainte. Pour les textes plus longs, des notes de bas de page ou des notes placées dans le tableau peuvent être utilisées

3.4.2 Couche physique

Aucune convention supplémentaire n'est définie.

3.4.3 Couche de liaison de données

3.4.3.1 Conventions de profil de service

Aucune convention supplémentaire n'est définie.

3.4.3.2 Sélections de service et de paramètre

Elles sont décrites par les conventions communes, voir 3.4.1.2.

3.4.4 Couche d'application

3.4.4.1 Conventions de profil de service

La sélection de l'ASE et de la classe est décrite dans les tableaux de sélection des articles/paragraphes, voir 3.4.1.1 Si l'utilisation de l'ASE et des classes sélectionnés est contrainte dans une plus large mesure, cela est spécifié dans le profil (un élément facultatif de la norme de base est obligatoire dans le profil, par exemple).

Si la sélection des attributs de classe est définie dans un tableau, le format du Tableau 7 est utilisé. Le tableau identifie les attributs de classe sélectionnés et comprend leurs contraintes (voir le Tableau 8).

Tableau 7 – Présentation des tableaux de sélection d'attribut de classe

Attribut	Nom de l'attribut	Utilisation	Contrainte

Tableau 8 – Contenu des tableaux de sélection d'attribut de classe

Colonne	Texte	Signification
Attribut	<#>	Numéro d'attribut de la classe de spécification de base
	–	Non applicable
Nom de l'attribut	<texte>	Nom de l'attribut
Utilisation	M	Obligatoire
	O	Facultatif
	–	L'attribut n'est jamais présent
Contraintes	Voir <#>	Les contraintes/remarques sont définies dans le paragraphe, le tableau ou la figure donné du document de ce profil
	–	Aucune contrainte autre que celle qui est donnée dans l'article/paragraphe du document de référence ou non applicable
	<texte>	Le texte définit directement la contrainte. Pour les textes plus longs, des notes de bas de page ou des notes placées dans le tableau peuvent être utilisées

3.4.4.2 Sélections de service et de paramètre

Elles sont décrites par les conventions communes, voir 3.4.1.2.

4 Conformité aux profils de communication

Une déclaration de conformité au profil CPF (famille de profils de communication) RTE de la présente partie de la CEI 61784 doit être établie ² sous la forme d'une

- conformité à la CPF de la CEI 61784-2:2014 n <Type>, ou
- conformité à la CPF de la CEI 61784-2 (Ed. 3.0) n <Type>

et une déclaration de conformité à un profil de communication (CP) de la présente partie de la CEI 61784 doit être établie sous la forme d'une

- conformité au CP de la CEI 61784-2:2014 n/n <Type>, ou
- conformité au CP de la CEI 61784-2 (Ed. 3.0) n/n <Type>

où le Type entre chevrons (< >) est facultatif, les chevrons ne devant pas être inclus. Le Type peut être une chaîne de caractères quelconque.

Il convient que la déclaration de conformité soit accompagnée de la documentation appropriée (voir l'Article 6).

5 Indicateurs de performance RTE

5.1 Principes de base des indicateurs de performance

Un réseau comprenant une communication en temps réel et reposant sur l'ISO/CEI 8802-3 est appelé réseau Ethernet en temps réel (RTE). Les exigences des utilisateurs de réseaux RTE sont différentes selon les applications utilisées. Pour satisfaire à ces exigences de manière optimale, les réseaux de communication RTE conformes aux profils de communication décrits dans la présente norme offrent des performances différentes.

² Conformément aux Directives ISO/CEI

Les indicateurs de performance (spécifiés en 5.3) doivent être utilisés pour préciser les capacités d'un élément final RTE et d'un réseau de communication RTE, et pour spécifier les exigences d'une application. Les indicateurs de performance sont utilisés comme un ensemble de moyens d'interaction entre l'utilisateur du profil de communication RTE et le fabricant des éléments finaux RTE et des composants de réseau conformes à ce profil. Le Paragraphe 5.2 spécifie les exigences de l'application.

Les indicateurs de performance représentent

- a) les capacités d'un élément final RTE,
- b) les capacités d'un réseau de communication RTE,
- c) les exigences d'une application.

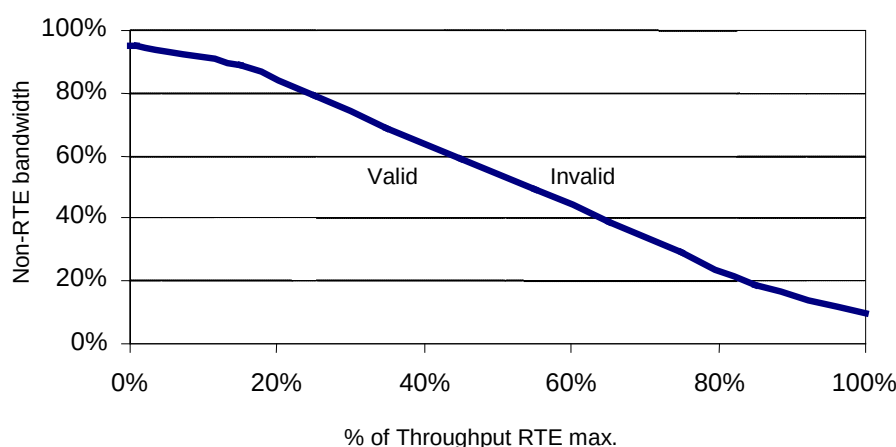
Un ensemble cohérent d'indicateurs de performance (spécifié en 5.3) est utilisé pour représenter les capacités RTE. Certains indicateurs de performance sont interdépendants, auquel cas, certaines valeurs dépendent de celles des autres pour assurer la cohérence de l'ensemble.

NOTE L'interdépendance est due aux contraintes physiques et logiques, qui ne sont pas modifiables. Par exemple, l'indicateur « Débit RTE (qui utilise 90 % de la largeur de bande totale) » et « Débit non RTE (90 %) » ne peuvent pas être simultanés, car la charge de transmission décrite serait alors de 180 %.

Aucune valeur limite générale de spécification des performances RTE n'est précisée pour les indicateurs de la présente norme, mais les fournisseurs demandant la conformité à la présente norme sont tenus de préciser les valeurs limites d'un produit reposant sur un profil de communication.

Les paragraphes CPF spécifiques à la technologie précisent

- a) la sélection des indicateurs de performance parmi les indicateurs de performance possibles définis en 5.3 adaptés à un profil de communication donné, éventuellement accompagnés de leurs limites ou plages individuelles,
- b) l'interdépendance entre les indicateurs de performance,
- c) éventuellement, les listes contenant des valeurs cohérentes d'indicateur de performance. Chaque liste contient un ou plusieurs indicateurs de performance principaux. Une valeur fixe est préalablement attribuée aux indicateurs de performance principaux (elle est en général optimisée pour présenter les meilleures performances globales). Les autres indicateurs de performance figurant dans la liste sont accompagnés de leurs limites de cohérence correspondantes,
- d) éventuellement, une représentation plus exhaustive de la relation entre les indicateurs de performance (la Figure 1 illustre un exemple de représentation graphique).



Légende

Anglais	Français
Non-RTE bandwidth	Largeur de bande non RTE
Valid	Valide
Invalid	Non valide
% of throughput RTE max	% de débit RTE max.

Figure 1 – Exemple de représentation graphique des indicateurs cohérents

Le fournisseur d'éléments finaux RTE et de réseaux de communication RTE doit proposer au moins un ensemble cohérent d'indicateurs de performance. Il convient que les valeurs limites données par le fournisseur reposent sur les principes d'essai de conformité spécifiés dans l'Article 6.

NOTE 1 Un ensemble de listes d'indicateurs de performance cohérents est uniquement donné s'il existe une interdépendance entre les indicateurs de performance.

NOTE 2 Des applications peuvent faire l'objet d'exigences lorsqu'un indicateur particulier présente une importance plus grande que tous les autres. Ce type d'application peut trouver très utile de sélectionner la liste d'indicateurs cohérents avec l'indicateur principal correspondant. D'autres applications peuvent faire l'objet d'exigences selon lesquelles plusieurs indicateurs présentent une importance égale. Pour ce type d'applications, une représentation graphique ou une représentation plus exhaustive de la relation qu'entretennent des indicateurs cohérents est plus appropriée. La Figure 1 est un exemple de représentation graphique d'indicateurs cohérents donnés par un profil de communication.

NOTE 3 Les éléments finaux RTE sont conçus à la discrétion de leurs fabricants. Par conséquent, aucune hypothèse ne peut être établie quant au nombre de stations d'extrémité RTE (interfaces réseau) générées dans un appareil. Pour obtenir des indicateurs de performance comparables du point de vue de l'application, ces indicateurs sont générés sur des stations d'extrémité RTE, et pas sur des appareils RTE.

5.2 Exigences d'application

Les capacités d'un réseau de communication RTE sont spécifiées en 5.3 sous la forme d'indicateurs. Les indicateurs permettent de mettre en correspondance les exigences d'application et les capacités des composants conformes à un ou plusieurs profils de communication de la présente partie de la CEI 61784.

Un profil est adapté si ses valeurs d'indicateur satisfont au moins aux valeurs d'indicateur requises.

NOTE 1 Des exigences sophistiquées sont susceptibles de donner un nombre plus petit de profils correspondants.

NOTE 2 Un principe de sélection du profil de communication correspondant est présenté dans l'ISO 15745-1.

Il convient que la classe dépendante de l'application soit un sous-ensemble d'un profil de communication x/y de manière à être adaptée à cette application.

5.3 Indicateurs de performance

5.3.1 Temps de remise

Le temps de remise doit indiquer le temps nécessaire à l'acheminement d'un APDU contenant des données (données utiles du message) devant être remis en temps réel à partir d'un nœud (source) vers un autre (destination). Le temps de remise est mesuré au niveau de l'interface entre le processus d'application et l'entité d'application (bus de terrain).

NOTE 1 Une description du concept de couche d'application, accompagnée d'une description du processus d'application et de l'entité d'application, est donnée dans la partie spécifique au type respective de la CEI 61158-5.

Le temps de remise maximal doit être établi dans les deux cas suivants:

- erreurs de non transmission, et
- une trame perdue avec reprise.

NOTE 2 La condition de défaillance permanente est décrite en 5.3.9.

Le calcul du temps de remise maximal doit inclure le temps de transmission et le temps d'attente.

NOTE 3 Le temps d'attente dépend du concept de réseau RTE, de la topologie du réseau RTE, de la charge d'application générée par les autres nœuds dans le réseau RTE et du trafic non RTE à cet instant.

5.3.2 Nombre de stations d'extrémité RTE

Le nombre de stations d'extrémité RTE doit représenter le nombre maximal de stations d'extrémité RTE prises en charge par un profil de communication.

NOTE Les éléments du réseau (un commutateur, par exemple) ne sont pas pris en compte dans le nombre de stations d'extrémité RTE.

5.3.3 Topologie de réseau de base

La topologie de réseau de base prise en charge par un profil de communication doit être établie en fonction de toutes les topologies figurant dans le Tableau 9 ou sous la forme d'une combinaison.

Tableau 9 – Types de topologie de réseau de base

Topologie de réseau de base	CP
Étoile hiérarchique	CP m/1
Anneau (boucle)	CP m/2
Topologie linéaire	CP m/3
NOTE Une topologie réelle peut être une combinaison de ces trois topologies de base.	

5.3.4 Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité RTE

Nombre de commutateurs entre deux stations d'extrémité RTE faisant l'objet d'une relation d'application.

5.3.5 Débit RTE

Le débit RTE doit indiquer la quantité totale de données APDU (par longueur d'octet) sur une liaison par seconde.

5.3.6 Largeur de bande non RTE

La largeur de bande non RTE doit indiquer le pourcentage de largeur de bande, qui peut être utilisé pour la communication non RTE sur une liaison. De plus, la largeur de bande totale de la liaison doit être spécifiée.

NOTE Le débit RTE et la largeur de bande non RTE des indicateurs sont liés les uns aux autres.

5.3.7 Exactitude de la synchronisation temporelle

L'exactitude de la synchronisation temporelle doit indiquer l'écart maximal entre deux horloges de nœud.

5.3.8 Exactitude de synchronisation non périodique

L'exactitude de synchronisation non périodique doit indiquer la gigue maximale du comportement cyclique des deux nœuds, ce comportement étant déclenché par des événements périodiques sur le réseau.

NOTE 1 Ce facteur tient compte de la cohérence des données ou des actions déclenchées par l'événement. Il s'agit d'une mesure de la propagation de la cohérence.

NOTE 2 Il peut s'agir d'un événement à diffusion individuelle, à diffusion multiple ou à diffusion générale. Il peut également être composé d'un ensemble d'événements simples.

5.3.9 Temps de reprise de redondance

Le temps de reprise de redondance doit indiquer la durée maximale après défaillance avant le retour au fonctionnement total en cas de défaillance permanente.

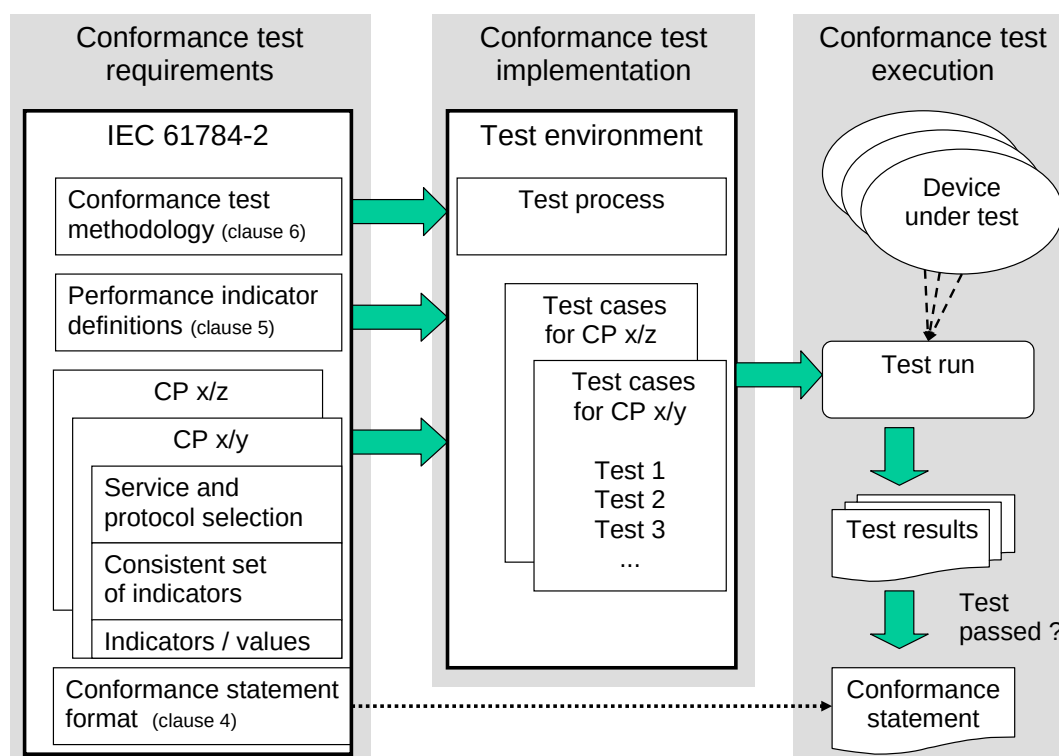
NOTE En cas de défaillance permanente, le temps de remise d'un message est le temps de reprise de redondance.

6 Essais de conformité

6.1 Concept

La présente partie de la CEI 61784 spécifie la méthodologie d'un essai de conformité d'un élément final RTE pour un ou plusieurs profils de communication. Cet essai de conformité consiste à vérifier les capacités d'un appareil en essai (DUT) par rapport à un ensemble cohérent d'indicateurs d'un profil de communication. L'essai de conformité doit assurer l'interopérabilité des appareils se déclarant conformes au même profil de communication. La Figure 2 présente l'essai de conformité lié à la présente partie de la CEI 61784.

NOTE La mise en œuvre et l'exécution de l'essai de conformité ne sont pas définies dans la présente norme.



Légende

Anglais	Français
Conformance test requirements	Exigences de l'essai de conformité
Conformance test implementation	Mise en œuvre de l'essai de conformité
Conformance test execution	Exécution de l'essai de conformité
Test environment	Environnement d'essai
Conformance test methodology (clause 6)	Méthodologie de l'essai de conformité (Article 6)
Test process	Processus d'essai
Device under test	Appareil en essai
performance indicator definitions (clause 5)	Définitions d'indicateur de performance (Article 5)
Test cases for CP x/y	Cas d'essai pour CP x/y
Test run	Exécution de l'essai
Service and protocol selection	Sélection de service et de protocole
Test 1 – Test 2 – Test 3	Essai 1 – Essai 2 – Essai 3
Consistent set of indicators	Ensemble cohérent d'indicateurs
Test results	Résultats d'essai
Indicators / values	Indicateurs / valeurs
Test passed ?	Essai satisfaisant ?
Conformance statement format (clause 4)	Format de déclaration de conformité (Article 4)
Conformance statement	Déclaration de conformité

Figure 2 – Présentation de l'essai de conformité

6.2 Méthodologie

Les cas d'essai doivent être développés de manière à pouvoir répéter les essais et vérifier les résultats. Les résultats d'essai doivent être documentés et utilisés comme base pour la déclaration de conformité.

Les essais de conformité d'un appareil doivent inclure, selon le cas, la vérification de

- la disponibilité et la justesse de la fonctionnalité CP spécifiée,
- les valeurs d'indicateur correspondant au réseau,

- les valeurs d'indicateur correspondant à l'appareil.

Les valeurs d'indicateur de performance du profil de communication et de l'appareil en essai doivent être utilisées.

NOTE 1 La qualité des cas d'essai est supposée garantir l'interopérabilité d'un appareil soumis à essai. Si des irrégularités sont signalées, les cas d'essai sont adaptés en conséquence.

NOTE 2 Un processus d'essai de conformité est décrit dans la série ISO/CEI 9646.

6.3 Conditions d'essai et cas d'essai

Les conditions d'essai et cas d'essai doivent être définis et documentés sur la base d'un profil de communication spécifique. Cela doit inclure les indicateurs suivants, le cas échéant:

- nombre de nœuds;
- topologie de réseau;
- nombre de commutateurs entre les nœuds;
- débit RTE,
- largeur de bande non RTE.

Pour chaque indicateur mesuré (voir 6.4), des documents de condition d'essai et de cas d'essai doivent être préparés, et doivent décrire:

- l'objectif de l'essai;
- le montage d'essai;
- la procédure d'essai;
- les critères de conformité.

Le montage d'essai présente la configuration de l'équipement nécessaire à la réalisation de l'essai, y compris l'équipement de mesurage, l'appareil en essai, l'équipement auxiliaire, le plan de raccordement et les conditions environnementales de l'essai.

Des parties de l'environnement d'essai peuvent être émulées ou simulées. Les effets de l'émulation ou de la simulation doivent être documentés.

La procédure d'essai explique comment il convient de réaliser l'essai. Elle décrit également l'ensemble spécifique d'indicateurs nécessaire à la réalisation de cet essai. Les critères de conformité définissent les résultats d'essai acceptés comme étant conformes à cet essai.

6.4 Procédure d'essai et mesures

Les indicateurs mesurés doivent inclure, le cas échéant:

- Le temps de remise;
- Le débit RTE;
- La largeur de bande non RTE;
- L'exactitude de la synchronisation temporelle;
- L'exactitude de synchronisation non périodique;
- Le temps de reprise de redondance.

La procédure d'essai doit reposer sur les principes définis en 6.3

La séquence des actions de mesure permettant de réaliser une session d'essai doit être précisée.

Le nombre de sessions indépendantes composant l'essai doit être précisé.

La méthode de calcul du résultat de l'essai suite aux sessions indépendantes doit être précisée, le cas échéant.

6.5 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir des informations suffisantes permettant de répéter l'essai et de vérifier les résultats.

Le rapport d'essai doit au moins contenir

- la référence à la méthodologie d'essai de conformité (voir 6.2),
- la référence aux définitions d'indicateur de performance (voir l'Article 5),
- la référence au profil de communication utilisé conformément à la présente partie de la CEI 61784,
- une description de l'environnement d'essai de conformité, comprenant les émulateurs de réseau, l'équipement de mesure, la personne ou l'organisme chargé de l'exécution de l'essai et la date de l'essai,
- l'appareil en essai, son fabricant et la révision matérielle et logicielle,
- le nombre et le type d'appareils connectés au réseau, avec la topologie,
- une référence aux spécifications de cas d'essai,
- les valeurs mesurées,
- une déclaration de conformité au profil de communication.

7 Famille de profils de communication 2 (CIP™³) – Profils de communication RTE

7.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 2 définit plusieurs profils de communication reposant sur la CEI 61158-2 (type de protocole 2), la CEI 61158-3-2, la CEI 61158-4-2, la CEI 61158-5-2 et la CEI 61158-6-2 et sur d'autres normes. Pour leurs couches supérieures, tous ces profils partagent le même système de communication, communément appelé Protocole industriel commun (CIP – Common Industrial Protocol).

La présente partie de la CEI 61784 définit deux profils de communication RTE.

– Profil 2/2 EtherNet/IP™⁴

Ce profil contient une sélection de services AL, DLL et PhL et de définitions de protocole issus de la CEI 61158-4-2, de la CEI 61158-5-2 et de la CEI 61158-6-2, et la suite de protocoles TCP/UDP/IP/Ethernet. Il s'appuie sur le protocole CIP et sur des services conjointement avec les normes Internet et Ethernet standard. Ce profil assure une communication en temps réel ISO/CEI 8802-3 et IEEE 802.3-2008 grâce à la priorisation de trame.

³ CIP™ est une appellation commerciale de ODVA, Inc. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que la CEI approuve ou recommande le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'implique pas l'utilisation de la marque CIP™. L'utilisation de l'appellation commerciale CIP™ nécessite l'autorisation de ODVA, Inc.

⁴ EtherNet/IP™ est une appellation commerciale de ODVA, Inc. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que la CEI approuve ou recommande le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'implique pas l'utilisation de la marque EtherNet/IP™. L'utilisation de l'appellation commerciale EtherNet/IP™ nécessite l'autorisation de ODVA, Inc.

– Profil 2/2.1 EtherNet/IP™ avec synchronisation temporelle

Ce profil est une extension de CP 2/2. Il définit des mécanismes supplémentaires assurant une synchronisation temporelle précise entre les nœuds grâce à EtherNet/IP. L'ajout de services de synchronisation temporelle et de protocoles reposant sur la CEI 61588:2009 permet également d'utiliser ce profil pour la plupart des applications.

NOTE 1 Voir l'Article A.2 de la CEI 61784-1 pour obtenir une présentation de CIP et des concepts de communication réseau connexes.

NOTE 2 D'autres profils de communication sont définis dans les autres parties de la série CEI 61784.

7.2 Profil 2/2

7.2.1 Couche physique

Voir CEI 61784-1, 6.3.1.

7.2.2 Couche de liaison de données

Voir CEI 61784-1, 6.3.2.

7.2.3 Couche d'application

Voir CEI 61784-1, 6.3.3.

7.2.4 Sélection d'indicateur de performance

7.2.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 10 présente les indicateurs de performance CP 2/2.

Tableau 10 – CP 2/2: Présentation des indicateurs de performance (PI)

Indicateur de performance	Applicable	Contraintes
Temps de remise	Oui	Aucune
Nombre de stations d'extrémité	Oui	Aucune
Topologie de réseau de base	Oui	Seule la topologie en étoile est prise en charge
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Oui	Aucune
Débit RTE	Oui	Aucune
Largeur de bande non RTE	Oui	Aucune
Exactitude de la synchronisation temporelle	Non	–
Exactitude de synchronisation non périodique	Non	–
Temps de reprise de redondance	Non	–

7.2.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

7.2.4.2.1 Matrice de dépendance

Le Tableau 11 présente les dépendances entre les indicateurs de performance pour CP 2/2.

Tableau 11 – CP 2/2: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence					
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Débit RTE	Largeur de bande non RTE
Temps de remise		Non	Non	Oui	Non	Non
Nombre de stations d'extrémité	Non		Oui	Oui	Non	Non
Topologie de réseau de base	Non	Non		Non	Non	Non
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Oui	Oui	Oui		Non	Non
Débit RTE	Non	Non	Non	Non		Oui
Largeur de bande non RTE	Non	Non	Non	Non	Oui	

7.2.4.2.2 Temps de remise

Le temps de remise de données utiles entre deux stations d'extrémité dépend de nombreux facteurs (voir ci-dessous). Pour une direction d'un réseau CP 2/2 fonctionnant en mode bidirectionnel simultané, il peut être calculé pour chaque type de message d'application à l'aide des formules (1), (2) et (3).

$$DT = SD_s + T_{x\_paquet} + \sum_{i=1}^{n-1} CD_i + \sum_{k=1}^n SL_k + SD_r \quad (1)$$

$$CD_i = PD_i \times CL_i \quad (2)$$

$$SL_k = SPD_k + \sum_{j=1}^q T_{x\_paquet\_j} + T_{x\_paquet} \quad (3)$$

où

DT	est le temps de remise, en microsecondes;
SD_s	est le délai de pile de l'émetteur, en microsecondes (en fonction de la plate-forme matérielle sélectionnée et de la mise en oeuvre logicielle intégrée);
T_{x_paquet}	est la durée d'émission du paquet, en microsecondes;
N	est le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité d'origine et destinataire;
CD	est le délai de segment du câble, en microsecondes;
PD	est le délai de propagation du câble, en nanosecondes par mètre (selon les caractéristiques du câble sélectionné);
CL	est la longueur du segment de câble, en mètres;
SL	est la latence du commutateur, en microsecondes (mesurée selon le RFC 2544, en général donné par le fournisseur du commutateur);
SPD	est le délai de traitement du commutateur, en microsecondes (indiqué par le fournisseur du commutateur, à la place de la latence du commutateur);
Q	est le nombre de paquets dans la file d'attente de transmission du port en face de ce paquet;
$T_{x\_paquet\_j}$	est la durée d'émission du paquet j ;
SD_r	est le délai de pile du récepteur, en microsecondes (en fonction de la plate-forme matérielle sélectionnée et de la mise en oeuvre logicielle intégrée).

NOTE Si un paquet est perdu (suite à une erreur de transmission, par exemple) mais que le suivant est reçu sans erreur, le temps de remise double. Les performances du système CP 2/2 ne sont pas affectées, sauf si quatre paquets consécutifs sont perdus.

7.2.4.2.3 Nombre de stations d'extrémité

Eu égard à la topologie en étoile, la présente norme porte sur les infrastructures réseau ne contenant que des commutateurs (Ethernet) de couche de liaison de données. Cela signifie que toutes les stations d'extrémité sont connectées au même sous-réseau. Selon la spécification CP 2/2, un sous-réseau peut contenir au maximum 1 024 stations d'extrémité. Le nombre minimal de stations d'extrémité est de deux, un producteur et un consommateur de données RTE.

7.2.4.2.4 Topologie de réseau de base

La topologie de base du réseau CP 2/2 est une étoile hiérarchique. Étant donné que la topologie de réseau de base est donnée, elle ne dépend pas des indicateurs de performance ni n'est influencée par eux.

7.2.4.2.5 Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité

Le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité, qui est le nombre de couches d'une étoile hiérarchique, est déterminé sur la base:

- du temps de remise;
- du nombre de stations d'extrémité, de leur emplacement physique et de la distance qui les sépare;
- du profil du trafic de réseau (types de trafic, débits, trafic mixte);
- des performances des commutateurs sélectionnés, en particulier leur débit, leur emplacement physique, la distance qui les sépare et le nombre d'accès par commutateur;
- des exigences de gestion du réseau.

Le nombre minimal est 1. Le nombre maximal est 1 024 lorsque chaque station d'extrémité comporte un commutateur individuel, s'apparentant ainsi à la topologie linéaire.

7.2.4.2.6 Débit RTE

Dans les réseaux Ethernet commutés reposant sur la topologie en étoile, une liaison associe une station d'extrémité et un accès du commutateur. Selon la définition fournie en 5.3.5, le débit RTE dépend de la vitesse de transmission des données de liaison, du mode de fonctionnement de la liaison (bidirectionnel non simultané ou bidirectionnel simultané) et du traitement de protocoles. Le débit RTE (Throughput_RTE) d'une direction d'une liaison CP 2/2 fonctionnant en mode bidirectionnel simultané peut être calculé par la Formule (4).

$$\text{Throughput\_RTE} = \sum_{i=1}^k (\text{APDUsiz}_i \times \text{EN\_RTE\_PR}_i) \leq \text{EN\_PR\_MAX} \quad (4)$$

où

<i>APDUsiz</i>	est la taille de l'ensemble de données de protocole d'application par connexion CP 2/2, en octets;
<i>EN_RTE_PR</i>	est la vitesse de transmission des paquets RTE de la station d'extrémité par connexion CP 2/2 en paquets par seconde (pps);
<i>k</i>	est le nombre de connexions CP 2/2 prises en charge par la station d'extrémité;
<i>EN_PR_MAX</i>	est la vitesse maximale de transmission des paquets de la station d'extrémité, en pps.

7.2.4.2.7 Largeur de bande non RTE

Le profil CP 2/2 ne précise pas le pourcentage de largeur de bande qui peut être utilisée pour les communications non RTE, mais ce pourcentage peut être calculé comme indiqué ci-après.

7.2.4.2.8 Relation entre le débit RTE et la largeur de bande non RTE

Une liaison dans le profil CP 2/2 est un lien entre la station d'extrémité et un accès du commutateur. La largeur de bande totale de liaison est limitée par le débit de la station d'extrémité, qui correspond à la vitesse maximale de transmission des paquets de la station d'extrémité. La largeur de bande totale de liaison est donc la somme des vitesses de transmission des paquets RTE et non RTE de la station d'extrémité et peut être calculée par les Formules (5), (6), (7), (8) et (9).

$$Total\_Link\_Bandwidth = EN\_PR\_MAX \quad (5)$$

$$EN\_PR = EN\_TRTE\_PR + EN\_TNRTE\_PR \leq EN\_PR\_MAX \quad (6)$$

$$EN\_TRTE\_PR = \sum_{i=1}^p EN\_RTE\_PR_i \quad (7)$$

$$EN\_TNRTE\_PR = \sum_{j=1}^m EN\_NRTE\_PR_j \quad (8)$$

$$NRTE\_BW = \frac{EN\_PR\_MAX - EN\_TRTE\_PR}{EN\_PR\_MAX} \times 100\% \quad (9)$$

où

EN_PR	est la vitesse de transmission des paquets de la station d'extrémité, en paquets par seconde (pps);
EN_PR_MAX	est la vitesse maximale de transmission des paquets de la station d'extrémité, en pps;
EN_TRTE_PR	est la vitesse totale de transmission des paquets RTE de la station d'extrémité, en pps;
EN_RTE_PR	est la vitesse de transmission des paquets RTE de la station d'extrémité par connexion CP 2/2, en pps;
p	est le nombre de connexions RTE CR 2/2;
EN_TNRTE_PR	est la vitesse totale de transmission des paquets non RTE de la station d'extrémité, en pps;
EN_NRTE_PR	est la vitesse de transmission des paquets non RTE de la station d'extrémité par connexion CP 2/2, en pps;
m	est le nombre de connexions non RTE CR 2/2;
$NRTE\_BW$	est la largeur de bande non RTE, en %.

EXEMPLE

La vitesse maximale de transmission des paquets de la station d'extrémité est de 2 000 pps. Il existe 5 connexions RTE: 2 avec $EN\_RTE\_PR = 200$ pps et 3 avec $EN\_RTE\_PR = 100$ pps. Il existe également 4 connexions non RTE, toutes avec $EN\_NRTE\_PR = 10$ pps.

$$EN\_TRTE\_PR = 2 \times 200 \text{ pps} + 3 \times 100 \text{ pps} = 700 \text{ pps}$$

$$EN\_PR = 700 \text{ pps} + 40 \text{ pps} = 740 \text{ pps}$$

$$NRTE\_BW = \frac{40 \text{ pps}}{2000 \text{ pps}} \times 100\% = 2\%$$

$$NRTE\_BW_{\max} = \frac{2000 \text{ pps} - 700 \text{ pps}}{2000 \text{ pps}} \times 100\% = 65\%$$

Dans cet exemple, 65 % de la largeur de bande de liaison peuvent être utilisés pour le trafic non RTE, mais uniquement 2 % sont réellement utilisés.

7.2.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 12 définit un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour CP 2/2. Les valeurs minimale et maximale de temps de remise sont calculées en A.1.1.1. La valeur maximale du débit RTE est calculée en A.1.1.2.

Tableau 12 – CP 2/2: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour l'automatisation des usines

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	130 µs à 20,4 ms	–
Nombre de stations d'extrémité	2 à 1 024	–
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	1 à 1 024	–
Débit RTE	0 octets/s à 3,44 x 10 ⁶ octets/s	–
Largeur de bande non RTE	0 % à 100 %	–

7.3 Profil 2/2.1

7.3.1 Couche physique

La couche physique du profil Ethernet/IP CP 2/2.1 est conforme à l'ISO/CEI 8802-3 et à l'IEEE 802.3-2008.

Les connecteurs et câbles recommandés sont spécifiés dans la CEI 61918 et la CEI 61784-5-2.

NOTE 1 EtherNet/IP peut être utilisé avec un certain nombre d'options de support (cuivre, fibre, anneau optique, sans fil) conjointement avec les couches inférieures Ethernet.

NOTE 2 Des informations supplémentaires sont fournies dans l'ODVA: THE CIP NETWORKS LIBRARY – Volume 2: EtherNet/IP™ Adaptation of CIP, Chapter 8: Physical Layer.

La fonctionnalité d'horodatage pour la synchronisation temporelle est mise en œuvre en utilisant un circuit d'assistance matériel tel que spécifié dans la CEI 61588:2009.

7.3.2 Couche de liaison de données

7.3.2.1 Sélection de service DLL

La couche de liaison de données du profil CP 2/2.1 est conforme à l'ISO/CEI 8802-3 et à l'IEEE 802.3-2008.

7.3.2.2 Sélection de protocole DLL

La couche de liaison de données du profil CP 2/2.1 est conforme à l'ISO/CEI 8802-3 et à l'IEEE 802.3-2008.

Le Tableau 13 spécifie la sélection de protocole DLL dans la CEI 61158-4-2.

Tableau 13 – CP 2/2.1: Sélection de protocole DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	–
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	OUI	–
4 – 5	–	NON	–
6	Structure DLPDU spécifique, codage et procédures	–	–
6.1	Langage de modélisation	OUI	–
6.2 – 6.15	–	NON	–
7	Objets de gestion de la station	–	Voir Tableau 14
8 – 9	–	NON	–
10	Protocole DLR (Device Level Ring)	OUI	Facultatif
Annexe A	(normative) – Indicateurs et commutateurs	–	–
A.1	Objectif	OUI	–
A.2	Indicateurs	–	–
A.2.1	Exigences générales de l'indicateur	OUI	–
A.2.2	Exigences communes de l'indicateur	OUI	–
A.2.3	Exigences de l'indicateur spécifique au bus de terrain (1)	NON	–
A.2.4	Exigences de l'indicateur spécifique au bus de terrain (2)	OUI	–
A.2.5	Exigences de l'indicateur spécifique au bus de terrain (3)	NON	–
A.3	Commutateurs	–	–
A.3.1	Exigences communes du commutateur	OUI	–
A.3.2	Exigences du commutateur spécifique au bus de terrain (1)	NON	–
A.3.3	Exigences du commutateur spécifique au bus de terrain (2)	OUI	–
A.3.4	Exigences du commutateur spécifique au bus de terrain (3)	NON	–

Le Tableau 14 spécifie la sélection des objets de gestion.

Tableau 14 – CP 2/2.1: Sélection de protocole DLL des objets de gestion

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
7	Objets de gestion de la station	–	–
7.1	Généralités	Partielle	Objets et fonctions pertinents uniquement
7.2	Objet ControlNet	NON	–
7.3	Objet Keeper	NON	–
7.4	Objet de planification	NON	–
7.5	Objet d'interface TCP/IP	OUI	–
7.6	Objet de liaison Ethernet	OUI	–
7.7	Objet DeviceNet	NON	–
7.8	Objet de configuration de connexion	OUI	–
7.9	Objet DLR	OUI	Facultatif (obligatoire si le protocole DLR est mis en œuvre)
7.10	Objet QoS	OUI	Facultatif
7.11	Objet Port	OUI	–

7.3.3 Couche d'application

7.3.3.1 Sélection de service AL

Le Tableau 15 spécifie la sélection de service AL dans la CEI 61158-5-2.

Tableau 15 – CP 2/2.1: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	–
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	OUI	–
4	Concepts communs	Partielle	Les différences sont indiquées dans la CEI 61158-5-2, 6.1
5	ASE de type de données	Partielle	La sélection et les restrictions sont spécifiées dans la CEI 61158-5-2, 6.1
6	Spécification du modèle de communication	–	–
6.1	Concepts	OUI	–
6.2	ASE	–	–
6.2.1	ASE de gestion d'objet	–	–
6.2.1.1	Présentation	OUI	–
6.2.1.2	Spécification de la classe de modèle de gestion FAL	–	–
6.2.1.2.1	Modèle formel général	OUI	–
6.2.1.2.2	Modèle formel d'identité	OUI	–
6.2.1.2.3	Modèle formel d'assemblage	OUI	–
6.2.1.2.4	Modèle formel de routeur de message	OUI	–
6.2.1.2.5	Modèle formel de gestionnaire d'acquittement	OUI	–
6.2.1.2.6	Modèle formel de synchronisation temporelle	OUI	–

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
6.2.1.2.7	Modèle formel de paramètre	OUI	–
6.2.1.3	Spécification de service ASE du modèle de gestion FAL	OUI	–
6.2.2	ASE du gestionnaire de connexion	OUI	Classe unique dans cet ASE
6.2.3	ASE de connexion	OUI	Facultatif (interne ou externe)
6.3	AR	–	–
6.3.1	Présentation	OUI	–
6.3.2	Modèle formel d'AR d'UCMM	NON	–
6.3.3	Modèle formel d'AR de transport	OUI	–
6.3.4	Services ASE de l'AR	OUI	–
6.4	Récapitulatif des classes FAL	OUI	–
6.5	Services FAL autorisés par le type d'AR	OUI	–

De plus, les services AL sont mappés avec la suite de protocoles TCP/UDP/IP.

Les exigences minimales correspondantes des appareils EtherNet/IP sont spécifiées dans les RFC 1122, RFC 1123, RFC 1127 et les documents suivants susceptibles de les remplacer. Tous les appareils EtherNet/IP doivent au moins prendre en charge les exigences spécifiées dans les RFC 768, RFC 791, RFC 792, RFC 793, RFC 826, RFC 894, RFC 1112 et RFC 2236.

Si une fonction ou un protocole Internet est mis(e) en œuvre par un Appareil EtherNet/IP, il/elle doit l'être conformément aux documents RFC appropriés, qu'il/elle soit considéré(e) comme étant obligatoire ou facultatif(ve) par ledit document RFC.

7.3.3.2 Sélection de protocole AL

Le Tableau 16 spécifie la sélection de protocole AL dans la CEI 61158-6-2.

Tableau 16 – CP 2/2.1: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	–
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	OUI	–
4	Syntaxe abstraite	–	–
4.1	Syntaxe abstraite FAL PDU	–	–
4.1.1 – 4.1.2	–	OUI	–
4.1.3	UCMM_PDUs	NON	–
4.1.4	Transport_Headers	OUI	–
4.1.5	CM_PDU	Partielle	Sauf 4.1.5.6.6
4.1.6 – 4.1.11	–	OUI	–
4.2	Spécification de la syntaxe abstraite des données	OUI	–
4.3	Syntaxe abstraite d'encapsulation	OUI	–
5	Syntaxe de transfert	OUI	–
6	Structure des diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	–

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
7	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	–
8	Machine de protocole de service FAL (FSPM)	OUI	–
9	Machines de protocole de relation d'application (ARPM)	–	–
9.1	Généralités	OUI	–
9.2	ARPM sans connexion (UCMM)	–	–
9.2.1	Généralités	OUI	–
9.2.2 – 9.2.6	–	NON	–
9.3	ARPM orientés connexion (transports)	OUI	–
10	Machine de protocole de mapping DLL 1 (DMPM 1)	NON	–
11	Machine de protocole de mapping DLL 2 (DMPM 2)	OUI	–
12	Machine de protocole de mapping DLL 3 (DMPM 3)	NON	–

De plus, le protocole AL est mappé dans la suite de protocoles TCP/UDP/IP.

Les exigences minimales correspondantes des appareils EtherNet/IP sont spécifiées dans les RFC 1122, RFC 1123, RFC 1127 et les documents suivants susceptibles de les remplacer. Tous les appareils EtherNet/IP doivent au moins prendre en charge les exigences spécifiées dans les RFC 768, RFC 791, RFC 792, RFC 793, RFC 826, RFC 894, RFC 1112 et RFC 2236.

Si une fonction ou un protocole Internet est mis(e) en œuvre par un appareil EtherNet/IP, il/elle doit l'être conformément aux documents RFC appropriés, qu'il/elle soit considéré(e) comme étant obligatoire ou facultatif(ve) par ledit document RFC.

Le protocole de synchronisation temporelle est mis en œuvre comme spécifié dans la CEI 61588:2009.

7.3.4 Sélection d'indicateur de performance

7.3.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 17 présente les indicateurs de performance CP 2/2.1.

Tableau 17 – CP 2/2.1: Présentation des indicateurs de performance

Indicateur de performance	Applicable	Contraintes
Temps de remise	Oui	Aucune
Nombre de stations d'extrémité	Oui	Aucune
Topologie de réseau de base	Oui	Seule la topologie en étoile est détaillée dans la présente norme
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Oui	Aucune
Débit RTE	Oui	Aucune
Largeur de bande non RTE	Oui	Aucune
Exactitude de la synchronisation temporelle	Oui	Requiert des commutateurs capables de fonctionner comme des horloges transparentes ou des «boundary clock» selon l'application
Exactitude de synchronisation non périodique	Non	–
Temps de reprise de redondance	Non	–

7.3.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

7.3.4.2.1 Matrice de dépendance

Le Tableau 18 présente les dépendances entre les indicateurs de performance pour CP 2/2.1.

Tableau 18 – CP 2/2.1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence						
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Débit RTE	Largeur de bande non RTE	Exactitude de la synchronisation temporelle
Temps de remise		Non	Non	Oui	Non	Non	Non
Nombre de stations d'extrémité	Non		Oui	Oui	Non	Non	Oui
Topologie de réseau de base	Non	Non		Non	Non	Non	Non
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Oui	Oui	Oui		Non	Non	Oui
Débit RTE	Non	Non	Non	Non		Oui	Non
Largeur de bande non RTE	Non	Non	Non	Non	Oui		Non
Exactitude de la synchronisation temporelle	Non	Non	Oui	Oui	Non	Non	

7.3.4.2.2 Exactitude de la synchronisation temporelle

L'exactitude de la synchronisation temporelle est la gigue maximale entre les horloges maître et esclave. Pour obtenir une exactitude au 1 μ s près dans un réseau en étoile, il est nécessaire d'utiliser des commutateurs contenant des horloges «boundary clock» conformes à la CEI 61588:2009. Il a été démontré que, dans ce cas, le nombre de commutateurs en cascade ne doit pas dépasser quatre (4), en admettant que l'exactitude de l'horloge «boundary clock» du commutateur se situe dans la plage de ± 100 ns.

7.3.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 19 définit un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour CP 2/2.1. Les valeurs minimale et maximale de temps de remise sont calculées en A.1.2.1. Le nombre maximal de nœuds est calculé en A.1.2.2. La valeur maximale du débit RTE est calculée en A.1.1.2.

Tableau 19 – CP 2/2.1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la commande de mouvement

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	130 μ s à 190 μ s	–
Nombre de stations d'extrémité	2 à 90	Nombre maximal d'accès dans les commutateurs à support CEI 61588:2009
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	1 à 4	Nombre maximal de commutateurs en cascade à support CEI 61588:2009
Débit RTE	0 octets/s à $3,44 \times 10^6$ octets/s	–
Largeur de bande non RTE	0 % à 100 %	–
Exactitude de la synchronisation temporelle	$\leq 1 \mu$ s	–

8 Famille de profils de communication 3 (PROFIBUS & PROFINET⁵) – Profils de communication RTE

8.1 Présentation générale

8.1.1 Présentation de CPF 3

La famille de profils de communication 3 (CPF 3) définit les profils de communication utilisant le Type 3 et le Type 10 de la série CEI 61158, ce qui correspond aux parties des systèmes de communication communément appelées PROFIBUS et PROFINET. Les CP 3/1 et CP 3/2 PROFIBUS sont spécifiés dans la CEI 61784-1.

Les profils PROFINET spécifiques à RTE sont spécifiés pour les trois classes de conformité appelées A, B et C. La conformité à un profil de communication présent dans la CPF 3 est une condition préalable au respect de la classe de conformité (voir Tableau 62). Ces classes de conformité requièrent des fonctions choisies parmi les classifications générales données en 8.1.3, 8.1.4, 8.1.5, 8.1.6, 8.1.7, 8.1.8, 8.1.9, 8.1.10 et 8.1.11.

8.1.2 Numéros administratifs

Les numéros administratifs indiqués dans la CEI 61158-6-10, doivent être attribués par l'autorité présentée dans le Tableau 20.

Tableau 20 – Attribution des numéros administratifs

Paramètre	Autorité chargée de l'attribution
identificateur de processus d'application	PROFIBUS & PROFINET International (PI) Voir CEI 61158-5-10, 3.2.9 Voir CEI 61158-6-10, Codage du champ API
ID fournisseur	PROFIBUS & PROFINET International (PI) Voir CEI 61158-5-10, 3.2.90 Voir CEI 61158-6-10, Codage des champs associés à Instance, DeviceID, VendorID
numéro d'entreprise	IANA à PROFIBUS & PROFINET International (PI) Voir CEI 61158-5-10, 6.3.16.2.2 Voir CEI 61158-6-10, Numéro d'entreprise pour PNIO MIB
PNIO MIB	PROFIBUS & PROFINET International (PI) Voir CEI 61158-5-10, 6.3.16.2.2 Voir CEI 61158-6-10, Numéro d'entreprise pour PNIO MIB
API	PROFIBUS & PROFINET International (PI) Voir CEI 61158-5-10, 7.1.6 Voir CEI 61158-6-10, Codage du champ API
indice	PROFIBUS & PROFINET International (PI) Voir CEI 61158-5-10, 3.2.54 Voir CEI 61158-6-10, Codage du champ Index

⁵ PROFIBUS et PROFINET sont des appellations commerciales de l'organisation à but non lucratif PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. (PNO). Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que la CEI approuve ou recommande le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'implique pas l'utilisation de la marque déposée. L'utilisation des appellations commerciales implique l'autorisation de son détenteur.

Paramètre	Autorité chargée de l'attribution
IM_Profile_ID	PROFIBUS & PROFINET International (PI) Voir CEI 61158-5-10, 7.3.6.19 (Voir ID de profil) Voir CEI 61158-6-10, Codage du champ IM_Profile_ID
ChannelErrorType	PROFIBUS & PROFINET International (PI) Voir CEI 61158-5-10, 7.3.4.2.2 Voir CEI 61158-6-10, Codage du champ ChannelErrorType

8.1.3 Classes de nœud

8.1.3.1 Généralités

Les classes de nœud sont les suivantes:

- Appareil d'entrée-sortie, avec ou sans composant de réseau intégré;
- Contrôleur d'entrée-sortie, avec ou sans composant de réseau intégré;
- Superviseur d'entrée-sortie, et
- Composants de réseau (par exemple, commutateur, point d'accès sans fil, client sans fil).

Un nœud peut comporter plusieurs classes de nœud mises en œuvre simultanément, par exemple, contrôleur d'entrée-sortie et appareil d'entrée-sortie, appareil d'entrée-sortie et composant de réseau intégré.

8.1.3.2 Appareil d'entrée-sortie

Un appareil d'entrée-sortie doit prendre en charge au moins une AR avec deux CR d'E-S, un CR d'alarme et un CR de données d'enregistrement avec les fonctions suivantes:

- CR D'E-S:
Longueur maximale de données C_SDU de 1 440 octets
Longueur minimale de données C_SDU de 40 octets
Longueur utilisable de données C_SDU en fonction de la description générale de station (GSD)

NOTE 1 C_SDU est déduit de la CEI 61158-6-10.

- CR d'alarme:
Longueur de données jusqu'à 1 432 octets, longueur minimale de données de 200 octets
- CR de données d'enregistrement:
Longueur de données jusqu'à 2^{32} – 65 octets, longueur de données minimale de 4 132 octets (longueur de *PROFINETIOServiceReqPDU* ou *PROFINETIOServiceResPDU*)

NOTE 2 *PROFINETIOServiceReqPDU* et *PROFINETIOServiceResPDU* sont déduits de la CEI 61158-6-10.

8.1.3.3 Contrôleur d'entrée-sortie

Un Contrôleur d'entrée-sortie doit prendre en charge au moins une AR pour chaque appareil d'entrée-sortie associé, comprenant deux CR D'E-S, un CR d'alarme et un CR de données d'enregistrement avec les fonctions suivantes:

- CR D'E-S:
Longueur de données C_SDU jusqu'à 1 440 octets, cohérence min. de 240 octets, prise en charge de tous les types de données définis
- CR d'alarme:
Longueur de données jusqu'à 1 432 octets, longueur minimale de données de

200 octets, capacité de mise en file d'attente d'au moins une alarme à priorité élevée et à priorité basse pour chaque appareil d'entrée-sortie associé

- CR de données d'enregistrement:
Longueur de données jusqu'à 2^{32} -65 octets, longueur minimale de données de 4 132 octets (longueur de *PROFINETIOServiceReqPDU* ou *PROFINETIOServiceResPDU*), capacité de stockage de paramètre de démarrage de 16 Ko pour chaque appareil d'entrée-sortie associé, pas d'accès parallèle à un objet de données d'enregistrement
- Multi-API:
Au moins deux API prises en charge (API = 0 et API = x)
- Réponse de connexion:
Au moins un ARVendorBlockRes de 512 octets de longueur pour chaque ARVendorBlockReq utilisé pour la demande de connexion

NOTE ARVendorBlockReq et ARVendorBlockRes sont déduits de la CEI 61158-6-10.

8.1.4 Paramètres de temporisation

8.1.4.1 Protocole Internet et service de nom dynamique

Les valeurs recommandées pour la couche IP définie dans l'IETF RFC 791 sont indiquées dans le Tableau 21 et le Tableau 22.

Tableau 21 – Paramètres de la couche IP du contrôleur d'entrée-sortie

Paramètre	Valeur	Commentaire
ARP_Cache_Size	Minimum 32	Nombre d'appareils d'entrée-sortie pris en charge
ARP_Cache_Timeout	60 s	–

Tableau 22 – Paramètres de la couche IP de l'appareil d'entrée-sortie

Paramètre	Valeur	Commentaire
ARP_Cache_Size	Minimum 32	–
ARP_Cache_Timeout	60 s	–

Les valeurs de temps admises pour la résolution de nom définie dans la CEI 61158-6-10, 4.12 sont indiquées dans le Tableau 23.

Tableau 23 – Valeurs de temporisation pour la résolution de nom

Paramètre	Valeur	Commentaire
ARP-ResponseTimeout	2 s	Voir RFC 826
DCP-IdentifyTimeout	≥ 400 ms	Voir CEI 61158-6-10, 4.3.2
DCP-Set/GetTimeout	1 s	Voir CEI 61158-6-10, 4.3.2
DCP MaxRetryLimit Set/Get	2	Voir CEI 61158-6-10, 4.3.2
DNS-RequestTimeout	16 s	Voir RFC 1034

8.1.4.2 Appareil d'entrée-sortie

Le Tableau 24 contient les limitations pour les paramètres de temporisation AL d'un appareil d'entrée-sortie.

Tableau 24 – Temps de réaction pour un appareil d'entrée-sortie

Paramètre	Signification	Valeur
MinDeviceInterval ^a	Ce paramètre de performance est une Propriété de l'appareil d'entrée-sortie et fait partie intégrante de la description de l'appareil.	≤ 128 ms pour CP 3/4 et CP 3/5 ≤ 1 ms pour CP 3/6
MinDeviceIntervalUDP	Ce paramètre de performance est une propriété de l'appareil d'entrée-sortie.	≤ 4 000 ms pour RT_CLASS_UDP
Remote_Application_Timeout ^b	Le paramètre Remote_Application_Timeout représente le délai d'un appel RPC.	≤ 300 s
Remote_Application_Ready_Timeout ^c	Le paramètre Remote_Application_Ready_Timeout représente le délai entre IODControlRes (ControlCommand.Prm End) et IOXControlReq (ControlCommand.ApplicationReady).	≤ 300 s
Set_Storage_Time ^c	Durée maximale entre DCP_Set.rsp et la fin du stockage permanent.	≤ 30 s obligatoires
Set_Utilisation_Time ^c	Durée maximale entre DCP_Set.rsp et l'utilisation des valeurs définies dans tous les protocoles impliqués. Pour la suite IP, voir IP_Startup_Time.	≤ 400 ms obligatoires
IP_Startup_Time ^c	Durée entre DCP_Set.rsp et l'accessibilité de la couche IP avec ARP ^d ou PROFINETIOServiceReqPDU.	≤ 30 s recommandées ≤ 300 s obligatoires
Reset_to_Factory_Time ^c	Durée entre DCP_Set.rsp et la suppression du nom de station et du paramètre IP.	≤ 30 s recommandées ≤ 300 s obligatoires
^a Voir ISO 15745-4/Amendement 1 ^b Voir OSF C706 ^c Voir CEI 61158-6-10 ^d Voir IETF RFC 826		

Un appareil d'entrée-sortie doit prendre en charge les combinaisons ReductionRatio SendClockFactor, qui satisfont à la Formule (10)

$$\text{MinDeviceInterval} \leq \text{SCF} \times \text{RR} \times 31,25 \mu\text{s} \quad (10)$$

$$\text{RR} \geq \frac{\text{MinDeviceInterval}}{\text{SCF} \times 31,25 \mu\text{s}}$$

où

<i>MinDeviceInterval</i>	est l'intervalle de communication obtenu
<i>SCF</i>	est l'attribut <i>SendClockFactor</i> (voir CEI 61158-5-10, <i>SendClockFactor</i>);
<i>RR</i>	est l'attribut <i>ReductionRatio</i> (voir CEI 61158-5-10, <i>ReductionRatio</i>);
<i>31,25 μs</i>	est le débit d'horloge de base.

Chaque mise en œuvre d'un appareil d'entrée-sortie doit faire en sorte que MinDeviceInterval et Remote_Application_Timeout atteignent la plus petite valeur possible.

Le SCF pris en charge conjointement avec le MinDeviceInterval limite le RR pris en charge d'un appareil.

8.1.4.3 Protocole de redondance de support

Les valeurs de temps admises pour MRP définies dans la CEI 61158-6-10 sont indiquées dans le Tableau 25.

Tableau 25 – Valeurs maximales de temps pour MRP

Paramètre	Valeur	Commentaire
MaxBridgeDelay pour MRP ^a	≤ 4 ms	Chaque pont prenant en charge MRP doit transmettre MRP-PDU au cours de cette période.
^a Un BridgeDelay inférieur permet un plus grand nombre de commutateurs (NoS) dans une topologie en anneau. Avec la valeur maximale, le nombre de commutateurs (NoS) dans une topologie en anneau est réduit à NoS<15.		

8.1.4.4 Protocole PTCP

Les valeurs de temps admises pour PTCP définies dans la CEI 61158-6-10 sont indiquées dans le Tableau 26.

Tableau 26 – Valeurs maximales de temps pour PTCP

Paramètre	Valeur	Commentaire
Max Delay Request Repeat	5	–
Max Delay Response Time	< 10 ms	Recommandé
Max Delay Response Time	< 25 ms	Obligatoire
Max Bridge Delay	≤ 4 ms	Recommandé
Max Bridge Delay	≤ 40 ms	Obligatoire
Exactitude d'horodatage	≤ 10 ns	Recommandé

8.1.4.5 Protocole LLDP

Les valeurs de temps admises pour LLDP définies dans la CEI 61158-6-10 et l'IEEE 802.1AB sont indiquées dans le Tableau 27.

Tableau 27 – Valeurs maximales de temps pour LLDP

Paramètre	Valeur	Commentaire
msgTxHold	4	Multiplier par msgTxInterval pour calculer txTTL.
msgTxInterval	5 s	Temps entre deux trames LLDP consécutives sans modification de contenu en fonctionnement stable.
txTTL	21 s	Temps d'archivage d'une information provenant d'un élément voisin.
txFast	TRUE	Transmission immédiate d'une trame LLDP, à la détection d'une modification du contenu des données LLDP locales ou du voisinage.

8.1.5 Classes de communication

8.1.5.1 Généralités

Toutes les classes de communication permettent de combiner les communications IEEE 802 et de IETF à des ajouts spécifiques à RTE. Les classes de communication sont les suivantes:

- RT Class 1 (contenu spécifié dans l'attribut RT_CLASS_1, voir CEI 61158-5-10, 6.3.4.2.2),
- RT Class 2 (contenu classique spécifié dans l'attribut RT_CLASS_2, voir CEI 61158-5-10, 6.3.4.2.2), et
- RT Class 3 (contenu spécifié dans l'attribut RT_CLASS_3, voir CEI 61158-5-10, 6.3.4.2.2), et
- RT Class UDP (contenu spécifié dans l'attribut RT_CLASS_UDP, voir CEI 61158-5-10, 6.3.4.2.2).

RT CLASS UDP est une classe de communication facultative. Elle peut être utilisée sans et conjointement avec RT Class 1, 2 et 3. La prise en charge des classes de communication est présentée dans le Tableau 28.

Tableau 28 – Classes de communication applicables dans les classes de conformité

Classes de communication	Classes de conformité		
	A	B	C
RT_CLASS_1 ^a	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire ^e
RT_CLASS_2 ^{b d}	–	–	Uniquement pour nœuds classiques
RT_CLASS_3 ^c	–	–	Obligatoire ^d
RT_CLASS_UDP	Facultatif	Facultatif	Facultatif
^a Temps réel (RT) sans affectation de largeur de bande, Classe de trafic VERTE (GREEN). ^b Temps réel isochrone (IRT) avec affectation de largeur de bande, Classe de trafic ORANGE. ^c Temps réel isochrone (IRT) avec affectation de largeur de bande, Classe de trafic ROUGE (RED). ^d L'utilisation de RT_CLASS_2 n'est pas prévue. ^e Le fait que la prise en charge de RT_CLASS_1 soit obligatoire ou facultative dépend du mot clé GSD "IsochroneModeRequired".			

8.1.5.2 Paramètres de performance de communication

Les valeurs sont indiquées dans le Tableau 29.

NOTE L'intervalle inter-frames (12 octets à l'émetteur et 8 octets au récepteur) de l'IEEE 802.3 s'applique.

Tableau 29 – Paramètres de performance de communication

Paramètre	Valeur	Signification
REDBeginSafetyMargin	Minimum: 0 ns Maximum: 1 640 ns	Ce paramètre de performance est une propriété de RT_CLASS_3
MinSupportedFSO	Minimum: 1 120 ns Maximum: 5 000 ns	Ce paramètre de performance est une propriété de RT_CLASS_3
MinRTC3Gap	Minimum: 1 120 ns Maximum: 2 000 ns	Ce paramètre de performance est une propriété de RT_CLASS_3
REDEndSafetyMargin	0 ns	Ce paramètre de performance est une propriété de RT_CLASS_3
MaxFrameStartTime	Minimum: 960 ns Maximum: 5 000 ns	Ce paramètre de performance est une propriété de RT_CLASS_1 / RT_CLASS_2 / RT_CLASS_UDP
MinNRTGap	Minimum: 960 ns Maximum: 2 000 ns	Ce paramètre de performance est une propriété de RT_CLASS_1 / RT_CLASS_2 / RT_CLASS_UDP

8.1.5.3 Ponts RT_CLASS_3

Les valeurs des ponts RT_CLASS_3 sont indiquées dans le Tableau 30.

Tableau 30 – Paramètres pour ponts RT_CLASS_3

Paramètre	Valeur	Signification
MaxRetentionTime	Obligatoire $\geq 20 \mu s$ Facultatif $< 4 ms$	Ce paramètre de performance est une propriété du pont RT_CLASS_3.
Ecart Framesendoffset	Obligatoire $\leq 10 ns$	Ce paramètre de performance est une propriété du pont RT_CLASS_3.
SafetyMargin	$0 ns \leq \text{Obligatoire} \leq 100 ns$	Ce paramètre de performance est une propriété du pont RT_CLASS_3 si FrameDataProperties.ForwardingMode := "Mode relatif" est pris en charge

8.1.5.4 Emetteur

8.1.5.4.1 Emetteur RT_CLASS_3

Les valeurs d'un émetteur RT_CLASS_3 sont indiquées dans le Tableau 31.

Tableau 31 – Ecart FrameSendOffset

Paramètre	Valeur	Signification
Ecart Framesendoffset	Nœud avec pont RT_CLASS_3 Obligatoire $\leq 10 ns$ Nœud d'extrémité ^a Recommandé $\leq 10 ns$	Ce paramètre de performance est une propriété de l'émetteur RT_CLASS_3
^a La valeur de l'écart doit être aussi faible que possible pour éviter toute perturbation dans un domaine RT_CLASS_3.		

NOTE L'écart mesurable sur MDI (interface dépendant du support) dépend de la gigue ajoutée de la transition de MAC, MII à MDI.

8.1.5.4.2 Emetteur RT_CLASS_1 / RT_CLASS_UDP

Les valeurs d'un émetteur RT_CLASS_1 / RT_CLASS_UDP sont indiquées dans le Tableau 32.

Tableau 32 – Ecart FrameSendOffset pour RT_CLASS_1 / RT_CLASS_UDP

Paramètre	Valeur	Signification
Ecart Framesendoffset	Minimum (inférieur à 10 % de l'intervalle de téléchargement utilisé ^a ; 10 ms)	Ce paramètre de performance est une propriété de l'émetteur RT_CLASS_1 / RT_CLASS_UDP
^a L'intervalle de téléchargement (UI) est calculé par $UI = SCF \times RR \times 31,25 \mu s$ avec les données issues de l'IOCR utilisé.		

NOTE L'écart mesurable sur MDI (interface dépendant du support) dépend de la gigue ajoutée de la transition de MAC, MII à MDI.

8.1.5.5 Nœud RT_CLASS_3

Les valeurs d'un nœud RT_CLASS_3 sont indiquées dans le Tableau 33.

Tableau 33 – Minimum FrameSendOffset

Paramètre	Valeur	Signification
Minimum framesendoffset ^a	SendClockFactor ≥ 8: Obligatoire ≤ 5 000 ns SendClockFactor < 8: Obligatoire ≤ 2 000 ns	Ce paramètre de performance est une propriété de l'émetteur, du récepteur et de l'expéditeur RT_CLASS_3
^a La valeur réelle, lorsqu'elle est inférieure, est spécifiée dans le mot clé GSD "MinFSO".		

8.1.5.6 Synchronisation pour RT_CLASS_3

Les paramètres de performance d'une boucle de contrôle PTCP sont indiqués dans le Tableau 34.

Tableau 34 – Boucle de contrôle PTCP

Paramètre	Valeur	Signification
Vitesse de modification de fréquence admise	Obligatoire $\leq 5 \frac{\mu\text{Hz}}{\text{s}}$	Ce paramètre de performance est une propriété d'un esclave sync

8.1.5.7 Fragmentation

Le Tableau 35 indique la taille maximale de trame admise au cours de la période VERTE ou JAUNE transmise par un nœud. Cette définition ne s'applique pas aux nœuds avec FragmentationType == Dynamique.

Tableau 35 – Taille maximale de trame

SendClockFactor	Condition	Taille maximale de trame
1 – 2	FragmentationType ^a == Statique	128 octets
3 – 7	FragmentationType ^a == Statique	256 octets
8 – 128	FragmentationType ^a == Statique && FrameDetails.FragmentationMode == Fragmentation enabled (activée)	
	! FragmentationType ^a FrameDetails.FragmentationMode == Fragmentation disabled (désactivée)	Trame maximale IEEE 802.3
^a Voir la spécification GSDML pour la définition de ce mot clé.		

8.1.6 Classes de redondance de support

Les classes de redondance de support sont les suivantes:

- RED_CLASS_1:
Prévention de boucle et redondance en anneau pour les communications IEEE 802 et IETF combinées à des ajouts RT_CLASS_1 et RT_CLASS_UDP spécifiques à RTE (voir 8.1.4).
Le comportement de classe permet de distinguer le gestionnaire et le client (voir la CEI 61158-5-10, 6.3.3).
- RED_CLASS_3:

Prévention de boucle et redondance en anneau pour les communications IEEE 802 et IETF combinées à une redondance en anneau de support sans à-coup pour RT_CLASS_3.

NOTE 1 RED_CLASS_1 est appelé protocole de redondance de support (MRP) et utilisé conjointement avec RT_CLASS_1 et RT_CLASS_3. RED_CLASS_3 est appelé redondance du support pour la duplication planifiée (MRPD – media redundancy for planned duplication) et utilisé conjointement avec RT_CLASS_3.

NOTE 2 RED_CLASS_3 propose une redondance en anneau et nécessite un protocole pour la prévention de boucle. RED_CLASS_1 propose la prévention de boucle. C'est la raison pour laquelle RED_CLASS_3 hérite de RED_CLASS_1.

La prise en charge de la redondance du support implique l'utilisation d'appareils dotés d'au moins 2 accès (voir le Tableau 36).

Tableau 36 – Classe de redondance de support applicable dans les classes de conformité

Classes de redondance de support	Classes de conformité					
	A		B		C	
	Client	Gestionnaire ^a	Client	Gestionnaire ^a	Client	Gestionnaire ^a
RED_CLASS_1	Facultatif	Facultatif	Facultatif	Facultatif	Facultatif	Facultatif
RED_CLASS_3	–	–	–	–		
^a Un nœud d'un anneau doit prendre en charge le rôle de gestionnaire si l'une des classes de redondance de support est utilisée.						

8.1.7 Classes de support

Les classes de support sont les suivantes:

- filaire
- Fibre optique
- Sans fil

Si une interface utilise la classe de support « sans fil », les définitions applicables à la classe de support « filaire » peuvent ne pas s'appliquer.

8.1.8 Classes d'application

8.1.8.1 Définition

Les appareils prenant en charge une classe d'application spécifique doivent prendre en charge des fonctions supplémentaires au-delà de celles exigées pour la classe de conformité particulière. Ces fonctions sont détaillées ci-dessous pour la classe d'application spécifique.

Les classes d'application définies sont les suivantes:

- Application isochrone (par exemple, commande de mouvement)

NOTE La synchronisation d'horloge isochrone est une fonction de classe de communication et pas de classe d'application.

- Automatisation des processus
- Haute performance
- Contrôleur à contrôleur

La prise en charge des classes d'application est indiquée dans le Tableau 37 et le Tableau 38:

Tableau 37 – Classes d'application applicables dans les classes de conformité pour appareil d'entrée-sortie et contrôleur d'entrée-sortie

Classes d'application	Classes de conformité		
	A	B	C
Application isochrone	–	–	Facultatif
Automatisation des processus	Facultatif ^a	Facultatif	Facultatif
Haute performance	–	–	Facultatif
Contrôleur à contrôleur	–	Facultatif	Facultatif
^a Non recommandé			

Tableau 38 – Classes d'application applicables dans les classes de conformité pour composants de réseau

Classes d'application	Classes de conformité		
	A	B	C
Application isochrone	–	–	–
Automatisation des processus	–	–	–
Haute performance	–	–	–
Contrôleur à contrôleur	–	–	–

8.1.8.2 Classe d'application “Application isochrone”

Les appareils (c'est-à-dire appareil d'entrée-sortie et contrôleur d'entrée-sortie) prenant en charge la classe d'application “application isochrone” doivent prendre en charge les services suivants complémentaires à ceux sélectionnés par la classe de conformité appropriée.

Les services de couche d'application pour un appareil sont définis dans la CEI 61158-5-10. Le Tableau 39 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158-5-10 à prendre en charge en complément pour cette classe d'application.

Tableau 39 – Classe d'application “application isochrone” – Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
8.3.7	ASE d'application en mode isochrone	OUI	–

Les protocoles de couche d'application pour un appareil sont définis dans la CEI 61158-6-10. Le Tableau 40 récapitule les sélections de protocole de couche d'application de la CEI 61158-6-10 à prendre en charge en complément pour cette classe d'application.

Tableau 40 – Classe d'application “application isochrone” – Sélection de composant de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
–	–	–	–

8.1.8.3 Classe d'application "Automatisation des processus"

Les appareils (c'est-à-dire appareil d'entrée-sortie et contrôleur d'entrée-sortie) prenant en charge la classe d'application "automatisation des processus" doivent prendre en charge les services suivants complémentaires à ceux sélectionnés par la classe de conformité appropriée.

Les services de couche d'application pour un appareil sont définis dans la CEI 61158-5-10. Le Tableau 41 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158-5-10 à prendre en charge en complément pour cette classe d'application.

Tableau 41 – Classe d'application "automatisation des processus" – Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
8.3.5	ASE d'alarme	OUI	L'alarme de redondance système est obligatoire
8.3.6	ASE de contexte	OUI	ARType IOCAR_SR et service Prm Begin doivent être pris en charge
8.3.9	ASE D'AR	OUI	Le basculement d'AR (sauvegarde, primaire) doit être pris en charge

Les protocoles de couche d'application pour un appareil sont définis dans la CEI 61158-6-10. Le Tableau 42 récapitule les sélections de protocole de couche d'application de la CEI 61158-6-10 à prendre en charge en complément pour cette classe d'application.

Tableau 42 – Classe d'application "automatisation des processus" – Sélection de composant de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
–	–	–	–

La prise en charge de la synchronisation temporelle conformément à l'IEEE 802.1AS est obligatoire pour les appareils disposant de plusieurs accès et facultative pour les appareils à un accès.

La prise en charge de la classe de redondance de support RED_CLASS_1 est obligatoire et RED_CLASS_3 est facultative (voir 8.1.6 pour de plus amples informations).

Les appareils d'entrée-sortie doivent prendre en charge au moins un ensemble de AR.

8.1.8.4 Classe d'application "Haute performance"

Les appareils (c'est-à-dire appareil d'entrée-sortie et contrôleur d'entrée-sortie) prenant en charge la classe d'application "haute performance" doivent prendre en charge les valeurs suivantes indiquées dans le Tableau 43 et le Tableau 44.

Tableau 43 – Classe d'application “Haute performance” – fonctions prises en charge

Paramètre	Valeur	Signification
SendClockFactor	Inférieur à 8	Cycles de communication inférieurs à 250 µs
FastForwarding	Pris en charge	–
Fragmentation	Pris en charge	–
Raccourcissement de préambule	Pris en charge	–
Compactage de trame dynamique	Pris en charge	–

Tableau 44 – Classe d'application “Haute performance” – valeurs de paramètre

Paramètre	Valeur	Signification
REDBeginSafetyMargin	160 ns	–
MinSupportedFSO	Maximum: 2 µs	–
MinRTC3Gap	1 120 ns	–
REDEndSafetyMargin	0 ns	–
MaxFrameStartTime	Maximum: 2 µs	–
MinNRTGap	960 ns	–
BridgeDelay	Maximum: 1 µs	–
MaxPortTxDelay	Maximum: 90 ns	–
MaxPortRxDelay	Maximum: 210 ns	–
MaxDFP_Feed	Maximum: 500 ns	–
Gigue homologue à homologue	Maximum: 250 ns	–
NOTE Tous les temps sont spécifiés pour le mode FastForwarding et le mode ShortPreamble.		

8.1.8.5 Classe d'application “Contrôleur à contrôleur”

Les appareils prenant en charge la classe d'application “Contrôleur à contrôleur” doivent prendre en charge les valeurs suivantes indiquées dans le Tableau 45.

Tableau 45 – Classe d'application “Contrôleur à contrôleur” – fonctions prises en charge

Paramètre	Valeur	Signification
Contrôleur d'entrée-sortie	OUI	–
Appareil d'entrée-sortie	OUI	–
Enregistrements contrôleur à contrôleur	OUI	Gamme d'indice 0xF860 to 0xF86F La récupération du GSD stocké doit être prise en charge
Contrôleur d'entrée-sortie CR de données d'enregistrement	16 588 octets	Longueur minimale de données 16 588 octets (longueur de <i>PROFINETIOServiceReqPDU</i> ou <i>PROFINETIOServiceResPDU</i>)
Prise en charge d'appareil d'entrée-sortie prise partagée	OUI	–
Prise en charge d'entrée partagée	OUI	–
Nombre d'AR	4	L'appareil d'entrée-sortie doit prendre en charge au moins quatre AR concurrentes

8.1.9 Enregistrements

8.1.9.1 Généralités

Différents enregistrements sont associés aux classes de conformité A, B et C (voir Tableau 46, Tableau 47, Tableau 48, Tableau 49, Tableau 50 et Tableau 51).

Tableau 46 – Indice (spécifique à l'utilisateur)

Valeur (hexadécimale)	Signification de l'indice	Classe de conformité					
		A		B		C	
		R	W	R	W	R	W
0 – 0x7FFF	RecordData spécifique à l'utilisateur	O		O		O	
R Lecture W Écriture M Obligatoire O Facultatif G Défini par la description générale de la station (GSD)							

Tableau 47 – Indice (spécifique au sous-ensemble)

Valeur (hexadécimale)	Signification de l'indice	Classe de conformité					
		A		B		C	
		R	W	R	W	R	W
0x8000	ExpectedIdentificationData pour un sous-ensemble	M	–	M	–	M	–
0x8001	RealIdentificationData pour un sous-ensemble	M	–	M	–	M	–
0x8002 – 0x8009	Réservé	–					
0x800A	Diagnostic dans le codage de canal pour un sous-ensemble	M	–	M	–	M	–
0x800B	Diagnostic dans tous les codages pour un sous-ensemble	M	–	M	–	M	–
0x800C	Diagnostic, Maintenance, Qualifié et Etat pour un sous-ensemble	M	–	M	–	M	–
0x800D – 0x800F	Réservé	–					
0x8010	Maintenance requise dans le codage de canal pour un sous-ensemble	M	–	M	–	M	–
0x8011	Maintenance demandée dans le codage de canal pour un sous-ensemble	M	–	M	–	M	–
0x8012	Maintenance requise dans tous les codages pour un sous-ensemble	M	–	M	–	M	–
0x8013	Maintenance demandée dans tous les codages pour un sous-ensemble	M	–	M	–	M	–
0x8014 – 0x801D	Réservé	–					
0x801E	SubstituteValues pour un sous-ensemble	G		G		G	
0x801F	Réservé	–					
0x8020	PDIRSubframeData pour un sous-ensemble	–		–		G	
0x8021 – 0x8027	Réservé	–					
0x8028	RecordInputDataObjectElement pour un sous-ensemble	M	–	M	–	M	–
0x8029	RecordOutputDataObjectElement pour un sous-ensemble	M	–	M	–	M	–
0x802A	PDPortDataReal pour un sous-ensemble	M	–	M	–	M	–

Valeur (hexadécimale)	Signification de l'indice	Classe de conformité					
		A		B		C	
		R	W	R	W	R	W
0x802B	PDPortDataCheck pour un sous-ensemble	M		M		M	
0x802C	PDIRData pour un sous-ensemble	–		–		M	
0x802D	PDSyncData prévu pour un sous-ensemble avec valeur 0 attribuée à SyncID	–		G		M	
0x802E	Réservé (classique)	–					
0x802F	PDPortDataAdjust pour un sous-ensemble	G		G		G	
0x8030	IsochronousModeData pour un sous-ensemble	–		–		G	
0x8031	PDTimeData prévu pour un sous-ensemble	–		G		G	
0x8032 – 0x804F	Réservé (classique)	–		–		–	
0x8050	PDInterfaceMrpDataReal pour un sous-ensemble	G	–	G	–	G	–
0x8051	PDInterfaceMrpDataCheck pour un sous-ensemble	G		G		G	
0x8052	PDInterfaceMrpDataAdjust pour un sous-ensemble	G		G		G	
0x8053	PDPortMrpDataAdjust pour un sous-ensemble	G		G		G	
0x8054	PDPortMrpDataReal pour un sous-ensemble	G	–	G	–	G	–
0x8055 – 0x805F	Réservé	–					
0x8060	PDPortFODataReal pour un sous-ensemble	G	–	G	–	G	–
0x8061	PDPortFODataCheck pour un sous-ensemble	G		G		G	
0x8062	PDPortFODataAdjust pour un sous-ensemble	G		G		G	
0x8063 – 0x806F	Réservé	–					
0x8070	PDNCDataCheck pour un sous-ensemble	G		G		G	
0x8071	PDInterfaceAdjust pour un sous-ensemble	G		G		G	
0x8072	PDPortStatistic pour un sous-ensemble	O	–	M	–	M	–
0x8073 – 0x807F	Réservé	–					
0x8080	PDInterfaceDataReal pour un sous-ensemble	M	–	M	–	M	–
0x8081 – 0x808F	Réservé	–					
0x8090	PDInterfaceFSUDataAdjust prévu	G		G		G	
0x8091 – 0x909F	Réservé	–					
0x80A0	Profils couvrant l'économie d'énergie – Record_0	G		G		G	
0x80A1 – 0x80AF	Réservé aux profils couvrant l'économie d'énergie	–					
0x80B1	CombinedObjectContainer	G		G		G	
0x80B1 – 0x80BF	Réservé	–					
0x80C0	Profils couvrant la séquence d'événements – Record_0	G		G		G	
0x80B1 – 0x80BF	Réservé	–					
0x80C1 – 0x80CF	Réservé aux profils couvrant la séquence d'événements	–					
0x80D0 – 0xAFEF	Réservé	–					
0xAFF0	I&M0	M	–	M	–	M	–
0xAFF1	I&M1 ^{b c}	O	G	O	G	O	G
0xAFF2	I&M2 ^{b c}	O	G	O	G	O	G
0xAFF3	I&M3 ^{b c}	O	G	O	G	O	G
0xAFF4	I&M4 ^{b c}	O	G	O	G	O	G
0xAFF5 – 0xAFFF	I&M5 – I&M15	O		O		O	
0xB000 – 0xBFFF	Réservé aux profils	O		O		O	

Valeur (hexadécimale)	Signification de l'indice	Classe de conformité					
		A		B		C	
		R	W	R	W	R	W
R	Lecture						
W	Écriture						
M	Obligatoire						
O	Facultatif						
G	Défini par la description générale de la station (GSD)						
a	–						
b	Si défini comme inscriptible par GSD, est également lisible.						
c	Obligatoire, lisible et inscriptible, pour au moins un sous-module, par exemple le sous-module d'interface.						

Une application d'appareil ne nécessite pas de générer des informations de diagnostic, de maintenance, qualifiées ou d'état.

Cependant, les enregistrements de données 0x800A, 0x800B, 0x800C, 0x8010, 0x8011, 0x8012 et 0x8013 agissent comme un filtre pour l'ASE de diagnostic. Si l'ASE de diagnostic ne contient aucune information sur le ou les types demandés, l'enregistrement de données doit être retourné vide. Il n'est pas admis de spécifier que l'enregistrement n'existe pas.

Tableau 48 – Indice (spécifique à l'ensemble)

Valeur (hexadécimale)	Signification de l'indice	Classe de conformité					
		A		B		C	
		R	W	R	W	R	W
0xC000	ExpectedIdentificationData pour un ensemble	M	–	M	–	M	–
0xC001	RealIdentificationData pour un ensemble	M	–	M	–	M	–
0xC002 – 0xC009	Réservé	–					
0xC00A	Diagnostic dans le codage de canal pour un ensemble	M	–	M	–	M	–
0xC00B	Diagnostic dans tous les codages pour un ensemble	M	–	M	–	M	–
0xC00C	Diagnostic, Maintenance, Qualifié et Etat pour un ensemble	M	–	M	–	M	–
0xC00D – 0xC00F	Réservé	–					
0xC010	Maintenance requise dans le codage de canal pour un ensemble	M	–	M	–	M	–
0xC011	Maintenance demandée dans le codage de canal pour un ensemble	M	–	M	–	M	–
0xC012	Maintenance requise dans tous les codages pour un ensemble	M	–	M	–	M	–
0xC013	Maintenance demandée dans tous les codages pour un ensemble	M	–	M	–	M	–
0xC014 – 0xCFFF	Réservé	–					
0xD000 – 0xDFFF	Réservé aux profils	O		O		O	

Valeur (hexadécimale)	Signification de l'indice	Classe de conformité					
		A		B		C	
		R	W	R	W	R	W
R	Lecture						
W	Écriture						
M	Obligatoire						
O	Facultatif						
G	Défini par la description générale de la station (GSD)						

Tableau 49 – Indice (Spécifique à l'AR)

Valeur (hexadécimale)	Signification de l'indice	Classe de conformité					
		A		B		C	
		R	W	R	W	R	W
0xE000	ExpectedIdentificationData pour une AR	M	–	M	–	M	–
0xE001	RealIdentificationData pour une AR	M	–	M	–	M	–
0xE002	ModuleDiffBlock pour une AR	M	–	M	–	M	–
0xE003 – 0xE009	Réservé	–					
0xE00A	Diagnostic dans le codage de canal pour une AR	M	–	M	–	M	–
0xE00B	Diagnostic dans tous les codages pour une AR	M	–	M	–	M	–
0xE00C	Diagnostic, Maintenance, Qualifié et Etat pour une AR	M	–	M	–	M	–
0xE00D – 0xE00F	Réservé	–					
0xE010	Maintenance requise dans le codage de canal pour une AR	M	–	M	–	M	–
0xE011	Maintenance demandée dans le codage de canal pour une AR	M	–	M	–	M	–
0xE012	Maintenance requise dans tous les codages pour une AR	M	–	M	–	M	–
0xE013	Maintenance demandée dans tous les codages pour une AR	M	–	M	–	M	–
0xE014 – 0xE02F	Réservé	–					
0xE030	Réservé	–					
0xE031 – 0xE03F	Réservé	–					
0xE040	MultipleWrite ^b	–	M	–	M	–	M
0xE041 – 0xE04F	Réservé	–					
0xE050	Données ARFSUDDataAdjust ^a pour une AR Classique	G ^a					
0xE051 – 0xE05F	Réservé à FastStartUp	–					
0xE060 – 0xEBFF	Réservé	–					
0xEC00 – 0xEFFF	Réservé aux profils	O	–	O	–	O	–

Valeur (hexadécimale)	Signification de l'indice	Classe de conformité					
		A		B		C	
		R	W	R	W	R	W
R	Lecture						
W	Écriture						
M	Obligatoire						
O	Facultatif						
G	Défini par la description générale de la station (GSD)						
^a L'enregistrement ARFSUDDataAdjust est pris en charge uniquement en cas d'utilisation du mode de démarrage classique. ^b GSDML doit spécifier la prise en charge de cette fonction.							

Tableau 50 – Indice (Spécifique à l'API)

Valeur (hexadécimale)	Signification de l'indice	Classe de conformité					
		A		B		C	
		R	W	R	W	R	W
0xF000	RealIdentificationData pour une API	M	–	M	–	M	–
0xF001 – 0xF009	Réservé	–					
0xF00A	Diagnostic dans le codage de canal pour une API	M	–	M	–	M	–
0xF00B	Diagnostic dans tous les codages pour une API	M	–	M	–	M	–
0xF00C	Diagnostic, Maintenance, Qualifié et Etat pour une API	M	–	M	–	M	–
0xF00D – 0xF00F	Réservé	–					
0xF010	Maintenance requise dans le codage de canal pour une API	M	–	M	–	M	–
0xF011	Maintenance demandée dans le codage de canal pour une API	M	–	M	–	M	–
0xF012	Maintenance requise dans tous les codages pour une API	M	–	M	–	M	–
0xF013	Maintenance demandée dans tous les codages pour une API	M	–	M	–	M	–
0xF014 – 0xF01F	Réservé	–					
0xF020	ARData pour une API	M	–	M	–	M	–
0xF021 – 0xF3FF	Réservé	–					
0xF400 – 0xF7FF	Réservé aux profils	O	–	O	–	O	–
R	Lecture						
W	Écriture						
M	Obligatoire						
O	Facultatif						
G	Défini par la description générale de la station (GSD)						

Tableau 51 – Indice (spécifique à l'appareil)

Valeur (hexadécimale)	Signification de l'indice	Classe de conformité					
		A		B		C	
		R	W	R	W	R	W
0xF800 – 0xF80B	Réservé	–					
0xF80C	Diagnostic, Maintenance, Qualifié et Etat pour un appareil	M	–	M	–	M	–
0xF80D – 0xF81F	Réservé	–					
0xF820	ARData	M	–	M	–	M	–
0xF821	APIData	M	–	M	–	M	–
0xF822 – 0xF82F	Réservé	–					
0xF830	LogBookData	M	–	M	–	M	–
0xF831	PDevData	–		O	–	O	–
0xF832 – 0xF83F	Réservé	–					
0xF840	I&M0FilterData	M	–	M	–	M	–
0xF841	PDRealData	M	–	M	–	M	–
0xF842	PDExpectedData	M	–	M	–	M	–
0xF843 – 0xF84F	Réservé	–					
0xF850	AutoConfiguration	G	–	G	–	G	–
0xF851 – 0xF85F	Réservé	–					
0xF860	Communication contrôleur à contrôleur Téléchargement de GSD avec UploadBLOBQuery et UploadBLOB	G	–	G	–	G	–
0xF861	Communication contrôleur à contrôleur Info diagnostic imbriquée	G	–	G	–	G	–
0xF862 – 0xF86E	Réservé à Communication contrôleur à contrôleur 2...14	–					
0xF86F	Réservé à Communication contrôleur à contrôleur 15	G	–	G	–	G	–
0xF870 – 0xFBFE	Réservé	–					
0xFBFF	Indice de déclencheur pour la surveillance de connexion RPC	M	–	M	–	M	–
0xFC00 – 0xFFFF	Réservé aux profils	O		O		O	
R	Lecture						
W	Écriture						
M	Obligatoire						
O	Facultatif						
G	Défini par la description générale de la station (GSD)						

8.1.9.2 Sous-blocs d'enregistrement**8.1.9.2.1 Généralités**

Les définitions suivantes s'appliquent si le protocole est défini pour le type d'accès concerné de MAU mis en œuvre.

8.1.9.2.2 PDPortDataAdjust

Différents sous-blocs de l'enregistrement PDPortDataAdjust sont associés aux classes de conformité A, B and C indiquées dans le Tableau 52.

Tableau 52 – PDPortDataAdjust (sous-blocs)

Valeur (hexadécimale)	Signification du sous-bloc	Classe de conformité					
		A		B		C	
		R	W	R	W	R	W
–	AdjustDomainBoundary	–		M ^a		M	
–	AdjustMulticastBoundary	–		M ^b			
–	AdjustMAUType			G			M
–	AdjustLinkState			G			M
–	AdjustPeerToPeerBoundary	M ^c		M ^d		M ^e	
–	AdjustDCPBoundary	M					
–	AdjustPreambleLength	–				M ^f	
R	Lecture						
W	Écriture						
M	Obligatoire						
O	Facultatif						
G	Défini par la description générale de la station (GSD)						
^a Obligatoire si PTCP est pris en charge							
^b Obligatoire si la relation de communication à multidestination est prise en charge							
^c Seule la limite LLDP est obligatoire							
^d LLDP et si PTCP et IEEE 802.1AS pris en charge; ces limites sont obligatoires							
^e LLDP, PTCP et si IEEE 802.1AS pris en charge; ces limites sont obligatoires							
^f Obligatoire si le profil de performance s'applique							

8.1.9.2.3 PDPortDataCheck

Différents sous-blocs de l'enregistrement PDPortDataCheck sont associés aux classes de conformité A, B and C indiquées dans le Tableau 53.

Tableau 53 – PDPortDataCheck (sous-blocs)

Valeur (hexadécimale)	Signification de l'indice	Classe de conformité					
		A		B		C	
		R	W	R	W	R	W
–	CheckPeers	M					
–	CheckLineDelay	–		M ^a		M	
–	CheckMAUType	G				M	
–	CheckLinkState	G				M	
–	CheckSyncDifference	–		M ^a		M	
–	CheckMAUTypeDifference	M					
R	Lecture						
W	Écriture						
M	Obligatoire						
O	Facultatif						
G	Défini par la description générale de la station (GSD)						
^a	Obligatoire si PTCP est pris en charge						

8.1.10 Liste des fonctions de communication

Le Tableau 54 présente d'un coup d'œil une liste des fonctions PROFINET.

Tableau 54 – Liste des fonctions de communication

Fonction	Classes de conformité		
	A	B	C
Fournisseur de relation de communication à multidestination (MCR)	Facultatif		
Appareil partagé	Facultatif		
Entrée partagée	Facultatif		
Démarrage rapide	Facultatif		
Accès à l'appareil	Facultatif		
Relation d'application du superviseur	Contrôleur d'entrée-sortie: – Appareil d'entrée-sortie: Recommandé		
Relation d'application implicite	Contrôleur d'entrée-sortie: Facultatif Appareil d'entrée-sortie: Obligatoire		
AutoNameOfStationAssignment Voir CTLDINA de la CEI 61158–6–10	Contrôleur d'entrée-sortie: Recommandé Appareil d'entrée-sortie: –		

8.1.11 Comportements de la classe de conformité

CP 3/4, CP 3/5 et CP 3/6 spécifient les différentes classes de nœud dans les paragraphes CPF 3. Les classes d'application sont sélectionnées dans la classe de conformité. Un profil de communication est associé à une classe de conformité. La redondance de support est sélectionnée dans une classe de conformité. Le Tableau 55 spécifie les comportements requis de la classe de conformité.

Dans le présent document, les profils de communication suivants sont spécifiés pour CPF 3:

- CP 3/4, voir Tableau 55 et Tableau 57 – classe de conformité A;
- CP 3/5, voir Tableau 55 – classe de conformité B;
- CP 3/6, voir Tableau 55 – classe de conformité C.

Tableau 55 – Comportements de la classe de conformité

Classes générales	Classes de conformité			
	A		B	C
	Sans fil	Filaire		
CP	CP 3/4		CP 3/5	CP 3/6
Classes de nœud ^a (voir 8.1.3)	Appareil d'entrée-sortie, contrôleur d'entrée-sortie			
Classes de support (voir 8.1.7)	Sans fil	Filaire ou fibre optique		
Classes d'application	voir 8.1.8			
Classes de communication ^b	voir 8.1.5			
Classes de redondance de support	–	voir 8.1.6		
Installation CEI 61784–5–3	–	Facultatif	OUI	

Classes générales	Classes de conformité			
	A		B	C
	Sans fil	Filaire		
Liste des fonctions de communication	voir 8.1.10			
IEEE 802.3	–	OUI ⁱ		
IEEE 802.1D	–	OUI ^c		OUI ^g
IEEE 802.1Q	–	OUI ^d		
IEEE 802.1AB	Facultatif	OUI ^f	OUI	
IEEE 802.1AS	Facultatif			
Sélection de technologies sans fil	1. IEEE 802.11 ^e 2. IEEE 802.15.1	–	–	–
SNMP	Facultatif		OUI	
LLDP- MIB ^j LLDP-EXT-DOT1-MIB LLDP-EXT-DOT3-MIB LLDP-EXT-PNIO-MIB	Facultatif	OUI ^f	OUI	
MIB-II	Facultatif		OUI ^h	
PNIO MIB	Facultatif			
^a Le superviseur d'entrée-sortie n'entre pas dans le domaine d'application de la classe de conformité.				
^b Toutes les classes de conformité permettent de combiner une communication IETF avec les ajouts spécifiques au RTE. Les attributs RT_CLASS_x sont spécifiés en 8.3.10.4.2 de la CEI 61158-5-10.				
^c 1) RSTP facultatif ou remplacé par MRP. 2) CutThroughMode est recommandé. 3) “Éliminer sur réception d'une trame reçue erronée” est facultatif lors de l'utilisation de CutThroughMode. 4) Au moins deux priorités requises (4 recommandées).				
^d La configuration VLAN de balisage de priorité, le retrait et la modification des en-têtes de balise sont facultatifs.				
^e 1) IEEE 802.11 (Partie EDCA au moins avec quatre priorités prises en charge) 2) IEEE 802.11n facultative				
^f L'émission et la réception des trames LLDP sont obligatoires. La prise en charge de MIB est facultative.				
^g 1) RSTP facultatif ou remplacé par MRP. 2) CutThroughMode is obligatoire. 3) “Éliminer sur réception d'une trame reçue erronée” facultatif (CutThroughMode). 4) Au moins deux priorités requises (4 recommandées).				
^h Voir Tableau 56.				
ⁱ La prise en charge de Autonégociation avec une vitesse de liaison au moins en mode bidirectionnel simultané 100 Mbit/s est obligatoire. Tous les autres types de MAU spécifiés dans RFC 4836 satisfaisant à cette exigence (c'est-à-dire, les modes bidirectionnels simultanés 1 Gbit/s, 10 Gbit/s et 100 Gbit/s) sont facultatifs.				
^j Le LLDP-MIB utilise la version LLDP-MIB-200505060000Z.MIB et leurs extensions.				

Tableau 56 – Objets MIB-II

Entrée arborescente OID	Identification d'objet	Signification
iso(1). org (3). dod(6). internet(1). mgmt(2). mib-2(1). system(1).	sysDescr(1), sysObjectID(2), sysUpTime(3), sysContact(4), sysName(5), sysLocation(6), sysServices(7)	Obligatoire pour la "classe de conformité B" et la "classe de conformité C".
iso(1). org (3). dod(6). internet(1). mgmt(2). mib-2(1). interfaces(2).	ifNumber	Obligatoire si plusieurs interfaces sont prises en charge. Recommandé pour la "classe de conformité B" et la "classe de conformité C".
iso(1). org (3). dod(6). internet(1). mgmt(2). mib-2(1). interfaces(2). ifTable(2). ifEntry.	ifIndex(1), ifDescr(2), ifType(3), ifMtu(4), ifSpeed(5), ifPhysAddress(6), ifAdminStatus(7), ifOperStatus(8)	Obligatoire si plusieurs interfaces sont prises en charge. Recommandé pour la "classe de conformité B" et la "classe de conformité C".
iso(1). org (3). dod(6). internet(1). mgmt(2). mib-2(1). interfaces(2). ifTable(2). ifEntry.	ifLastChange(9), ifInOctets(10), ifInUcastPkts(11), ifInNUcastPkts(12), ifInDiscards(13), ifInErrors(14), ifInUnknownProtos(15), ifOutOctets(16), ifOutUcastPkts(17), ifOutNUcastPkts(18), ifOutDiscards(19), ifOutErrors(20), ifOutQLen(21), ifSpecific(22)	Recommandé pour la "classe de conformité B" et la "classe de conformité C".

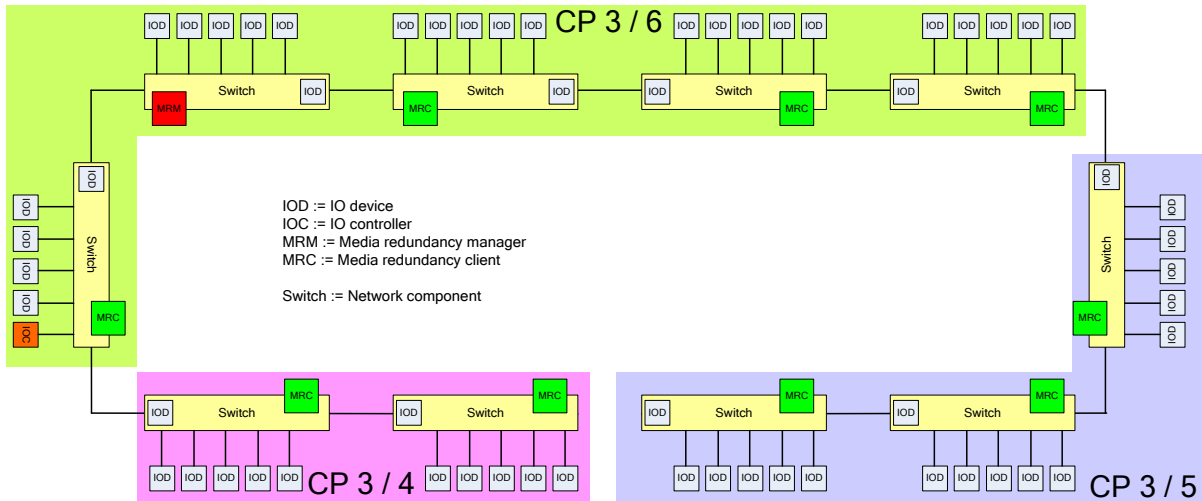
Les classes de conformité sont disposées de sorte qu'une classe de conformité inférieure représente un sous-ensemble d'une classe de conformité supérieure. Ainsi, les appareils de classe supérieure sont interopérables avec les appareils de classe inférieure en utilisant les capacités de la classe inférieure uniquement (par exemple, en utilisant RT_CLASS_1).

Cependant, un sous-module particulier d'un appareil d'entrée-sortie peut forcer le contrôleur d'entrée-sortie à utiliser le fonctionnement en mode isochrone (indiqué avec le mot clé GSDML IsochroneModeRequired) et par conséquent forcer le contrôleur d'entrée-sortie à utiliser la classe de conformité C. Ce type d'appareil d'entrée-sortie doté d'un sous-module particulier ne peut pas fonctionner sur un contrôleur d'entrée-sortie prenant en charge une classe de conformité inférieure à C.

Tableau 57 – Comportements de la classe de conformité pour les composants de réseau

Classes générales	Classes de conformité			
	A	A	A	
CP	CP 3/4	CP 3/4	CP 3/4	
Classes de nœud (voir 8.1.3)	Commutateur	Point d'accès sans fil	Client sans fil	
Classes de support (voir 8.1.7)	Filaire ou fibre optique	Sans fil	Sans fil	
Classes d'application	voir 8.1.8			
Classes de communication ^a (voir 8.1.5)	–	–	–	
Classes de redondance de support	voir 8.1.6	–	–	
Installation CEI 61784–5–3	Facultatif	–	–	
Liste des fonctions de communication	–	–	–	
IEEE 802.3	OUI ^e	–	–	
IEEE 802.1D	OUI ^b	–	–	
IEEE 802.1Q	OUI ^c	–	–	
IEEE 802.1AB	Recommandé	Facultatif	Facultatif	
IEEE 802.1AS	Facultatif	Facultatif	Facultatif	
Sélection des technologies sans fil	–	1. IEEE 802.11 ^d 2. IEEE 802.15.1	1. IEEE 802.11 ^d 2. IEEE 802.15.1	
IEEE 802.11	–	OUI ^f	OUI ^f	
SNMP	Recommandé	Facultatif	Facultatif	
MIB-II	Recommandé	Facultatif	Facultatif	
LLDP- MIB ^g LLDP-EXT-DOT1-MIB LLDP-EXT-DOT3-MIB LLDP-EXT-PNIO-MIB	Recommandé	Facultatif	Facultatif	
^a Toutes les classes de conformité permettent de combiner une communication IETF avec les ajouts spécifiques au RTE. Les attributs RT_CLASS_x sont spécifiés en 8.3.10.4.2 de la CEI 61158-5-10. ^b 1) RSTP facultatif ou remplacé par MRP. 2) CutThroughMode est recommandé. 3) “Éliminer sur réception d'une trame reçue erronée” est facultatif lors de l'utilisation de CutThroughMode. 4) Au moins deux priorités requises (4 priorités recommandées). ^c La configuration VLAN de balisage de priorité, le retrait et la modification des en-têtes de balise sont facultatifs. ^d IEEE 802.11n facultative. ^e La prise en charge de Autonégociation avec une vitesse de liaison au moins en mode bidirectionnel simultané 100 Mbit/s est obligatoire. Tous les autres types de MAU spécifiés dans RFC 4836 satisfaisant à cette exigence (c'est-à-dire, les modes bidirectionnels simultanés 1 Gbit/s, 10 Gbit/s et 100 Gbit/s) sont facultatifs. ^f Au moins la partie EDCA avec quatre priorités doit être prise en charge. ^g Le LLDP-MIB utilise la version LLDP-MIB-200505060000Z.MIB et leurs extensions				

Les composants de réseau peuvent faire office de nœuds terminaux d'un réseau CP 3/6 pour connecter des appareils CP 3/4 ou CP 3/5 sans perdre les capacités de la classe de conformité C. Un exemple de connexion de CP 3/4, CP 3/5 et CP 3/6 est illustré à la Figure 3.



Légende	
Anglais	Français
Switch	Commutateur
IO device	Appareil E/S
IO controller	Contrôleur E/S
Media redundancy manager	Gestionnaire de redondance de support
Media redundancy client	Client de redondance de support
Network component	Composant de réseau

Figure 3 – Exemple de topologie de réseau utilisant les composants CP 3/4, CP 3/5 et CP 3/6

8.2 Profil 3/4

8.2.1 Couche physique

8.2.1.1 Classe de support filaire et fibre optique

La couche physique doit être conforme à l'IEEE 802.3.

La vitesse de transmission des données doit être d'au moins 100 Mbit/s et le mode bidirectionnel simultané doit être utilisé pour au moins un accès.

Les appareils doivent se conformer aux exigences légales du pays dans lequel ils sont déployés (par exemple, comme indiqué dans la marque CE). Les mesures de protection contre les chocs électriques (c'est-à-dire la sécurité électrique) dans les applications industrielles doivent reposer sur la série CEI 61010 ou sur la CEI 61131-2 selon le type d'appareil ici spécifié.

8.2.1.2 Classe de support sans fil

La couche physique doit être une sélection de l'IEEE 802.11 et de l'IEEE 802.15.1.

Si l'IEEE 802.11 est sélectionnée, la vitesse de transmission des données doit être conforme à l'IEEE 802.11 et éventuellement à l'IEEE 802.11n, sinon elle doit être conforme à l'IEEE 802.15.1.

8.2.2 Couche de liaison de données

8.2.2.1 Généralités

Il est recommandé de limiter à 3 octets par milliseconde le trafic en temps différé local de chaque nœud afin d'éviter une surcharge du réseau.

8.2.2.2 Classe de support filaire et fibre optique

La couche de liaison de données doit être conforme à l'IEEE 802.3, à l'IEEE 802.1AB, à l'IEEE 802.1D et à l'IEEE 802.1Q.

Toutes les bases d'informations de gestion (MIB) sont facultatives.

8.2.2.3 Classe de support sans fil

La couche de liaison de données doit être une sélection de l'IEEE 802.11 ou de l'IEEE 802.15.1.

Les appareils de la classe de support sans fil utilisant la couche physique IEEE 802.15.1 doivent prendre en charge le saut de fréquence adaptatif (AFH). De plus, ces appareils doivent fournir des moyens d'exclure les fréquences utilisées par les systèmes IEEE 802.11 en permanence de leur séquence de saut.

Toutes les bases d'informations de gestion (MIB) sont facultatives.

8.2.3 Couche d'application

8.2.3.1 Sélection de service AL

8.2.3.1.1 Appareil d'entrée-sortie

Les services de couche d'application pour un appareil d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-5-10. Le Tableau 58 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158-5-10 pour ce profil.

Tableau 58 – CP 3/4: Sélection de service AL pour un appareil d'entrée-sortie

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes, définitions, abréviations, symboles et conventions	Partielle	Utilisés le cas échéant
4	Concepts	OUI	–
5	ASE de type de données	OUI	–
6	Modèle de communication pour les services communs	–	–
6.1	Concepts	OUI	–
6.2	Types de données ASE	OUI	–
6.3	ASEs	–	–
6.3.1	ASE de reconnaissance et configuration de base	OUI	–
6.3.2	ASE de contrôle de temps précis	OUI	Facultatif
6.3.3	ASE de redondance de support	OUI	Voir 8.1.6, n.a. pour les supports sans fil

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
6.3.4	ASE cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP est facultatif
6.3.5	ASE acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP est facultatif; obligatoire si RT_CLASS_UDP est pris en charge.
6.3.6	ASE d'appel de procédure à distance	OUI	–
6.3.7	IEEE 802.1AB ASE	OUI	n.a. pour les supports sans fil
6.3.8	IEEE 802.1AS ASE	OUI	Facultatif
6.3.9	IEEE 802.1D ASE	OUI	Applicable si un composant de réseau est intégré. Sinon, seuls PortStateChanged et SetPortState sont utilisés
6.3.10	IEEE 802.1Q ASE	OUI	n.a. pour les supports sans fil.
6.3.11	IEEE 802.3 ASE	OUI	n.a. pour les supports sans fil
6.3.12	ASE de fragmentation	OUI	Facultatif; obligatoire si des horloges d'émission inférieures à 250 µs sont prises en charge.
6.3.13	ASE de suite IP	OUI	ICMP est facultatif; obligatoire si RT_CLASS_UDP est pris en charge
6.3.14	ASE du système de noms de domaine	OUI	Facultatif
6.3.15	ASE de configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
6.3.16	ASE de gestion de réseau simple	OUI	Facultatif
6.3.17	ASE de mapping DL commune	–	–
6.3.17.1	Présentation	OUI	–
6.3.17.2	Spécification de la classe de mapping DL	OUI	–
6.3.17.3	Spécification du service de mapping DL	–	–
6.3.17.3.1	Données P	OUI	Facultatif; obligatoire si l'ASE de contrôle de temps précis est pris en charge
6.3.17.3.2	Données N	OUI	–
6.3.17.3.3	Données A	OUI	–
6.3.17.3.4	Données C	OUI	–
7	Modèle de communication pour la périphérie décentralisée	–	–
7.1	Concepts	OUI	–
7.2	Types de données ASE	OUI	–
7.3	ASE	–	–
7.3.1	ASE de données d'enregistrement	OUI	–
7.3.2	ASE de données d'entrée-sortie	OUI	–
7.3.3	ASE de données de journal	OUI	–
7.3.4	ASE de diagnostic	OUI	–
7.3.5	ASE d'alarme	OUI	–
7.3.6	ASE de contexte	OUI	–
7.3.7	ASE d'application en mode isochrone	NON	–
7.3.8	ASE de gestion d'appareil physique	OUI	–
7.3.9	ASE D'AR	OUI	–
7.4	Comportement d'un appareil d'entrée-sortie	–	–

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
7.4.1	Présentation	OUI	–
7.4.2	Démarrage d'un appareil d'entrée-sortie	OUI	–
7.4.3	Contrôle de paramètre d'appareil physique	–	–
7.4.3.1	Généralités	OUI	–
7.4.3.2	Données du système éloigné	OUI	–
7.4.3.3	Données du système local	OUI	–
7.4.3.4	Données du système optique	OUI	Facultatif; obligatoire si un système à fibre optique est utilisé
7.4.4	Diagnostic et indicateur d'incidents	OUI	–
7.4.5	Alarmes utilisateur	OUI	–
7.4.6	Comportement en cas de changement de configuration	OUI	–
7.4.7	Comportement d'un protocole PTCP dans des appareils d'entrée-sortie	OUI	Facultatif; obligatoire si l'ASE de contrôle de temps précis (voir 6.3.2) est pris en charge
7.5	Comportement d'un contrôleur d'entrée-sortie	NON	–
7.6	Caractéristiques de l'application	OUI	–
Annexe A	Instances de l'appareil	OUI	–
Annexe B	Composants d'une interface Ethernet	Partielle	Utilisée si applicable
Annexe C	Schéma d'une affectation d'adresse MAC	OUI	–
Annexe D	Collection d'objets	OUI	–
Annexe E	Mesure du temps de démarrage rapide	OUI	–
Annexe F	Compactage de trame dynamique	OUI	Facultatif
Annexe G	Conception des données IR	OUI	Facultatif; obligatoire si RT_CLASS_3 est utilisé

8.2.3.1.2 Composant de réseau

8.2.3.1.2.1 Généralités

Un composant de réseau peut être intégré dans un appareil d'entrée-sortie ou un contrôleur d'entrée-sortie. Si c'est le cas, les exigences d'un appareil d'entrée-sortie et d'un contrôleur d'entrée-sortie sont applicables.

Par ailleurs, le composant de réseau peut être conçu comme un composant de réseau non intégré c'est-à-dire un nœud autonome.

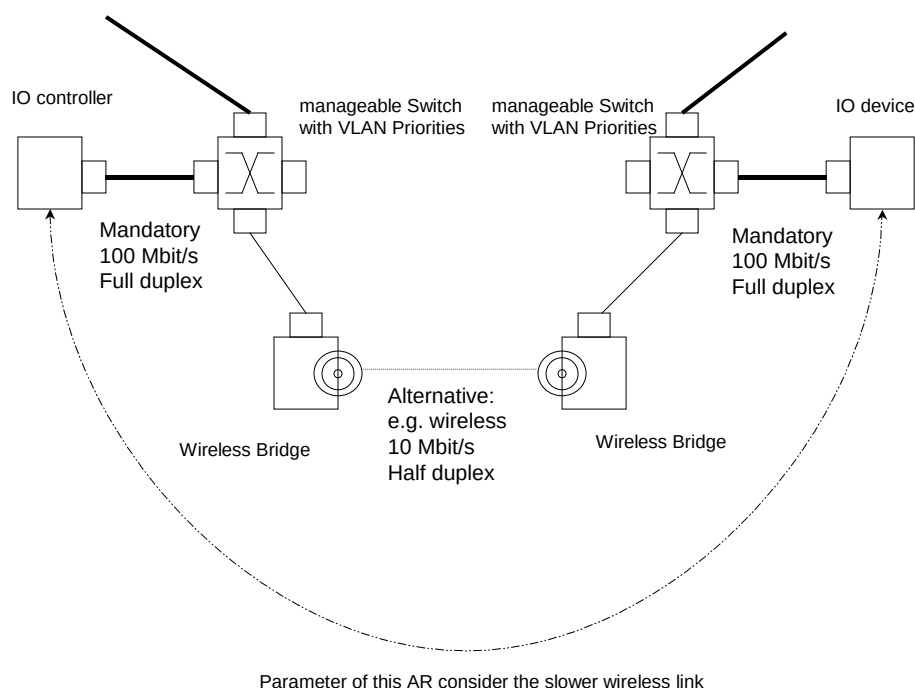
Il convient qu'un commutateur 100 Mbit/s prenne en charge la mise en mémoire tampon de toutes les données en au moins 1 ms. Il convient que cela soit le cas avec 100 % de la largeur de bande sur tous les accès des trames de taille plus petite.

Un commutateur 100 Mbit/s avec moins de huit accès doit assurer une mise en mémoire tampon selon le Tableau 69, avec 8 accès et plus selon le Tableau 70. Cela doit être le cas avec 100 % de la largeur de bande sur tous les accès des trames de taille plus petite.

8.2.3.1.2.2 Composant de réseau non intégré

Un composant de réseau non intégré ne requiert pas de couche d'application de Type 10. Le Tableau 57 spécifie les comportements généraux du composant de réseau.

Le pont sans fil (2 points d'accès ou 1 point d'accès et 1 client) doit prendre en charge un délai de propagation inférieur à 128 ms. Un exemple de topologie sans fil est présenté à la Figure 4.



Légende

Anglais	Français
IO controller	Contrôleur E/S
Manageable switch with VLAN priorities	Commutateur gérable avec priorités VLAN
IO device	Appareil E/S
Mandatory	Obligatoire
Full duplex	Bidirectionnel simultané
Wireless bridge	Pont sans fil
Alternative: e.g. wireless 10 Mbit/s Half duplex	Variante: par exemple, sans fil 10 Mbit/s, bidirectionnel non simultané
Parameter of this AR consider the slower wireless link	Le paramètre de cet AR tient compte de la liaison sans fil la plus lente

Figure 4 – Exemple de topologie de réseau avec segment sans fil

8.2.3.1.2.3 Composant de réseau intégré

Les services de couche d'application pour un composant de réseau sont définis dans la CEI 61158-5-10. Le Tableau 58 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158-5-10 pour ce profil.

8.2.3.1.3 Contrôleur d'entrée-sortie

Les services de couche d'application pour un contrôleur d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-5-10. Le Tableau 58 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158-5-10 pour ce profil, sauf que 7.4 est NON et 7.5 est OUI.

8.2.3.1.4 Superviseur d'entrée-sortie

Voir 8.2.3.1.3.

8.2.3.1.5 Options

DHCP conformément au RFC 2131 est un service facultatif.

DNS est un service facultatif pour un contrôleur d'entrée-sortie et un superviseur d'entrée-sortie.

Redondance de support (voir 8.1.6).

PTCP est un service facultatif. Si PTCP est pris en charge, la prise en charge du maître de synchronisation et du maître de synchronisation redondant est facultative pour un appareil d'entrée-sortie. Pour un contrôleur d'entrée-sortie, la prise en charge du maître de synchronisation est obligatoire et la prise en charge du maître de synchronisation redondant est facultative.

8.2.3.2 Sélection de protocole AL

8.2.3.2.1 Appareil d'entrée-sortie

Les protocoles de couche d'application pour un appareil d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158–6–10. Le Tableau 59 récapitule les sélections de protocole de couche d'application de la CEI 61158–6–10 pour ce profil.

Tableau 59 – CP 3/4: Sélection de protocole AL pour un appareil d'entrée-sortie et un composant de réseau

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes, définitions, abréviations, symboles et conventions	Partielle	Utilisés le cas échéant
4	Spécification du protocole de couche d'application pour les protocoles communs	–	–
4.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	–
4.2	Syntaxe de transfert	–	–
4.2.1	Codage des types de données de base	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.2.2	Section de codage liée aux zones de base communes	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.3	Reconnaissance et configuration de base	OUI	–
4.4	Contrôle de temps précis	OUI	Facultatif, n.a. pour les supports sans fil
4.5	Synchronisation temporelle	OUI	Facultatif
4.6	Redondance de support	OUI	Voir 8.1.6, n.a. pour les supports sans fil
4.7	Cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP est facultatif
4.8	Acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP est facultatif; obligatoire si RT_CLASS_UDP est pris en charge.
4.9	Fragmentation	OUI	Facultatif; obligatoire si des horloges d'émission inférieures à 250 µs sont prises en charge.
4.10	Appel de procédure à distance	OUI	–
4.11	Reconnaissance de couche de liaison	OUI	n.a. pour les supports sans fil

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4.12	Ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré. Sinon, seuls PortStateChanged et SetPortState sont utilisés.
4.13	Ponts virtuels	OUI	n.a. pour les supports sans fil
4.14	Suite IP	OUI	–
4.15	Système de noms de domaine	OUI	Facultatif
4.16	Configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
4.17	Gestion de réseau simple	OUI	Facultatif
4.18	Machines de protocole de mapping DLL communes	OUI	–
5	Spécification du protocole de couche d'application pour la périphérie décentralisée	–	–
5.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	–
5.2	Syntaxe de transfert	OUI	Le cas échéant
5.3	Diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	Le cas échéant
5.4	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	–
5.5	Machines de protocole de service FAL	–	–
5.5.1	Présentation	OUI	–
5.5.2	Appareil de machine de protocole de service FAL	OUI	–
5.5.3	Contrôleur de machine de protocole de service FAL	NON	–
5.6	Machines de protocole de relation d'application	–	–
5.6.1	Initiateur de machine de protocole d'alarme	OUI	–
5.6.2	Répondeur de machine de protocole d'alarme	OUI	–
5.6.3	Appareil	OUI	–
5.6.4	Contrôleur	NON	–
5.7	Machines de protocole de mapping DLL	OUI	–
Annexe A	Établissement unifié d'une AR pour toutes les classes RT	OUI	–
Annexe B	Établissement compatible d'une AR	OUI	–
Annexe C	Établissement d'un accès à l'appareil AR	OUI	–
Annexe D	Établissement d'une AR (procédure accélérée)	OUI	–
Annexe E	Établissement d'une AR (procédure de démarrage rapide)	OUI	–
Annexe F	Exemple de procédure de téléchargement, stockage et récupération	OUI	–
Annexe G	Couches de modèle de référence OSI	OUI	–
Annexe H	Présentation des diagrammes d'états de contrôleur d'entrée-sortie et d'appareil d'entrée-sortie	OUI	–
Annexe I	Régénération de priorité	OUI	–
Annexe J	Présentation de la hiérarchie de maître de synchronisation	OUI	Facultatif; obligatoire si le contrôle de temps précis est pris en charge
Annexe K	Optimisation de l'utilisation de la largeur de bande	OUI	–

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
Annexe L	Contraintes temporelles pour affectation de largeur de bande	OUI	Facultatif; obligatoire si RT_CLASS_2 ou RT_CLASS_3 est pris en charge
Annexe M	Contraintes temporelles pour la retransmission d'une trame	OUI	–
Annexe N	Principe de compactage de trame dynamique	OUI	Facultatif
Annexe O	Principe de fragmentation	OUI	Facultatif; obligatoire si des horloges d'émission inférieures à 250 µs sont prises en charge.
Annexe P	MRPD – Principe de la redondance de support sans à-coup	OUI	Facultatif; obligatoire si RED_CLASS_3 est pris en charge.
Annexe Q	Principe de RED_RELAY sans retransmission d'informations dans PDIRFrameData	OUI	Facultatif
Annexe R	Optimisation du démarrage rapide sans autonégociation	OUI	–
Annexe S	Traitement d'erreur TX	OUI	–
Annexe T	Exemple de procédure PrmBegin, PrmEnd et ApplRdy	OUI	–
Annexe U	Liste des MIB prises en charge	OUI	Facultatif
Annexe V	Structure et contenu de BLOB	OUI	Le cas échéant
Annexe W	LLDP EXT MIB	OUI	Facultatif

8.2.3.2.2 Composant de réseau

8.2.3.2.2.1 Généralités

Voir 8.2.3.1.2.1.

8.2.3.2.2.2 Composant de réseau non intégré

Un composant de réseau non intégré ne requiert pas de couche d'application de Type 10. Le Tableau 57 spécifie les comportements généraux du composant de réseau.

8.2.3.2.2.3 Composant de réseau intégré

Les protocoles de couche d'application pour un composant de réseau intégré sont définis dans la CEI 61158-6-10. Le Tableau 59 spécifie les articles inclus dans ce profil.

8.2.3.2.3 Contrôleur d'entrée-sortie

Les protocoles de couche d'application pour un contrôleur d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-6-10. Le Tableau 60 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Tableau 60 – CP 3/4: Sélection de protocole AL pour un contrôleur d'entrée-sortie

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes, définitions, abréviations, symboles et conventions	Partielle	Utilisés le cas échéant
4	Spécification du protocole de couche d'application pour les protocoles communs	–	–
4.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	–
4.2	Syntaxe de transfert	–	–
4.2.1	Codage des types de données de base	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.2.2	Section de codage liée aux zones de base communes	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.3	Reconnaissance et configuration de base	OUI	–
4.4	Contrôle de temps précis	OUI	Facultatif, n.a. pour les supports sans fil
4.5	Synchronisation temporelle	OUI	Facultatif
4.6	Redondance de support	OUI	Voir 8.1.6, n.a. pour les supports sans fil
4.7	Cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP est facultatif
4.8	Acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP est facultatif; obligatoire si RT_CLASS_UDP est pris en charge.
4.9	Fragmentation	OUI	Facultatif; obligatoire si des horloges d'émission inférieures à 250 µs sont prises en charge.
4.10	Appel de procédure à distance	OUI	–
4.11	Reconnaissance de couche de liaison	OUI	n.a. pour les supports sans fil
4.12	Ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré. Sinon, seuls PortStateChanged et SetPortState sont utilisés.
4.13	Ponts virtuels	OUI	n.a. pour les supports sans fil
4.14	Suite IP	OUI	–
4.15	Système de noms de domaine	OUI	Facultatif
4.16	Configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
4.17	Gestion de réseau simple	OUI	Facultatif
4.18	Machines de protocole de mapping DLL communes	OUI	–
5	Spécification du protocole de couche d'application pour la périphérie décentralisée	–	–
5.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	–
5.2	Syntaxe de transfert	OUI	Le cas échéant
5.3	Diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	Le cas échéant
5.4	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	–
5.5	Machines de protocole de service FAL	–	–

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
5.5.1	Présentation	OUI	–
5.5.2	Appareil de machine de protocole de service FAL	NON	–
5.5.3	Contrôleur de machine de protocole de service FAL	OUI	–
5.6	Machines de protocole de relation d'application	–	–
5.6.1	Initiateur de machine de protocole d'alarme	OUI	–
5.6.2	Répondeur de machine de protocole d'alarme	OUI	–
5.6.3	Appareil	NON	–
5.6.4	Contrôleur	OUI	–
5.7	Machines de protocole de mapping DLL	OUI	–
Annexe A	Établissement unifié d'une AR pour toutes les classes RT	OUI	–
Annexe B	Établissement compatible d'une AR	OUI	–
Annexe C	Établissement d'un accès à l'appareil AR	OUI	–
Annexe D	Établissement d'une AR (procédure accélérée)	OUI	–
Annexe E	Établissement d'une AR (procédure de démarrage rapide)	OUI	–
Annexe F	Exemple de procédure de téléchargement, stockage et récupération	OUI	–
Annexe G	Couches de modèle de référence OSI	OUI	–
Annexe H	Présentation des diagrammes d'états de contrôleur d'entrée-sortie et d'appareil d'entrée-sortie	OUI	–
Annexe I	Régénération de priorité	OUI	–
Annexe J	Présentation de la hiérarchie de maître de synchronisation	OUI	Facultatif; obligatoire si le contrôle de temps précis est pris en charge
Annexe K	Optimisation de l'utilisation de la largeur de bande	OUI	–
Annexe L	Contraintes temporelles pour affectation de largeur de bande	OUI	Facultatif; obligatoire si RT_CLASS_2 ou RT_CLASS_3 est pris en charge
Annexe M	Contraintes temporelles pour la retransmission d'une trame	OUI	–
Annexe N	Principe de compactage de trame dynamique	OUI	Facultatif
Annexe O	Principe de fragmentation	OUI	Facultatif; obligatoire si des horloges d'émission inférieures à 250 µs sont prises en charge.
Annexe P	MRPD – Principe de la redondance de support sans à-coup	OUI	Facultatif; obligatoire si RED_CLASS_3 est pris en charge.
Annexe Q	Principe de RED_RELAY sans retransmission d'informations dans PDIRFrameData	OUI	Facultatif
Annexe R	Optimisation du démarrage rapide sans autonégociation	OUI	–
Annexe S	Traitement d'erreur TX	OUI	–
Annexe T	Exemple de procédure PrmBegin, PrmEnd et ApplRdy	OUI	–
Annexe U	Liste des MIB prises en charge	OUI	Facultatif
Annexe V	Structure et contenu de BLOB	OUI	Le cas échéant

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
Annexe W	LLDP EXT MIB	OUI	Facultatif

8.2.3.2.4 Superviseur d'entrée-sortie

Voir 8.2.3.1.4.

8.2.3.2.5 Options

DHCP conformément au RFC 2131 est un protocole facultatif.

DNS est un protocole facultatif pour un contrôleur d'entrée-sortie et un superviseur d'entrée-sortie.

Redondance de support (voir 8.1.6).

PTCP est un service facultatif. Si PTCP est pris en charge, la prise en charge du maître de synchronisation et du maître de synchronisation redondant est facultative pour un appareil d'entrée-sortie. Pour un contrôleur d'entrée-sortie, la prise en charge du maître de synchronisation est obligatoire et la prise en charge du maître de synchronisation redondant est facultative.

RT_Class_UDP est facultatif.

8.2.4 Sélection d'indicateur de performance

8.2.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 61 spécifie les indicateurs de performance pertinents.

Tableau 61 – CP 3/4, CP 3/5 et CP 3/6: Présentation 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	Oui	–
Débit RTE	Oui	–
Largeur de bande non RTE	Oui	–
Exactitude de la synchronisation temporelle	Oui	–
Exactitude de synchronisation non périodique	–	–
Temps de reprise de redondance	Oui	–

8.2.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

8.2.4.2.1 Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Le Tableau 62 spécifie les dépendances des indicateurs de performance.

Tableau 62 – CP 3/4, CP 3/5 et CP 3/6: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence							
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Débit RTE	Largeur de bande non RTE	Exactitude de la synchronisation temporelle	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		Oui 8.2.4.2.4	NON	Oui 8.2.4.2.2	Oui 8.2.4.2.3	NON	NON	OUI 8.2.4.2.5
Nombre de stations d'extrémité	Oui 8.2.4.2.4		NON	NON	NON	NON	NON	NON
Topologie de réseau de base	OUI 8.2.4.2.6	NON		NON	NON	NON	OUI 8.2.4.2.7	OUI 8.2.4.2.8
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	OUI 8.2.4.2.6	NON	NON		NON	NON	OUI 8.2.4.2.7	OUI 8.2.4.2.9
Débit RTE	NON	NON	NON	NON		OUI 8.2.4.2.10	NON	NON
Largeur de bande non RTE	NON	NON	NON	NON	OUI 8.2.4.2.10		NON	NON
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	NON	NON	OUI 8.2.4.2.11	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	NON	NON	OUI 8.2.4.2.8	OUI 8.2.4.2.12	NON	NON	NON	

8.2.4.2.2 Temps de remise

Le temps de remise de l'indicateur de performance peut être calculé par la Formule (11).

$$DT = cta\_S + ctc + cta\_R + STTs + STTr + tt \times data + cd \times clt + \sum_{pd=1}^{NoS} f(pd) \times NoS + od \quad (11)$$

où

<i>DT</i>	est le temps de remise;
<i>cta_R</i>	est la durée de cycle d'application du récepteur;
<i>cta_S</i>	est la durée de cycle d'application de l'émetteur;
<i>ctc</i>	est la durée de cycle de communication (voir la Formule (12)) et qui doit être supérieure ou égale à MinDeviceInterval;
<i>STTs</i>	est le temps transversal de la pile de l'émetteur;
<i>STTr</i>	est le temps transversal de la pile du récepteur;
<i>tt</i>	est le temps de transfert (80 ns/octet pour 100 Mbit/s, 8 ns/octet pour 1 Gbit/s).
<i>data</i>	est la trame Ethernet complète;
<i>cd</i>	est le délai du câble (voir l'attribut CableDelayLocal dans la CEI 61158–5–10);
<i>clt</i>	est la longueur totale du câble;
<i>pd</i>	est le délai de propagation (voir la Formule (13));
<i>NoS</i>	est le nombre de commutateurs;
<i>od</i>	est tout autre délai, par exemple, transfert de signal dans un anneau.

La durée de cycle de communication peut être calculée par la Formule (12).

$$ctc = SCF \times RR \times 31,25 \mu s \quad (12)$$

où

SCF est l'attribut *SendClockFactor* (voir CEI 61158–5–10, *SendClockFactor*);

RR est l'attribut *ReductionRatio* (voir CEI 61158–5–10, *ReductionRatio*).

Le délai de propagation *pd* peut être calculé par la Formule (13).

$$pd = Queue\_delay + Phy\_R\_delay + Phy\_S\_delay + MAC\_delay \quad (13)$$

où

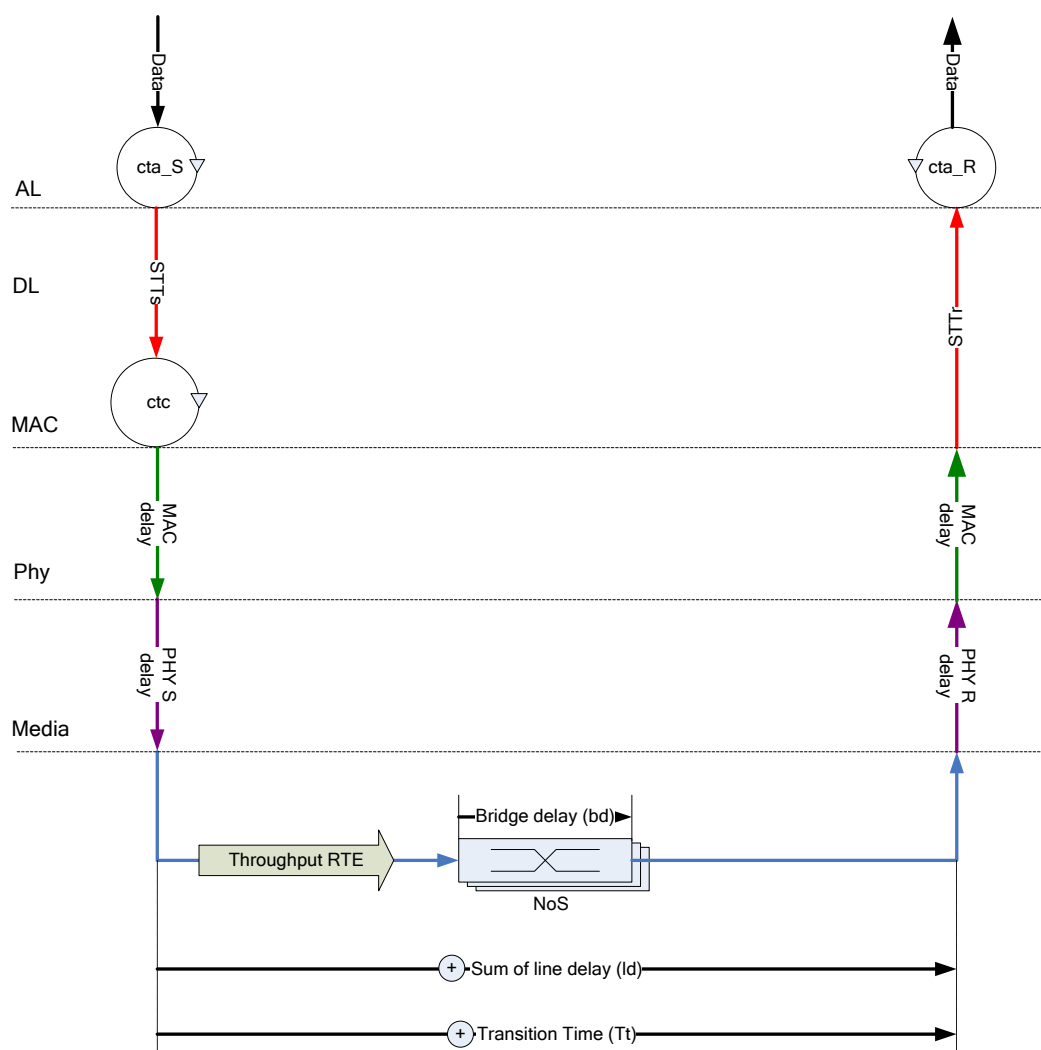
Queue_delay est le délai de file d'attente dans un commutateur;

Phy_R_delay est le délai Phy côté récepteur;

Phy_S_delay est le délai Phy côté émetteur;

MAC_delay est le délai sur la couche MAC.

La Figure 5 représente la base de calcul du temps de remise et du débit RTE et illustre la position logique dans laquelle interviennent certains paramètres.



Légende

Anglais	Français
MAC delay	Délai MAC
PHY R delay	Délai PHY R
PHY S delay	Délai PHY S
Media	Support
Throughput RTE	Débit RTE
bridge delay	Délai de pontage
Sum of line delay	Somme du délai de ligne
Transition time	Durée de transition

Figure 5 – Base de calcul du temps de remise et du débit RTE

8.2.4.2.3 Dépendance du temps de remise sur le débit RTE

Le débit RTE définit la quantité de données dans une durée de cycle de communication (ctc). La Formule (14) spécifie les dépendances à différents paramètres.

Si $data\_request > data\_RTE$, alors

(14)

- pour accroître le débit RTE
 - le ctc est constant tant que le débit RTE max peut être augmenté pour transmettre $data\_request$
 - élargir ctc selon les besoins, de manière à pouvoir augmenter le débit RTE max pour transmettre $data\_request$
- utiliser plusieurs ctc

où

$data\_request$ est le débit RTE requis;

$data\_RTE$ est le débit RTE réel,

ctc est la durée de cycle de communication (voir la Formule (12) en 8.2.4.2.2) et qui doit être supérieure ou égale à $MinDeviceInterval$.

Le paramètre ctc et les données sont utilisés en 8.2.4.2.2 pour calculer le temps de remise.

8.2.4.2.4 Dépendance du temps de remise sur le nombre de stations d'extrémité

Le nombre de stations d'extrémité influence la longueur des données dans une durée de cycle de communication (ctc).

Les données de paramètre sont utilisées en 8.2.4.2.2 pour calculer le temps de remise.

8.2.4.2.5 Dépendance du temps de remise sur le temps de reprise de redondance

La valeur la plus défavorable de tous les commutateurs des chemins configurés dans une topologie redondante doit être attribuée au nombre de commutateurs (NoS).

Le paramètre NoS est utilisé en 8.2.4.2.2 pour calculer le temps de remise.

8.2.4.2.6 Dépendance de la topologie de réseau de base sur le temps de remise

Si le temps de remise dans une topologie en marguerite ou en anneau dépasse la limite de temps de remise, la topologie de réseau de base est à définir en étoile hiérarchique.

8.2.4.2.7 Dépendance de la topologie de réseau de base sur l'exactitude de la synchronisation temporelle

Si l'exactitude de la synchronisation temporelle dans une topologie en marguerite ou en anneau dépasse la limite d'exactitude de la synchronisation temporelle, la topologie de réseau de base est à définir en étoile hiérarchique.

8.2.4.2.8 Dépendance de la topologie de réseau de base sur le temps de reprise de redondance

Si le temps de reprise de redondance permet d'utiliser l'algorithme d'arbre maximal rapide et le protocole (RSTP conformément à l'IEEE 802.1D), il n'existe aucune dépendance;

Le temps de reprise de redondance de la redondance de support requiert une topologie en anneau.

Pour RED_CLASS_1 et RED_CLASS_3, les accès en anneau doivent être conformes à la classe de support filaire et en fibre optique conformément à 8.2.1.1. La vitesse de transmission des données des deux accès en anneau doit être d'au moins 100 Mbit/s et le mode bidirectionnel simultané doit être utilisé pour les deux accès en anneau.

Pour RED_CLASS_1, le gestionnaire de redondance définit le temps de remise d'un anneau à l'aide de ses paramètres. Le Tableau 63 spécifie l'ensemble de paramètres cohérent pour un temps de remise de l'anneau de 200 ms.

Le volume de trafic dans l'anneau doit être inférieur à 90 %.

Tableau 63 – Paramètres du gestionnaire

Paramètre	Valeur	Commentaire
MRP_TOPchgT	10 ms	CEI 61158-6-10
MRP_TOPNRmax	3	CEI 61158-6-10
MRP_TSTshortT	10 ms	CEI 61158-6-10
MRP_TSTdefaultT	20 ms	CEI 61158-6-10
MRP_TSTNRmax	3	CEI 61158-6-10

Pour RED_CLASS_1 et RED_CLASS_3, le Tableau 64 spécifie l'ensemble de paramètres des clients de redondance de support.

Tableau 64 – Paramètres du client

Paramètre	Valeur	Commentaire
MRP_LNKdownT	20 ms	CEI 61158-6-10
MRP_LNKupT	20 ms	CEI 61158-6-10
MRP_LNKNRmax	4	CEI 61158-6-10

8.2.4.2.9 Dépendance du nombre de commutateurs (NoS) sur le temps de reprise de redondance

Le temps de détection des défaillances dépend du NoS.

8.2.4.2.10 Dépendance du débit RTE sur la largeur de bande non RTE

Le débit RTE peut être calculé par la Formule (15).

$$Throughput\_RTE = (100\% - NonRTE - protocolRTE) * EthernetDataRate / 8 \quad (15)$$

où

Throughput_RTE est le débit RTE en octets/s;
protocolRTE est le pourcentage de temps de protocole, voir la Formule (16);
NonRTE est le pourcentage de largeur de bande non RTE;
EthernetDataRate est la vitesse de transmission Ethernet du réseau.

Le *protocolRTE* peut être calculé par la Formule (16).

$$protocolRTE = f_{complex}(endStations, data, Time\_synchron\_accuracy, RM, ...) \quad (16)$$

où

endStations est le nombre de stations d'extrémité;

<i>data</i>	est la trame Ethernet complète, en octets;
<i>Time_synchron_accuracy</i>	est l'exactitude de la synchronisation temporelle;
<i>RM</i>	est la durée nécessaire aux fonctions de gestion pour prendre en charge la redondance.

8.2.4.2.11 Dépendance de l'exactitude de la synchronisation temporelle sur NoS

Exactitude de la synchronisation temporelle utilisant jusqu'à 20 NoS.

8.2.4.2.12 Dépendance du temps de reprise de redondance sur NoS

Le temps de détection des défaillances dépend du NoS.

8.2.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 65 spécifie l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance utilisant une largeur de bande de réseau de 100 Mbit/s, filaire ou en fibre optique. Les valeurs reposent sur celles données dans le Tableau 66 et sur les méthodes ou l'algorithme donnés en 8.2.4.2. Cet ensemble cohérent d'indicateurs de performance doit être soumis à essai pour les appareils (filaires) revendiquant la conformité à CP 3/4.

Tableau 65 – CP 3/4: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (PI) pour MinDeviceInterval=128 ms

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	128 ms facteur chien de garde × 128 ms	Sans défaillance Trames perdues; (Voir 8.1, MinDeviceInterval = 128 ms)
Nombre de stations d'extrémité	60	Les données sont supposées représenter une trame Ethernet de 68 octets afin de communiquer avec toutes les stations d'extrémité
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	10	
Débit RTE	2 324 706 octet/s	
Largeur de bande non RTE	23,5 %	100 Mbit/s et lié à 1 ms. Toutes les trames IEEE 802.3 sont prises en charge.
Exactitude de la synchronisation temporelle ^c	< 1 ms	Synchronisation de l'heure locale
	< 1 µs	Synchronisation de l'application synchrone
Temps de reprise de redondance ^c	0 ms < 200 ms	RT_CLASS_1 ^a : une seule défaillance Nouvelles tentatives RTA ^b = 3; Facteur de temporisation RTA = 100 ms
	< 384 ms	RT_CLASS_1 ^a : double défaillance (coupure de ligne et surtension) facteur chien de garde = 3; temps de remise = 128 ms
	< 200 ms	Nouvelles tentatives RTA ^b = 3; Facteur de temporisation RTA ^b = 100 ms
^a Les attributs RT_CLASS_x sont spécifiés en 8.3.10.4.2 de la CEI 61158–5–10.		
^b Les attributs de nouvelles tentatives RTA et de facteur de temporisation RTA sont spécifiés en 8.3.10.4.2 de la CEI 61158–5–10.		
^c Facultatif		

Tableau 66 – CP 3/4: Calcul des valeurs supposées de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Symbole	Définition	Valeur
<i>cd</i>	est le délai du câble (voir le paramètre <i>cable_delay</i> dans la CEI 61158-6-10)	5 ns
<i>clt</i>	est la longueur totale du câble	100 m
<i>cta_R</i>	est la durée de cycle d'application du récepteur	1 µs
<i>cta_S</i>	est la durée de cycle d'application de l'émetteur	1 µs
<i>ctc</i>	est la durée de cycle de communication (voir la Formule (12) en 8.2.4.2.2) et qui doit être supérieure ou égale à <i>MinDeviceInterval</i> = 128 ms	128 ms
<i>data</i>	est la trame Ethernet complète	68 octets
<i>EthernetDataRate</i>	est la vitesse de transmission Ethernet du réseau	Mbit/s
<i>MAC_delay</i>	est le délai sur la couche MAC	1 µs
<i>NonRTE</i>	est le pourcentage de largeur de bande non RTE	%
<i>od</i>	est tout autre délai, par exemple, transfert de signal dans un anneau	0 s
<i>pd</i>	est le délai de propagation (voir la Formule (13) en 8.2.4.2.2)	–
<i>Phy_R_delay</i>	est le délai Phy côté récepteur	300 ns
<i>Phy_S_delay</i>	est le délai Phy côté émetteur	300 ns
<i>protocolRTE</i>	est le pourcentage de temps de protocole (voir la Formule (16) en 8.2.4.2.10)	50 %
<i>Queue_delay</i>	est le délai de file d'attente dans un commutateur	0 s
<i>RedundancyManagement</i>	est la durée nécessaire aux fonctions de gestion pour prendre en charge la redondance	0 s
<i>STTr</i>	est le temps transversal de la pile du récepteur	0 s
<i>STTs</i>	est le temps transversal de la pile de l'émetteur	0 s
<i>Time_synchron_accuracy</i>	est l'exactitude de la synchronisation temporelle	0 s
<i>tt</i>	est le temps de transfert (80 ns/octet pour 100 Mbit/s, 8 ns/octet pour 1 Gbit/s)	80 ns
<i>SCF</i>	Voir CEI 61158–5–10, 8.3.10.4.2	32
<i>RR</i>	Voir CEI 61158–5–10, 8.3.10.4.2	128

8.3 Profil 3/5

8.3.1 Couche physique

La couche physique doit être conforme à l'IEEE 802.3.

La vitesse de transmission des données doit être d'au moins 100 Mbit/s et le mode bidirectionnel simultané doit être utilisé pour au moins un accès.

Les appareils doivent se conformer aux exigences légales du pays dans lequel ils sont déployés (par exemple, comme indiqué dans la marque CE). Les mesures de protection contre les chocs électriques (c'est-à-dire la sécurité électrique) dans les applications industrielles doivent reposer sur la série CEI 61010 ou sur la CEI 61131-2 selon le type d'appareil ici spécifié.

8.3.2 Couche de liaison de données

La couche de liaison de données doit être conforme à l'IEEE 802.3, à l'IEEE 802.1AB, à l'IEEE 802.1D et à l'IEEE 802.1Q.

Dans les différentes bases d'informations de gestion (MIB), LLDP MIB (voir IEEE 802.1AB) et SNMP MIB-II au moins (voir RFC 1213) sont requis.

Il est recommandé de limiter à 3 Koctets par milliseconde le trafic en temps différé local de chaque nœud afin d'éviter une surcharge du réseau.

8.3.3 Couche d'application

8.3.3.1 Sélection de service AL

8.3.3.1.1 Appareil d'entrée-sortie

Les services de couche d'application pour un appareil d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158–5–10. Le Tableau 67 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158–5–10 pour ce profil.

Tableau 67 – CP 3/5: Sélection de service AL pour un appareil d'entrée-sortie

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes, définitions, abréviations, symboles et conventions	Partielle	Utilisés le cas échéant
4	Concepts	OUI	–
5	ASE de type de données	OUI	–
6	Modèle de communication pour les services communs	–	–
6.1	Concepts	OUI	–
6.2	Types de données ASE	OUI	–
6.3	ASE	–	–
6.3.1	ASE de reconnaissance et configuration de base	OUI	–
6.3.2	ASE de contrôle de temps précis	OUI	Facultatif
6.3.3	ASE de redondance de support	OUI	Voir 8.1.6, n.a. pour les supports sans fil
6.3.4	ASE cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP est facultatif
6.3.5	ASE acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP est facultatif; obligatoire si RT_CLASS_UDP est pris en charge.
6.3.6	ASE d'appel de procédure à distance	OUI	–
6.3.7	IEEE 802.1AB ASE	OUI	n.a. pour les supports sans fil
6.3.8	IEEE 802.1AS ASE	OUI	Facultatif
6.3.9	IEEE 802.1D ASE	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré. Sinon, seuls PortStateChanged et SetPortState sont utilisés.
6.3.10	IEEE 802.1Q ASE	OUI	n.a. pour les supports sans fil
6.3.11	IEEE 802.3 ASE	OUI	n.a. pour les supports sans fil
6.3.12	ASE de fragmentation	OUI	Facultatif; obligatoire si des horloges d'émission inférieures à 250 µs sont prises en charge.
6.3.13	ASE de la suite IP	OUI	ICMP est facultatif; obligatoire si RT_CLASS_UDP est pris en charge.

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
6.3.14	ASE du système de noms de domaine	OUI	Facultatif
6.3.15	ASE de configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
6.3.16	ASE de gestion de réseau simple	OUI	–
6.3.17	ASE de mapping DL commune	–	–
6.3.17.1	Présentation	OUI	–
6.3.17.2	Spécification de la classe de mapping DL	OUI	–
6.3.17.3	Spécification du service de mapping DL	–	–
6.3.17.3.1	Données P	OUI	Facultatif; obligatoire si l'ASE de contrôle de temps précis est pris en charge
6.3.17.3.2	Données N	OUI	–
6.3.17.3.3	Données A	OUI	–
6.3.17.3.4	Données C	OUI	–
7	Modèle de communication pour la périphérie décentralisée	–	–
7.1	Concepts	OUI	–
7.2	Types de données ASE	OUI	–
7.3	ASE	–	–
7.3.1	ASE de données d'enregistrement	OUI	–
7.3.2	ASE de données d'entrée-sortie	OUI	–
7.3.3	ASE de données de journal	OUI	–
7.3.4	ASE de diagnostic	OUI	–
7.3.5	ASE d'alarme	OUI	–
7.3.6	ASE de contexte	OUI	–
7.3.7	ASE d'application en mode isochrone	NON	–
7.3.8	ASE de gestion d'appareil physique	OUI	–
7.3.9	ASE D'AR	OUI	–
7.4	Comportement d'un appareil d'entrée-sortie	–	–
7.4.1	Présentation	OUI	–
7.4.2	Démarrage d'un appareil d'entrée-sortie	OUI	–
7.4.3	Contrôle de paramètre d'appareil physique	–	–
7.4.3.1	Généralités	OUI	–
7.4.3.2	Données du système éloigné	OUI	–
7.4.3.3	Données du système local	OUI	–
7.4.3.4	Données du système optique	OUI	Facultatif; obligatoire si un système à fibre optique est utilisé
7.4.4	Diagnostic et indicateur d'incidents	OUI	–
7.4.5	Alarmes utilisateur	OUI	–
7.4.6	Comportement en cas de changement de configuration	OUI	–
7.4.7	Comportement d'un protocole PTCP dans des appareils d'entrée-sortie	OUI	Facultatif; obligatoire si l'ASE de contrôle de temps précis (voir 6.3.2) est pris en charge
7.5	Comportement d'un contrôleur d'entrée-sortie	NON	–
7.6	Caractéristiques de l'application	OUI	–
Annexe A	Instances de l'appareil	OUI	–

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
Annexe B	Composants d'une interface Ethernet	Partielle	Utilisés si applicable
Annexe C	Schéma d'une affectation d'adresse MAC	OUI	–
Annexe D	Collection d'objets	OUI	–
Annexe E	Mesure du temps de démarrage rapide	OUI	–
Annexe F	Compactage de trame dynamique	OUI	Facultatif
Annexe G	Conception des données IR	OUI	Facultatif; obligatoire si RT_CLASS_3 est utilisé

8.3.3.1.2 Composant de réseau

Les services de couche d'application pour un composant de réseau sont définis dans la CEI 61158–5–10. Le Tableau 67 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158–5–10 pour ce profil.

Il convient qu'un commutateur 100 Mbit/s prenne en charge la mise en mémoire tampon de toutes les données en au moins 1 ms. Il convient que cela soit le cas avec 100 % de la largeur de bande sur tous les accès des trames de taille plus petite.

Un commutateur 100 Mbit/s avec moins de huit accès doit assurer une mise en mémoire tampon selon le Tableau 69 avec 8 accès et plus selon le Tableau 70. Cela doit être soit le cas avec 100 % de la largeur de bande sur tous les accès des trames de taille plus petite.

8.3.3.1.3 Contrôleur d'entrée-sortie

Les services de couche d'application pour un contrôleur d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158–5–10. Le Tableau 67 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158–5–10 pour ce profil, sauf que 7.4 est NON et 7.5 est OUI.

8.3.3.1.4 Superviseur d'entrée-sortie

Voir 8.3.3.1.3.

8.3.3.1.5 Options

DHCP conformément au RFC 2131 est un service facultatif.

DNS est un service facultatif pour un contrôleur d'entrée-sortie et un superviseur d'entrée-sortie.

MRP est un service facultatif.

PTCP est un service facultatif.

8.3.3.2 Sélection de protocole AL

8.3.3.2.1 Appareil d'entrée-sortie

Les protocoles de couche d'application pour un appareil d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158–6–10. Le Tableau 68 récapitule les sélections de protocole de couche d'application de la CEI 61158–6–10 pour ce profil.

Tableau 68 – CP 3/5: Sélection de protocole AL pour un appareil d'entrée-sortie et un composant de réseau

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes, définitions, abréviations, symboles et conventions	Partielle	Utilisés le cas échéant
4	Spécification du protocole de couche d'application pour les protocoles communs	–	–
4.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	–
4.2	Syntaxe de transfert	–	–
4.2.1	Codage des types de données de base	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.2.2	Section de codage liée aux zones de base communes	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.3	Reconnaissance et configuration de base	OUI	–
4.4	Contrôle de temps précis	OUI	Facultatif, n.a. pour les supports sans fil
4.5	Synchronisation temporelle	OUI	Facultatif
4.6	Redondance de support	OUI	Voir 8.1.6, n.a. pour les supports sans fil
4.7	Cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP est facultatif
4.8	Acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP est facultatif; obligatoire si RT_CLASS_UDP est pris en charge.
4.9	Fragmentation	OUI	Facultatif; obligatoire si des horloges d'émission inférieures à 250 µs sont prises en charge.
4.10	Appel de procédure à distance	OUI	–
4.11	Reconnaissance de couche de liaison	OUI	n.a. pour les supports sans fil
4.12	Ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré. Sinon, seuls PortStateChanged et SetPortState sont utilisés.
4.13	Ponts virtuels	OUI	n.a. pour les supports sans fil
4.14	Suite IP	OUI	–
4.15	Système de noms de domaine	OUI	Facultatif
4.16	Configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
4.17	Gestion de réseau simple	OUI	–
4.18	Machines de protocole de mapping DLL communes	OUI	–
5	Spécification du protocole de couche d'application pour la périphérie décentralisée	–	–
5.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	–
5.2	Syntaxe de transfert	OUI	Le cas échéant

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
5.3	Diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	Le cas échéant
5.4	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	–
5.5	Machines de protocole de service FAL	–	–
5.5.1	Présentation	OUI	–
5.5.2	Appareil de machine de protocole de service FAL	OUI	–
5.5.3	Contrôleur de machine de protocole de service FAL	NON	–
5.6	Machines de protocole de relation d'application	–	–
5.6.1	Initiateur de machine de protocole d'alarme	OUI	–
5.6.2	Répondeur de machine de protocole d'alarme	OUI	–
5.6.3	Appareil	OUI	–
5.6.4	Contrôleur	NON	–
5.7	Machines de protocole de mapping DLL	OUI	–
Annexe A	Établissement unifié d'une AR pour toutes les classes RT	OUI	–
Annexe B	Établissement compatible d'une AR	OUI	–
Annexe C	Établissement d'un accès à l'appareil AR	OUI	–
Annexe D	Établissement d'une AR (procédure accélérée)	OUI	–
Annexe E	Établissement d'une AR (procédure de démarrage rapide)	OUI	–
Annexe F	Exemple de procédure de téléchargement, stockage et récupération	OUI	–
Annexe G	Couches de modèle de référence OSI	OUI	–
Annexe H	Présentation des diagrammes d'états de contrôleur d'entrée-sortie et d'appareil d'entrée-sortie	OUI	–
Annexe I	Régénération de priorité	OUI	–
Annexe J	Présentation de la hiérarchie de maître de synchronisation	OUI	Facultatif; obligatoire si le contrôle de temps précis est pris en charge
Annexe K	Optimisation de l'utilisation de la largeur de bande	OUI	–
Annexe L	Contraintes temporelles pour affectation de largeur de bande	OUI	Facultatif; obligatoire si RT_CLASS_2 ou RT_CLASS_3 est pris en charge
Annexe M	Contraintes temporelles pour la retransmission d'une trame	OUI	–
Annexe N	Principe de compactage de trame dynamique	OUI	Facultatif
Annexe O	Principe de fragmentation	OUI	Facultatif; obligatoire si des horloges d'émission inférieures à 250 µs sont prises en charge.
Annexe P	MRPD – Principe de la redondance de support sans à-coup	OUI	Facultatif; obligatoire si RED_CLASS_3 est pris en charge.
Annexe Q	Principe de RED_RELAY sans retransmission d'informations dans PDIRFrameData	OUI	Facultatif
Annexe R	Optimisation du démarrage rapide sans autonegociation	OUI	–
Annexe S	Traitement d'erreur TX	OUI	–

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
Annexe T	Exemple de procédure PrmBegin, PrmEnd et ApplRdy	OUI	–
Annexe U	Liste des MIB prises en charge	OUI	–
Annexe V	Structure et contenu de BLOB	OUI	Le cas échéant
Annexe V	LLDP EXT MIB	OUI	–

8.3.3.2.2 Composant de réseau

Les protocoles de couche d'application pour un composant de réseau sont définis dans la CEI 61158–6–10. Le Tableau 68 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Il convient qu'un commutateur 100 Mbit/s prenne en charge la mise en mémoire tampon de toutes les données en au moins 1 ms. Il convient que cela soit le cas avec 100 % de la largeur de bande sur tous les accès des trames de taille plus petite.

Un commutateur 100 Mbit/s avec moins de huit accès doit assurer une mise en mémoire tampon selon le Tableau 69 avec 8 accès et plus selon le Tableau 70. Cela doit être soit le cas avec 100 % de la largeur de bande sur tous les accès des trames de taille plus petite.

Tableau 69 – Capacité de mise en mémoire tampon pour moins de huit accès

Signification	Valeur
Capacité de mise en mémoire tampon par accès	10 Koctets

Tableau 70 – Capacité de mise en mémoire tampon pour huit accès et plus

Signification	Valeur
Capacité de mise en mémoire tampon	80 Koctets

8.3.3.2.3 Contrôleur d'entrée-sortie

Les protocoles de couche d'application pour un contrôleur d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158–6–10. Le Tableau 71 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Tableau 71 – CP 3/5: Sélection de protocole AL pour un contrôleur d'entrée-sortie

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes, définitions, abréviations, symboles et conventions	Partielle	Utilisés le cas échéant
4	Spécification du protocole de couche d'application pour les protocoles communs	–	–
4.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	–
4.2	Syntaxe de transfert	–	–
4.2.1	Codage des types de données de base	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.2.2	Section de codage liée aux zones de base communes	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.3	Reconnaissance et configuration de base	OUI	–
4.4	Contrôle de temps précis	OUI	Facultatif, n.a. pour les supports sans fil
4.5	Synchronisation temporelle	OUI	Facultatif
4.6	Redondance de support	OUI	Voir 8.1.6, n.a. pour les supports sans fil
4.7	Cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP est facultatif
4.8	Acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP est facultatif; obligatoire si RT_CLASS_UDP est pris en charge.
4.9	Fragmentation	OUI	Facultatif; obligatoire si des horloges d'émission inférieures à 250 µs sont prises en charge.
4.10	Appel de procédure à distance	OUI	–
4.11	Reconnaissance de couche de liaison	OUI	n.a. pour les supports sans fil
4.12	Ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré. Sinon, seuls PortStateChanged et SetPortState sont utilisés.
4.13	Ponts virtuels	OUI	n.a. pour les supports sans fil
4.14	Suite IP	OUI	–
4.15	Système de noms de domaine	OUI	Facultatif
4.16	Configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
4.17	Gestion de réseau simple	OUI	–
4.18	Machines de protocole de mapping DLL communes	OUI	–
5	Spécification du protocole de couche d'application pour la périphérie décentralisée	–	–
5.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	–
5.2	Syntaxe de transfert	OUI	Le cas échéant
5.3	Diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	Le cas échéant
5.4	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	–
5.5	Machines de protocole de service FAL	–	–
5.5.1	Présentation	OUI	–
5.5.2	Appareil de machine de protocole de service FAL	NON	–

Article / paragraphe	En-tête	Présenc e	Contraintes
5.5.3	Contrôleur de machine de protocole de service FAL	OUI	–
5.6	Machines de protocole de relation d'application	–	–
5.6.1	Initiateur de machine de protocole d'alarme	OUI	–
5.6.2	Répondeur de machine de protocole d'alarme	OUI	–
5.6.3	Appareil	NON	–
5.6.4	Contrôleur	OUI	–
5.7	Machines de protocole de mapping DLL	OUI	–
Annexe A	Établissement unifié d'une AR pour toutes les classes RT	OUI	–
Annexe B	Établissement compatible d'une AR	OUI	–
Annexe C	Établissement d'un accès à l'appareil AR	OUI	–
Annexe D	Établissement d'une AR (procédure accélérée)	OUI	–
Annexe E	Établissement d'une AR (procédure de démarrage rapide)	OUI	–
Annexe F	Exemple de procédure de téléchargement, stockage et récupération	OUI	–
Annexe G	Couches de modèle de référence OSI	OUI	–
Annexe H	Présentation des diagrammes d'états de contrôleur d'entrée-sortie et d'appareil d'entrée-sortie	OUI	–
Annexe I	Régénération de priorité	OUI	–
Annexe J	Présentation de la hiérarchie de maître de synchronisation	OUI	Facultatif; obligatoire si le contrôle de temps précis est pris en charge
Annexe K	Optimisation de l'utilisation de la largeur de bande	OUI	–
Annexe L	Contraintes temporelles pour affectation de largeur de bande	OUI	Facultatif; obligatoire si RT_CLASS_2 ou RT_CLASS_3 sont pris en charge
Annexe M	Contraintes temporelles pour la retransmission d'une trame	OUI	–
Annexe N	Principe de compactage de trame dynamique	OUI	Facultatif
Annexe O	Principe de fragmentation	OUI	Facultatif; obligatoire si des horloges d'émission inférieures à 250 µs sont prises en charge.
Annexe P	MRPD – Principe de la redondance de support sans à-coup	OUI	Facultatif; obligatoire si RED_CLASS_3 est pris en charge.
Annexe Q	Principe de RED_RELAY sans retransmission d'informations dans PDIRFrameData	OUI	Facultatif
Annexe R	Optimisation du démarrage rapide sans autonégociation	OUI	–
Annexe S	Traitement d'erreur TX	OUI	–
Annexe T	Exemple de procédure PrmBegin, PrmEnd et ApplRdy	OUI	–
Annexe U	Liste des MIB prises en charge	OUI	–
Annexe V	Structure et contenu de BLOB	OUI	Le cas échéant
Annexe W	LLDP EXT MIB	OUI	–

8.3.3.2.4 Superviseur d'entrée-sortie

Voir 8.2.3.1.3.

8.3.3.2.5 Options

DHCP conformément au RFC 2131 est un protocole facultatif.

DNS est un protocole facultatif pour un contrôleur d'entrée-sortie et un superviseur d'entrée-sortie.

Redondance de support (voir 8.1.6).

PTCP est un service facultatif.

8.3.4 Sélection d'indicateur de performance

8.3.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Les spécifications de 8.2.4.1 s'appliquent.

8.3.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

Les spécifications de 8.2.4.2 s'appliquent.

8.3.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 72 spécifie l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance utilisant une largeur de bande de réseau de 100 Mbit/s, filaire ou en fibre optique. Les valeurs reposent sur celles données dans le Tableau 73 et sur les méthodes ou l'algorithme donnés en 8.2.4.2. Cet ensemble cohérent d'indicateurs de performance doit être soumis à essai pour les appareils (filaires) revendiquant la conformité à CP 3/5.

Tableau 72 – CP 3/5: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (PI) pour MinDeviceInterval=128 ms

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	128 ms facteur chien de garde × 128 ms	Sans défaillance Trames perdues; (Voir 8.1, MinDeviceInterval = 128 ms)
Nombre de stations d'extrémité	60	Les données sont supposées représenter une trame Ethernet de 68 octets afin de communiquer avec toutes les stations d'extrémité
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	10	–
Débit RTE	2 324 706 octet/s	–
Largeur de bande non RTE	23,5 %	100 Mbit/s et lié à 1 ms. Toutes les trames IEEE 802.3 sont prises en charge.
Exactitude de la synchronisation temporelle ^c	< 1 ms	Synchronisation de l'heure locale
	< 1 µs	Synchronisation de l'application synchrone
Temps de reprise de redondance ^c	0 ms	RT_CLASS_1 ^a : une seule défaillance
	< 200 ms	Nouvelles tentatives RTA ^b = 3; Facteur de temporisation RTA = 100 ms

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
	< 384 ms	RT_CLASS_1 ^a : double défaillance (coupure de ligne et surtension) facteur chien de garde = 3; temps de remise = 128 ms
	< 200 ms	Nouvelles tentatives RTA ^b = 3; facteur de temporisation RTA ^b = 100 ms
^a Les attributs RT_CLASS_x sont spécifiés en 8.3.10.4.2 de la CEI 61158–5–10.		
^b Les attributs de nouvelles tentatives RTA et de facteur de temporisation RTA sont spécifiés en 8.3.10.4.2 de la CEI 61158–5–10.		
^c Facultatif		

Tableau 73 – CP 3/5: Calcul des valeurs supposées de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Symbole	Définition	Valeur
<i>cd</i>	est le délai du câble (voir le paramètre cable_delay dans la CEI 61158-6-10)	5 ns
<i>clt</i>	est la longueur totale du câble	100 m
<i>cta_R</i>	est la durée de cycle d'application du récepteur	1 µs
<i>cta_S</i>	est la durée de cycle d'application de l'émetteur	1 µs
<i>ctc</i>	est la durée de cycle de communication (voir la Formule (12) en 8.2.4.2.2) et qui doit être supérieure ou égale à MinDeviceInterval = 128 ms	128 ms
<i>data</i>	est la trame Ethernet complète	68 octets
<i>EthernetDataRate</i>	est la vitesse de transmission Ethernet du réseau	Mbit/s
<i>MAC_delay</i>	est le délai sur la couche MAC	1 µs
<i>NonRTE</i>	est le pourcentage de largeur de bande non RTE	%
<i>od</i>	est tout autre délai, par exemple, transfert de signal dans un anneau	0 s
<i>pd</i>	est le délai de propagation (voir la Formule (13) en 8.2.4.2.2)	–
<i>Phy_R_delay</i>	est le délai Phy côté récepteur	300 ns
<i>Phy_S_delay</i>	est le délai Phy côté émetteur	300 ns
<i>protocolRTE</i>	est le pourcentage de temps de protocole (voir la Formule (16) en 8.2.4.2.10)	50 %
<i>Queue_delay</i>	est le délai de file d'attente dans un commutateur	0 s
<i>RedundancyManagement</i>	est la durée nécessaire aux fonctions de gestion pour prendre en charge la redondance	0 s
<i>STTr</i>	est le temps transversal de la pile du récepteur	0 s
<i>STTs</i>	est le temps transversal de la pile de l'émetteur	0 s
<i>Time_synchron_accuracy</i>	est l'exactitude de la synchronisation temporelle	0 s
<i>tt</i>	est le temps de transfert (80 ns/octet pour 100 Mbit/s, 8 ns/octet pour 1 Gbit/s)	80 ns
<i>SCF</i>	Voir CEI 61158–5–10, 8.3.10.4.2	32
<i>RR</i>	Voir CEI 61158–5–10, 8.3.10.4.2	128

8.4 Profil 3/6

8.4.1 Couche physique

La couche physique doit être conforme à l'IEEE 802.3.

La vitesse de transmission des données doit être d'au moins 100 Mbit/s et le mode bidirectionnel simultané doit être utilisé pour au moins un accès.

Les appareils doivent se conformer aux exigences légales du pays dans lequel ils sont déployés (par exemple, comme indiqué dans la marque CE). Les mesures de protection contre les chocs électriques (c'est-à-dire la sécurité électrique) dans les applications industrielles doivent reposer sur la série CEI 61010 ou sur la CEI 61131-2 selon le type d'appareil ici spécifié.

8.4.2 Couche de liaison de données

La couche de liaison de données doit être conforme à l'IEEE 802.3, à l'IEEE 802.1AB, à l'IEEE 802.1D et à l'IEEE 802.1Q.

Dans les différentes bases d'informations de gestion (MIB), LLDP MIB (voir IEEE 802.1AB) et SNMP MIB-II au moins (voir RFC 1213) sont requis.

Il est recommandé de limiter à 3 Koctets par milliseconde le trafic en temps différé local de chaque nœud afin d'éviter une surcharge du réseau.

8.4.3 Couche d'application

8.4.3.1 Sélection de service AL

8.4.3.1.1 Appareil d'entrée-sortie

Les services de couche d'application pour un appareil d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158–5–10. Le Tableau 74 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158–5–10 pour ce profil.

Tableau 74 – CP 3/6: Sélection de service AL pour un appareil d'entrée-sortie

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes, définitions, abréviations, symboles et conventions	Partielle	Utilisés le cas échéant
4	Concepts	OUI	–
5	ASE de type de données	OUI	–
6	Modèle de communication pour les services communs	–	–
6.1	Concepts	OUI	–
6.2	Types de données ASE	OUI	–
6.3	ASE	–	–
6.3.1	ASE de reconnaissance et configuration de base	OUI	–
6.3.2	ASE de contrôle de temps précis	OUI	Facultatif
6.3.3	ASE de redondance de support	OUI	Voir 8.1.6, n.a. pour les supports sans fil
6.3.4	ASE cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP est facultatif
6.3.5	ASE acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP est facultatif; obligatoire si RT_CLASS_UDP est pris en charge.
6.3.6	ASE d'appel de procédure à distance	OUI	–
6.3.7	IEEE 802.1AB ASE	OUI	n.a. pour les supports sans fil
6.3.8	IEEE 802.1AS ASE	OUI	Facultatif
6.3.9	IEEE 802.1D ASE	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré. Sinon, seuls PortStateChanged et SetPortState sont utilisés.
6.3.10	IEEE 802.1Q ASE	OUI	n.a. pour les supports sans fil
6.3.11	IEEE 802.3 ASE	OUI	n.a. pour les supports sans fil
6.3.12	ASE de fragmentation	OUI	Facultatif; obligatoire si des horloges d'émission inférieures à 250 µs sont prises en charge.
6.3.13	ASE de la suite IP	OUI	ICMP est facultatif; obligatoire si RT_CLASS_UDP est pris en charge.
6.3.14	ASE du système de noms de domaine	OUI	Facultatif
6.3.15	ASE de configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
6.3.16	ASE de gestion de réseau simple	OUI	–
6.3.17	ASE de mapping DL commune	–	–
6.3.17.1	Présentation	OUI	–
6.3.17.2	Spécification de la classe de mapping DL	OUI	–
6.3.17.3	Spécification du service de mapping DL	–	–
6.3.17.3.1	Données P	OUI	–
6.3.17.3.2	Données N	OUI	–
6.3.17.3.3	Données A	OUI	–
6.3.17.3.4	Données C	OUI	–

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
7	Modèle de communication pour la périphérie décentralisée	–	–
7.1	Concepts	OUI	–
7.2	Types de données ASE	OUI	–
7.3	ASE	–	–
7.3.1	ASE de données d'enregistrement	OUI	–
7.3.2	ASE de données d'entrée-sortie	OUI	–
7.3.3	ASE de données de journal	OUI	–
7.3.4	ASE de diagnostic	OUI	–
7.3.5	ASE d'alarme	OUI	–
7.3.6	ASE de contexte	OUI	–
7.3.7	ASE d'application en mode isochrone	NON	–
7.3.8	ASE de gestion d'appareil physique	OUI	–
7.3.9	ASE D'AR	OUI	–
7.4	Comportement d'un appareil d'entrée-sortie	–	–
7.4.1	Présentation	OUI	–
7.4.2	Démarrage d'un appareil d'entrée-sortie	OUI	–
7.4.3	Contrôle de paramètre d'appareil physique	–	–
7.4.3.1	Généralités	OUI	–
7.4.3.2	Données du système éloigné	OUI	–
7.4.3.3	Données du système local	OUI	–
7.4.3.4	Données du système optique	OUI	Facultatif; obligatoire si un système à fibre optique est utilisé
7.4.4	Diagnostic et indicateur d'incidents	OUI	–
7.4.5	Alarmes utilisateur	OUI	–
7.4.6	Comportement en cas de changement de configuration	OUI	–
7.4.7	Comportement d'un protocole PTCP dans des appareils d'entrée-sortie	OUI	–
7.5	Comportement d'un contrôleur d'entrée-sortie	NON	–
7.6	Caractéristiques de l'application	OUI	–
Annexe A	Instances de l'appareil	OUI	–
Annexe B	Composants d'une interface Ethernet	Partielle	Utilisés si applicable
Annexe C	Schéma d'une affectation d'adresse MAC	OUI	–
Annexe D	Collection d'objets	OUI	–
Annexe E	Mesure du temps de démarrage rapide	OUI	–
Annexe F	Compactage de trame dynamique	OUI	Facultatif
Annexe G	Conception des données IR	OUI	–

8.4.3.1.2 Composant de réseau

Les services de couche d'application pour un composant de réseau sont définis dans la CEI 61158–5–10. Le Tableau 74 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158–5–10 pour ce profil.

Un commutateur 100 Mbit/s doit prendre en charge la mise en mémoire tampon de toutes les données conformément au Tableau 75. Cela doit être le cas avec 100 % de la largeur de bande sur tous les accès des trames de taille plus petite.

Tableau 75 – Capacité de mise en mémoire tampon

Signification	Valeur
Capacité de mise en mémoire tampon	Recommandée: 1 ms
	Obligatoire: 500 µs

8.4.3.1.3 Contrôleur d'entrée-sortie

Les services de couche d'application pour un contrôleur d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158–5–10. Le Tableau 74 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158–5–10 pour ce profil, sauf que 7.4 est NON et 7.5 est OUI.

8.4.3.1.4 Superviseur d'entrée-sortie

Non applicable.

8.4.3.1.5 Options

DHCP conformément au RFC 2131 est un service facultatif.

DNS est un service facultatif pour un contrôleur d'entrée-sortie et un superviseur d'entrée-sortie.

8.4.3.2 Sélection de protocole AL

8.4.3.2.1 Appareil d'entrée-sortie

Les protocoles de couche d'application pour un appareil d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158–6–10. Le Tableau 76 récapitule les sélections de protocole de couche d'application de la CEI 61158–6–10 pour ce profil.

**Tableau 76 – CP 3/6: Sélection de protocole AL pour
un appareil d'entrée-sortie et un composant de réseau**

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes, définitions, abréviations, symboles et conventions	Partielle	Utilisés le cas échéant
4	Spécification du protocole de couche d'application pour les protocoles communs	–	–
4.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	–
4.2	Syntaxe de transfert	–	–
4.2.1	Codage des types de données de base	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.2.2	Section de codage liée aux zones de base communes	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.3	Reconnaissance et configuration de base	OUI	–
4.4	Contrôle de temps précis	OUI	–
4.5	Synchronisation temporelle	OUI	Facultatif
4.6	Redondance de support	OUI	Voir 8.1.6, n.a. pour les supports sans fil
4.7	Cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP est facultatif
4.8	Acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP est facultatif; obligatoire si RT_CLASS_UDP est pris en charge.
4.9	Fragmentation	OUI	Facultatif; obligatoire si des horloges d'émission inférieures à 250 µs sont prises en charge.
4.10	Appel de procédure à distance	OUI	–
4.11	Reconnaissance de couche de liaison	OUI	n.a. pour les supports sans fil
4.12	Ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré. Sinon, seuls PortStateChanged et SetPortState sont utilisés.
4.13	Ponts virtuels	OUI	n.a. pour les supports sans fil
4.14	Suite IP	OUI	–
4.15	Système de noms de domaine	OUI	Facultatif
4.16	Configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
4.17	Gestion de réseau simple	OUI	–
4.18	Machines de protocole de mapping DLL communes	OUI	–
5	Spécification du protocole de couche d'application pour la périphérie décentralisée	–	–
5.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	–
5.2	Syntaxe de transfert	OUI	Le cas échéant
5.3	Diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	Le cas échéant
5.4	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	–
5.5	Machines de protocole de service FAL	–	–
5.5.1	Présentation	OUI	–
5.5.2	Appareil de machine de protocole de service FAL	OUI	–

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
5.5.3	Contrôleur de machine de protocole de service FAL	NON	–
5.6	Machines de protocole de relation d'application	–	–
5.6.1	Initiateur de machine de protocole d'alarme	OUI	–
5.6.2	Répondeur de machine de protocole d'alarme	OUI	–
5.6.3	Appareil	OUI	–
5.6.4	Contrôleur	NON	–
5.7	Machines de protocole de mapping DLL	OUI	–
Annexe A	Établissement unifié d'une AR pour toutes les classes RT	OUI	–
Annexe B	Établissement compatible d'une AR	OUI	–
Annexe C	Établissement d'un accès à l'appareil AR	OUI	–
Annexe D	Établissement d'une AR (procédure accélérée)	OUI	–
Annexe R	Établissement d'une AR (procédure de démarrage rapide)	OUI	–
Annexe F	Exemple de procédure de téléchargement, stockage et récupération	OUI	–
Annexe G	Couches de modèle de référence OSI	OUI	–
Annexe H	Présentation des diagrammes d'états de contrôleur d'entrée-sortie et d'appareil d'entrée-sortie	OUI	–
Annexe I	Régénération de priorité	OUI	–
Annexe J	Présentation de la hiérarchie de maître de synchronisation	OUI	–
Annexe K	Optimisation de l'utilisation de la largeur de bande	OUI	–
Annexe L	Contraintes temporelles pour affectation de largeur de bande	OUI	–
Annexe M	Contraintes temporelles pour la retransmission d'une trame	OUI	–
Annexe N	Principe de compactage de trame dynamique	OUI	Facultatif
Annexe O	Principe de fragmentation	OUI	Facultatif; obligatoire si des horloges d'émission inférieures à 250 µs sont prises en charge.
Annexe P	MRPD – Principe de la redondance de support sans à-coup	OUI	Facultatif; obligatoire si RED_CLASS_3 est pris en charge.
Annexe Q	Principe de a RED_RELAY sans retransmission d'informations dans PDIRFrameData	OUI	Facultatif
Annexe R	Optimisation du démarrage rapide sans autonégociation	OUI	–
Annexe S	Traitement d'erreur TX	OUI	–
Annexe T	Exemple de procédure PrmBegin, PrmEnd et ApplRdy	OUI	–
Annexe U	Liste des MIB prises en charge	OUI	–
Annexe V	Structure et contenu de BLOB	OUI	Le cas échéant
Annexe W	LLDP EXT MIB	OUI	–

8.4.3.2.2 Composant de réseau

Les protocoles de couche d'application pour un composant de réseau sont définis dans la CEI 61158–6–10. Le Tableau 76 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Un commutateur 100 Mbit/s doit prendre en charge la mise en mémoire tampon de toutes les données conformément au Tableau 75. Cela doit être le cas avec 100 % de la largeur de bande sur tous les accès des trames de taille plus petite.

8.4.3.2.3 Contrôleur d'entrée-sortie

Les protocoles de couche d'application pour un contrôleur d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158–6–10. Le Tableau 77 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Tableau 77 – CP 3/6: Sélection de protocole AL pour un contrôleur d'entrée-sortie

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes, définitions, abréviations, symboles et conventions	Partielle	Utilisés le cas échéant
4	Spécification du protocole de couche d'application pour les protocoles communs	–	–
4.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	–
4.2	Syntaxe de transfert	–	–
4.2.1	Codage des types de données de base	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.2.2	Section de codage liée aux zones de base communes	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.3	Reconnaissance et configuration de base	OUI	–
4.4	Contrôle de temps précis	OUI	–
4.5	Synchronisation temporelle	OUI	Facultatif
4.6	Redondance de support	OUI	Voir 8.1.6, n.a. pour les supports sans fil
4.7	Cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP est facultatif
4.8	Acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP est facultatif; obligatoire si RT_CLASS_UDP est pris en charge.
4.9	Fragmentation	OUI	Facultatif; obligatoire si des horloges d'émission inférieures à 250 µs sont prises en charge.
4.10	Appel de procédure à distance	OUI	–
4.11	Reconnaissance de couche de liaison	OUI	n.a. pour les supports sans fil
4.12	Ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré. Sinon, seuls PortStateChanged et SetPortState sont utilisés.
4.13	Ponts virtuels	OUI	n.a. pour les supports sans fil
4.14	Suite IP	OUI	–
4.15	Système de noms de domaine	OUI	Facultatif
4.16	Configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
4.17	Gestion de réseau simple	OUI	–
4.18	Machines de protocole de mapping DLL communes	OUI	–

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
5	Spécification du protocole de couche d'application pour la périphérie décentralisée	–	–
5.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	–
5.2	Syntaxe de transfert	OUI	Le cas échéant
5.3	Diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	Le cas échéant
5.4	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	–
5.5	Machines de protocole de service FAL	–	–
5.5.1	Présentation	OUI	–
5.5.2	Appareil de machine de protocole de service FAL	OUI	–
5.5.3	Contrôleur de machine de protocole de service FAL	NON	–
5.6	Machines de protocole de relation d'application	–	–
5.6.1	Initiateur de machine de protocole d'alarme	OUI	–
5.6.2	Répondeur de machine de protocole d'alarme	OUI	–
5.6.3	Appareil	OUI	–
5.6.4	Contrôleur	NON	–
5.7	Machines de protocole de mapping DLL	OUI	–
Annexe A	Établissement unifié d'une AR pour toutes les classes RT	OUI	–
Annexe B	Établissement compatible d'une AR	OUI	–
Annexe C	Établissement d'un accès à l'appareil AR	OUI	–
Annexe D	Établissement d'une AR (procédure accélérée)	OUI	–
Annexe R	Établissement d'une AR (procédure de démarrage rapide)	OUI	–
Annexe F	Exemple de procédure de téléchargement, stockage et récupération	OUI	–
Annexe G	Couches de modèle de référence OSI	OUI	–
Annexe H	Présentation des diagrammes d'états de contrôleur d'entrée-sortie et d'appareil d'entrée-sortie	OUI	–
Annexe I	Régénération de priorité	OUI	–
Annexe J	Présentation de la hiérarchie de maître de synchronisation	OUI	–
Annexe K	Optimisation de l'utilisation de la largeur de bande	OUI	–
Annexe L	Contraintes temporelles pour affectation de largeur de bande	OUI	–
Annexe M	Contraintes temporelles pour la retransmission d'une trame	OUI	–
Annexe N	Principe de compactage de trame dynamique	OUI	Facultatif
Annexe O	Principe de fragmentation	OUI	Facultatif; obligatoire si des horloges d'émission inférieures à 250 µs sont prises en charge.
Annexe P	MRPD – Principe de la redondance de support sans à-coup	OUI	Facultatif; obligatoire si RED_CLASS_3 est pris en charge.
Annexe Q	Principe de a RED_RELAY sans retransmission d'informations dans PDIRFrameData	OUI	Facultatif

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
Annexe R	Optimisation du démarrage rapide sans autonegociation	OUI	–
Annexe S	Traitement d'erreur TX	OUI	–
Annexe T	Exemple de procédure PrmBegin, PrmEnd et ApplRdy	OUI	–
Annexe U	Liste des MIB prises en charge	OUI	–
Annexe V	Structure et contenu de BLOB	OUI	Le cas échéant
Annexe W	LLDP EXT MIB	OUI	–

8.4.3.2.4 Superviseur d'entrée-sortie

Non applicable.

8.4.3.2.5 Options

Les spécifications de 8.4.3.1.5 s'appliquent.

8.4.4 Sélection d'indicateur de performance

8.4.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Les spécifications de 8.2.4.1 s'appliquent.

8.4.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

Les spécifications de 8.2.4.2 s'appliquent.

8.4.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

8.4.4.3.1 MinDeviceInterval=1 ms

Le Tableau 78 et le Tableau 79 spécifient l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance utilisant une largeur de bande de réseau de 100 Mbit/s, filaire ou en fibre optique. Les valeurs reposent sur celles données dans le Tableau 80 et sur les méthodes ou l'algorithme donnés en 8.2.4.2. Cet ensemble cohérent d'indicateurs de performance doit être soumis à essai pour les appareils (filaire) revendiquant la conformité à CP 3/6.

**Tableau 78 – CP 3/6: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (PI) pour
MinDeviceInterval=1 ms et NumberOfSwitsches=20**

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	1 ms facteur chien de garde × 1 ms	Sans défaillance Trames perdues; (Voir 8.1, MinDeviceInterval = 1 ms)
Nombre de stations d'extrémité	60	Utilisation de 4 commutateurs de port et d'une topologie linéaire; un commutateur est également une station d'extrémité
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	20	–
Débit RTE	3 324 706 octets/s	–
Largeur de bande non RTE	23,5 %	100 Mbit/s et lié à 1 ms. Toutes les trames IEEE 802.3 sont prises en charge.
Exactitude de la synchronisation temporelle	< 1 ms	Synchronisation de l'heure locale ^c
	< 1 µs	Synchronisation de l'application synchrone
Temps de reprise de redondance	<0 ms	RT_CLASS_3 ^a : une seule défaillance
	< 200 ms	Nouvelles tentatives RTA ^b = 3; Facteur de temporisation RTA = 100 ms
	< 3 ms	RT_CLASS_3 ^a : double défaillance (coupure de ligne et surtension) facteur chien de garde = 3; temps de remise = 1 ms
	< 200 ms	Nouvelle tentative RTA ^b = 3; Facteur de temporisation RTA = 100 ms
^a Les attributs RT_CLASS_x sont spécifiés en 8.3.10.4.2 de la CEI 61158–5–10. ^b Les attributs de nouvelles tentatives RTA et de facteur de temporisation RTA sont spécifiés en 8.3.10.4 de la CEI 61158–5–10. ^c Facultatif.		

**Tableau 79 – CP 3/6: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (PI) pour
MinDeviceInterval=1 ms et NumberOfSwitsches=63**

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	1 ms facteur chien de garde × 1 ms	Sans défaillance Trames perdues; (Voir 8.1, MinDeviceInterval = 1 ms)
Nombre de stations d'extrémité	64	Utilisation de 2 commutateurs de port et d'une topologie linéaire; un commutateur est également une station d'extrémité
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	62	–
Débit RTE	3 546 353 octets/s	–
Largeur de bande non RTE	23 %	100 Mbit/s et lié à 1 ms. Toutes les trames IEEE 802.3 sont prises en charge.
Exactitude de la synchronisation temporelle	< 1 ms	Synchronisation de l'heure locale ^c
	< 1 µs	Synchronisation de l'application synchrone
Temps de reprise de redondance	<0 ms	RT_CLASS_3 ^a : une seule défaillance
	< 200 ms	Nouvelles tentatives RTA ^b = 3; Facteur de temporisation RTA = 100 ms
	< 3 ms	RT_CLASS_3 ^a : double défaillance (coupure de ligne et surtension) facteur chien de garde = 3; temps de remise = 1 ms
	< 200 ms	Nouvelle tentative RTA ^b = 3; Facteur de temporisation RTA = 100 ms
^a Les attributs RT_CLASS_x sont spécifiés en 8.3.10.4.2 de la CEI 61158–5–10. ^b Les attributs de nouvelles tentatives RTA et de facteur de temporisation RTA sont spécifiés en 8.3.10.4 de la CEI 61158–5–10. ^c Facultatif.		

Tableau 80 – CP 3/6: Calcul des valeurs supposées de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Symbole	Définition	Valeur
<i>Cd</i>	est le délai du câble (voir le paramètre cable_delay dans la CEI 61158-6-10)	5 ns
<i>Cl_t</i>	est la longueur totale du câble	100 m
<i>cta_R</i>	est la durée de cycle d'application du récepteur	1 µs
<i>cta_S</i>	est la durée de cycle d'application de l'émetteur	1 µs
<i>Ctc</i>	est la durée de cycle de communication (voir la Formule (12) en 8.2.4.2.2) et qui doit être supérieure ou égale à MinDeviceInterval	1 ms
<i>Data</i>	est la trame Ethernet complète	68 octets
<i>EthernetDataRate</i>	est la vitesse de transmission Ethernet du réseau	Mbit/s
<i>MAC_delay</i>	est le délai sur la couche MAC	1 µs
<i>NonRTE</i>	est le pourcentage de largeur de bande non RTE	%
<i>Od</i>	est tout autre délai, par exemple, transfert de signal dans un anneau	0 s
<i>Pd</i>	est le délai de propagation (voir la Formule (13) en 8.2.4.2.2)	–
<i>Phy_R_delay</i>	est le délai Phy côté récepteur	300 ns
<i>Phy_S_delay</i>	est le délai Phy côté émetteur	300 ns
<i>protocolRTE</i>	est le pourcentage de temps de protocole (voir la Formule (16) en 8.2.4.2.10)	50 %
<i>Queue_delay</i>	est le délai de file d'attente dans un commutateur	0 s
<i>RedundancyManagement</i>	est la durée nécessaire aux fonctions de gestion pour prendre en charge la redondance	0 s
<i>STTr</i>	est le temps transversal de la pile du récepteur	0 s
<i>STTs</i>	est le temps transversal de la pile de l'émetteur	0 s
<i>Time_synchron_accuracy</i>	est l'exactitude de la synchronisation temporelle	1 µs
<i>tt</i>	est le temps de transfert (80 ns/octet pour 100 Mbit/s, 8 ns/octet pour 1 Gbit/s)	80 ns
<i>SCF</i>	Voir CEI 61158–5–10, 8.3.10.4.2	32
<i>RR</i>	Voir CEI 61158–5–10, 8.3.10.4.2	1

8.4.4.3.2 MinDeviceInterval=31,25 µs

Le Tableau 81 spécifie l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance utilisant une largeur de bande de réseau de 100 Mbit/s, filaire ou en fibre optique. Les valeurs reposent sur celles données dans le Tableau 82 et sur les méthodes ou l'algorithme donnés en 8.2.4.2. Cet ensemble cohérent d'indicateurs de performance doit être soumis à essai pour les appareils (filaire) revendiquant la conformité à CP 3/6, formant ensemble un groupe DFP, revendiquant la conformité à la classe d'application "haute performance" et prendre en charge MinDeviceInterval.

**Tableau 81 – CP 3/6: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (PI) pour
MinDeviceInterval=31,25 µs et NumberOfSwitsches=10**

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	31,25 µs facteur chien de garde × 31,25 µs	Sans défaillance Trames perdues; (Voir 8.1, MinDeviceInterval = 31,25 µs)
Nombre de stations d'extrémité	10	Utilisation de 2 commutateurs de port et d'une topologie linéaire; un commutateur est également une station d'extrémité
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	8	–
Débit RTE	3 264 000 octets/s	–
Largeur de bande non RTE	34,6 %	100 Mbit/s et lié à 1 ms. Toutes les trames IEEE 802.3 sont prises en charge.
Exactitude de la synchronisation temporelle	< 1 ms	Synchronisation de l'heure locale ^c
	< 1 µs	Synchronisation de l'application synchrone
Temps de reprise de redondance	<0 ms	RT_CLASS_3 ^a : une seule défaillance
	< 200 ms	Nouvelles tentatives RTA ^b = 3; Facteur de temporisation RTA = 100 ms
	< 100 µs	RT_CLASS_3 ^a : double défaillance (coupure de ligne et surtension) facteur chien de garde = 3; temps de remise = 31,25 µs
	< 200 ms	Nouvelle tentative RTA ^b = 3; Facteur de temporisation RTA = 100 ms
^a Les attributs RT_CLASS_x sont spécifiés en 8.3.10.4.2 de la CEI 61158–5–10. ^b Les attributs de nouvelles tentatives RTA et de facteur de temporisation RTA sont spécifiés en 8.3.10.4 de la CEI 61158–5–10. ^c Facultatif.		

Tableau 82 – CP 3/6: Calcul des valeurs supposées de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Symbole	Définition	Valeur
<i>cd</i>	est le délai du câble (voir le paramètre <i>cable_delay</i> dans la CEI 61158-6-10)	5 ns
<i>clt</i>	est la longueur totale du câble	100 m
<i>cta_R</i>	est la durée de cycle d'application du récepteur	1 µs
<i>cta_S</i>	est la durée de cycle d'application de l'émetteur	1 µs
<i>ctc</i>	est la durée de cycle de communication (voir la Formule (12) en 8.2.4.2.2) et qui doit être supérieure ou égale à <i>MinDeviceInterval</i>	31,25 µs
<i>data</i>	est la trame Ethernet complète	118 octets
<i>EthernetDataRate</i>	est la vitesse de transmission Ethernet du réseau	Mbit/s
<i>MAC_delay</i>	est le délai sur la couche MAC	1 µs
<i>NonRTE</i>	est le pourcentage de largeur de bande non RTE	%
<i>od</i>	est tout autre délai, par exemple, transfert de signal dans un anneau	0 s
<i>pd</i>	est le délai de propagation (voir la Formule (13) en 8.2.4.2.2)	–
<i>Phy_R_delay</i>	est le délai Phy côté récepteur; la valeur maximale du profil d'application "haute performance"	210 ns
<i>Phy_S_delay</i>	est le délai Phy côté émetteur, la valeur maximale du profil d'application "haute performance"	90 ns
<i>protocolRTE</i>	est le pourcentage de temps de protocole (voir la Formule (16) en 8.2.4.2.10)	50 %
<i>Queue_delay</i>	est le délai de file d'attente dans un commutateur	0 s
<i>RedundancyManagement</i>	est la durée nécessaire aux fonctions de gestion pour prendre en charge la redondance	0 s
<i>STTr</i>	est le temps transversal de la pile du récepteur	0 s
<i>STTs</i>	est le temps transversal de la pile de l'émetteur	0 s
<i>Time_synchron_accuracy</i>	est l'exactitude de la synchronisation temporelle	1 µs
<i>tt</i>	est le temps de transfert (80 ns/octet pour 100 Mbit/s, 8 ns/octet pour 1 Gbit/s)	80 ns
<i>SCF</i>	Voir CEI 61158–5–10, 8.3.10.4.2	1
<i>RR</i>	Voir CEI 61158–5–10, 8.3.10.4.2	1

9 Famille de profils de communication 4 (P-NET) – Profils de communication RTE

9.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 4 définit les profils reposant sur la CEI 61158-2 Type 4, la CEI 61158-3-4, la CEI 61158-4-4, la CEI 61158-5-4 et la CEI 61158-6-4, correspondant aux parties d'un système de communication communément appelé P-NET®⁶.

– Profil 4/1 P-NET RS 485

⁶ P-NET est une appellation commerciale de International P-NET User Organisation ApS (IPUO). Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que la CEI approuve ou recommande le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'implique pas l'utilisation de la marque P-NET. L'utilisation de l'appellation commerciale P-NET nécessite l'autorisation de son détenteur.

Ce profil contient des services AL, DLL et PhL et des références de protocole à un accès d'application conforme à la CEI 61158. Le profil 4/1 repose sur l'ANSI TIA/EIA-485-A, et permet jusqu'à 125 appareils de classe normale ou simple de communiquer sur la même liaison physique, en mode bidirectionnel non simultané.

- Profil 4/2 *Vide*
- Profil 4/3 P-NET on IP

Ce profil contient des services AL et DLL et des références de protocole à un accès d'application conforme à la CEI 61158. Le profil 4/3 repose sur l'ISO/CEI 8802-3, et permet jusqu'à 125 appareils de classe normale de communiquer sur la même liaison logique, en mode bidirectionnel simultané.

Le profil 4/1 est décrit dans la CEI 61784-1, et le profil 4/3 est décrit dans la présente partie de la CEI 61784.

9.2 Profil 4/3, P-NET on IP

9.2.1 Couche physique

La couche physique du profil P-NET on IP est mise en œuvre conformément à l'ISO/CEI 8802-3 ou à l'ISO/CEI 8802-11. La vitesse de transmission des données des appareils P-NET de ce profil doit être d'au moins 10 Mbit/s en mode bidirectionnel simultané.

9.2.2 Couche de liaison de données

9.2.2.1 Sélection de service DLL

Le Tableau 83 récapitule les sélections de service de couche de liaison de données de la CEI 61158-3-4 pour ce profil.

Tableau 83 – CP 4/3: Sélection de service DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application et objet	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	Utilisés si applicable
4	Service de liaison de données et concepts	OUI	–
5	Service de gestion DL	–	–
5.1	Domaine d'application et héritage	NON	–
5.2	Installations du Service de gestion DL	Partielle	Points a) et b)
5.3	Modèle de service DL_management	OUI	–
5.4	Contraintes de la séquence de primitives	Partielle	Seules les parties faisant référence à DLM-Set et DLM-Get
5.5	DL-Set	OUI	–
5.6	DL-Get	OUI	–
5.7 – 5.8	–	NON	–

9.2.2.2 Sélection de protocole DLL

Le Tableau 84 récapitule les sélections de protocole de couche de liaison de données de la CEI 61158-4-4 pour ce profil.

Tableau 84 – CP 4/3: Sélection de protocole DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application et objet	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes et définitions	Partielle	Utilisés si applicable
4	Symboles et abréviations	Partielle	Utilisés si applicable
5	Définition du protocole de liaison de données	OUI	Voir ^a
^a Un appareil doit fournir au moins les options de protocole nécessaires à la réalisation des services pris en charge.			

9.2.3 Couche d'application

9.2.3.1 Sélection de service AL

Le Tableau 85 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158-5-4 pour ce profil.

Tableau 85 – CP 4/3: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
Tout le document	Définition de service de couche d'application – Éléments de Type 4	OUI	–

Les appareils de classe normale doivent prendre en charge les objets de variables réelles dont ont besoin les types de variable, qui sont réellement présents dans l'appareil, et les objets de variable Proxy pour tous les types de variable figurant dans la CEI 61158-5-4, 5.2.

9.2.3.2 Sélection de protocole AL

Le Tableau 86 récapitule les sélections de protocole de couche d'application de la CEI 61158-6-4 pour ce profil.

Tableau 86 – CP 4/3: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
Tout le document	Spécification du protocole de couche d'application – Éléments de Type 4	OUI	Voir ^a
^a Un appareil doit fournir au moins les options de protocole nécessaires à la réalisation des services pris en charge.			

9.2.4 Sélection d'indicateur de performance

9.2.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Tableau 87 – CP 4/3: Présentation des indicateurs de performance

Indicateur de performance	Applicable	Contraintes
Temps de remise	OUI	En fonction de l'application
Nombre de stations d'extrémité	OUI	Jusqu'à 125
Topologie de réseau de base	OUI	
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	OUI	La communication entre les commutateurs doit être au moins de 100 Mbit/s
Débit RTE	OUI	
Largeur de bande non RTE	OUI	
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	
Exactitude de synchronisation non périodique	OUI	
Temps de reprise de redondance	OUI	

9.2.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

Le Tableau 88 présente les indicateurs de performance applicables au CP 4/3.

Tableau 88 – CP 4/3: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence							
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Débit RTE	Largeur de bande non RTE	Exactitude de synchronisation non périodique	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		OUI 9.2.4.2.1	OUI 9.2.4.2.3	OUI 9.2.4.2.1	OUI 9.2.4.2.1	NON	NON	OUI 9.2.4.2.2
Nombre de stations d'extrémité	OUI 9.2.4.2.1		NON	NON	OUI 9.2.4.2.1	OUI 9.2.4.2.1	NON	NON
Topologie de réseau de base	OUI 9.2.4.2.3	NON		NON	NON	NON	NON	NON
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	OUI 9.2.4.2.1	NON	NON		OUI 9.2.4.2.1	OUI 9.2.4.2.1	OUI 9.2.4.2.1	OUI 9.2.4.2.2
Débit RTE	OUI 9.2.4.2.1	OUI 9.2.4.2.1	NON	OUI 9.2.4.2.1		NON	NON	OUI 9.2.4.2.2
Largeur de bande non RTE	NON	OUI 9.2.4.2.1	NON	OUI 9.2.4.2.1	NON		NON	NON
Exactitude de synchronisation non périodique	OUI 9.2.4.2.4	NON	NON	OUI 9.2.4.2.4	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	NON	NON	NON	OUI 9.2.4.2.2	NON	NON	NON	

9.2.4.2.1 Calcul du temps de remise

Le temps de remise est calculé selon la Formule (17). L'écart de cette formule est donné en A.3.6. Les commutateurs sont numérotés #1 au niveau de la connexion des émetteurs, jusqu'à #NoS au niveau de la connexion des récepteurs.

$$DT = STTs + STTr + NoNt (ttES + pd + QTES) + cd + \sum_{i=1}^{NoS-1} (NoNs(i)(NoS - i)(ttSS + pd + QTSS)) \quad (17)$$

où

<i>cd</i>	est le délai du câble;
<i>DT</i>	est le temps de remise;
<i>NoNs[x]</i>	est le nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur N° x. Cela inclut le nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur par d'autres commutateurs, qui ne sont pas présents entre l'émetteur et le récepteur. Les commutateurs sont numérotés #1 au niveau de la connexion des émetteurs, jusqu'à #NoS au niveau de la connexion des récepteurs;
<i>NoNt</i>	est le nombre total de stations d'extrémité RTE;
<i>NoS</i>	est le nombre de commutateurs présents entre l'émetteur et le récepteur;
<i>pd</i>	est le délai de propagation à l'intérieur d'un commutateur;
<i>QTES</i>	est la période de calme de la station d'extrémité imposée par Ethernet à la liaison de commutation;
<i>QTSS</i>	est la période de calme imposée par Ethernet sur la liaison commutateur-commutateur;
<i>STTr</i>	est le temps transversal de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC;
<i>STTs</i>	est le temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris la restriction d'intervalle d'accès Phy et MAC;
<i>ttES</i>	est le temps de transfert P-NET de la station d'extrémité RTE pour se commuter (à taille APDU maximale);
<i>ttSS</i>	est le temps de transfert P-NET commutateur-commutateur (à taille APDU maximale).

Le temps de remise augmente avec une valeur de temporisation en cas de perte de trame. La valeur de temporisation dépend de l'application et peut être configurée pour chaque réseau d'une application. En général, la valeur de temporisation est de 100 ms.

9.2.4.2.2 Temps de reprise de redondance

Le temps de reprise de redondance dépend des commutateurs utilisés pour l'application spécifique. Il est recommandé d'utiliser des commutateurs prenant en charge le protocole RSTP (ou analogue) afin de limiter le temps de reprise de redondance.

9.2.4.2.3 Topologie de réseau de base

Lors de l'utilisation d'un réseau WLAN, le délai total engendré par les transmissions sans fil peut changer en fonction du rapport signal/bruit. Pour obtenir le temps de remise requis dans un système utilisant WLAN, le délai le moins favorable de l'équipement WLAN doit être inclus dans le délai du câble, *cd*.

9.2.4.2.4 Exactitude de synchronisation non périodique

L'exactitude de synchronisation non périodique est calculée selon la Formule (18).

$$\text{Exactitude de synchronisation non périodique} = DT - DTb \quad (18)$$

où

DTb est le temps de remise, calculé par les valeurs du cas le plus favorable;
 DT est le temps de remise, calculé par les valeurs du cas le moins favorable.

9.2.4.2.5 Débit RTE

Le débit RTE est calculé selon les Formules (19) et (20).

$$\text{Débit RTE minimal} = FS \times \text{minAPDUs} \quad (19)$$

$$\text{Débit RTE maximal} = FS \times \text{maxAPDUs} \quad (20)$$

où

FS est le nombre de trames admises à envoyer toutes les secondes pour une station d'extrémité RTE;
 minAPDUs est la taille de l'APDU minimale;
 maxAPDUs est la taille de l'APDU maximale.

9.2.4.2.6 Largeur de bande non RTE

La durée non occupée par la communication RTE peut être utilisée pour les communications non RTE. Chaque station d'extrémité RTE fait l'objet d'une restriction d'accès au réseau limitant le nombre de trames produites dans le réseau RTE.

La charge RTE est déterminée par la liaison commutateur-commutateur critique entre deux appareils engagés dans une communication non RTE. La liaison commutateur-commutateur critique peut générer le plus de trames RTE.

La largeur de bande non RTE (%) peut être calculée grâce à la Formule (21).

$$\text{Débit non RTE} = (1 - (\text{NoCEN} \times \text{NoAS}) / (\text{ttSS} + \text{QTSS})) \times 100 \quad (21)$$

où

NoCEN est le nombre de stations d'extrémité RTE qui peuvent générer des trames sur la liaison commutateur-commutateur critique;
 NoAS est le nombre d'accès autorisés par appareil toutes les secondes;
 ttSS est le temps de transfert P-NET commutateur-commutateur (à taille APDU maximale);
 QTSS est la période de calme imposée par Ethernet sur la liaison commutateur-commutateur.

Voir l'exemple de calcul de largeur de bande non RTE en A.3.3.

9.2.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 89 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour une configuration classique d'automatisation des usines.

Les détails de calcul des indicateurs de performance sont donnés à l'Article A.2.

Les paramètres utilisés pour le calcul du Tableau 89 sont indiqués dans le Tableau 90. Tous ces paramètres sont le résultat du scénario décrit et des calculs associés des indicateurs de performance.

Tableau 89 – CP 4/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	6,3 ms	
Temps de remise minimal	0,564 ms	
Débit RTE minimal	5 Koctets/s	
Débit RTE maximal	64 Koctets/s	
Largeur de bande non RTE	75 %	Appareil non RTE à appareil non RTE
Exactitude de synchronisation non périodique	5,7 ms	
Temps de reprise de redondance	1 s	Exemple de valeur. Voir 9.2.4.2.2
Nombre total de stations d'extrémité RTE	30	
Nombre de commutateurs présents entre l'émetteur et le récepteur	4	

Tableau 90 – Paramètres de calcul de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Symbole	Description	Valeur
STTs	Temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris la restriction d'intervalle d'accès Phy et MAC	1 250 µs
STTR	Temps transversal de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC	250 µs
ttESmin	Temps de transfert P-NET à 10 Mbit/s (à taille APDU minimale)	57 µs
ttES	Temps de transfert P-NET à 10 Mbit/s (à taille APDU maximale)	114,4 µs
ttSS	Temps de transfert P-NET à 100 Mbit/s (à taille APDU maximale)	11,44 µs
QTES	Période de calme imposée par Ethernet à 10 Mbit/s	9,4 µs
QTSS	Période de calme imposée par Ethernet à 100 Mbit/s	0,94 µs
cd	Délai du câble. La somme des câbles entre l'émetteur et le récepteur est de 200 m	1 µs
pd	Délai de propagation à l'intérieur d'un commutateur. Valeur minimale requise	7 µs
NoS	Nombre de commutateurs présents entre l'émetteur et le récepteur	4
NoNt	Nombre total de stations d'extrémité RTE	30
NoNs[1]	Nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur 1	10
NoNs[2]	Nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur 2	5
NoNs[3]	Nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur 3	5
NoNs[4]	Nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur 4	10

10 Famille de profils de communication 6 (INTERBUS®⁷) – Profils de communication RTE

⁷ INTERBUS est l'appellation commerciale de Phoenix Contact GmbH & Co. KG., le contrôle de l'utilisation de l'appellation commerciale est donné à l'organisation à but non lucratif INTERBUS Club. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que la CEI approuve ou recommande le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'implique pas l'utilisation de la marque INTERBUS. L'utilisation de l'appellation commerciale INTERBUS nécessite l'autorisation de INTERBUS Club.

10.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 6 (CPF 6) définit les profils de communication reposant sur les spécifications Type 8 et Type 10 de la série 61158, ce qui correspond aux parties des systèmes de communication communément appelées INTERBUS et PROFINET.

Dans la présente partie de la CEI 61784, les profils de communication suivants sont spécifiés pour CPF 6:

– Profil 6/4

Ce profil définit les sélections de service et de protocole avec mapping d'un appareil de liaison permettant de connecter les systèmes de communication Type 8 et Type 10. Il est composé d'un maître CP 6/1 et d'un appareil CP 3/4 avec mapping.

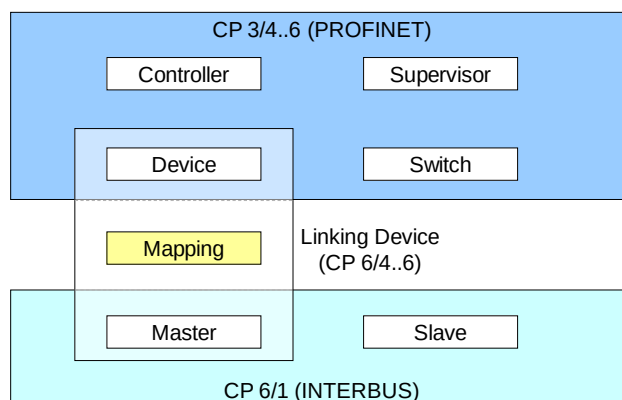
– Profil 6/5

Ce profil définit les sélections de service et de protocole avec mapping d'un appareil de liaison permettant de connecter les systèmes de communication Type 8 et Type 10. Il est composé d'un maître CP 6/1 et d'un appareil CP 3/5 avec mapping.

– Profil 6/6

Ce profil définit les sélections de service et de protocole avec mapping d'un appareil de liaison permettant de connecter les systèmes de communication Type 8 et Type 10. Il est composé d'un maître CP 6/1 et d'un appareil CP 3/6 avec mapping.

La Figure 6 illustre les profils de communication d'appareil de liaison et la relation avec d'autres profils de communication de Type 8 et Type 10.



Légende

Anglais	Français
Controller	Contrôleur
Supervisor	Superviseur
Device	Appareil
Switch	Commutateur
Mapping	Mapping (Mise en correspondance)
Linking device	Appareil de liaison
Master	Maître
Slave	Esclave

Figure 6 – Contexte de réseau RTE des profils de communication d'appareil de liaison

Les appareils de liaison, conformes à un profil de communication, peuvent être classés selon un identifiant CP. L'attribution d'un identifiant CP est présentée dans le Tableau 91.

Tableau 91 – CPF 6: Attribution d'un identifiant CP à l'appareil

Profil	Appareil de liaison
Profil 6/4	649
Profil 6/5	659
Profil 6/6	669

Chaque profil de communication donne un ensemble bien défini de dispositions. Pour les sélections de service d'un appareil distinct, les paramètres et leurs valeurs doivent être définis. Il convient de décrire ces sélections conformément à l'ISO 15745-3 étant donné que les profils d'appareil INTERBUS sous la forme d'un profil d'appareil INTERBUS échangent la description. Un profil d'appareil INTERBUS reposant sur un profil de communication doit spécifier l'identifiant CP au format suivant:

<communicationEntity ... communicationProfile="[CP identifiant]" ...>

10.2 Profil 6/4

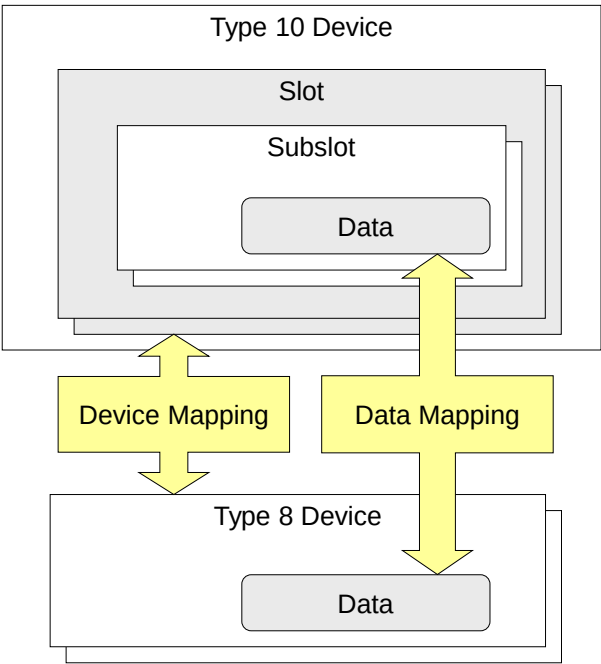
10.2.1 Mapping

Les appareils de Type 8 doivent être attribués à des ensembles ou sous-ensembles de Type 10.

NOTE 1 Le concept de mapping lui-même ne fait pas partie du profil de communication. Le concept de mapping utilisé peut être présenté dans la description de l'appareil de liaison conformément à l'ISO 15745-1.

Un ou plusieurs appareils de Type 8 peuvent être attribués à des ensembles ou sous-ensembles de Type 10.

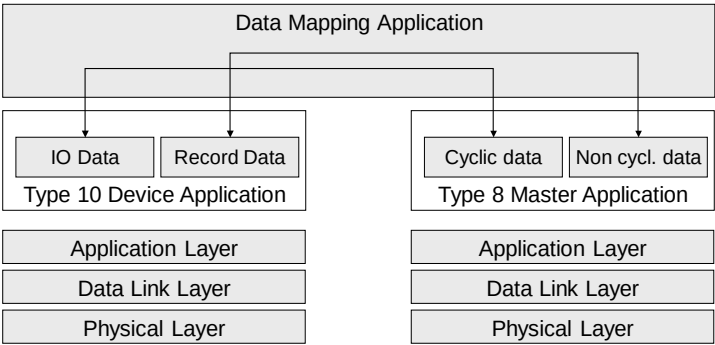
La Figure 7 illustre le principe de mapping. Le mapping des données est illustré à la Figure 8.



Légende

Anglais	Français
Type 10 device	Appareil de Type 10
Slot	Ensemble
Sublot	Sous-ensemble
Data	Données
Device mapping	Mapping de l'appareil
Data mapping	Mapping des données
Type 8 device	Appareil de Type 8

Figure 7 – Principe de mapping de l'appareil de liaison



Légende

Anglais	Français
data mapping application	Application de mapping des données
IO data	Données E/S
Record data	Données d'enregistrement
Cyclic data	Données cycliques
Non cycl. Data	Données non cycliques
Type 10 device application	Application d'appareil de Type 10
Type 8 master application	Application de maître de Type 8
Application layer	Couche d'application
Data link layer	Couche de liaison de données
Physical layer	Couche physique

Figure 8 – Mapping des données

Les applications spécifiques exécutent les services de types 8 et 10 conformément aux profils de communication définis. Les objets de données des applications de réseau sont interconnectés à une application de mapping qui doit mettre en œuvre le comportement suivant:

- les données d'entrée-sortie du sous-ensemble doivent être mappées avec les données cycliques des esclaves de Type 8 correspondants;
- les informations d'état des données de processus (IOPS/IOCS) du sous-ensemble doivent être générées en local car il n'existe aucun état de données de processus correspondant dans les systèmes de Type 8;
- les objets de données d'enregistrement du sous-ensemble doivent être mappés avec les données non cycliques des esclaves de Type 8 correspondants;

NOTE 2 Les données d'entrée-sortie et les données d'enregistrement d'un sous-ensemble peuvent être présentées dans la description de l'appareil de liaison conformément à l'ISO 15745-1.

10.2.2 Sélection du service de Type 10 et du protocole

10.2.2.1 Couche physique

La couche physique de Type 10 de ce profil doit être conforme à l'IEEE 802.3. La vitesse de transmission des données des appareils de liaison doit être d'au moins 100 Mbit/s et le mode bidirectionnel simultané doit être au moins utilisé pour un accès. La fonction d'autonégociation et de recouvrement spécifiée dans l'IEEE 802-3 doit être utilisée.

Les connecteurs, câbles et lignes directrices d'installation recommandés sont spécifiés dans la CEI 61784-5-3.

10.2.2.2 Couche de liaison de données

La couche de liaison de données de Type 10 d'un appareil de liaison doit être conforme à l'IEEE 802.3, à l'IEEE 802.1AB, à l'IEEE 802.1D et à l'IEEE 802.1Q.

Dans les différentes bases d'informations de gestion (MIB), LLDP MIB (voir IEEE 802.1AB) et SNMP MIB-II au moins (voir RFC 1213) sont requis.

10.2.2.3 Couche d'application

10.2.2.4 Sélection de service AL

L'appareil de liaison doit assurer la sélection de service CP 3/4 comme cela est spécifié en 8.2.3.2.1.

10.2.2.5 Sélection de protocole AL

L'appareil de liaison doit assurer la sélection du protocole CP 3/4 comme cela est spécifié en 8.2.3.2.1.

10.2.3 Sélection du service de Type 8 et du protocole

10.2.3.1 Couche physique

L'appareil de liaison doit assurer la sélection du service PhL maître CP 6/1 et du protocole comme indiqué pour l'identifiant CP 619 dans la CEI 61784-1, Article 10.

Les connecteurs, câbles et lignes directrices d'installation recommandés sont spécifiés dans la CEI 61784-5-6.

10.2.3.2 Couche de liaison de données

L'appareil de liaison doit assurer la sélection du service DLL maître CP 6/1 et du protocole comme indiqué pour l'identifiant CP 619 dans la CEI 61784-1, Article 10.

10.2.3.3 Couche d'application

L'appareil de liaison doit assurer la sélection du service AL maître CP 6/1 et du protocole comme indiqué pour l'identifiant CP 619 dans la CEI 61784-1, Article 10.

10.2.4 Sélection d'indicateur de performance

10.2.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 92 spécifie les indicateurs de performance pertinents du nœud de réseau de Type 10 d'un appareil de liaison.

Tableau 92 – Présentation des indicateurs de performance de réseau de Type 10 de l'appareil de liaison

Indicateur de performance	Applicable	Contraintes
Temps de remise	OUI	Voir 10.2.4.2.2 pour le temps de remise des données provenant du réseau de Type 8
Nombre de stations d'extrémité	OUI	–
Topologie de réseau de base	OUI	–
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	OUI	–
Débit RTE	OUI	–
Largeur de bande non RTE	OUI	–
Exactitude de la synchronisation temporelle	OUI	–
Exactitude de synchronisation non périodique	–	–
Temps de reprise de redondance	OUI	Pour le réseau de Type 10 uniquement

10.2.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

10.2.4.2.1 Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Le Tableau 61 spécifie les dépendances des indicateurs de performance du réseau de Type 10 d'un appareil de liaison.

10.2.4.2.2 Temps de remise des données esclaves de Type 8

Le temps de remise de l'indicateur de performance du réseau de Type 10 (DT10) est défini en 8.2.4.2.2.

Le temps de remise des données provenant d'un esclave de Type 8 peut être calculé par la Formule (22).

$$DTLD = DT10 + cta\_M + [M \times 13 \times (8 + sl8) + 3 \times a] \times T_{bit} + t_s \quad (22)$$

où

<i>DTLD</i>	est le temps de remise total entre un esclave de Type 8 et une entité de Type 10;
<i>DT10</i>	est le temps de remise du réseau de Type 10;
<i>Cta_M</i>	est la durée du cycle d'application de l'application de mapping dans l'appareil de liaison;
<i>M</i>	est le facteur de mise en œuvre du maître de Type 8;
<i>n</i>	est le nombre d'octets des données (données utilisateur; données utiles);
<i>sl8</i>	est le nombre d'esclaves de Type 8 connectés à l'appareil de liaison;
<i>T_{bit}</i>	est la durée nominale en bit (voir 27.2 dans la CEI 61158-2);
<i>t_s</i>	est le temps de traitement logiciel du maître de Type 8 (spécifique à l'application).

10.2.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

L'ensemble cohérent d'indicateurs de performance du réseau de Type 10 est présenté en 8.2.4.3.

10.3 Profil 6/5

10.3.1 Mapping

Le mapping est spécifié en 10.2.1.

10.3.2 Sélection du service de Type 10 et du protocole

10.3.2.1 Couche physique

La couche physique de Type 10 de ce profil doit être conforme à l'IEEE 802.3. La vitesse de transmission des données des appareils de liaison doit être d'au moins 100 Mbit/s et le mode bidirectionnel simultané doit être au moins utilisé pour un accès. La fonction d'autonégociation et de recouvrement spécifiée dans l'IEEE 802.3 doit être utilisée.

Les connecteurs, câbles et lignes directrices d'installation recommandés sont spécifiés dans la CEI 61784-5-3.

10.3.2.2 Couche de liaison de données

La couche de liaison de données de Type 10 d'un appareil de liaison doit être conforme à l'ISO/CEI 8802-3, à l'IEEE 802.1AB, à l'IEEE 802-1D et à l'IEEE 802-1Q.

Dans les différentes bases d'informations de gestion (MIB), LLDP MIB (voir IEEE 802.1AB) et SNMP MIB-II au moins (voir RFC 1213) sont requis.

10.3.2.3 Couche d'application**10.3.2.4 Sélection de service AL**

L'appareil de liaison doit assurer la sélection de service CP 3/5 comme cela est spécifié en 8.3.3.1.1.

10.3.2.5 Sélection de protocole AL

L'appareil de liaison doit assurer la sélection de protocole CP 3/5 comme cela est spécifié en 8.3.3.2.1.

10.3.3 Sélection du service de Type 8 et du protocole**10.3.3.1 Couche physique**

L'appareil de liaison doit assurer la sélection du service PhL maître CP 6/1 et du protocole comme indiqué pour l'identifiant CP 619 dans la CEI 61784-1, Article 10.

Les connecteurs, câbles et lignes directrices d'installation recommandés sont spécifiés dans la CEI 61784-5-6.

10.3.3.2 Couche de liaison de données

L'appareil de liaison doit assurer la sélection du service DLL maître CP 6/1 et du protocole comme indiqué pour l'identifiant CP 619 dans la CEI 61784-1, Article 10.

10.3.3.3 Couche d'application

L'appareil de liaison doit assurer la sélection du service AL maître CP 6/1 et du protocole comme indiqué pour l'identifiant CP 619 dans la CEI 61784-1, Article 10.

10.3.4 Sélection d'indicateur de performance**10.3.4.1 Présentation des indicateurs de performance**

Voir 10.2.4.1.

10.3.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

Voir 10.2.4.2.

10.3.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

L'ensemble cohérent d'indicateurs de performance du réseau de Type 10 est présenté en 8.3.4.3.

10.4 Profil 6/6**10.4.1 Mapping**

Le mapping est spécifié en 10.2.1.

10.4.2 Sélection du service de Type 10 et du protocole**10.4.2.1 Couche physique**

La couche physique de Type 10 de ce profil doit être conforme à l'IEEE 802.3. La vitesse de transmission des données des appareils de liaison doit être d'au moins 100 Mbit/s et le mode bidirectionnel simultané doit être au moins utilisé pour un accès. La fonction d'autonégociation et de recouvrement spécifiée dans l'IEEE 802.3 doit être utilisée.

Les connecteurs, câbles et lignes directrices d'installation recommandés sont spécifiés dans la CEI 61784-5-3.

10.4.2.2 Couche de liaison de données

La couche de liaison de données de Type 10 d'un appareil de liaison doit être conforme à l'IEEE 802.3, à l'IEEE 802.1AB, à l'IEEE 802.1D et à l'IEEE 802.1Q.

Dans les différentes bases d'informations de gestion (MIB), LLDP MIB (voir IEEE 802.1AB) et SNMP MIB-II au moins (voir RFC 1213) sont requis.

10.4.2.3 Couche d'application

10.4.2.4 Sélection de service AL

L'appareil de liaison doit assurer la sélection de service CP 3/6 comme cela est spécifié en 8.4.3.1.1.

10.4.2.5 Sélection de protocole AL

L'appareil de liaison doit assurer la sélection de service CP 3/6 comme cela est spécifié en 8.4.3.2.1.

10.4.3 Sélection du service de Type 8 et du protocole

La sélection du service de Type 8 et du protocole est spécifiée en 10.3.3.

10.4.4 Sélection d'indicateur de performance

10.4.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Voir 10.2.4.1.

10.4.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

Voir 10.2.4.2.

10.4.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Les ensembles cohérents d'indicateurs de performance du réseau de Type 10 sont présentés en 8.4.4.3.

11 Famille de profils de communication 10 (Vnet/IP⁸) – Profils de communication RTE

11.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 10 (CPF 10) définit les profils de communication utilisant les principes, la méthodologie et le modèle de l'ISO/CEI 7498. De plus, elle s'appuie sur le modèle de référence de bus de terrain de base à trois couches décrits dans la CEI 61158-1.

Le modèle OSI propose une approche en couches des normes de communication, selon laquelle il est possible de modifier et développer les couches de manière indépendante.

⁸ Vnet/IP est une appellation commerciale de Yokogawa Electric Corporation. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que la CEI approuve ou recommande le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'implique pas l'utilisation de la marque. L'utilisation de l'appellation commerciale implique l'autorisation de son détenteur.

CPF 10 repose sur une structure à trois couches, chacune des sept couches OSI étant mappée avec ces trois couches, comme suit.

Les fonctions des couches OSI intermédiaires (5, 6 et 7) sont consolidées dans la couche d'application.

Les fonctions des couches OSI intermédiaires (2, 3 et 4) sont consolidées dans la couche de liaison de données.

De même, certaines fonctions communes aux utilisateurs de la couche d'application de bus de terrain sont fournies en vue de simplifier l'utilisation.

Le Tableau 93 présente les couches OSI, leurs fonctions et les couches équivalentes dans le modèle CPF 10.

Tableau 93 – Couches OSI et CPF 10

Couche OSI	Fonction	Couche CPF 10
7 Application	Traduit les demandes placées dans la pile de communication sous une forme que les couches inférieures peuvent comprendre, et inversement	Application
6 Présentation	Convertit les données en des formats de réseau normalisés	
5 Session	Synchronise et gère les données	
4 Transport	Assure la transparence et la fiabilité du transfert de données	Liaison de données
3 Réseau	Assure l'acheminement des messages	
2 Liaison de données	Contrôle l'accès au support de communication. Détecte les erreurs	
1 Physique	Code/décodes les signaux de transmission/réception sous une forme appropriée au support de communication. Précise les caractéristiques des supports de communication	Physique

Le Tableau 94 présente le profil de communication de CPF 10.

Tableau 94 – Présentation du profil CPF 10

Couche	Protocole
Application	CEI 61158-6-17
Transport	RFC 768 et CEI 61158-4-17
Réseau	RFC 791
Liaison de données	ISO/CEI 8802-2 et 8802-3
Physique	ISO/CEI 8802-3 ou IEEE 802.3

11.2 Profil 10/1

11.2.1 Couche physique

L'ISO/CEI 8802-3 ou l'IEEE 802.3 doit être utilisée.

11.2.2 Couche de liaison de données

11.2.2.1 Sous-couche MAC

L'ISO/CEI 8802-3 doit être utilisée.

11.2.2.2 Sous-couche LLC

L'ISO/CEI 8802-3 doit être utilisée.

11.2.2.3 Sous-couche de réseau

11.2.2.3.1 Généralités

Les normes Internet RFC 791, ses amendements et ses successeurs doivent être utilisés.

La norme Internet RFC 2236 doit être utilisée pour procéder à la multidiffusion.

11.2.2.3.2 Adresse de diffusion individuelle

Le domaine d'application de l'adresse privée C de la classe IPv4 doit être utilisé. Chaque sous-réseau d'un domaine comporte une adresse réseau IP respective se présentant comme suit.

Adresse IP de l'interface connectée au réseau principal:

192.168.(Numéro de domaine).(adresse de l'hôte)

Adresse IP de l'interface connectée au réseau secondaire:

192.168.128+(Numéro de domaine).(adresse de l'hôte)

Chaque nœud d'une station redondante comporte une adresse d'hôte IP respective se présentant comme suit.

Adresse de l'hôte: (Numéro de station) X 2 ou (Numéro de station) X 2 + 1

11.2.2.3.3 Adresse de groupe

Le domaine d'application local de l'organisation de classe D IPv4 doit faire office d'adresse de groupe pour la multidiffusion. Les réseaux principal et secondaire requièrent deux adresses de groupe: l'une pour la multidiffusion à toutes les stations du domaine, et l'autre pour la multidiffusion à toutes les stations du réseau multi-domaine.

Pour attribuer ces adresses de groupe aux stations, l'adresse de groupe AD-HOC Block 224.0.23.33 peut être utilisée.

NOTE Cette adresse de groupe est enregistrée auprès de l'IANA (Internet Assigned Numbers Authority).

11.2.2.3.4 TOS

Les quatre valeurs de paramètre TOS suivantes doivent être utilisées pour le service de liaison de données:

- synchronisation temporelle;
- priorité élevée;
- priorité basse;
- objet général.

11.2.2.4 Sous-couche de transport

11.2.2.4.1 Sélection du service de transport

La norme Internet RFC 768 (UDP), ses amendements, ses successeurs et la couche de liaison de données spécifiée dans la CEI 61158-3-17 et la CEI 61158-4-17 doivent être utilisés.

Le numéro d'accès UDP 5313 doit être utilisé.

NOTE Ce numéro d'accès UDP est enregistré auprès de l'IANA (Internet Assigned Numbers Authority).

Le Tableau 95 spécifie la sélection de service DLL dans la CEI 61158-3-17.

Tableau 95 – CP 10/1: Sélection de service DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Référence normative	OUI	–
3	Définitions	OUI	–
4	Présentation du service de couche de liaison de données	OUI	–
5	Service de gestion DLSAP	OUI	–
6	Service de liaison de données en mode sans connexion	OUI	–
7	Service de gestion DL	OUI	–

11.2.2.4.2 Sélection du protocole de transport

Le Tableau 96 spécifie la sélection de protocole DLL dans la CEI 61158-4-17.

Tableau 96 – CP 10/1: Sélection de protocole DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Référence normative	OUI	–
3	Définitions	OUI	–
4	Présentation du protocole DL	OUI	–
5	Structure et codage du paramètre DLPDU	OUI	–
6	Paramètres et ressources locaux	OUI	–
7	Éléments de procédure du service DL	OUI	–
8	Protocole de prise en charge DL	OUI	–

11.2.2.4.3 Sélection de paramètre

Le Tableau 97 présente la sélection de paramètre.

Tableau 97 – Sélection de paramètre de couche transport

Symbole du paramètre	Nom du paramètre	Utilisation	Valeur
P(ND)	max-domains	M	31
P(HC)	max-hop-count	M	7
P(NS)	max-stations	M	64
P(GA _{1A})	IP-group-address-1A	M	239.192.24.0
P(GA _{1B})	IP-group-address-1B	M	239.192.24.1
P(GA _{2A})	IP-group-address-2A	M	239.192.24.4
P(GA _{2B})	IP-group-address-2B	M	239.192.24.5
P(AB _{DA})	IP-base-address-domain-A	M	192.168.0.0
P(AB _{DB})	IP-base-address-domain-B	M	192.268.128.0
P(MRC _{AUS})	max-retry-count-AUS	M	5
P(MRC _{ASS})	max-retry-count-ASS	M	5
P(MOS)	max-outstanding-number	M	10
P(TNR _{AUS})	max-response-time-AUS	M	50 ms
P(TNR _{ASS})	max-response-time-ASS	M	500 ms
P(TWT _{AUS})	wait-time-AUS	M	100 ms
P(TWT _{ASS})	wait-time-ASS	M	100 ms
P(TID _{ASS})	inter-DTPDU-time	M	500 ms
P(MC)	macro-cycle-period	M	100 ms
P(SD _{UUS})	starting-delay-UUS	M	{1,11,21,31,41,56,66,76,86} ms
P(SD _{AUS})	starting-delay-AUS	M	{1,11,21,31,41,56,66,76,86} ms
P(SD _{ASS})	starting-delay-ASS	M	{6,16,26,36,51,61,71,81,91} ms
P(SD _{MUS})	starting-delay-MUS	M	{8,28,48,68,88} ms
P(SD _{MSS})	starting-delay-MSS	M	{46} ms
P(TD _{UUS})	time-duration-UUS	M	1 ms
P(TD _{AUS})	time-duration-AUS	M	1 ms
P(TD _{ASS})	time-duration-ASS	M	1 ms
P(TD _{MUS})	time-duration-MUS	M	1 ms
P(TD _{MSS})	time-duration-MSS	M	1 ms
P(TO _{UUS})	offset-time-UUS	M	1 ms
P(TO _{AUS})	offset-time-AUS	M	1 ms
P(TO _{ASS})	offset-time-ASS	M	1 ms
P(TO _{MUS})	offset-time-MUS	M	1 ms
P(TO _{MSS})	offset-time-MSS	M	1 ms
P(DV _{UUS})	divisor-for-grouping-UUS	M	5
P(DV _{AUS})	divisor-for-grouping-AUS	M	5
P(DV _{ASS})	divisor-for-grouping-ASS	M	5
P(DV _{MUS})	divisor-for-grouping-MUS	M	5
P(DV _{MSS})	divisor-for-grouping-MSS	M	5
P(KS)	key size	M	4 octets
P(AS)	authentication field size	M	2 octets
P(PN)	prime-number	M	0b01011001
P(BS)	base-number	M	251
P(UD)	key-update-time	M	3 600 s

11.2.3 Couche d'application

11.2.3.1 Généralités

La couche d'application spécifiée dans la CEI 61158-5-17 et la CEI 61158-6-17 doit être utilisée.

11.2.3.2 Sélection de service AL

Le Tableau 98 spécifie la sélection de service AL dans la CEI 61158-5-17.

Tableau 98 – CP 10/1: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application et objectif	OUI	–
2	Référence normative	OUI	–
3	Définitions	OUI	–
4	Concepts	OUI	–
5	ASE	OUI	–
6	AR	OUI	–
7	Récapitulatif des classes FAL	OUI	–
8	Services FAL admis par le rôle AREP	OUI	–

11.2.3.3 Sélection de protocole AL

Le Tableau 99 spécifie la sélection de protocole AL dans la CEI 61158-6-17.

Tableau 99 – CP 10/1: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Référence normative	OUI	–
3	Définitions	OUI	–
4	Description de la syntaxe abstraite	OUI	–
5	Syntaxe de transfert	OUI	–
6	Structure des diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	–
7	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	–
8	Machines de protocole de service FAL (FSPM)	OUI	–
9	Machines de protocole de relation d'application (ARPM)	OUI	–
10	Machine de protocole de mapping DLL (DMPM)	OUI	–

11.2.4 Sélection d'indicateur de performance

11.2.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 100 présente les indicateurs de performance applicables au CP 10/1.

Tableau 100 – CP 10/1: Présentation des indicateurs de performance

Indicateur de performance	Applicable	Contraintes
Temps de remise	OUI	Aucune
Nombre de stations d'extrémité	OUI	Aucune
Topologie de réseau de base	OUI	Aucune
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	OUI	Aucune
Débit RTE	OUI	Aucune
Largeur de bande non RTE	OUI	Aucune
Exactitude de la synchronisation temporelle	OUI	Aucune
Exactitude de synchronisation non périodique	NON	–
Temps de reprise de redondance	OUI	Aucune

11.2.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

11.2.4.2.1 Généralités

Le Tableau 101 présente les dépendances entre les indicateurs de performance pour CP 10/1.

Tableau 101 – CP 10/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence							
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Débit RTE	Largeur de bande non RTE	Exactitude de la synchronisation temporelle	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		NON	OUI 11.2.4.2.2	OUI 11.2.4.2.2	NON	NON	NON	NON
Nombre de stations d'extrémité	NON		OUI 11.2.4.2.3	OUI 11.2.4.2.3	NON	NON	NON	NON
Topologie de réseau de base	OUI 11.2.4.2.2	OUI 11.2.4.2.3		OUI 11.2.4.2.3	NON	NON	NON	NON
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	NON	NON	OUI 11.2.4.2.3		NON	NON	NON	NON
Débit RTE	NON	NON	OUI 11.2.4.2.4	NON		NON	NON	NON
Largeur de bande non RTE	NON	NON	OUI 11.2.4.2.5	NON	NON		NON	NON
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	NON	OUI 11.2.4.2.6	NON	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	NON	NON	OUI 11.2.4.2.7	NON	NON	NON	NON	

11.2.4.2.2 Calcul du temps de remise

Le temps de remise réel peut être calculé par la Formule (23).

$$DT = STTs + STTr + Trate \times Dlen + Cdly \times Clen + Spd \times NoS \quad (23)$$

où

<i>DT</i>	est le temps de remise;
<i>STTs</i>	est le temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris PhL, DLL et AP;
<i>STTr</i>	est le temps transversal de la pile du récepteur, y compris PhL, DLL et AP;
<i>Trate</i>	est le débit binaire du transfert;
<i>Dlen</i>	est la longueur en bit de la trame Ethernet complète;
<i>Cdly</i>	est le délai du câble;
<i>Clen</i>	est la longueur du câble;
<i>Spd</i>	est le délai de commutation dans des conditions non saturées;
<i>NoS</i>	est le nombre de commutateurs.

Le temps de remise maximal pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine peut être calculé par la Formule (24).

$$DTmax1 = 20 \text{ ms} + Cdly \times Clen + Spd \times NoS \quad (24)$$

où

<i>DTmax1</i>	est le temps de remise maximal pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine;
<i>Cdly</i>	est le délai du câble;
<i>Clen</i>	est la longueur du câble;
<i>Spd</i>	est le délai de commutation dans des conditions non saturées;
<i>NoS</i>	est le nombre de commutateurs.

Le temps de remise maximal pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents peut être calculé par la Formule (25).

$$DTmax2 = 50 \text{ ms} + Cdly \times Clen + Spd \times NoS \quad (25)$$

où

<i>DTmax2</i>	est le temps de remise maximal pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents;
<i>Cdly</i>	est le délai du câble;
<i>Clen</i>	est la longueur du câble;
<i>Spd</i>	est le délai de commutation dans des conditions non saturées;
<i>NoS</i>	est le nombre de commutateurs.

Le temps de remise maximal avec une trame perdue pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine peut être calculé par la Formule (26).

$$DTlost1 = 10 \text{ ms} + DTmax1 \quad (26)$$

où

<i>DTlost1</i>	est le temps de remise maximal avec une trame perdue pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine;
<i>DTmax1</i>	est le temps de remise maximal pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine.

Le temps de remise maximal avec une trame perdue pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents peut être calculé par la Formule (27).

$$DTlost2 = 150 \text{ ms} + DTmax2 \quad (27)$$

où

<i>DTlost2</i>	est le temps de remise maximal avec une trame perdue pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents;
<i>DTmax2</i>	est le temps de remise maximal pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents.

11.2.4.2.3 Restriction relative à la structure du réseau

Si le réseau est composé d'un seul domaine, le nombre de stations d'extrémité RTE est limité à 64.

Si le réseau est composé de plus de deux domaines, le nombre de stations d'extrémité RTE dans le domaine est limité à 64. Le nombre maximal de domaines doit être de 64.

La topologie d'interconnexion entre les domaines doit être arborescente.

La topologie d'interconnexions entre les ponts doit être arborescente ou en anneau.

Le nombre de commutateurs entre deux stations d'extrémité du même domaine doit être inférieur à 7, et le nombre de routeurs (commutateurs à 3 couches) entre deux domaines doit être inférieur à 4.

11.2.4.2.4 Restriction relative au débit RTE

Le débit RTE généré par la communication entre des stations d'extrémité appartenant au même domaine doit être limité à moins de 10 Moctets par seconde.

Le débit RTE généré par la communication sortant d'un domaine doit être limité à moins de 10 Moctets par seconde. Le débit RTE généré par la communication entrant dans un domaine doit être limité à moins de 10 Moctets par seconde.

11.2.4.2.5 Restriction relative à la largeur de bande non RTE

La largeur de bande non RTE doit être inférieure à 500 Mbit/s. Si le réseau est composé de plus de deux domaines, des routeurs doivent contrôler le trafic non RTE afin de limiter la largeur de bande non RTE d'un domaine à moins de 500 Mbit/s, sinon la largeur de bande non RTE totale générée dans le réseau doit être inférieure à 500 Mbit/s.

11.2.4.2.6 Exactitude de la synchronisation temporelle

L'exactitude de la synchronisation temporelle entre deux nœuds d'extrémité appartenant au même domaine est de ± 1 ms ou moins, l'exactitude de la synchronisation temporelle entre deux nœuds d'extrémité n'appartenant pas au même domaine étant de ± 5 ms ou moins.

11.2.4.2.7 Temps de reprise de redondance

Le temps de reprise de redondance d'une communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine est inférieur à 200 ms, le temps de reprise de redondance d'une communication entre deux stations d'extrémité n'appartenant pas au même domaine est inférieur à 600 ms.

11.2.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 102 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance applicable à la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine.

Tableau 102 – CP 10/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	20 ms	À l'exclusion de cable_delay et nominal switch_delay
Nombre de stations d'extrémité	64	Aucune
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	7	Aucune
Débit RTE	10 M octet/s	Aucune
Largeur de bande non RTE	0 % – 50 % (500 Mbit/s)	Aucune
Exactitude de la synchronisation temporelle	<1 ms	Aucune
Exactitude de synchronisation non périodique	Non applicable	–
Temps de reprise de redondance	<200 ms	Aucune

Le Tableau 103 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance applicable à la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents.

Tableau 103 – CP 10/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	50 ms	À l'exclusion de cable_delay et nominal switch_delay
Nombre de stations d'extrémité	4 096	–
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	39	Y compris 4 commutateurs à 3 couches
Débit RTE	10 M octet/s	–
Largeur de bande non RTE	0 % – 50 % (500 Mbit/s)	–
Exactitude de la synchronisation temporelle	<5 ms	–
Exactitude de synchronisation non périodique	Non applicable	–
Temps de reprise de redondance	<600 ms	–

Le Tableau 104 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance applicable à la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine avec une trame perdue.

Tableau 104 – CP 10/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine avec une trame perdue

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	60 ms	À l'exclusion de cable_delay et nominal switch_delay
Nombre de stations d'extrémité	64	–
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	7	–
Débit RTE	10 M octet/s	–
Largeur de bande non RTE	0 % – 50 % (500 Mbit/s)	–
Exactitude de la synchronisation temporelle	<1 ms	–
Exactitude de synchronisation non périodique	Non applicable	–
Temps de reprise de redondance	<200 ms	–

Le Tableau 105 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance applicable à la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents avec une trame perdue.

Tableau 105 – CP 10/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents avec une trame perdue

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	200 ms	À l'exclusion de cable_delay et nominal switch_delay
Nombre de stations d'extrémité	4 096	–
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	39	Y compris 4 commutateurs à 3 couches
Débit RTE	10 M octet/s	–
Largeur de bande non RTE	0 % – 50 % (500 Mbit/s)	–
Exactitude de la synchronisation temporelle	<5 ms	–
Exactitude de synchronisation non périodique	Non applicable	–
Temps de reprise de redondance	<600 ms	–

12 Famille de profils de communication 11 (TCnet⁹) – Profils de communication RTE

12.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 11 définit trois types de profil de communication reposant sur la CEI 61158-3-11, la CEI 61158-4-11, la CEI 61158-5-11 et la CEI 61158-6-11 correspondant aux systèmes de communication communément appelés TCnet.

– Profil 11/1 (TCnet-star)

Ce profil représente un système de communication TCnet doté d'une topologie en étoile. Il contient une sélection de services AL et DLL et de définitions de protocole issus de la CEI 61158-3-11, de la CEI 61158-4-11, de la CEI 61158-5-11 et de la CEI 61158-6-11.

– Profil 11/2 (TCnet-loop 100 avec couche physique de 100 Mbit/s)

Ce profil représente un système de communication TCnet doté d'une topologie en boucle (anneau). Il contient une sélection de services AL et DLL et de définitions de protocole issus de la CEI 61158-3-11, de la CEI 61158-4-11, de la CEI 61158-5-11 et de la CEI 61158-6-11.

– Profil 11/3 (TCnet-loop 1G avec couche physique de 1 000 Mb/s)

Ce profil représente un système de communication TCnet doté d'une topologie en boucle (anneau). Il contient une sélection de services AL et DLL et de définitions de protocole issus de la CEI 61158-3-11, de la CEI 61158-4-11, de la CEI 61158-5-11 et de la CEI 61158-6-11.

Le Tableau 106 présente un ensemble de profils TCnet.

Tableau 106 – CPF 11: Présentation d'ensembles de profils

Couche	Profil 11/1, profil 11/2, profil 11/3
Application	CEI 61158-5-11, CEI 61158-6-1
Liaison de données	CEI 61158-3-11, CEI 61158-4-11
Physique	ISO/CEI 8802-3

12.2 Profil 11/1

12.2.1 Couche physique

La couche physique de 100 Mbit/s doit être conforme à l'ISO/CEI 8802-3.

Les connecteurs et câbles sont spécifiés dans la CEI 61784-5-11 et la CEI 61918.

12.2.2 Couche de liaison de données

12.2.2.1 Sélection de service DLL

Le Tableau 107 spécifie la sélection de service DLL dans la CEI 61158-3-11.

⁹ Au Japon, TCnet est une appellation commerciale de TOSHIBA Corporation. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que la CEI approuve ou recommande le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'implique pas l'utilisation de la marque. L'utilisation de l'appellation commerciale implique l'autorisation de son détenteur.

Tableau 107 – CP 11/1: Sélection de service DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	Référence pertinente uniquement
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	–
4	Services de liaison de données et concept	OUI	–
4.1	Présentation	OUI	–
4.2	Description générale des services	OUI	–
4.3	Service de données TCC	OUI	–
4.4	Description détaillée du service de données de messagerie sporadiques	OUI	–
5	Services de gestion DL	OUI	–
5.1	Généralités	OUI	–
5.2	Installations du service de gestion DL	OUI	–
5.3	Service de gestion DL	OUI	–
5.4	Présentation des interactions	OUI	–
5.5	Spécification détaillée du service et des interactions	OUI	–

12.2.2.2 Sélection de protocole DLL

Le Tableau 108 spécifie la sélection de protocole DLL dans la CEI 61158-4-11.

Tableau 108 – CP 11/1: Sélection de protocole DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	Référence pertinente uniquement
3	Termes, définitions, symboles et abréviations	Partielle	–
4	Présentation du protocole DL	–	–
4.1	Généralités	OUI	–
4.2	Présentation du contrôle d'accès au support	OUI	–
4.3	Service supposé provenir de PhL	OUI	–
4.4	Architecture DLL	–	–
4.4.1	Présentation	OUI	–
4.4.2	Architecture en étoile	OUI	–
4.4.3	Architecture en boucle	NON	–
4.5	Machine de contrôle d'accès et fonctions de support de planification	OUI	–
4.6	Paramètres locaux, variables, compteurs, temporisateurs et files d'attente	–	–
4.6.1	Présentation	OUI	–
4.6.1.1	Généralités		

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4.6.1.2	Récapitulatif des variables, paramètres, compteurs, temporisateurs pour l'architecture en étoile	OUI	–
4.6.1.3	Récapitulatif des variables, paramètres, compteurs, temporisateurs pour l'architecture en boucle	NON	–
4.6.2	Variables, paramètres, compteurs, temporisateurs et files d'attente communs de Type 11	OUI	Valeurs et fonctions applicables à l'architecture en étoile
4.6.3	Variables, paramètres, compteurs, temporisateurs et files d'attente spécifiques à l'architecture en étoile	OUI	–
4.6.4	Variables, paramètres, compteurs, temporisateurs et files d'attente spécifiques à l'architecture en boucle	NON	–
5	Structure générale et codage des PhIDE et DLPDU et élément de procédure connexe	OUI	Voir Tableau 109
6	Structure, codage et éléments de procédure spécifiques à DLPDU	OUI	Voir Tableau 110
7	Élément de procédure DLE	–	–
7.1	Éléments de procédure DLE d'une architecture en étoile	OUI	–
7.2	Éléments de procédure DLE d'une architecture en boucle	NON	–
7.3	Convertisseur parallèle-série et convertisseur série-parallèle	OUI	–
7.4	Protocole de gestion DLL	–	–
7.4.1	Protocole de gestion DLL d'une architecture en étoile	OUI	–
7.4.2	Protocole de gestion DLL d'une architecture en boucle	NON	–

Tableau 109 – CP 11/1: Sélection de protocole DLL de l'Article 5

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
5.1	Présentation	OUI	–
5.2	Structure PhIDU et codage	OUI	–
5.3	Structure, codage et éléments de procédure de la trame MAC commune	OUI	–
5.4	Éléments de la trame MAC	–	–
5.4.1	Généralités	OUI	–
5.4.2	Zone de préambule	OUI	–
5.4.3	Délimiteur de début de trame (SFD)	OUI	–
5.4.4	Zone d'adresse	OUI	–
5.4.5	Zone de longueur/type	OUI	–
5.4.6	Champ de commande de trame (FC)	–	–
5.4.6.1	Structure du champ de commande de trame (FC)	OUI	–
5.4.6.2	Champ de type de trame (type F)	OUI	–
5.4.6.3	Champ de priorité (Pri)	OUI	Fonctions applicables à l'architecture en étoile
5.4.7	Champ du numéro de nœud source (SN)	OUI	–
5.4.8	Champ de données et de l'assembleur-désassembleur de paquets	OUI	–
5.4.9	Séquence de contrôle de trame (FCS)	OUI	–
5.5	Ordre de transmission binaire	OUI	–
5.6	DLPDU non valide	OUI	–

Tableau 110 – CP 11/1: Sélection de protocole DLL de l'Article 6

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
6.1	Généralités	OUI	–
6.2	DLPDU de synchronisation (SYN)	–	–
6.2.1	Généralités	OUI	–
6.2.2	Structure de SYN DLPDU	OUI	–
6.2.3	Paramètres de SYN DLPDU	–	–
6.2.3.1	Numéro de nœud d'autorisation d'émission (PN)	OUI	Fonctions applicables à l'architecture en étoile
6.2.3.2	Mot de commande (CW)	–	–
6.2.3.2.1	CW d'une architecture en étoile	OUI	–
6.2.3.2.2	CW d'une architecture en boucle	NON	–
6.2.3.3	Intervalle de temps (ST)	OUI	Fonctions applicables à l'architecture en étoile
6.2.3.4	Période de transmission à grande vitesse (Th)	OUI	–
6.2.3.5	Période de transmission à moyenne vitesse (Tm)	OUI	–
6.2.3.6	Valeur cible de temps de rotation du jeton de transmission de message sporadique (Ts)	OUI	Fonctions applicables à l'architecture en étoile
6.2.3.7	Période de transmission à basse vitesse (TI)	OUI	–
6.2.3.8	Liste opérationnelle (LL)	OUI	–
6.2.4	Données utilisateur	OUI	–
6.2.5	Envoi de SYN DLPDU	OUI	–
6.2.6	Réception de SYN DLPDU	OUI	–
6.3	DLPDU de transmission complète (CMP)	OUI	–
6.4	DLPDU de requête dans l'anneau (REQ)	–	–
6.4.1	Généralités	OUI	–
6.4.2	Structure de REQ DLPDU	OUI	–
6.4.3	Mode nœud – paramètre ESYN	NON	–
6.4.4	Paramètre de numéro de nœud de réception (RN)	NON	–
6.4.5	Données utilisateur de REQ DLPDU	OUI	–
6.4.6	Envoi de REQ DLPDU	OUI	–
6.4.7	Réception de REQ DLPDU	OUI	–
6.5	DLPDU de revendication (CLM)	–	–
6.5.1	Généralités	OUI	–
6.5.2	Structure de CLM DLPDU	OUI	–
6.5.3	Paramètre de CLM DLPDU	–	–
6.5.3.1	Comptes résiduels du paramètre CLM DLPDU (RC)	OUI	–
6.5.3.2	Paramètre d'intervalle de temps (ST)	OUI	Fonction applicable à l'architecture en étoile
6.5.3.3	Paramètre de mode nœud (NM)	NON	–
6.5.4	Données utilisateur de CLM DLPDU	OUI	–
6.5.5	Envoi et réception de CLM DLPDU	OUI	–
6.6	Commande DLPDU (COM)	OUI	–
6.6.1	Généralités	OUI	–
6.6.2	Structure de COM DLPDU	OUI	–
6.6.3	Paramètre de COM DLPDU	OUI	–

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
6.6.4.	Données utilisateur de COM DLPDU	OUI	–
6.6.5	Envoi et réception de COM DLPDU	OUI	Fonction applicable à l'architecture en étoile
6.7	Données cycliques et données cycliques avec DLPDU de transmission complète (DT) et (DT-CMP)	–	–
6.7.1	Généralités	OUI	–
6.7.2	Structure de DT DLPDU	OUI	–
6.7.3	Paramètres de DT DLPDU	–	–
6.7.3.1	Paramètre d'adresse DLCEP	OUI	–
6.7.3.2	Paramètre de longueur de mot (WD)	–	–
6.7.3.2.1	WD d'une architecture en étoile	OUI	–
6.7.3.2.2	WD d'une architecture en boucle	NON	–
6.7.4	Envoi de DT ou DT-CMP DLPDU	OUI	–
6.7.5	Réception de DT ou DT-CMP DLPDU	OUI	–
6.8	RAS DLPDU (RAS)	–	–
6.8.1	Généralités	OUI	–
6.8.2	Structure de RAS DLPDU	OUI	–
6.8.3	Paramètres d'adresse DCEP	OUI	–
6.8.4	Données utilisateur	OUI	–
6.8.5	Envoi et réception de RAS DLPDU	OUI	Fonction applicable à l'architecture en étoile
6.9	DLPDU de demande de répétition de boucle (LRR)	NON	–
6.10	DLPDU de diagnostic de boucle (LPD)	NON	–

12.2.3 Couche d'application

12.2.3.1 Sélection de service AL

Le Tableau 111 spécifie la sélection de service AL dans la CEI 61158-5-11.

De plus, les services AL sont mappés avec la suite de protocoles TCP/UDP/IP (voir respectivement RFC 793, RFC 768 et RFC 791).

Tableau 111 – CP 11/1: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	Référence pertinente uniquement
3	Termes et définitions, abréviations et conventions	Partielle	Utilisés si applicable
4	Concepts	OUI	–
5	ASE de type de données	Partielle	Utilisés si applicable
6	Spécification du modèle de communication	OUI	–

12.2.3.2 Sélection de protocole AL

Le Tableau 112 spécifie la sélection de protocole AL dans la CEI 61158-6-11.

Tableau 112 – CP 11/1: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Référence normative	Partielle	Référence pertinente uniquement
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	Utilisés si applicable
4	Description de la syntaxe FAL	OUI	–
5	Syntaxe de transfert	OUI	–
6	Structures de diagramme d'états de protocole FAL	OUI	–
7	Machine de protocole de service FAL (FSPM)	OUI	–
8	Machines de protocole de relation d'application (ARPM)	OUI	–
9	Machines de protocole de mapping DLL (DMPM)	OUI	–

12.2.4 Sélection d'indicateur de performance

12.2.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 113 présente les indicateurs de performance de CP 11/1.

Tableau 113 – CP 11/1: Présentation 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	Topologie en étoile
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	NON	Les concentrateurs sont adaptés, mais il convient de ne pas utiliser les commutateurs pour obtenir de meilleures performances
Débit RTE	OUI	–
Largeur de bande non RTE	OUI	–
Exactitude de la synchronisation temporelle	OUI	La CEI 61588 doit être installée
Exactitude de synchronisation non périodique	OUI	–
Temps de reprise de redondance	OUI	Commutation temporelle nulle sans interruption

12.2.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

12.2.4.2.1 Matrice de dépendance

Le Tableau 114 présente les dépendances entre les indicateurs de performance pour CP 11/1.

Tableau 114 – CP 11/1: Matrice de dépendance de l'indicateur 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 temporelle	exactitude de synchronisation non périodique	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		NON 12.2.4.2.2 12.2.4.2.4	NON 12.2.4.2.5	NON 12.2.4.2.2 12.2.4.2.3	NON 12.2.4.2.2 12.2.4.2.3	NON	NON	NON 12.2.4.2.6
Nombre de stations d'extrémité	NON		NON	OUI 12.2.4.2.2 12.2.4.2.3	OUI 12.2.4.2.2 12.2.4.2.3	NON	NON	NON
Topologie de réseau de base	NON	NON		NON	NON	NON	NON	NON
Débit RTE	OUI 12.2.4.2.2 12.2.4.2.3	OUI 12.2.4.2.2 12.2.4.2.3	NON		OUI 12.2.4.2.2 12.2.4.2.3	NON	NON	NON
Largeur de bande non RTE	OUI 12.2.4.2.2 12.2.4.2.3	OUI 12.2.4.2.2 12.2.4.2.3	NON	OUI 12.2.4.2.2 12.2.4.2.3		NON	NON	NON
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	NON	NON	NON	NON		NON	NON
Exactitude de synchronisation non périodique	NON	NON	NON	NON	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	

12.2.4.2.2 Calcul du temps de remise

Le temps de remise est définitivement spécifié par les utilisateurs de l'application à l'aide du service de données TCC, le temps de remise spécifié répondant aux cas d'erreur de non transmission et de trame perdue avec reprise.

Le service de données TCC offre 3 types de service de transmission de données en même temps, en fonction de la préférence des données et du temps de remise d'un APDU à transférer à l'aide du service de transmission de données.

Le Tableau 115 spécifie la sélection de service de données TCC prise en charge par ce profil.

Tableau 115 – CP 11/1: Sélection de service de données TCC

Réf. du service	Nom du service	Applicable	Contrainte
CEI 61158-3-11 Article 4	Transmission de données cycliques à grande vitesse	OUI	La plage de la période de transmission à grande vitesse (T_h) est comprise entre 1 ms et 160 ms, dont l'unité est au 0,1 ms
CEI 61158-3-11 Article 4	Transmission de données cycliques à moyenne vitesse	OUI	La plage de la période de transmission à moyenne vitesse (T_m) est comprise entre 10 ms et 1 000 ms, dont l'unité est au 1 ms et multiples de T_h
CEI 61158-3-11 Article 4	Transmission de données cycliques à basse vitesse	OUI	La plage de la période de transmission à basse vitesse (T_l) est comprise entre 100 ms et 10 000 ms, dont l'unité est au 1 ms et multiples de T_h

Le temps de remise de l'indicateur de performance est fonction de la quantité de données RTE et non RTE échangées entre les stations d'extrémité, du nombre de trames Ethernet utilisées pour la planification de transmission déterministe, du délai de propagation du signal vers la station d'extrémité, du nombre de stations d'extrémité et du nombre de concentrateurs entre les stations d'extrémités.

Le temps de remise de l'indicateur de performance peut être calculé à l'aide des Formules (28), (29), (30), (31) et (32).

$$DT_H = T_h \quad (28)$$

$$DT_M = T_m \quad (29)$$

$$DT_L = T_l \quad (30)$$

$$T_h = T_{RTE} + T_{NRT} + T_{SCH} + T_{PD} + T_{MAC} \quad (31)$$

$$T_{RTE} = T_{HS} + \frac{T_{MS}}{T_m} \times T_h + \frac{T_{LS}}{T_l} \times T_h \quad (32)$$

où

DT_H	est le temps de remise des données cycliques à grande vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC;
DT_M	est le temps de remise des données cycliques à moyenne vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC;
DT_L	est le temps de remise des données cycliques à basse vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC;
T_h	est le temps de transmission à grande vitesse, et le cycle_time (ct) de base du service de données TCC;
T_m	est le temps de transmission à moyenne vitesse;
T_l	est le temps de transmission à basse vitesse;
T_{RTE}	est la somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame Ethernet contenant les données RTE (données utiles) de longueur fixe quittent la station d'extrémité dans le temps T_h . Le volume total de données RTE et la largeur de bande des données non RTE sont spécifiés par l'utilisateur de l'application;
T_{NRT}	est la somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame et les données non RTE (données utiles) quittent la station d'extrémité dans le temps T_h et sont utilisées pour l'application Ethernet standard de manière sporadique;

T_{SCH}	est la somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame est échangée pour la planification de transmission déterministe entre les stations d'extrémités. T_{SCH} comprend la durée pour le DLPDU de synchronisation et plusieurs DLPDU de transmission complète spécifiés dans la CEI 61158-4-11, Article 6;
T_{PD}	est la somme des délais de propagation du signal (pd) entre les stations d'extrémités. T_{PD} dépend du nombre de concentrateurs entre les stations d'extrémités, du délai de propagation du câble (cd) et du nombre de stations d'extrémité;
T_{MAC}	est le temps de maintenance et de contrôle, au cours duquel une nouvelle station d'extrémité est sollicitée et l'opération de temps périodique est contrôlée;
T_{HS}	est la somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame de données TCC achemine les données cycliques à grande vitesse;
T_{MS}	est la somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame de données TCC achemine les données cycliques à moyenne vitesse;
T_{LS}	est la somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame de données TCC achemine les données cycliques à basse vitesse.

12.2.4.2.3 Relation entre le débit RTE et la largeur de bande non RTE

La Figure 9 illustre un exemple de relation entre le débit RTE et la largeur de bande non RTE dans le cas d'une couche physique de 100 Mbit/s. Ce profil prend en charge la spécification d'un pourcentage de largeur de bande et/ou de débit utilisés pour les communications non RTE et RTE.

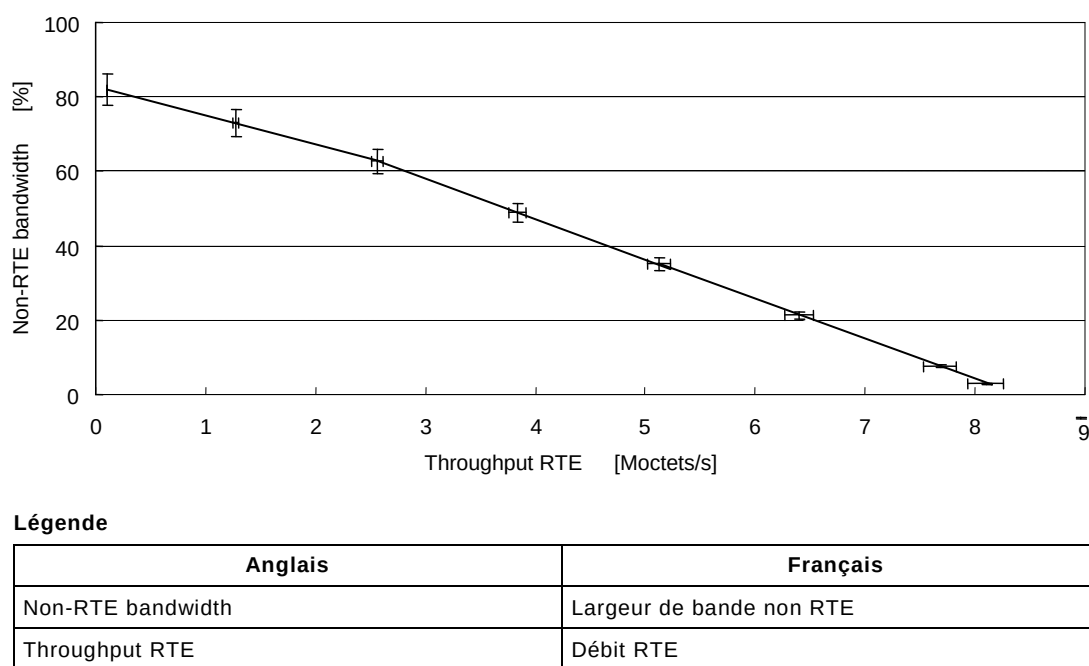


Figure 9 – CP 11/1: Débit RTE et largeur de bande non RTE

Le débit RTE indique la quantité totale de données APDU par longueur d'octet et par seconde, les données APDU étant envoyées par le nœud utilisant le service de données TCC spécifié dans la CEI 61158-3-11, 4.3. La largeur de bande non RTE indique le pourcentage total de la largeur de bande, utilisé pour les communications non RTE par les nœuds utilisant le service de données de messagerie sporadique spécifié dans la CEI 61158-3-11, 4.4.

La largeur de bande totale peut être calculée à l'aide des Formules (33), (34), (35), (36), (37) et (38).

$$BW = BW_{RTE} + BW_{NRT} + BW_{CNT} \quad (33)$$

$$BW_{RTE} = TR_{RTE} \times \frac{8}{100} \quad (34)$$

$$TR_{RTE} = TR_{HS} + TR_{MS} + TR_{LS} \quad (35)$$

$$TR_{HS} = \frac{DV_{HS}}{DT_H} \quad (36)$$

$$TR_{MS} = \frac{DV_{MS}}{DT_M} \quad (37)$$

$$TR_{LS} = \frac{DV_{LS}}{DT_L} \quad (38)$$

où

BW	est la largeur de bande totale en %, 100 % étant équivalent à 100 Mbit/s;
BW_{RTE}	est la largeur de bande utilisée pour les communications RTE, en %;
BW_{NRT}	est la largeur de bande utilisée pour les communications non RTE, en %;
BW_{CNT}	est la largeur de bande utilisée pour les communications de planification et pour le traitement des protocoles, en %;
TR_{RTE}	est le débit RTE, en Moctets/s;
TR_{HS}	est le débit RTE des données cycliques à grande vitesse, en Moctets/s;
TR_{MS}	est le débit RTE des données cycliques à moyenne vitesse, en Moctets/s;
TR_{LS}	est le débit RTE des données cycliques à basse vitesse, en Moctets/s;
DV_{HS}	est le volume total de données cycliques à grande vitesse envoyé par toutes les stations d'extrémité;
DV_{MS}	est le volume total de données cycliques à moyenne vitesse envoyé par toutes les stations d'extrémité;
DV_{LS}	est le volume total de données cycliques à faible vitesse envoyé par toutes les stations d'extrémité;
DT_H	est le temps de remise des données cycliques à grande vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC;
DT_M	est le temps de remise des données cycliques à moyenne vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC;
DT_L	est le temps de remise des données cycliques à basse vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC.

Le débit RTE ou la largeur de bande non RTE dépend de BW_{CNT} pour la planification des communications et pour le traitement des protocoles. La planification des communications et le traitement des protocoles, conformément aux formules données en 12.2.4.2.2, dépendent du nombre de concentrateurs entre les stations d'extrémités, du délai de propagation du câble et du nombre total de stations d'extrémité, et sont liés au temps de maintenance et de contrôle afin de solliciter de nouvelles stations d'extrémité et conserver l'opération de temps périodique.

12.2.4.2.4 Nombre de stations d'extrémité

Le nombre maximal de stations d'extrémité doit être de 254.

12.2.4.2.5 Topologie de réseau de base

La topologie de réseau prise en charge par ce profil se présente en étoile hiérarchique. Le nombre de couches d'une hiérarchie est spécifique à l'application. Il est déterminé sur la base du nombre de stations d'extrémité, de leur emplacement physique et de la distance qui les sépare. Le nombre maximal de concentrateurs entre 2 stations d'extrémité doit être de 7.

12.2.4.2.6 Temps de reprise de redondance

Le temps maximal de reprise totale en cas de défaillance permanente est de 0 période. Ce profil prend en charge le fonctionnement total sans interruption des services de transfert de données de haut niveau.

12.2.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

12.2.4.3.1 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE

Le Tableau 116 présente l'un des ensembles cohérents d'indicateurs de performance de CP 11/1. Les valeurs du Tableau 116 représentent l'un des exemples pratiques, mais ne sont pas des valeurs maximales théoriques, l'exemple concernant de préférence les communications RTE, ce qui signifie que la largeur de bande disponible totale des communications RTE et non RTE est attribuée seule aux communications RTE.

Tableau 116 – CP 11/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	$DT_H = 2 \text{ ms}$ $DT_M = 20 \text{ ms}$ $DT_L = 200 \text{ ms}$	–
Nombre de stations d'extrémité	24	La distance maximale entre les nœuds est de 4 km
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	0	3 concentrateurs
Débit RTE	Total = 7,3 Moctets/s $TR_{HS} = 6,4 \text{ Moctets/s}$ $TR_{MS} = 0,9 \text{ Moctets/s}$	$DV_{HS} = 12\,800 \text{ octets}$ $DV_{MS} = 19\,200 \text{ octets}$ $DV_L = 0 \text{ octets}$
Largeur de bande non RTE	0 %	–
Exactitude de synchronisation non périodique	$< 10 \mu\text{s}$	–
Temps de reprise de redondance	0 s	–

12.2.4.3.2 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE et non RTE

Le Tableau 117 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour CP 11/1. Les valeurs données dans le Tableau 117 représentent un exemple pratique, mais ne sont pas des valeurs maximales théoriques. La largeur de bande disponible totale est partitionnée entre les communications RTE et les communications non RTE.

**Tableau 117 – CP 11/1: Ensemble cohérent d'indicateurs
de performance pour les communications RTE et non RTE**

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	$DT_H = 2 \text{ ms}$ $DT_M = 20 \text{ ms}$ $DT_L = 200 \text{ ms}$	–
Nombre de stations d'extrémité	13	La distance maximale entre les nœuds est de 4 km
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	0	5 concentrateurs
Débit RTE	Total = 5,7 Moctets/s $TR_{HS} = 5,1 \text{ Moctets/s}$ $TR_{MS} = 0,6 \text{ Moctets/s}$	$DV_{HS} = 10\,240 \text{ octets}$ $DV_{MS} = 12\,800 \text{ octets}$ $DV_L = 0 \text{ octets}$
Largeur de bande non RTE	< 20 %	–
Exactitude de synchronisation non périodique	< 10 μs	–
Temps de reprise de redondance	0 s	–

12.3 Profil 11/2

12.3.1 Couche physique

La couche physique de 100 Mbit/s doit être conforme à l'ISO/CEI 8802-3.

Les connecteurs et câbles sont spécifiés dans la CEI 61784-5-11 et la CEI 61918.

12.3.2 Couche de liaison de données

12.3.2.1 Sélection de service DLL

La sélection de service DLL est identique à celle indiquée en 12.2.2.1.

12.3.2.2 Sélection de protocole DLL

Le Tableau 118 spécifie la sélection de protocole DLL dans la CEI 61158-4-11.

Tableau 118 – CP 11/2: Sélection de protocole DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	Référence pertinente uniquement
3	Termes, définitions, symboles et abréviations	Partielle	–
4	Présentation du protocole DL	–	–
4.1	Généralités	OUI	–
4.2	Présentation du contrôle d'accès au support	OUI	–
4.3	Service supposé provenir de PhL	OUI	–
4.4	Architecture DLL	–	–
4.4.1	Présentation	OUI	–
4.4.2	Architecture en étoile	NON	–
4.4.3	Architecture en boucle	OUI	–
4.5	Machine de contrôle d'accès et fonctions de support de planification	OUI	–
4.6	Paramètres locaux, variables, compteurs, temporisateurs et files d'attente	–	–
4.6.1	Présentation	OUI	–
4.6.1.1	Généralités	OUI	–
4.6.1.2	Récapitulatif des variables, paramètres, compteurs, temporisateurs pour l'architecture en étoile	NON	–
4.6.1.3	Récapitulatif des variables, paramètres, compteurs, temporisateurs pour l'architecture en boucle	OUI	Valeurs et fonctions applicables à la vitesse de transmission des données de 100 Mbit/s
4.6.2	Variables, paramètres, compteurs, temporisateurs et files d'attente communs de Type 11	OUI	Valeurs et fonctions applicables à la vitesse de transmission des données de 100 Mbit/s
4.6.3	Variables, paramètres, compteurs, temporisateurs et files d'attente spécifiques à l'architecture en étoile	NON	–
4.6.4	Variables, paramètres, compteurs, temporisateurs et files d'attente spécifiques à l'architecture en boucle	OUI	Valeurs et fonctions applicables à la vitesse de transmission des données de 100 Mbit/s
5	Structure générale et codage des PhIDE et DLPDU et élément de procédure connexe	OUI	Voir Tableau 119
6	Structure, codage et éléments de procédure spécifiques à DLPDU	OUI	Voir Tableau 120
7	Élément de procédure DLE	–	–
7.1	Éléments de procédure DLE d'une architecture en étoile	NON	–
7.2	Éléments de procédure DLE d'une architecture en boucle	–	–
7.2.1	Structure générale	OUI	–
7.2.2	Initialisation	OUI	–
7.2.3	Commande TX/RX d'émission cyclique (CTRC)	OUI	Valeurs et fonctions applicables à la vitesse de transmission des données de 100 Mbit/s
7.2.4	Commande TX/RX sporadique (STRC)	OUI	–

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
7.2.5	Machine de contrôle d'accès (ACM)	OUI	Tableau 75 applicable
7.2.6	Contrôle de support de redondance (RMC)	OUI	Tableau 83 applicable
7.3	Convertisseur parallèle-série et convertisseur série-parallèle	OUI	–
7.4	Protocole de gestion DLL	–	–
7.4.1	Protocole de gestion DLL d'une architecture en étoile	NON	–
7.4.2	Protocole de gestion DLL d'une architecture en boucle	OUI	–

Tableau 119 – CP 11/2: Sélection de protocole DLL de l'Article 5

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
5.1	Présentation	OUI	–
5.2	Structure PhIDU et codage	OUI	–
5.3	Structure, codage et éléments de procédure de la trame MAC commune	OUI	–
5.4	Éléments de la trame MAC	–	–
5.4.1	Généralités	OUI	–
5.4.2	Zone de préambule	OUI	–
5.4.3	Délimiteur de début de trame (SFD)	OUI	–
5.4.4	Zone d'adresse	OUI	–
5.4.5	Zone de longueur/type	OUI	–
5.4.6	Champ de commande de trame (FC)	–	–
5.4.6.1	Structure du champ de commande de trame (FC)	OUI	–
5.4.6.2	Champ de type de trame (type F)	OUI	–
5.4.6.3	Champ de priorité (Pri)	OUI	Fonction applicable à la vitesse de transmission des données de 100 Mbit/s
5.4.7	Champ du numéro de nœud source (SN)	OUI	–
5.4.8	Champ de données et de l'assembleur-désassembleur de paquets	OUI	–
5.4.9	Séquence de contrôle de trame (FCS)	OUI	–
5.5	Ordre de transmission binaire	OUI	–
5.6	DLPDU non valide	OUI	–

Tableau 120 – CP 11/2: Sélection de protocole DLL de l'Article 6

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
6.1	Généralités	OUI	–
6.2	DLPDU de synchronisation (SYN)	–	–
6.2.1	Généralités	OUI	–
6.2.2	Structure de SYN DLPDU	OUI	–
6.2.3	Paramètres de SYN DLPDU	–	–
6.2.3.1	Numéro de nœud d'autorisation d'émission (PN)	OUI	Fonction applicable au fonctionnement à 100 Mbit/s de l'architecture en boucle
6.2.3.2	Mot de commande (CW)	–	–
6.2.3.2.1	CW d'une architecture en étoile	NON	–
6.2.3.2.2	CW d'une architecture en boucle	OUI	–
6.2.3.3	Intervalle de temps (ST)	OUI	Fonction applicable au fonctionnement à 100 Mbit/s de l'architecture en boucle
6.2.3.4	Période de transmission à grande vitesse (Th)	OUI	–
6.2.3.5	Période de transmission à moyenne vitesse (Tm)	OUI	–
6.2.3.6	Valeur cible de temps de rotation du jeton de transmission de message sporadique (Ts)	NON	Fonction applicable au fonctionnement à 100 Mbit/s de l'architecture en boucle
6.2.3.7	Période de transmission à basse vitesse (Tl)	NON	–
6.2.3.8	Liste opérationnelle (LL)	OUI	–
6.2.4	Données utilisateur	OUI	–
6.2.5	Envoi de SYN DLPDU	OUI	–
6.2.6	Réception de SYN DLPDU	OUI	–
6.3	DLPDU de transmission complète (CMP)	OUI	Fonction applicable au fonctionnement à 100 Mbit/s de l'architecture en boucle
6.4	DLPDU de requête dans l'anneau (REQ)	–	–
6.4.1	Généralités	OUI	–
6.4.2	Structure de REQ DLPDU	OUI	–
6.4.3	Mode nœud – Paramètre ESYN	NON	–
6.4.4	Paramètre de numéro de nœud de réception (RN)	OUI	–
6.4.5	Données utilisateur de REQ DLPDU	OUI	–
6.4.6	Envoi de REQ DLPDU	OUI	Fonction applicable au fonctionnement à 100 Mbit/s de l'architecture en boucle
6.4.7	Réception de REQ DLPDU	OUI	–
6.5	DLPDU de revendication (CLM)	–	–
6.5.1	Généralités	OUI	–
6.5.2	Structure de CLM DLPDU	OUI	–
6.5.3	Paramètre de CLM DLPDU	–	–
6.5.3.1	Comptes résiduels du paramètre CLM DLPDU (RC)	OUI	–

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
6.5.3.2	Paramètre d'intervalle de temps (ST)	OUI	Fonction applicable au fonctionnement à 100 Mbit/s de l'architecture en boucle
6.5.3.3	Paramètre de mode nœud (NM)	NON	–
6.5.4	Données utilisateur de CLM DLPDU	OUI	–
6.5.5	Envoi et réception de CLM DLPDU	OUI	–
6.6	DLPDU de commande (COM)	–	–
6.6.1	Généralités	OUI	–
6.6.2	Structure de COM DLPDU	OUI	–
6.6.3	Paramètre de COM DLPDU	OUI	–
6.6.4	Données utilisateur de COM DLPDU	OUI	–
6.6.5	Envoi et réception de COM DLPDU	OUI	Fonction applicable au fonctionnement à 100 Mbit/s de l'architecture en boucle
6.7	Données cycliques et données cycliques avec DLPDU de transmission complète (DT) et (DT-CMP)	–	–
6.7.1	Généralités	OUI	–
6.7.2	Structure de DT DLPDU	OUI	–
6.7.3	Paramètres de DT DLPDU	OUI	–
6.7.3.1	Paramètre d'adresse DLCEP	OUI	–
6.7.3.2	Paramètre de longueur de mot (WD)	–	–
6.7.3.2.1	WD d'une architecture en étoile	NON	–
6.7.3.2.2	WD d'une architecture en boucle	OUI	Fonction applicable au fonctionnement à 100 Mbit/s de l'architecture en boucle
6.7.4	Envoi de DT ou DT-CMP DLPDU	OUI	–
6.7.5	Réception de DT ou DT-CMP DLPDU	OUI	–
6.8	RAS DLPDU (RAS)	OUI	–
6.8.1	Généralités	–	–
6.8.2	Structure de RAS DLPDU	OUI	–
6.8.3	Paramètres d'adresse DCEP	OUI	–
6.8.4	Données utilisateur	OUI	–
6.8.5	Envoi et réception de RAS DLPDU	OUI	Fonction applicable au fonctionnement à 100 Mbit/s de l'architecture en boucle
6.9	DLPDU de demande de répétition de boucle (LRR)	OUI	–
6.10	DLPDU de diagnostic de boucle (LPD)	OUI	–

12.3.3 Couche d'application

12.3.3.1 Sélection de service AL

La sélection de service AL est identique à celle indiquée en 12.2.3.1.

12.3.3.2 Sélection de protocole AL

La sélection de protocole AL est identique à celle indiquée en 12.2.3.2.

12.3.4 Sélection d'indicateur de performance

12.3.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 121 présente les indicateurs de performance de CP 11/2.

Tableau 121 – CP 11/2: Présentation 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	Topologie en boucle (anneau)
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	NON	–
Débit RTE	OUI	–
Largeur de bande non RTE	OUI	–
Exactitude de la synchronisation temporelle	OUI	La CEI 61588 doit être installée
Exactitude de synchronisation non périodique	OUI	–
Temps de reprise de redondance	OUI	4 x Th

12.3.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

12.3.4.2.1 Matrice de dépendance

Le Tableau 122 présente les dépendances entre les indicateurs de performance pour CP 11/2.

Tableau 122 – CP 11/2: Matrice de dépendance de l'indicateur 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 temporelle	exactitude de synchronisation non périodique	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		NON 12.3.4.2.2 12.3.4.2.3	NON 12.2.4.2.5	NON 12.3.4.2.2 12.3.4.2.3	NON 12.3.4.2.2 12.3.4.2.3	NON	NON	NON 11.2.4.2.6
Nombre de stations d'extrémité	NON		NON	OUI 12.3.4.2.2 12.3.4.2.3	OUI 12.3.4.2.2 12.3.4.2.3	NON	NON	NON
Topologie de réseau de base	NON	NON		NON	NON	NON	NON	NON
Débit RTE	OUI 12.3.4.2.2 12.3.4.2.3	OUI 12.3.4.2.2 12.3.4.2.3	NON		OUI 12.3.4.2.2 12.3.4.2.3	NON	NON	NON
Largeur de bande non RTE	OUI 12.3.4.2.2 12.3.4.2.3	OUI 12.3.4.2.2 12.3.4.2.3	NON	OUI 12.3.4.2.2 12.3.4.2.3		NON	NON	NON
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	NON	NON	NON	NON		NON	NON
Exactitude de synchronisation non périodique	NON	NON	NON	NON	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	OUI 12.3.4.2.6	NON	NON	NON	NON	NON	NON	

12.3.4.2.2 Calcul du temps de remise

Le temps de remise est définitivement spécifié par les utilisateurs de l'application à l'aide du service de données TCC, le temps de remise spécifié répondant aux cas d'erreur de non transmission et de trame perdue avec reprise.

Le service de données TCC offre 2 types de service de transmission de données en même temps, en fonction de la préférence des données et du temps de remise de l'APDU à transférer à l'aide du service de transmission de données.

Le Tableau 123 spécifie la sélection de service de données TCC prise en charge par ce profil.

Tableau 123 – CP 11/2: Sélection de service de données TCC

Réf. du service	Nom du service	Applicable	Contrainte
CEI 61158-3-11 Article 4	Transmission de données cycliques à grande vitesse	OUI	La plage de la période de transmission à grande vitesse (T_H) est comprise entre 1 ms et 160 ms, dont l'unité est au 0,1 ms
CEI 61158-3-11 Article 4	Transmission de données cycliques à moyenne vitesse	OUI	La plage de la période de transmission à moyenne vitesse (T_m) est comprise entre 10 ms et 1 000 ms, dont l'unité est au 1 ms et multiples de T_H

Le temps de remise de l'indicateur de performance est fonction de la quantité de données RTE et non RTE échangées entre les stations d'extrémité, du nombre de trames Ethernet utilisées pour la planification de transmission déterministe, du délai de propagation du signal vers la station d'extrémité et du nombre de stations d'extrémité.

Le temps de remise de l'indicateur de performance peut être calculé à l'aide des Formules (39), (40), (41) et (42).

$$DT_H = T_h \quad (39)$$

$$DT_M = T_m \quad (40)$$

$$T_h = T_{RTE} + T_{NRT} + T_{SCH} + T_{PD} + T_{MAC} \quad (41)$$

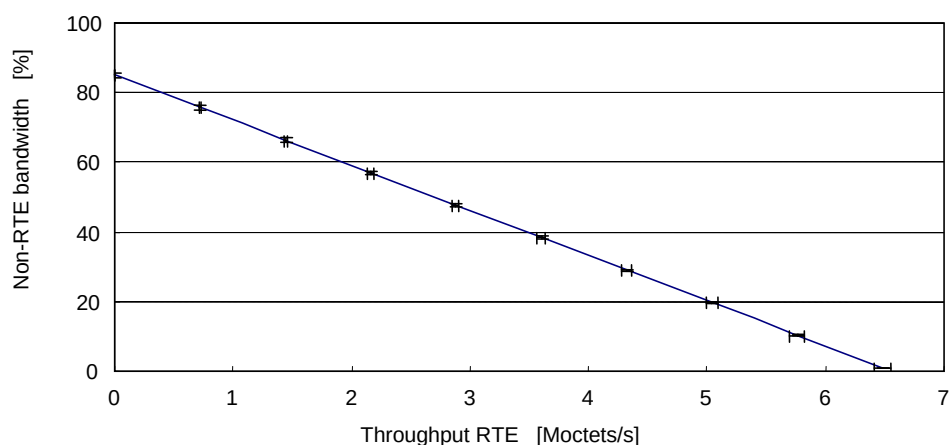
$$T_{RTE} = T_{HS} + \frac{T_{MS}}{T_m} \times T_h \quad (42)$$

où

DT_H	est le temps de remise des données cycliques à grande vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC;
DT_M	est le temps de remise des données cycliques à moyenne vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC;
T_h	est le temps de transmission à grande vitesse, et le cycle_time (ct) de base du service de données TCC;
T_m	est le temps de transmission à moyenne vitesse;
T_{RTE}	est la somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame Ethernet contenant les données RTE (données utiles) de longueur fixe quittent la station d'extrémité dans le temps T_h . Le volume total de données RTE et la largeur de bande des données non RTE sont spécifiés par l'utilisateur de l'application;
T_{NRT}	est la somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame et les données non RTE (données utiles) quittent la station d'extrémité dans le temps T_h et sont utilisées pour l'application Ethernet standard de manière sporadique;
T_{SCH}	est la somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame est échangée pour la planification de transmission déterministe entre les stations d'extrémité. T_{SCH} comprend la durée pour le DLPDU de synchronisation et plusieurs DLPDU de transmission complète spécifiés dans la CEI 61158-4-11, Article 6;
T_{PD}	est la somme des délais de propagation du signal (pd) entre les stations d'extrémité. T_{PD} dépend du délai de propagation du câble (cd) et du nombre de stations d'extrémité;
T_{MAC}	est le temps de maintenance et de contrôle, au cours duquel une nouvelle station d'extrémité est sollicitée et l'opération de temps périodique est contrôlée;
T_{HS}	est la somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame de données TCC achemine les données cycliques à grande vitesse;
T_{MS}	est la somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame de données TCC achemine les données cycliques à moyenne vitesse.

12.3.4.2.3 Relation entre le débit RTE et la largeur de bande non RTE

La Figure 10 illustre un exemple de relation entre le débit RTE et la largeur de bande non RTE dans le cas d'une couche physique de 100 Mbit/s. Ce profil prend en charge la spécification d'un pourcentage de largeur de bande et/ou de débit utilisés pour les communications non RTE et RTE.



Légende

Anglais	Français
Non-RTE bandwidth	Largeur de bande non RTE
Throughput RTE	Débit RTE

Figure 10 – CP 11/2: Débit RTE et largeur de bande non RTE

Le débit RTE indique la quantité totale de données APDU par longueur d'octet et par seconde, les données APDU étant envoyées par le nœud utilisant le service de données TCC spécifié dans la CEI 61158-3-11, 4.3. La largeur de bande non RTE indique le pourcentage total de la largeur de bande, utilisé pour les communications non RTE par les nœuds utilisant le service de données de messagerie sporadiques spécifié dans la CEI 61158-3-11, 4.4.

La largeur de bande totale peut être calculée à l'aide des Formules (43), (44), (45), (46) et (47).

$$BW = BW_{RTE} + BW_{NRT} + BW_{CNT} \quad (43)$$

$$BW_{RTE} = TR_{RTE} \times \frac{8}{100} \quad (44)$$

$$TR_{RTE} = TR_{HS} + TR_{MS} \quad (45)$$

$$TR_{HS} = \frac{DV_{HS}}{DT_H} \quad (46)$$

$$TR_{MS} = \frac{DV_{MS}}{DT_M} \quad (47)$$

où

BW	est la largeur de bande totale en %, 100 % étant équivalent à 100 Mbit/s;
BW_{RTE}	est la largeur de bande utilisée pour les communications RTE, en %;
BW_{NRT}	est la largeur de bande utilisée pour les communications non RTE, en %;
BW_{CNT}	est la largeur de bande utilisée pour les communications de planification et pour le traitement des protocoles, en %;
TR_{RTE}	est le débit RTE, en Moctets/s;

TR_{HS}	est le débit RTE des données cycliques à grande vitesse, en Moctets/s;
TR_{MS}	est le débit RTE des données cycliques à moyenne vitesse, en Moctets/s;
DV_{HS}	est le volume total de données cycliques à grande vitesse envoyé par toutes les stations d'extrémité;
DV_{MS}	est le volume total de données cycliques à moyenne vitesse envoyé par toutes les stations d'extrémité;
DT_H	est le temps de remise des données cycliques à grande vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC;
DT_M	est le temps de remise des données cycliques à moyenne vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC;

Le débit RTE ou la largeur de bande non RTE dépend de BW_{CNT} pour la planification des communications et pour le traitement des protocoles. La planification des communications et le traitement des protocoles, conformément aux formules données en 12.3.4.2.2, dépendent du délai de propagation du câble et du nombre total de stations d'extrémité et sont liés au temps de maintenance et de contrôle afin de solliciter une nouvelle station d'extrémité et conserver l'opération de temps périodique.

12.3.4.2.4 Nombre de stations d'extrémité

Le nombre maximal de stations d'extrémité doit être de 254.

12.3.4.2.5 Topologie de réseau de base

La topologie de réseau prise en charge par ce profil se présente en boucle (anneau).

12.3.4.2.6 Temps de reprise de redondance

Le temps maximal de reprise totale en cas de défaillance permanente est de $4 \times T_h$ (T_h : temps de transmission à grande vitesse) en 12.3.4.2.2.

12.3.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

12.3.4.3.1 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE

Le Tableau 124 présente l'un des ensembles cohérents d'indicateurs de performance pour CP 11/2. Les valeurs du Tableau 124 représentent un exemple pratique, mais ne sont pas des valeurs maximales théoriques. Il s'agit d'un exemple préférentiel pour les communications RTE, ce qui signifie que la largeur de bande disponible totale des communications RTE et non RTE est attribuée seule aux communications RTE.

Tableau 124 – CP 11/2: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	$DT_H = 2 \text{ ms}$ $DT_M = 20 \text{ ms}$	–
Nombre de stations d'extrémité	24	Longueur totale des câbles dans une boucle de 2 km
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	0	Non applicable
Débit RTE	Total = 4,6 Moctets/s $TR_{HS} = 4,0 \text{ Moctets/s}$ $TR_{MS} = 0,6 \text{ Moctets/s}$	$DV_{HS} = 7\,920 \text{ octets}$ $DV_{MS} = 11\,520 \text{ octets}$
Largeur de bande non RTE	0 %	–
Exactitude de synchronisation non périodique	$< 10 \mu\text{s}$	–
Temps de reprise de redondance	8 ms	–

12.3.4.3.2 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE et non RTE

Le Tableau 125 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour CP 11/2. Les valeurs données dans le Tableau 125 représentent un exemple pratique, mais ne sont pas des valeurs maximales théoriques. La largeur de bande disponible totale est partitionnée entre les communications RTE et les communications non RTE.

Tableau 125 – CP 11/2: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE et non RTE

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	$DT_H = 2 \text{ ms}$ $DT_M = 20 \text{ ms}$	–
Nombre de stations d'extrémité	13	Longueur totale des câbles dans une boucle de 2 km
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	0	Non applicable
Débit RTE	Total = 4,8 Moctets/s $TR_{HS} = 4,3 \text{ Moctets/s}$ $TR_{MS} = 0,5 \text{ Moctets/s}$	$DV_{HS} = 8\,640 \text{ octets}$ $DV_{MS} = 10\,080 \text{ octets}$
Largeur de bande non RTE	$< 20 \%$	–
Exactitude de synchronisation non périodique	$< 10 \mu\text{s}$	–
Temps de reprise de redondance	8 ms	–

12.4 Profil 11/3**12.4.1 Couche physique**

La couche physique de 1 000 Mbit/s doit être conforme à l'ISO/CEI 8802-3.

Les connecteurs et câbles sont spécifiés dans la CEI 61784–5–11 et la CEI 61918.

12.4.2 Couche de liaison de données

12.4.2.1 Sélection de service DLL

La sélection de service DLL est identique à celle indiquée en 12.2.2.1.

12.4.2.2 Sélection de protocole DLL

Le Tableau 126 spécifie la sélection de protocole DLL dans la CEI 61158–4–11.

Tableau 126 – CP 11/3: Sélection de protocole DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	Référence pertinente uniquement
3	Termes, définitions, symboles et abréviations	Partielle	–
4	Présentation du protocole DL	–	–
4.1	Généralités	OUI	–
4.2	Présentation du contrôle d'accès au support	OUI	–
4.3	Service supposé provenir de PhL	OUI	–
4.4	Architecture DLL	–	–
4.4.1	Présentation	OUI	–
4.4.2	Architecture en étoile	NON	–
4.4.3	Architecture en boucle	OUI	–
4.5	Machine de contrôle d'accès et fonctions de support de planification	OUI	–
4.6	Paramètres locaux, variables, compteurs, temporisateurs et files d'attente	–	–
4.6.1	Présentation	OUI	–
4.6.1.1	Généralités	OUI	–
4.6.1.2	Récapitulatif des variables, paramètres, compteurs, temporisateurs pour l'architecture en étoile	NON	–
4.6.1.3	Récapitulatif des variables, paramètres, compteurs, temporisateurs pour l'architecture en boucle	OUI	Valeurs et fonctions applicables à la vitesse de transmission des données de 1 000 Mbit/s
4.6.2	Variables, paramètres, compteurs, temporisateurs et files d'attente communs de Type 11	OUI	Valeurs et fonctions applicables à la vitesse de transmission des données de 1 000 Mbit/s
4.6.3	Variables, paramètres, compteurs, temporisateurs et files d'attente spécifiques à l'architecture en étoile	NON	–
4.6.4	Variables, paramètres, compteurs, temporisateurs et files d'attente spécifiques à l'architecture en boucle	OUI	Valeurs et fonctions applicables à la vitesse de transmission des données de 1 000 Mbit/s
5	Structure générale et codage des PhIDE et DLPDU et élément de procédure connexe	OUI	Voir Tableau 127
6	Structure, codage et éléments de procédure spécifiques à DLPDU	OUI	Voir Tableau 128
7	Élément de procédure DLE	–	–
7.1	Éléments de procédure DLE d'une architecture en étoile	NON	–
7.2	Éléments de procédure DLE d'une architecture en boucle	–	–

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
7.2.1	Structure générale	OUI	–
7.2.2	Initialisation	OUI	–
7.2.3	Commande TX/RX d'émission cyclique (CTRC)	OUI	Valeurs et fonctions applicables à la vitesse de transmission des données de 1 000 Mbit/s
7.2.4	Commande TX/RX sporadique (STRC)	OUI	–
7.2.5	Machine de contrôle d'accès (ACM)	OUI	Tableau 76 applicable
7.2.6	Contrôle de support de redondance (RMC)	OUI	Tableau 84 applicable
7.3	Convertisseur parallèle-série et convertisseur série-parallèle	OUI	–
7.4	Protocole de gestion DLL	–	–
7.4.1	Protocole de gestion DLL d'une architecture en étoile	NON	–
7.4.2	Protocole de gestion DLL d'une architecture en boucle	OUI	–

Tableau 127 – CP 11/3: Sélection de protocole DLL de l'Article 5

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
5.1	Présentation	OUI	–
5.2	Structure PhIDU et codage	OUI	–
5.3	Structure, codage et éléments de procédure de la trame MAC commune	OUI	–
5.4	Éléments de la trame MAC	–	–
5.4.1	Généralités	OUI	–
5.4.2	Zone de préambule	OUI	–
5.4.3	Délimiteur de début de trame (SFD)	OUI	–
5.4.4	Zone d'adresse	OUI	–
5.4.5	Zone de longueur/type	OUI	–
5.4.6	Champ de commande de trame (FC)	–	–
5.4.6.1	Structure du champ de commande de trame (FC)	OUI	–
5.4.6.2	Champ de type de trame (type F)	OUI	–
5.4.6.3	Champ de priorité (Pri)	OUI	Fonction applicable à la vitesse de transmission des données de 1 000 Mbit/s
5.4.7	Champ du numéro de nœud source (SN)	OUI	–
5.4.8	Champ de données et de l'assembleur-désassembleur de paquets	OUI	–
5.4.9	Séquence de contrôle de trame (FCS)	OUI	–
5.5	Ordre de transmission binaire	OUI	–
5.6	DLPDU non valide	OUI	–

Tableau 128 – CP 11/3: Sélection de protocole DLL de l'Article 6

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
6.1	Généralités	OUI	–
6.2	DLPDU de synchronisation (SYN)	–	–
6.2.1	Généralités	OUI	–
6.2.2	Structure de SYN DLPDU	OUI	–
6.2.3	Paramètres de SYN DLPDU	–	–
6.2.3.1	Numéro de nœud d'autorisation d'émission (PN)	OUI	Fonction applicable au fonctionnement à 1 000 Mbit/s de l'architecture en boucle
6.2.3.2	Mot de commande (CW)	–	–
6.2.3.2.1	CW d'une architecture en étoile	NON	–
6.2.3.2.2	CW d'une architecture en boucle	OUI	–
6.2.3.3	Intervalle de temps (ST)	OUI	Fonction applicable au fonctionnement à 1 000 Mbit/s de l'architecture en boucle
6.2.3.4	Période de transmission à grande vitesse (Th)	OUI	–
6.2.3.5	Période de transmission à moyenne vitesse (Tm)	OUI	–
6.2.3.6	Valeur cible de temps de rotation du jeton de transmission de message sporadique (Ts)	OUI	Fonction applicable au fonctionnement à 1 000 Mbit/s de l'architecture en boucle
6.2.3.7	Période de transmission à basse vitesse (TI)	OUI	–
6.2.3.8	Liste opérationnelle (LL)	OUI	–
6.2.4	Données utilisateur	OUI	–
6.2.5	Envoi de SYN DLPDU	OUI	–
6.2.6	Réception de SYN DLPDU	OUI	–
6.3	DLPDU de transmission complète (CMP)	OUI	Fonction applicable au fonctionnement à 1 000 Mbit/s de l'architecture en boucle
6.4	DLPDU de requête dans l'anneau (REQ)	–	–
6.4.1	Généralités	OUI	–
6.4.2	Structure de REQ DLPDU	OUI	–
6.4.3	Mode nœud – Paramètre ESYN	OUI	–
6.4.4	Paramètre de numéro de nœud de réception (RN)	OUI	–
6.4.5	Données utilisateur de REQ DLPDU	OUI	–
6.4.6	Envoi de REQ DLPDU	OUI	Fonction applicable au fonctionnement à 1 000 Mbit/s de l'architecture en boucle
6.4.7	Réception de REQ DLPDU	OUI	–
6.5	DLPDU de revendication (CLM)	–	–
6.5.1	Généralités	OUI	–
6.5.2	Structure de CLM DLPDU	OUI	–
6.5.3	Paramètre de CLM DLPDU	–	–
6.5.3.1	Comptes résiduels du paramètre CLM DLPDU (RC)	OUI	
6.5.3.2	Paramètre d'intervalle de temps (ST)	OUI	Fonction applicable au fonctionnement à 1 000 Mbit/s de l'architecture en boucle

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
6.5.3.3	Paramètre de mode nœud (NM)	OUI	–
6.5.4	Données utilisateur de CLM DLPDU	OUI	–
6.5.5	Envoi et réception de CLM DLPDU	OUI	–
6.6	DLPDU de commande (COM)	–	–
6.6.1	Généralités	OUI	–
6.6.2	Structure de COM DLPDU	OUI	–
6.6.3	Paramètre de COM DLPDU	OUI	–
6.6.4	Données utilisateur de COM DLPDU	OUI	–
6.6.5	Envoi et réception de COM DLPDU	OUI	Fonction applicable au fonctionnement à 1 000 Mbit/s de l'architecture en boucle
6.7	Données cycliques et données cycliques avec DLPDU de transmission complète (DT) et (DT-CMP)	–	–
6.7.1	Généralités	OUI	–
6.7.2	Structure de DT DLPDU	OUI	–
6.7.3	Paramètres de DT DLPDU	OUI	–
6.7.3.1	Paramètre d'adresse DLCEP	OUI	–
6.7.3.2	Paramètre de longueur de mot (WD)	–	–
6.7.3.2.1	WD d'une architecture en étoile	NON	–
6.7.3.2.2	WD d'une architecture en boucle	OUI	Fonction applicable au fonctionnement à 1 000 Mbit/s de l'architecture en boucle
6.7.4	Envoi de DT ou DT-CMP DLPDU	OUI	–
6.7.5	Réception de DT ou DT-CMP DLPDU	OUI	–
6.8	RAS DLPDU (RAS)	–	–
6.8.1	Généralités	OUI	–
6.8.2	Structure de RAS DLPDU	OUI	–
6.8.3	Paramètres d'adresse DCEP	OUI	–
6.8.4	Données utilisateur	OUI	–
6.8.5	Envoi et réception de RAS DLPDU	OUI	Fonction applicable au fonctionnement à 1 000 Mbit/s de l'architecture en boucle
6.9	DLPDU de demande de répétition de boucle (LRR)	OUI	–
6.10	DLPDU de diagnostic de boucle (LPD)	OUI	–

12.4.3 Couche d'application

12.4.3.1 Sélection de service AL

La sélection de service AL est identique à celle indiquée en 12.2.3.1.

12.4.3.2 Sélection de protocole AL

La sélection de protocole AL est identique à celle indiquée en 12.2.3.2.

12.4.4 Sélection d'indicateur de performance

12.4.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 129 présente les indicateurs de performance de CP 11/3.

Tableau 129 – CP 11/3: Présentation 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	Topologie en boucle (anneau)
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	NON	–
Débit RTE	OUI	–
Largeur de bande non RTE	OUI	–
Exactitude de la synchronisation temporelle	OUI	La CEI 61588 doit être installée
Exactitude de synchronisation non périodique	OUI	–
Temps de reprise de redondance	OUI	4 x Th

12.4.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

12.4.4.2.1 Matrice de dépendance

Le Tableau 130 présente les dépendances entre les indicateurs de performance pour CP 11/3.

Tableau 130 – CP 11/3: Matrice de dépendance de l'indicateur 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 temporelle	exactitude de synchronisation non périodique	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		NON 12.4.4.2.2 12.4.4.2.3	NON 12.4.4.2.5	NON 12.4.4.2.2 12.4.4.2.3	NON 12.4.4.2.2 12.4.4.2.3	NON	NON	NON 12.4.4.2.6
Nombre de stations d'extrémité	NON		NON	OUI 12.4.4.2.2 12.4.4.2.3	OUI 12.4.4.2.2 12.4.4.2.3	NON	NON	NON
Topologie de réseau de base	NON	NON		NON	NON	NON	NON	NON
Débit RTE	OUI 12.4.4.2.2 12.4.4.2.3	OUI 12.4.4.2.2 12.4.4.2.3	NON		OUI 12.4.4.2.2 12.4.4.2.3	NON	NON	NON
Largeur de bande non RTE	OUI 12.4.4.2.2 12.4.4.2.3	OUI 12.4.4.2.2 12.4.4.2.3	NON	OUI 12.4.4.2.2 12.4.4.2.3		NON	NON	NON
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	NON	NON	NON	NON		NON	NON
Exactitude de synchronisation non périodique	NON	NON	NON	NON	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	OUI 12.4.4.2.6	NON	NON	NON	NON	NON	NON	

12.4.4.2.2 Calcul du temps de remise

Le temps de remise est définitivement spécifié par les utilisateurs de l'application à l'aide du service de données TCC, le temps de remise spécifié répondant aux cas d'erreur de non transmission et de trame perdue avec reprise.

Le service de données TCC offre 3 types de service de transmission de données en même temps, en fonction de la préférence des données et du temps de remise d'un APDU à transférer à l'aide du service de transmission de données.

Le Tableau 131 spécifie la sélection de service de données TCC prise en charge par ce profil.

Tableau 131 – CP 11/3: Sélection de service de données TCC

Réf. du service	Nom du service	Applicable	Contrainte
CEI 61158-3-11 Article 4	Transmission de données cycliques à grande vitesse	OUI	La plage de la période de transmission à grande vitesse (T_h) est comprise entre 0,1 ms et 160 ms, dont l'unité est au 0,1 ms
CEI 61158-3-11 Article 4	Transmission de données cycliques à moyenne vitesse	OUI	La plage de la période de transmission à moyenne vitesse (T_m) est comprise entre 1 ms et 1 000 ms, dont l'unité est au 1 ms et multiples de T_h
CEI 61158-3-11 Article 4	Transmission de données cycliques à basse vitesse	OUI	La plage de la période de transmission à basse vitesse (T_l) est comprise entre 1 ms et 10 000 ms, dont l'unité est au 1 ms et multiples de T_h

Le temps de remise de l'indicateur de performance est fonction de la quantité de données RTE et non RTE échangées entre les stations d'extrémité, du nombre de trames Ethernet utilisées pour la planification de transmission déterministe, du délai de propagation du signal vers la station d'extrémité, et du nombre de stations d'extrémité.

Le temps de remise de l'indicateur de performance peut être calculé à l'aide des Formules (48), (49), (50), (51) et (52).

$$DT_H = T_h \quad (48)$$

$$DT_M = T_m \quad (49)$$

$$DT_L = T_l \quad (50)$$

$$T_h = T_{RTE} + T_{NRT} + T_{SCH} + T_{PD} + T_{MAC} \quad (51)$$

$$T_{RTE} = T_{HS} + \frac{T_{MS}}{T_m} \times T_h + \frac{T_{LS}}{T_l} \times T_h \quad (52)$$

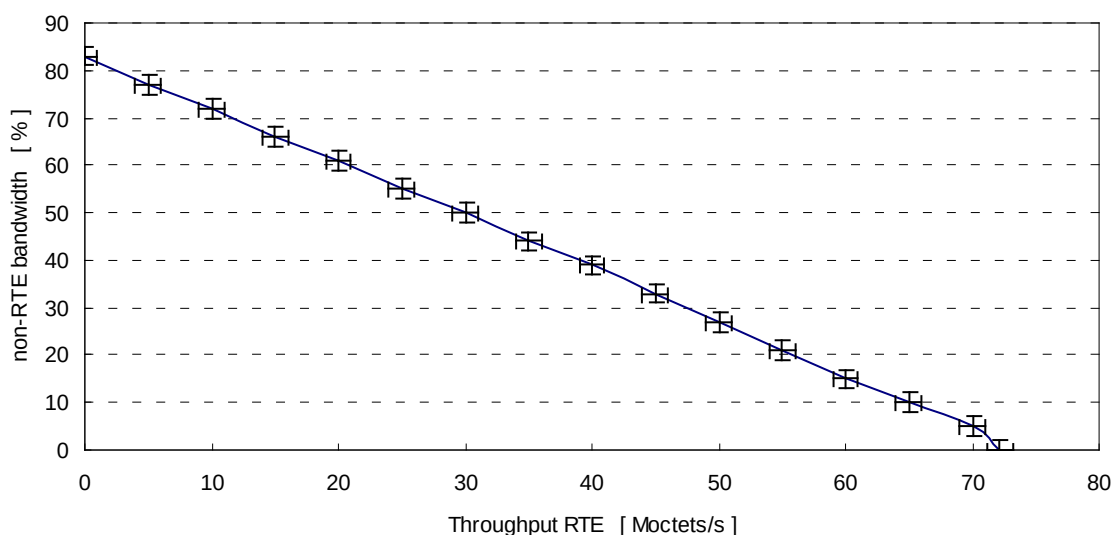
où

DT_H	est le temps de remise des données cycliques à grande vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC;
DT_M	est le temps de remise des données cycliques à moyenne vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC;
DT_L	est le temps de remise des données cycliques à basse vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC;
T_h	est le temps de transmission à grande vitesse, et le cycle_time (ct) de base du service de données TCC;
T_m	est le temps de transmission à moyenne vitesse;
T_l	est le temps de transmission à basse vitesse;
T_{RTE}	est la somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame Ethernet contenant les données RTE (données utiles) de longueur fixe quittent la station d'extrémité dans le temps T_h . Le volume total de données RTE et la largeur de bande des données non RTE sont spécifiés par l'utilisateur de l'application;
T_{NRT}	est la somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame et les données non RTE (données utiles) quittent la station d'extrémité dans le temps T_h et sont utilisées pour l'application Ethernet standard de manière sporadique;

T_{SCH}	est la somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame est échangée pour la planification de transmission déterministe entre les stations d'extrémités. T_{SCH} comprend la durée pour le DLPDU de synchronisation et plusieurs DLPDU de transmission complète spécifiés dans la CEI 61158-4-11, Article 6;
T_{PD}	est la somme des délais de propagation du signal (pd) entre les stations d'extrémités. T_{PD} dépend du délai de propagation du câble (cd) et du nombre de stations d'extrémité;
T_{MAC}	est le temps de maintenance et de contrôle, au cours duquel une nouvelle station d'extrémité est sollicitée et l'opération de temps périodique est contrôlée;
T_{HS}	est la somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame de données TCC achemine les données cycliques à grande vitesse;
T_{MS}	est la somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame de données TCC achemine les données cycliques à moyenne vitesse;
T_{LS}	est la somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame de données TCC achemine les données cycliques à basse vitesse.

12.4.4.2.3 Relation entre le débit RTE et la largeur de bande non RTE

La Figure 11 illustre un exemple de relation entre le débit RTE et la largeur de bande non RTE dans le cas d'une couche physique de 1 000 Mbit/s. Ce profil prend en charge la spécification d'un pourcentage de la largeur de bande et/ou de débit utilisés pour les communications non RTE et RTE.



Légende

Anglais	Français
Non-RTE bandwidth	Largeur de bande non RTE
Throughput RTE	Débit RTE

Figure 11 – CP 11/3: Débit RTE et largeur de bande non RTE

Le débit RTE indique la quantité totale de données APDU par longueur d'octet et par seconde, les données APDU étant envoyées par le nœud utilisant le service de données TCC spécifié dans la CEI 61158-3-11, 4.3. La largeur de bande non RTE indique le pourcentage total de la largeur de bande, utilisé pour les communications non RTE par les nœuds utilisant le service de données de messagerie sporadiques spécifié dans la CEI 61158-3-11, 4.4.

La largeur de bande totale peut être calculée à l'aide des Formules (53), (54), (55), (56), (57) et (58).

$$BW = BW_{RTE} + BW_{NRT} + BW_{CNT} \quad (53)$$

$$BW_{RTE} = TR_{RTE} \times \frac{8}{1000} \quad (54)$$

$$TR_{RTE} = TR_{HS} + TR_{MS} + TR_{LS} \quad (55)$$

$$TR_{HS} = \frac{DV_{HS}}{DT_H} \quad (56)$$

$$TR_{MS} = \frac{DV_{MS}}{DT_M} \quad (57)$$

$$TR_{LS} = \frac{DV_{LS}}{DT_L} \quad (58)$$

où

BW	est la largeur de bande totale en %, 100 % étant équivalent à 1 000 Mbit/s;
BW_{RTE}	est la largeur de bande utilisée pour les communications RTE, en %;
BW_{NRT}	est la largeur de bande utilisée pour les communications non RTE, en %;
BW_{CNT}	est la largeur de bande utilisée pour les communications de planification et pour le traitement des protocoles, en %;
TR_{RTE}	est le débit RTE, en Moctets/s;
TR_{HS}	est le débit RTE des données cycliques à grande vitesse, en Moctets/s;
TR_{MS}	est le débit RTE des données cycliques à moyenne vitesse, en Moctets/s;
TR_{LS}	est le débit RTE des données cycliques à basse vitesse, en Moctets/s;
DV_{HS}	est le volume total de données cycliques à grande vitesse envoyé par toutes les stations d'extrémité;
DV_{MS}	est le volume total de données cycliques à moyenne vitesse envoyé par toutes les stations d'extrémité;
DV_{LS}	est le volume total de données cycliques à faible vitesse envoyé par toutes les stations d'extrémité;
DT_H	est le temps de remise des données cycliques à grande vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC;
DT_M	est le temps de remise des données cycliques à moyenne vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC;
DT_L	est le temps de remise des données cycliques à basse vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC.

Le débit RTE ou la largeur de bande non RTE dépend de BW_{CNT} pour la planification des communications et pour le traitement des protocoles. La planification des communications et le traitement des protocoles, conformément aux formules données en 12.4.4.2.2, dépendent du délai de propagation du câble et du nombre total de stations d'extrémité, et sont liés au temps de maintenance et de contrôle afin de solliciter de nouvelles stations d'extrémité et conserver l'opération de temps périodique.

12.4.4.2.4 Nombre de stations d'extrémité

Le nombre maximal de stations d'extrémité doit être de 254.

12.4.4.2.5 Topologie de réseau de base

La topologie de réseau prise en charge par ce profil se présente en boucle (anneau).

12.4.4.2.6 Temps de reprise de redondance

Le temps maximal de reprise totale en cas de défaillance permanente est de $4 \times T_h$ (T_h : temps de transmission à grande vitesse) en 12.4.4.2.2.

12.4.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

12.4.4.3.1 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE

Le Tableau 132 présente l'un des ensembles cohérents d'indicateurs de performance pour CP 11/3. Les valeurs du Tableau 132 représentent l'un des exemples pratiques, mais ne sont pas des valeurs maximales théoriques, l'exemple concernant de préférence les communications RTE, ce qui signifie que la largeur de bande disponible totale des communications RTE et non RTE est attribuée seule aux communications RTE.

Tableau 132 – CP 11/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	$DT_H = 1 \text{ ms}$ $DT_M = 10 \text{ ms}$ $DT_L = 100 \text{ ms}$	–
Nombre de stations d'extrémité	32	Longueur totale des câbles dans une boucle de 6 km
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	0	Non applicable
Débit RTE	Total = 72,2 Moctets/s $TR_{HS} = 59,9 \text{ Moctets/s}$ $TR_{MS} = 12,0 \text{ Moctets/s}$ $TR_{LS} = 0,3 \text{ Moctets/s}$	$DV_{HS} = 59\,904 \text{ octets}$ $DV_{MS} = 119\,808 \text{ octets}$ $DV_{LS} = 299\,520 \text{ octets}$
Largeur de bande non RTE	0 %	–
Exactitude de synchronisation non périodique	$< 10 \mu\text{s}$	–
Temps de reprise de redondance	4 ms	–

12.4.4.3.2 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE et non RTE

Le Tableau 133 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour CP 11/3. Les valeurs données dans le Tableau 133 représentent un exemple pratique, mais ne sont pas des valeurs maximales théoriques. La largeur de bande disponible totale est partitionnée entre les communications RTE et les communications non RTE.

Tableau 133 – CP 11/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE et non RTE

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	$DT_H = 1 \text{ ms}$ $DT_M = 10 \text{ ms}$ $DT_L = 100 \text{ ms}$	–
Nombre de stations d'extrémité	32	Longueur totale des câbles dans une boucle de 6 km
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	0	Non applicable
Débit RTE	Total = 56,9 Moctets/s $TR_{HS} = 48,6 \text{ Moctets/s}$ $TR_{MS} = 6,4 \text{ Moctets/s}$ $TR_{LS} = 1,9 \text{ Moctets/s}$	$DV_{HS} = 48\,640 \text{ octets}$ $DV_{MS} = 64\,000 \text{ octets}$ $DV_{LS} = 192\,000 \text{ octets}$
Largeur de bande non RTE	> 20 %	–
Exactitude de synchronisation non périodique	< 10 μs	–
Temps de reprise de redondance	4 ms	–

13 Famille de profils de communication 12 (EtherCAT®) – Profils de communication RTE

13.1 Présentation générale

EtherCAT®¹⁰ est une technologie RTE reposant sur l'ISO/CEI 8802-3, la CEI 61158-2, la CEI 61158-3-12, la CEI 61158-4-12, la CEI 61158-5-12 et la CEI 61158-6-12. Elle est particulièrement adaptée aux communications entre les systèmes de contrôle et les périphériques (systèmes d'entrée-sortie, unités, capteurs et actionneurs, par exemple).

Dans la présente partie de la CEI 61784, les profils de communication suivants sont spécifiés pour CPF 12:

– Profil 12/1

Ce profil définit les sélections de protocole et de service pour de simples appareils d'entrée-sortie qui peuvent communiquer des données de processus de manière cyclique.

– Profil 12/2

Ce profil définit les sélections de protocole et de service pour deux types d'appareils:

- appareils intelligents ou modulaires avec fonctions de communication boîte aux lettres;
- les appareils qui prennent en charge la synchronisation temporelle pour exécuter des actions coordonnées.

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

13.2 Profil CP 12/1

13.2.1 Couche physique

La couche physique est décrite dans la CEI 61158-2 et l'ISO/CEI 8802-3. Le Tableau 134 précise l'utilisation de la couche physique préférentielle, spécifiée dans l'IEEE 802.3-2008, incluse dans ce profil. Le

¹⁰ 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 la CEI approuve ou recommande le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'implique pas l'utilisation de la marque EtherCAT. L'utilisation de l'appellation commerciale EtherCAT nécessite l'autorisation de son détenteur.

Tableau 135 précise l'utilisation d'une couche physique optimisée pour les applications fond de panier, spécifiées dans la CEI 61158-2, incluse dans ce profil.

Tableau 134 – CP 12/1: Sélection PhL de la couche physique préférentielle de l'IEEE 802.3-2008

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
21	Introduction aux réseaux bande de base 100 Mb/s, type 100BASE-T	OUI	–
22	Sous-couche de réconciliation (RS) et interface indépendante du support (MII)	OUI	–
23	Sous-couche de codage physique (PCS), Sous-couche de raccordement au support physique (PMA) et support de bande de base, type 100BASE-T4	–	–
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) et support de bande de base, type 100BASE-TX	Facultatif	Technologie à privilégier
26	Sous-couche dépendant du support physique (PMD) et support de bande de base, type 100BASE-FX	Facultatif	Utiliser dans des conditions d'environnement particulières
27	Répéteur pour réseaux bande de base 100 Mb/s	–	
28	Signalisation de liaison de couche physique pour l'autonégociation 10 Mb/s, 100 Mb/s et 1 000 Mb/s sur une paire torsadée	Facultatif	Les fonctions d'autonégociation et d'autorecouvrement sont vivement recommandées
29	Considérations système relatives aux réseaux 100BASE-T à segments multiples	Facultatif	L'agrégation de liaison peut être utilisée mais n'est pas recommandée
Annexe 22A	MI	OUI	–
Annexe 23A	mots de code 6T	OUI	–
34 ff	Introduction au réseau bande de base 1 000 Mb/s	Facultatif	Pour usage ultérieur

Tableau 135 – CP 12/1: Sélection PhL d'une couche physique optimisée de la CEI 61158-2

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
5	Interface DLL – PhL	–	–
5.8	Type 12: Services requis	OUI	–
6	Interface gestion de système – PhL	–	–
6.7	Type 12: Interface gestion de système – PhL	OUI	–
7	Sous-couche indépendant de DCE (DIS)	–	–
7.6	Type 12: DIS	OUI	–
8	Interface DTE – DCE et fonctions spécifiques à MIS	–	–
8.5	Type 12: Interface DTE – DCE	OUI	Interface non exposée
9	Sous-couche dépendant du support (MDS)	–	–
9.9	Type 12: Support filaire	OUI	–
10	Interface MDS – MAU	–	–
29	Type 12: Unité de connexion au support: support électrique	OUI	–

13.2.2 Couche de liaison de données

13.2.2.1 Esclave EtherCAT

La couche de liaison de données est décrite dans la CEI 61158-3-12 et la CEI 61158-4-12. Le Tableau 136 spécifie l'utilisation des services, précisée dans la CEI 61158-3-12, inclus dans ce profil. Le Tableau 137 spécifie l'utilisation du protocole, précisée dans la CEI 61158-4-12, inclus dans ce profil.

Tableau 136 – CP 12/1: Sélection de service DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Services de couche de liaison de données et concepts	–	–
4.1	Principe de fonctionnement	OUI	–
4.2	Topologie	OUI	–
4.3	Présentation de la couche de liaison de données	OUI	–
4.4	Présentation 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	Présentation du fonctionnement	Partielle	Mode direct obligatoire
4.8	Adressage	OUI	–
4.9	Classification des esclaves	Partielle	Esclave de base obligatoire
4.9	Classification des esclaves	Partielle	Esclave de base obligatoire
4.10	Structure de la couche de communication dans l'esclave	Partielle	–
5	Services de communication	–	–
5.1	Présentation	OUI	–

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
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	–
6.2	Écriture locale	OUI	–

Tableau 137 – CP 12/1: Sélection de protocole DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Présentation du protocole DL	–	–
4.1	Principe de fonctionnement	OUI	–
4.2	Topologie	OUI	–
4.3	Principes de traitement de trame	OUI	–
4.4	Présentation de la couche de liaison de données	OUI	–
4.5	Présentation de la détection des erreurs	OUI	–
4.6	Modèle de référence de nœud	OUI	–
4.7	Présentation 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 de codage	Partielle	Types nécessaires à l'application et types d'entier non signé
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	Statistique	OUI	–
6.3	Chiens de garde	OUI	–
6.4	Interface d'informations de l'esclave	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	–
6.8	Horloge distribuée	Partielle	Horodatage des messages si plus de 2 accès
7	Mémoire utilisateur DL	–	–
7.1	Présentation	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	–

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
8	Diagrammes d'états de protocole FDL de Type 12	–	–
8.1	Présentation des diagrammes d'états DL esclaves	Partielle	diagrammes d'états obligatoires
8.2	Description du diagramme d'états	–	–
8.2.1	Diagramme d'états du port (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

13.2.2.2 Maître EtherCAT

La couche de liaison de données est décrite dans la CEI 61158-3-12 et la CEI 61158-4-12. Le Tableau 138 spécifie l'utilisation des services, précisée dans la CEI 61158-3-12, inclus dans ce profil.

Le Tableau 139 spécifie l'utilisation du protocole, précisée dans la CEI 61158-4-12, inclus dans ce profil. Il incombe au maître de sélectionner les services utilisés. Les services de lecture et d'écriture à incréments automatiques sont obligatoires.

Tableau 138 – CP 12/1: Sélection de service DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Services de couche de liaison de données et concepts	–	–
4.1	Principe de fonctionnement	OUI	–
4.2	Topologie	OUI	–
4.3	Présentation de la couche de liaison de données	OUI	–
4.4	Présentation 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	Présentation du fonctionnement	Partielle	Mode direct obligatoire
4.8	Adressage	OUI	–
4.9	Classification des esclaves	NON	–
4.10	Structure de la couche de communication dans l'esclave	Partielle	–
5	Services de communication	–	–
5.1	Présentation	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	–
6.2	Écriture locale	OUI	–

Tableau 139 – CP 12/1: Sélection de protocole DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Présentation du protocole DL	–	–
4.1	Principe de fonctionnement	OUI	–
4.2	Topologie	OUI	–
4.3	Principes de traitement de trame	OUI	–
4.4	Présentation de la couche de liaison de données	OUI	–
4.5	Présentation de la détection des erreurs	OUI	–
4.6	Modèle de référence de nœud	OUI	–
4.7	Présentation 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 de codage	Partielle	Types nécessaires à l'application et types d'entier non signé
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	Statistique	OUI	–
6.3	Chiens de garde	OUI	–
6.4	Interface d'informations de l'esclave	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	Présentation	OUI	–
7.2	Type d'accès à la boîte aux lettres	OUI	–
7.3	Type d'accès en mémoire tampon	OUI	–
8	Diagrammes d'états de protocole FDL de Type 12	–	–
8.1	Présentation des diagrammes d'états DL esclaves	NON	–
8.2	Description du diagramme d'états	–	–
8.2.1	Diagramme d'états du port (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	–

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
8.2.7	Diagramme d'états DC (DCSM)	NON	–

13.2.3 Couche d'application

13.2.3.1 Esclave EtherCAT

La couche d'application est décrite dans la CEI 61158-5-12 et la CEI 61158-6-12. Le Tableau 140 spécifie l'utilisation des services, précisée dans la CEI 61158-5-12, inclus dans ce profil. Le Tableau 141 spécifie l'utilisation du protocole, précisée dans la CEI 61158-6-12, inclus dans ce profil.

Tableau 140 – CP 12/1: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Concepts	–	–
4.1	Concepts communs	OUI	–
4.2	Concepts spécifiques au type	–	–
4.2.1	Principe de fonctionnement	OUI	–
4.2.2	Présentation du modèle de communication	OUI	–
4.2.3	Description des éléments de la couche d'application	OUI	–
4.2.4	Modèle de référence de l'esclave	OUI	–
4.2.5	Modèle de référence du maître	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 requise
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 141 – CP 12/1: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Spécification du protocole de couche d'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 de codage	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 (ARPMs)	–	–
6.4.1	Diagramme d'états AL	OUI	Pas d'amorce et boîte aux lettres de départ requise
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	–

13.2.3.2 Maître EtherCAT

La couche d'application est décrite dans la CEI 61158-5-12 et la CEI 61158-6-12. Le Tableau 142 spécifie l'utilisation des services, précisée dans la CEI 61158-5-12, inclus dans ce profil. Le Tableau 143 spécifie l'utilisation du protocole, précisée dans la CEI 61158-6-12, inclus dans ce profil.

Tableau 142 – CP 12/1: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Concepts	–	–
4.1	Concepts communs	OUI	–
4.2	Concepts spécifiques au type	–	–
4.2.1	Principe de fonctionnement	OUI	–
4.2.2	Présentation du modèle de communication	OUI	–
4.2.3	Description des éléments de la couche d'application	OUI	–
4.2.4	Modèle de référence de l'esclave	NON	–
4.2.5	Modèle de référence du maître	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 requise
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 143 – CP 12/1: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Spécification du protocole de couche d'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 de codage	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 (ARPMs)	–	–
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	–

13.2.4 Sélection d'indicateur de performance

13.2.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 144 présente l'utilisation des indicateurs de performance.

Tableau 144 – CP 12/1: Présentation 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 esclave intègre une fonction de commutation
Débit RTE	OUI	–
Largeur de bande non RTE	OUI	–
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	–
Exactitude de synchronisation non périodique	OUI	–
Temps de reprise de redondance	Facultatif	–

13.2.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

Le Tableau 145 spécifie les dépendances des indicateurs de performance (ligne) issues des indicateurs de performance (colonne).

Tableau 145 – CP 12/1: Matrice de dépendance de l'indicateur 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 synchronisation non périodique	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		OUI 13.2.4.4	NON	OUI 13.2.4.5	NON	NON	OUI 13.2.4.6
Nombre de stations d'extrémité	NON		NON	NON	NON	OUI 13.2.4.7	NON
Topologie de réseau de base	NON	NON		NON	NON	NON	OUI 13.2.4.8
Débit RTE	NON	NON	NON		OUI 13.2.4.9	NON	NON
Largeur de bande non RTE	NON	NON	NON	OUI 13.2.4.9		NON	NON
Exactitude de synchronisation non périodique	NON	OUI 13.2.4.7	NON	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	NON	NON	OUI 13.2.4.8	NON	NON	NON	

Le Tableau 146 présente une plage d'indicateurs de performance.

Tableau 146 – CP 12/1: Plages d'indicateurs de performance

Indicateur de performance	Valeur	Explication
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 esclaves EtherCAT sont des commutateurs à 2 accès
Débit RTE	1 % – 100 %	–
Largeur de bande non RTE	99 % – 0 %	–
Exactitude de synchronisation non périodique	1 µs – 10 µs	Dépend de la topologie
Temps de reprise de redondance	1 cycle	–

13.2.4.3 Calcul du temps de remise

Le temps de remise de l'indicateur de performance peut être calculé par la Formule (59).

$$t_D = t_{cycle} + t_{data} + t_{cd} \times l_{tc} + \sum_{i=1}^{NoS} t_{pd}(i) + t_{cpdl} \quad (59)$$

où

t_D	est le temps de remise;
t_{cycle}	est la durée de cycle ($t_{cycle} \geq t_{data}$);
t_{data}	est la durée d'émission de la trame Ethernet en temps réel la plus longue (80 ns/octet);
t_{cd}	est le délai du câble (4,5 – 5 ns/m);
l_{tc}	est la longueur totale du câble, en m;
Pd	est le délai de propagation d'un esclave (dépendant de la mise en oeuvre);
NoS	est le nombre d'esclaves;
t_{cpdl}	est le délai de copie des données dans un esclave (valeur classique: < 100 ns).

La durée de cycle est indépendante du délai de propagation des esclaves 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 maître. La durée minimale du cycle est donc uniquement limitée par le temps de transmission de la trame RTE la plus longue dans le scénario d'application donné. La mise en œuvre du maître peut limiter cette durée minimale du cycle.

13.2.4.4 Dépendance du temps de remise sur le nombre de stations d'extrémité

Le nombre de stations d'extrémité influence en général la quantité de données, et donc la durée d'émission de la trame de données ainsi que la somme des délais de propagation et par conséquent le temps de remise calculé dans la Formule (59).

13.2.4.5 Dépendance du temps de remise sur le débit RTE

Le temps de remise dépend du débit RTE de données et de la durée 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 la durée de cycle, le temps de remise augmente également. Si le débit RTE est augmenté par réduction de la durée de cycle, le temps de remise est réduit. Si le débit RTE augmente par modification de ces deux paramètres, le temps de remise ne change pas (voir Formule (59)).

13.2.4.6 Dépendance du temps de remise sur le temps de reprise de redondance

Le temps de reprise de redondance influence la durée de cycle et par conséquent le temps de remise (voir Formule (59)).

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

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

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

Étant 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.

13.2.4.9 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 (Surcharge RTE incluse), les deux valeurs s'influençant donc réciproquement.

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

Le Tableau 147 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour CP 12/1 pour les systèmes d'automatisation de taille moyennes avec une durée de cycle de 60 µs.

Tableau 147 – 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 synchronisation non périodique	10 µs	–
Temps de reprise de redondance	60 µs	–

13.3 Profil CP 12/2

13.3.1 Couche physique

La couche physique est identique à celle présentée en 13.2.1.

13.3.2 Couche de liaison de données

13.3.2.1 Esclave EtherCAT

La couche de liaison de données est présentée dans la CEI 61158-3-12 et la CEI 61158-4-12. Le Tableau 148 spécifie l'utilisation des services, précisée dans la CEI 61158-3-12, inclus dans ce profil. Le Tableau 149 spécifie l'utilisation du protocole, précisée dans la CEI 61158-4-12, inclus dans ce profil.

Tableau 148 – CP 12/2: Sélection de service DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Services de couche de liaison de données et concepts	–	–
4.1	Principe de fonctionnement	OUI	–
4.2	Topologie	OUI	–
4.3	Présentation de la couche de liaison de données	OUI	–
4.4	Présentation 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	Présentation du fonctionnement	Partielle	Mode direct obligatoire
4.8	Adressage	OUI	–
4.9	Classification des esclaves	Partielle	Esclave de base obligatoire
4.10	Structure de la couche de communication dans l'esclave	OUI	–
5	Services de communication	–	–
5.1	Présentation	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	–
6.2	Écriture locale	OUI	–

Tableau 149 – CP 12/2: Sélection de protocole DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Présentation du protocole DL	–	–
4.1	Principe de fonctionnement	OUI	–
4.2	Topologie	OUI	–
4.3	Principes de traitement de trame	OUI	–
4.4	Présentation de la couche de liaison de données	OUI	–
4.5	Présentation de la détection des erreurs	OUI	–
4.6	Modèle de référence de nœud	OUI	–
4.7	Présentation 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 de codage	Partielle	Types nécessaires à l'application et types d'entier non signé
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	Statistique	OUI	–
6.3	Chiens de garde	OUI	–
6.4	Interface d'informations de l'esclave	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	Facultatif	Si la synchronisation temporelle est prise en charge
7	Mémoire utilisateur DL	–	–
7.1	Présentation	OUI	–
7.2	Type d'accès à la boîte aux lettres	OUI	–
7.3	Type d'accès en mémoire tampon	OUI	–
8	Diagrammes d'états de protocole FDL de Type 12	–	–
8.1	Présentation des diagrammes d'états DL esclaves	OUI	–
8.2	Description du diagramme d'états	–	–
8.2.1	Diagramme d'états du port (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)	OUI	–
8.2.5	Diagramme d'états SII (SIISM)	OUI	–
8.2.6	Diagramme d'états MII (MIISM)	OUI	–

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
8.2.7	Diagramme d'états DC (DCSM)	OUI	–

13.3.2.2 Maître EtherCAT

La couche de liaison de données est décrite dans la CEI 61158-3-12 et la CEI 61158-4-12. Le Tableau 150 spécifie l'utilisation des services, précisée dans la CEI 61158-3-12, inclus dans ce profil. Le Tableau 151 spécifie l'utilisation du protocole, précisée dans la CEI 61158-3-12, inclus dans ce profil. Il incombe au maître de sélectionner les services utilisés. Les services de lecture et d'écriture à incréments automatiques sont obligatoires.

Tableau 150 – CP 12/2: Sélection de service DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Services de couche de liaison de données et concepts	–	–
4.1	Principe de fonctionnement	OUI	–
4.2	Topologie	OUI	–
4.3	Présentation de la couche de liaison de données	OUI	–
4.4	Présentation de la détection des erreurs	OUI	–
4.5	Introduction au traitement des paramètres et des données de processus	OUI	–
4.6	Modèle de référence de nœud	OUI	–
4.7	Présentation du fonctionnement	Partielle	Mode direct obligatoire
4.8	Adressage	OUI	–
4.9	Classification des esclaves	NON	–
4.10	Structure de la couche de communication dans l'esclave	OUI	–
5	Services de communication	–	–
5.1	Présentation	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 151 – CP 12/2: Sélection de protocole DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Présentation du protocole DL	–	–
4.1	Principe de fonctionnement	OUI	–
4.2	Topologie	OUI	–
4.3	Principes de traitement de trame	OUI	–
4.4	Présentation de la couche de liaison de données	OUI	–
4.5	Présentation de la détection des erreurs	OUI	–
4.6	Modèle de référence de nœud	OUI	–
4.7	Présentation 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 de codage	Partielle	Types nécessaires à l'application et types d'entier non signé
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	Statistique	OUI	–
6.3	Chiens de garde	OUI	–
6.4	Interface d'informations de l'esclave	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	Facultatif	Si la synchronisation temporelle est prise en charge
7	Mémoire utilisateur DL	–	–
7.1	Présentation	OUI	–
7.2	Type d'accès à la boîte aux lettres	OUI	–
7.3	Type d'accès en mémoire tampon	OUI	–
8	Diagrammes d'états de protocole FDL de Type 12	–	–
8.1	Présentation des diagrammes d'états DL esclaves	NON	–
8.2	Description du diagramme d'états	–	–
8.2.1	Diagramme d'états du port (PSM)	NON	–
8.2.2	Diagramme d'états du gestionnaire PDU (DHSM)	NON	–
8.2.3	Diagramme d'états du gestionnaire de synchronisation (SYMMSM)	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	–

13.3.3 Couche d'application

13.3.3.1 Esclave EtherCAT

La couche d'application est décrite dans la CEI 61158-5-12 et la CEI 61158-6-12. Le Tableau 152 spécifie l'utilisation des services, précisée dans la CEI 61158-5-12, inclus dans ce profil. Le Tableau 153 spécifie l'utilisation du protocole, précisée dans la CEI 61158-6-12, inclus dans ce profil.

Tableau 152 – CP 12/2: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Concepts	–	–
4.1	Concepts communs	OUI	–
4.2	Concepts spécifiques au type	–	–
4.2.1	Principe de fonctionnement	OUI	–
4.2.2	Présentation du modèle de communication	OUI	–
4.2.3	Description des éléments de la couche d'application	OUI	–
4.2.4	Modèle de référence de l'esclave	OUI	–
4.2.5	Modèle de référence du maître	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	OUI	–
6.1.3	ASE isochrone	Facultatif	–
6.1.4	ASE CoE	Facultatif	–
6.1.5	ASE EoE	Facultatif	–
6.1.6	ASE FoE	Facultatif	–
6.1.7	ASE MBX	Facultatif	–
6.2	AR	OUI	–

Tableau 153 – CP 12/2: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Spécification du protocole de couche d'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 de codage	OUI	–
5.3	Codage AR	OUI	Amorce facultative
5.4	Codage SII	OUI	–
5.5	Codage PDI isochrone	Facultatif	–
5.6	Codage CoE	Facultatif	–
5.7	Codage EoE	Facultatif	–
5.8	Codage FoE	Facultatif	–
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	Amorce facultative
6.4.2	Diagramme d'états du gestionnaire de boîte aux lettres	OUI	–
6.4.3	Diagramme d'états CoE	Facultatif	–
6.4.4	Diagramme d'états EoE	Facultatif	–
6.4.5	Diagramme d'états FoE	Facultatif	–
6.5	Machine de protocole de mapping DLL (DMPM)	OUI	–

13.3.3.2 Maître EtherCAT

La couche d'application est décrite dans la CEI 61158-5-12 et la CEI 61158-6-12. Le Tableau 154 spécifie l'utilisation des services, précisée dans la CEI 61158-5-12, inclus dans ce profil. Le Tableau 155 spécifie l'utilisation du protocole, précisée dans la CEI 61158-6-12, inclus dans ce profil.

Tableau 154 – CP 12/2: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Concepts	–	–
4.1	Concepts communs	OUI	–
4.2	Concepts spécifiques au type	–	–
4.2.1	Principe de fonctionnement	OUI	–
4.2.2	Présentation du modèle de communication	OUI	–
4.2.3	Description des éléments de la couche d'application	OUI	–
4.2.4	Modèle de référence de l'esclave	NON	–
4.2.5	Modèle de référence du maître	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	OUI	–
6.1.3	ASE isochrone	Facultatif	–
6.1.4	ASE CoE	OUI	–
6.1.5	ASE EoE	Facultatif	–
6.1.6	ASE FoE	Facultatif	–
6.1.7	ASE MBX	Facultatif	–
6.2	AR	OUI	–

Tableau 155 – CP 12/2: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Spécification du protocole de couche d'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 de codage	OUI	–
5.3	Codage AR	OUI	Amorce facultative
5.4	Codage SII	OUI	–
5.5	Codage PDI isochrone	Facultatif	–
5.6	Codage CoE	OUI	–
5.7	Codage EoE	Facultatif	–
5.8	Codage FoE	Facultatif	–
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	NON	–
6.4.2	Diagramme d'états du gestionnaire de boîte aux lettres	NON	–
6.4.3	Diagramme d'états CoE	OUI	–
6.4.4	Diagramme d'états EoE	Facultatif	–
6.4.5	Diagramme d'états FoE	Facultatif	–
6.5	Machine de protocole de mapping DLL (DMPM)	OUI	–

13.3.4 Sélection d'indicateur de performance

13.3.4.1 Présentation des indicateurs de performance

La présentation des indicateurs de performance de 13.2.4.1 s'applique.

Le Tableau 156 présente l'utilisation des indicateurs de performance.

Tableau 156 – CP 12/2: Présentation 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 esclave intègre une fonction de commutation
Débit RTE	OUI	–
Largeur de bande non RTE	OUI	–
Exactitude de la synchronisation temporelle	OUI	–
Exactitude de synchronisation non périodique	OUI	–
Temps de reprise de redondance	Facultatif	–

13.3.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

Le Tableau 157 spécifie les dépendances des indicateurs de performance (ligne) issues des indicateurs de performance (colonne).

Tableau 157 – CP 12/2: Matrice de dépendance de l'indicateur 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 temporelle	Exactitude de synchronisation non périodique	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		OUI 13.2.4.4	NON	OUI 13.2.4.5	NON	NON	NON	OUI 13.2.4.6
Nombre de stations d'extrémité	NON		NON	NON	NON	OUI 13.3.4.4	OUI 13.2.4.7	NON
Topologie de réseau de base	NON	NON		NON	NON	NON	NON	OUI 13.2.4.8
Débit RTE	NON	NON	NON		OUI 13.2.4.9	NON	NON	NON
Largeur de bande non RTE	NON	NON	NON	OUI 13.2.4.9		NON	NON	NON
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	OUI 13.3.4.4	NON	NON	NON		NON	NON
Exactitude de synchronisation non périodique	NON	OUI 13.2.4.7	NON	NON	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	NON	NON	OUI 13.2.4.8	NON	NON	NON	NON	

13.3.4.3 Calcul du temps de remise

Le temps de remise est calculé selon la Formule (59).

13.3.4.4 Relation entre le nombre de stations d'extrémité et l'exactitude de la synchronisation temporelle

Le nombre de stations d'extrémité influence l'exactitude de la synchronisation temporelle et inversement.

13.3.4.5 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les systèmes d'automatisation volumineux

Le Tableau 158 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour un système d'automatisation volumineux avec une durée de cycle de 200 μ s et une extension de réseau de 500 m.

Tableau 158 – CP 12/2: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	< 519 μ s	Sans défaillance
Nombre de stations d'extrémité	650	–
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	NA	–
Débit RTE	10 500 000 octets/s	–
Largeur de bande non RTE	55,9 %	–
Exactitude de la synchronisation temporelle	<< 1 μ s	Dépend de la mise en œuvre matérielle de l'appareil esclave, en général inférieure à 200 ns
Exactitude de synchronisation non périodique	10 μ s	–
Temps de reprise de redondance	200 μ s	–

14 Famille de profils de communication 13 (Ethernet POWERLINK¹¹) – Profils de communication RTE

14.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 13 (CPF 13) définit un profil utilisant le Type 13 de la série CEI 61158, ce qui correspond au système de communication communément appelé Ethernet POWERLINK.

– Profil 13/1

Ce profil contient des services AL et DLL et des définitions de protocole issus de la CEI 61158-3-13, de la CEI 61158-4-13, de la CEI 61158-5-13 et de la CEI 61158-6-13.

Le Tableau 159 présente un ensemble de profils Ethernet POWERLINK.

¹¹ Ethernet POWERLINK est une appellation commerciale de Bernecker&Rainer Industrieelektronik Ges.m.b.H., dont l'utilisation est contrôlée par l'organisme à but non lucratif EPSG. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que la CEI approuve ou recommande le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'implique pas l'utilisation de la marque. L'utilisation de l'appellation commerciale implique l'autorisation de son détenteur.

Tableau 159 – CPF 13: Présentation des ensembles de profils

Couche	Profil 13/1
Application	CEI 61158-5-13, CEI 61158-6-13
Liaison de données	CEI 61158-3-13, CEI 61158-4-13
Physique	ISO/CEI 8802-3

14.2 Profil 13/1**14.2.1 Couche physique**

La couche physique doit être conforme à l'ISO/CEI 8802-3.

14.2.2 Couche de liaison de données**14.2.2.1 Sélection de service DLL**

Les services de couche de liaison de données sont définis dans la CEI 61158-3-13. Le Tableau 160 présente les paragraphes inclus dans ce profil.

Tableau 160 – CP 13/1: Sélection de service DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
Tout le document	Spécification de service de liaison de données (Type 13)	OUI	–

14.2.2.2 Sélection de protocole DLL

Les protocoles de couche de liaison de données sont définis dans la CEI 61158-4-13. Le Tableau 161 présente les paragraphes inclus dans ce profil.

Tableau 161 – CP 13/1: Sélection de protocole DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
Tout le document	Spécification du protocole de liaison de données (Type 13)	OUI	–

14.2.3 Couche d'application**14.2.3.1 Sélection de service AL**

Les services de couche d'application sont définis dans la CEI 61158-5-13. Le Tableau 162 présente les paragraphes inclus dans ce profil.

Tableau 162 – CP 13/1: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
Tout le document	Spécification de service de couche d'application (Type 13)	OUI	–

14.2.3.2 Sélection de protocole AL

Les protocoles de couche d'application sont définis dans la CEI 61158-6-13. Le Tableau 163 présente les paragraphes inclus dans ce profil.

Tableau 163 – CP 13/1: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
Tout le document	Spécification du protocole de couche d'application (Type 13)	OUI	–

14.2.4 Sélection d'indicateur de performance

14.2.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 164 présente les indicateurs de performance de CP 13/1.

Tableau 164 – CP 13/1: Présentation 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	Topologie en étoile et linéaire
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	OUI	Pour de meilleures performances, utiliser les répéteurs plutôt que les commutateurs
Débit RTE	OUI	–
Largeur de bande non RTE	OUI	–
Exactitude de la synchronisation temporelle	OUI	–
Exactitude de synchronisation non périodique	OUI	–
Temps de reprise de redondance	OUI	–

14.2.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

14.2.4.2.1 Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Le Tableau 165 présente les dépendances entre les indicateurs de performance pour CP 13/1.

Tableau 165 – CP 13/1: Matrice de dépendance de l'indicateur 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 temporelle	Exactitude de synchronisation non périodique	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		OUI 14.2.4.2.5	OUI 14.2.4.2.6	OUI 14.2.4.2.8	NON	NON	NON	NON
Nombre de stations d'extrémité	OUI 14.2.4.2.3		NON	NON	NON	NON	NON	NON
Topologie de réseau de base	OUI 14.2.4.2.4	NON		NON	NON	OUI 14.2.4.2.11	OUI 14.2.4.2.12	OUI 14.2.4.2.13
Débit RTE	NON	NON	NON		OUI 14.2.4.2.10	NON	NON	NON
Largeur de bande non RTE	NON	NON	OUI 14.2.4.2.7	OUI 14.2.4.2.9		NON	NON	NON
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	NON	NON	NON	NON		NON	NON
Exactitude de synchronisation non périodique	NON	NON	NON	NON	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	

14.2.4.2.2 Temps de remise

Le temps de remise dépend de la durée de cycle de communication et des propriétés de la station d'extrémité spécifique. Les données générées dans un cycle de communication sont transmises dans le cycle de communication suivant et traitées par le nœud destinataire au début du troisième cycle de communication.

Le temps de remise d'une communication entre deux stations d'extrémité RTE peut être calculé par la Formule (60).

$$T_D = T_{PS} + T_C + T_{PR} \quad (60)$$

où

T_D est le temps de remise;

T_C est la durée de cycle de communication, voir la Formule (61);

T_{PR} est le temps de traitement dans la station d'extrémité destinataire.

T_{PS} est le temps de traitement dans la station d'extrémité d'origine.

La durée de cycle de communication T_C peut être calculée par la Formule (61).

$$T_C = T_S + T_A + \sum_{i=1}^N (T_{FT,i} + T_{RD,i} + T_{SD,i}) \quad (61)$$

où

T_C	est la durée de cycle de communication;
T_S	est le délai de démarrage du cycle de communication;
N	est le nombre de stations d'extrémité RTE traitées dans un cycle de communication;
$T_{FT,i}$	est le temps de transmission des trames RTE d'une station d'extrémité RTE i (en fonction de la quantité de données APDU de ce nœud);
$T_{RD,i}$	est le délai de réponse de la station d'extrémité RTE i ;
$T_{SD,i}$	est la somme de tous les délais des composants d'infrastructure (commutateurs, répéteurs, câblage) de la station d'extrémité RTE i ;
T_A	est le temps réservé aux données non RTE dans un cycle de communication.

Le temps de remise avec une trame perdue d'une communication entre deux stations d'extrémité RTE peut être calculé par la Formule (62).

$$T_D = T_{PS} + 2 \times T_C + T_{PR} \quad (62)$$

où

T_D	est le temps de remise;
T_C	est la durée de cycle de communication, voir la Formule (61);
T_{PR}	est le temps de traitement dans la station d'extrémité destinataire.
T_{PS}	est le temps de traitement dans la station d'extrémité d'origine.

14.2.4.2.3 Dépendance du temps de remise sur le nombre de stations d'extrémité

En général, la quantité de données APDU augmente avec le nombre de stations d'extrémité. De plus, des délais supplémentaires sont introduits avec chaque nœud supplémentaire (par le nœud lui-même et les autres composants d'infrastructure de réseau, le cas échéant). Ces deux paramètres sont pris en compte dans la Formule (61) et, par conséquent, influencent le temps de remise calculé par la Formule (60).

14.2.4.2.4 Dépendance du temps de remise sur la topologie de réseau de base

La topologie de réseau de base influence le délai de propagation du signal entre deux stations d'extrémité RTE ce qui limite la durée de cycle de communication et donc le temps de remise.

14.2.4.2.5 Dépendance du nombre de stations d'extrémité sur le temps de remise

Comme le démontre la Formule (60), le temps de remise est donné par la durée de cycle de communication. Chaque nœud occupant une certaine durée de cycle de communication, le nombre de nœuds est limité si un certain temps de remise est à assurer.

14.2.4.2.6 Dépendance de la topologie de réseau de base sur le temps de remise

Un temps de remise donné limite le nombre de délais de propagation tolérables du signal introduits par une topologie de réseau donnée.

14.2.4.2.7 Dépendance de la topologie de réseau de base sur la largeur de bande non RTE

La largeur de bande non RTE est fournie par une tranche de temps fixe du cycle de communication, et est donc dépendante du temps de remise. Il s'ensuit que la topologie de réseau de base dépend également de la largeur de bande non RTE.

14.2.4.2.8 Dépendance du débit RTE sur le temps de remise

Un temps de remise donné limite la quantité de données APDU qui peut être transmise dans un cycle de communication. Le débit RTE est fonction de la taille APDU et de la durée de cycle de communication. Il dépend donc du temps de remise.

14.2.4.2.9 Dépendance du débit RTE sur la largeur de bande non RTE

La largeur de bande non RTE est fournie par une tranche de temps fixe d'un cycle de communication. Cette tranche de temps ne peut pas être utilisée pour les données en temps réel, ce qui limite le débit RTE.

14.2.4.2.10 Dépendance de la largeur de bande non RTE sur le débit RTE

La largeur de bande non RTE est fournie par une tranche de temps fixe d'un cycle de communication. Si des données RTE supplémentaires sont envoyées au cours d'un cycle de communication, le temps disponible pour une communication non RTE est réduit.

La largeur de bande non RTE est déduite de la durée de cycle de communication et de la taille de MTU (Maximum Transmission Unit) du réseau (voir la Formule (63)). La largeur de bande totale de la liaison correspond à une vitesse de liaison totale conformément à l'ISO/CEI 8802-3 (par exemple, 100 Mbit/s).

$$B_{NRTE} = \frac{M}{125\,000 \times T_C} \quad (63)$$

où

B_{NRTE}	est la largeur de bande non RTE;
M	est la MTU du réseau, en octets;
T_C	est la durée de cycle de communication.

14.2.4.2.11 Dépendance de l'exactitude de la synchronisation temporelle sur la topologie de réseau de base

Plusieurs commutateurs (ou d'autres composants d'infrastructure de réseau) peuvent être traversés sur le chemin de transmission entre deux stations d'extrémité, chacun d'eux générant une gigue de la durée de réception, influençant donc l'exactitude de la synchronisation temporelle.

14.2.4.2.12 Dépendance de l'exactitude de synchronisation non périodique sur la topologie de réseau de base

Le Paragraphe 14.2.4.2.8 s'applique.

14.2.4.2.13 Dépendance du temps de reprise de redondance sur la topologie de réseau de base

La topologie de réseau de base détermine la durée et la méthode de détection et de reprise après incident.

14.2.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 166 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour CP 13/1 utilisant une largeur de bande de réseau de 100 Mbit/s. Les valeurs du Tableau 166 représentent un exemple pratique d'un système de petite taille d'automatisation des machines. Ce système fonctionne à une durée de cycle de communication de 150 μ s et est connecté par une infrastructure de réseau réaliste s'appuyant sur une topologie en étoile. Les calculs numériques reposent sur les valeurs de performance les moins favorables des appareils largement installés pour ce type de système d'automatisation.

Tableau 166 – CP 13/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance d'un système d'automatisation de petite taille

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	350 μ s	Le temps de traitement est de 100 μ s au niveau de l'émetteur et du destinataire, sans défaillance
Nombre de stations d'extrémité	4	
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	0	1 Répéteur utilisé à la place des commutateurs
Débit RTE	1,9 Moctets/s	
Largeur de bande non RTE	19,6 %	La MTU de réseau est de 369 octets
Exactitude de la synchronisation temporelle	< 1 s	Dépendant de la mise en œuvre
Exactitude de synchronisation non périodique	< 200 ns	Dépend de l'emplacement du nœud dans la topologie de réseau
Temps de reprise de redondance	150 μ s	

Le Tableau 167 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour CP 13/1 utilisant une largeur de bande de réseau de 100 Mbit/s. Les valeurs du Tableau 167 représentent un exemple pratique d'un système de taille moyenne d'automatisation des machines. Ce système fonctionne à une durée de cycle de communication de 500 μ s et est connecté par une infrastructure de réseau réaliste s'appuyant sur une topologie en étoile et linéaire. Les calculs numériques reposent sur les valeurs de performance les moins favorables des appareils largement installés pour ce type de système d'automatisation.

Tableau 167 – CP 13/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance d'un système d'automatisation de taille moyenne

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	700 μ s	Le temps de traitement est de 100 μ s au niveau de l'émetteur et du destinataire, sans défaillance
Nombre de stations d'extrémité	20	
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	0	7 Répéteurs utilisés à la place des commutateurs
Débit RTE	2,5 Moctets/s	
Largeur de bande non RTE	11,5 %	La MTU de réseau est de 720 octets
Exactitude de la synchronisation temporelle	< 1 s	Dépendant de la mise en œuvre
Exactitude de synchronisation non périodique	< 440 ns	Dépend de l'emplacement du nœud dans la topologie de réseau
Temps de reprise de redondance	500 μ s	

Le Tableau 168 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour CP 13/1 utilisant une largeur de bande de réseau de 100 Mbit/s. Les valeurs du Tableau 168

représentent un exemple pratique d'un système de grande taille d'automatisation des machines ou des processus. Ce système fonctionne à une durée de cycle de communication de 2 700 μ s et est connecté par une infrastructure de réseau s'appuyant sur une topologie en étoile. Les calculs numériques reposent sur les valeurs de performance les moins favorables des appareils largement installés pour ce type de système d'automatisation.

Tableau 168 – CP 13/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance d'un système d'automatisation de grande taille

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	2 900 μ s	Le temps de traitement est de 100 μ s au niveau de l'émetteur et du destinataire, sans défaillance
Nombre de stations d'extrémité	150	
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	0	3 Répéteurs utilisés à la place des commutateurs
Débit RTE	4 Moctets/s	
Largeur de bande non RTE	4,4 %	La MTU de réseau est de 1 500 octets
Exactitude de la synchronisation temporelle	< 1 s	Dépendant de la mise en œuvre
Exactitude de synchronisation non périodique	< 280 ns	Dépend de l'emplacement du nœud dans la topologie de réseau
Temps de reprise de redondance	2 700 μ s	

15 Famille de profils de communication 14 (EPA¹²)- Profils de communication RTE

15.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 14 (CPF 14) définit des profils de communication reposant sur la CEI 61158-3-14, la CEI 61158-4-14, la CEI 61158-5-14 et la CEI 61158-6-14, ce qui correspond aux parties des systèmes de communication communément appelées EPA (Ethernet for Plant Automation) en temps réel.

– Profil 14/1

Ce profil contient une sélection de services AL, DLL et PhL et de définitions de protocole issus de la CEI 61158-3-14, de la CEI 61158-4-14, de la CEI 61158-5-14 et de la CEI 61158-6-14. Ce profil assure la communication en temps réel en s'appuyant sur la série IEEE 802 et sur les protocoles de communication IETF avec une exactitude de synchronisation temporelle basée sur la CEI 61588.

Ce profil prend en charge les communications entre les appareils maîtres et les ponts.

– Profil 14/2

Ce profil assure la communication en temps réel ISO/CEI 8802-3 avec des communications déterministes définies dans la CEI 61158-3-14 et la CEI 61158-4-14.

Ce profil prend en charge les communications entre les appareils de terrain et les ponts.

– Profil 14/3

Ce profil contient une sélection de services AL, DLL et PhL et de définitions de protocole issus de la CEI 61158-3-14, de la CEI 61158-4-14, de la CEI 61158-5-14 et de la CEI 61158-6-14. Ce profil assure la communication en temps réel en s'appuyant sur la série IEEE 802. Les protocoles de communication IETF peuvent être utilisés, le cas

¹² EPA[™] est une appellation commerciale de SUPCON Group Co. Ltd. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que la CEI approuve ou recommande le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'implique pas l'utilisation de la marque. L'utilisation de l'appellation commerciale implique l'autorisation de son détenteur.

échéant. Il convient d'utiliser l'exactitude de synchronisation temporelle reposant sur la CEI 61588.

– Profil 14/4

Ce profil assure la communication en temps réel ISO/CEI 8802-3 avec des communications déterministes définies dans la CEI 61158-3-14 et la CEI 61158-4-14. Ce profil contient une sélection de services AL et de définitions de protocole issus de la CEI 61158-5-14 et de la CEI 61158-6-14.

Ce profil prend en charge les communications entre les appareils maîtres et les appareils de terrain.

15.2 Concept de communication CPF 14 (EPA)

15.2.1 Généralités

Le système EPA est un système réparti qui utilise le réseau Ethernet défini par l'ISO/CEI 8802-3, la série IEEE 802 et les protocoles IETF pour connecter des appareils de terrain et de petits systèmes, et pour contrôler/surveiller les équipements industriels. Les appareils EPA collaborent pour fournir des entrées-sorties et des commandes aux processus et opérations automatisés.

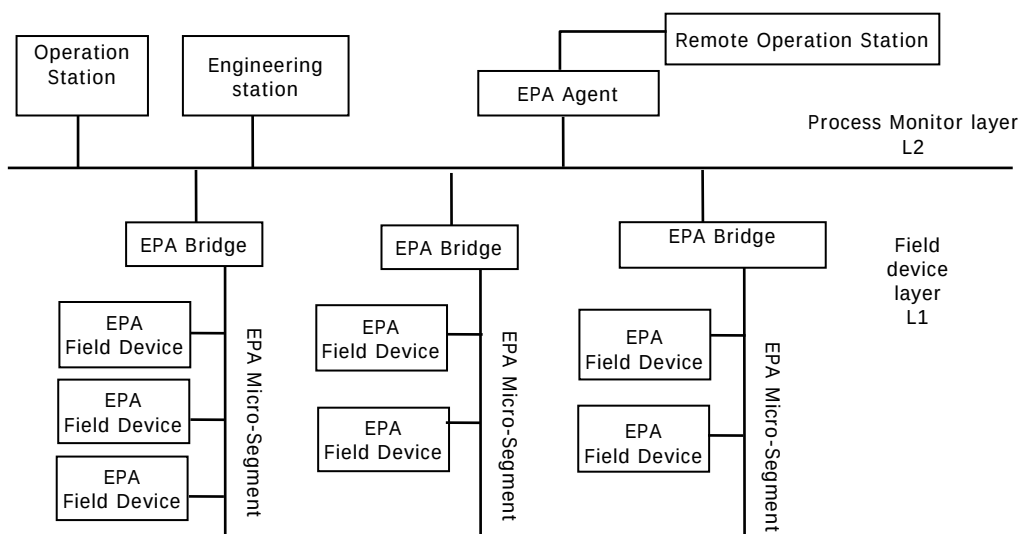
L'architecture d'un système EPA offre un cadre de description de ces systèmes comme étant un ensemble d'appareils physiques interconnectés par un réseau EPA. Le Paragraphe 15.2 a pour objet d'identifier les composants du système, de décrire leurs relations et interactions et de définir la manière dont ils sont configurés.

15.2.2 Topologie de réseau

La Figure 12 illustre un exemple de topologie de réseau EPA avec deux sous-réseaux: un sous-réseau de couche de surveillance de processus (L2) et un sous-réseau de couche d'appareil de terrain (L1).

Une description des caractéristiques de la topologie EPA est donnée ci-après:

- un sous-réseau L1 est utilisé pour connecter des appareils de terrain (par exemple, des émetteurs, des actionneurs et des instruments d'analyse, etc.) montés dans un environnement de terrain;
- un sous-réseau L1 peut être divisé en plusieurs micro-segments, dans lesquels le mécanisme de contrôle de partage de temps est utilisé pour répondre à la demande de communication déterministe;
- un sous-réseau L2 est utilisé pour connecter les appareils du centre de contrôle, les appareils IHM et un ou plusieurs micro-segments. Dans le sous-réseau L2, une planification de communication régulière basée sur CSMA/CD définie dans l'ISO/CEI 8802-3 est appliquée si la communication déterministe n'est pas nécessaire;
- les appareils des sous-réseaux L1 et L2 peuvent être interconnectés avec des commutateurs ou des concentrateurs standard;
- un dispositif EPA peut fonctionner comme un pont, qui permet d'interconnecter un micro-segment d'un sous-réseau L1 à un sous-réseau L2. Le pont EPA procède au filtrage des messages et à leur transmission entre le sous-réseau L1 et le sous-réseau L2.



Légende

Anglais	Français
Operation station	Station de fonctionnement
Engineering station	Station technique
Remote operation station	Station de fonctionnement distante
EPA agent	Agent EPA
Process monitor layer	Couche de surveillance de processus
EPA bridge	Pont EPA
Field device layer	Couche d'appareil de terrain
EPA field device	Appareil de terrain EPA
EPA micro segment	Micro-segment EPA

Figure 12 – Exemple de topologie de réseau d'un système EPA

Un micro-segment est une zone de contrôle dans laquelle les appareils EPA communiquent entre eux afin de mettre en œuvre des fonctions de mesure et de contrôle spécifiques. En d'autres termes, les appareils qui souhaitent communiquer entre eux doivent être interconnectés dans le même micro-segment L1.

Les appareils composés d'une boucle de régulation ou d'un processus d'application de bloc de fonctions (des émetteurs, des actionneurs et des contrôleurs qui souhaitent communiquer entre eux, par exemple) doivent être interconnectés dans le même micro-segment.

15.2.3 Appareils EPA

15.2.3.1 Appareil maître EPA

Un appareil maître EPA est directement connecté à un sous-réseau L2. Un appareil maître EPA dispose d'une interface de communication EPA, mais peut ne pas comporter de bloc de fonctions de contrôle ou d'application de bloc de fonctions. En général, un appareil maître EPA peut être un appareil de configuration, un appareil de surveillance ou une station IHM.

Un appareil maître EPA détient une adresse IP unique dans un système.

15.2.3.2 Appareil de terrain EPA

Un appareil de terrain EPA est installé dans un environnement industriel. Appareils de terrain EPA doivent disposer d'une entité de communication EPA et au moins inclure une instance de bloc de fonctions.

Un appareil de terrain EPA détient une adresse IP unique dans un système.

15.2.3.3 Pont EPA

Un pont EPA est un dispositif facultatif permettant d'interconnecter le micro-segment d'un sous-réseau L1 à un sous-réseau L2. Un pont EPA comporte au moins deux interfaces de communication, connectant un micro-segment de sous-réseau L1 et un sous-réseau L2, respectivement.

Un pont EPA peut être configuré pour assurer les fonctions suivantes:

- isolation de communication;
Si le trafic se déroule entre deux appareils connectés dans un micro-segment, le pont EPA doit fournir la limite dans le segment. Ici, le trafic comprend les flux de communication de diffusion, de multidiffusion et entre homologues.
- transfert et filtrage des messages
Une transmission par pont EPA doit transférer et filtrer les messages échangés entre un micro-segment de sous-réseau L1 et un autre segment L1 ou sous-réseau L2. En d'autres termes, lors du transfert d'un message, le pont EPA doit examiner s'il convient de le transférer en fonction des critères configurés.

NOTE Le pont EPA étant un appareil facultatif, il n'est pas indispensable si le système ne contient pas trop de nœuds.

15.2.3.4 Agent EPA

Un agent EPA est un dispositif facultatif permettant d'interconnecter un réseau EPA et d'autres réseaux. Il doit fournir une fonction de contrôle de sécurité pour les accès distants.

15.3 Profil 14/1

15.3.1 Couche physique

La couche physique du profil EPA est conforme à l'ISO/CEI 8802-3 pour les connexions filaires, et à l'ISO/CEI 8802-11 et à l'IEEE 802.15.1 pour les connexions sans fil.

15.3.2 Couche de liaison de données

La couche de liaison de données doit être conforme à l'ISO/CEI 8802-3, à l'IEEE 802-1D, à l'ISO/CEI 8802-11 et à l'IEEE 802.15.1.

15.3.3 Couche de réseau

Les normes Internet RFC 791 (IP), RFC 826 (ARP), RFC 792 (ICMP) et leurs amendements et successeurs doivent être utilisées.

15.3.4 Couche de transport

Les normes Internet RFC 768 (UDP), RFC 793 (TCP) et leurs amendements et successeurs peuvent être utilisées. Mais pour les applications en temps réel, la RFC 768 doit être utilisée pour les appareils de terrain, les ponts et les appareils maîtres.

15.3.5 Couche d'application

15.3.5.1 Sélection de service AL

Les services de couche d'application du profil 14/1 sont définis dans la CEI 61158-5-14. Le Tableau 169 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Tableau 169 – CP 14/1: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	
2	Références normatives	Partielle	Utilisées si applicable
3	Termes, définitions, symboles, abréviations	Partielle	Utilisés si applicable
4	Concepts	Partielle	Utilisés si applicable
5	ASE de type de données	OUI	–
6	Spécification du modèle de communication	OUI	–

15.3.5.2 Sélection de protocole AL

Les protocoles de couche d'application du profil 14/1 sont définis dans la CEI 61158-6-14. Le Tableau 170 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Tableau 170 – CP 14/1: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées si applicable
3	Termes, définitions, symboles, abréviations	Partielle	Utilisés si applicable
4	Syntaxe abstraite	OUI	–
4.1	Description du PDU de format fixe	OUI	–
4.2	Définitions d'objet dans l'ASE de gestion FAL	OUI	–
4.3	Définition des objets utilisés dans l'entité d'accès à l'application de Type 14	OUI	–
5	Syntaxe de transfert	OUI	–
5.1	Codage des types de données de base	OUI	–
5.2	Codage d'en-tête APDU de Type 14	OUI	–
5.3	Codage des paramètres de service de l'entité de gestion FAL	OUI	–
5.4	Codage des services AAE	OUI	–
6	Structure des diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	–
7	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	–
8	Diagrammes d'états de gestion FAL	OUI	–
9	Machine de protocole de l'entité d'accès à l'application	OUI	–
10	Diagramme d'états de relation d'application	OUI	–
11	Machine de protocole de mapping DLL	OUI	–

15.3.6 Sélection d'indicateur de performance

15.3.6.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 171 présente les indicateurs de performance CP 14/1.

Tableau 171 – CP 14/1: Présentation 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	OUI	–
Débit RTE	OUI	–
Largeur de bande non RTE	OUI	–
Exactitude de la synchronisation temporelle	OUI	–
Exactitude de synchronisation non périodique	NON	–
Temps de reprise de redondance	OUI	–

15.3.6.2 Dépendances d'indicateur de performance

Le Tableau 172 spécifie les dépendances d'indicateur de performance incluses dans ce profil.

Tableau 172 – CP 14/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence							
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Débit RTE	Largeur de bande non RTE	Exactitude de synchronisation temporelle	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		OUI	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON
Nombre de stations d'extrémité	OUI		NON	NON	NON	NON	NON	NON
Topologie de réseau de base	OUI	NON		NON	NON	NON	OUI	OUI
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	OUI	NON	NON		NON	NON	OUI	OUI
Débit RTE	NON	NON	NON	NON		OUI	NON	NON
Largeur de bande non RTE	NON	NON	NON	NON	NON		OUI	NON
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	OUI	NON	OUI	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	OUI	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON	

15.3.6.2.1 Temps de remise

Le temps de remise de l'indicateur de performance peut être calculé par la Formule (64).

$$DT = TStack\_S + TQueue\_S + TEthernet\_S + TTrf\_S \times Ndata + TCable \times LCable + TSwitch \times NSwitch + TStack\_R \quad (64)$$

où

<i>DT</i>	est le temps de remise;
<i>TStack_S</i>	est le temps de traitement de la pile de l'émetteur;
<i>TQueue_S</i>	est le délai de mise en file d'attente de l'émetteur;
<i>TEthernet_S</i>	est le temps transversal de l'émetteur par MAC et Phy conformément à l'ISO/CEI 8802-3;
<i>TTrf_S</i>	est le temps de transfert pour un octet;
<i>Ndata</i>	est la longueur en octets de la trame Ethernet complète;
<i>TCable</i>	est le délai du câble;
<i>LCable</i>	est la longueur du câble;
<i>TSwitch</i>	est le délai de commutation;
<i>NSwitch</i>	est le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité;
<i>TStack_R</i>	est le temps de traitement de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC.

Comme le démontre la Formule (64):

- le nombre de stations d'extrémité influence le temps de remise avec délai de file d'attente;
- le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité influence le temps de remise. Le temps de remise est plus long lorsque le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité augmente;
- le débit RTE influence le temps de remise. En d'autres termes, le temps de remise est plus long en raison du délai de file d'attente lorsque le débit RTE augmente.

15.3.6.2.2 Nombre de stations d'extrémité

Si le temps de remise est défini sur sa limite, le nombre maximal de stations d'extrémité est restreint.

15.3.6.2.3 Topologie de réseau de base

La topologie de réseau de base se présente de manière linéaire, en étoile, en anneau ou en marguerite en fonction du temps de remise dans l'application. Si le temps de remise est préalablement défini sur sa limite, la topologie de réseau de base doit se présenter en étoile hiérarchique.

Si la valeur minimale est attribuée à l'exactitude de la synchronisation temporelle, la topologie de réseau de base doit se présenter en étoile hiérarchique.

Si le temps de reprise de redondance peut utiliser l'algorithme d'arbre maximal rapide conformément à l'IEEE 802.1D, la topologie de réseau de base peut se présenter sous forme linéaire, en étoile, en anneau ou en marguerite.

15.3.6.2.4 Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité

Une valeur minimale doit être attribuée au nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité de sorte que le temps de remise, l'exactitude de la synchronisation temporelle et l'exactitude de la reprise de redondance répondent aux demandes de l'application.

15.3.6.2.5 Relation entre le débit RTE et la largeur de bande non RTE

La relation entre le débit RTE et la largeur de bande non RTE est spécifiée dans la Formule (65).

$$NRTE\_BW = ((RateofEthernet - ThroughputRTE \times 8) / RateofEthernet) \times 100 \% \quad (65)$$

où

NRTE_BW est la largeur de bande non RTE, en %;
RateofEthernet est la vitesse de transmission Ethernet, en Mbit/s;
ThroughputRTE est le débit RTE, en octets/s.

Le débit RTE peut être calculé par la Formule (66).

$$ThroughputRTE = (\sum (RTEData + TSData + RMDData)) / s \quad (66)$$

où

ThroughputRTE est le débit RTE, en octets/s;
RTEData représente les données en temps réel, en octets;
TSData représente les données de synchronisation temporelle, en octets;
RMDData représente les données de gestion de redondance, en octets.

15.3.6.2.6 Exactitude de la synchronisation temporelle

L'exactitude de la synchronisation temporelle dépend du cycle de synchronisation et du délai de commutation. Le cycle de synchronisation dépend du nombre de stations d'extrémité et le délai de commutation dépend du nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité.

15.3.6.2.7 Temps de reprise de redondance

Le temps de détection des défaillances dépend du nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité.

15.3.6.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 173 spécifie l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance inclus dans ce profil.

Tableau 173 – CP 14/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

indicateur de performance	valeur	contraintes
Temps de remise	5 ms 10 ms	Sans défaillance 1 trame perdue
Nombre de stations d'extrémité	32	Topologie en étoile avec commutateurs
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	4	
Débit RTE	1 536 000 octets/s	
Largeur de bande non RTE	85 %	Ethernet 100 Mbit/s
Exactitude de la synchronisation temporelle	< 10 µs	
Temps de reprise de redondance	< 300 ms	

15.4 Profil 14/2

15.4.1 Couche physique

La couche physique du profil EPA est conforme à l'ISO/CEI 8802-3. Les appareils EPA peuvent utiliser une vitesse de transmission de données de 10 Mbit/s, 100 Mbit/s voire plus. La topologie doit être linéaire et/ou en étoile et/ou en anneau.

15.4.2 Couche de liaison de données

La couche de liaison de données doit être conforme à l'ISO/CEI 8802-3 et à l'IEEE 802-1D.

De plus, l'entité de gestion de planification des communications EPA (ECSME) est définie dans l'ISO/CEI 8802-3, les services de liaison de données sont définis dans la CEI 61158-3-14, et le protocole de liaison de données permettant de gérer la communication déterministe dans la CEI 61158-4-14.

Le Tableau 174 définit la sélection de service DLL de la CEI 61158-3-14 pour le profil 14/2.

Tableau 174 – CP 14/2: Sélection de service DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées si applicable
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	Utilisés si applicable
4	Service DL et concept	Partielle	Utilisés si applicable
4.1	Généralités	Partielle	Utilisées si applicable
4.2	Services fournis par DLL	OUI	–
5	Services de gestion DL	OUI	–
5.1	Présentation	Partielle	Utilisée si applicable
5.2	Annonce de données non périodiques	OUI	–
5.3	Service EndofNonPeriodicDataSendingAnnunciation	OUI	–
5.4	Gestion DL pour applications FRT	–	–

Le Tableau 175 définit les sélections de protocole DLL de la CEI 61158-4-14 pour CP14/2.

Tableau 175 – CP 14/2: Sélection de protocole DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées si applicable
3	Termes, définitions, symboles, abréviations	Partielle	Utilisés si applicable
4	Présentation du protocole DL	Partielle	Utilisée si applicable
4.1	Généralités	Partielle	Utilisée si applicable
4.2	Services fournis par DL	OUI	–
4.3	Structure de la planification de communication déterministe	OUI	–
5	Procédure de la planification de communication déterministe	–	–
5.1	Présentation	OUI	–
5.2	Transitions d'état	OUI	–
5.3	Table d'état	OUI	–
5.4	Descriptions de fonction	–	–
6	Structure et codage du PDU ECSME	OUI	–

15.4.3 Couche de réseau

Les normes Internet RFC 791 (IP), RFC 826 (ARP), RFC 792 (ICMP) et leurs amendements et successeurs doivent être utilisées.

15.4.4 Couche de transport

Les normes Internet RFC 768 (UDP), RFC 793 (TCP) et leurs amendements et successeurs peuvent être utilisées. Mais pour les applications en temps réel, la RFC 768 doit être utilisée pour les appareils de terrain, les ponts et les appareils maîtres.

15.4.5 Couche d'application

15.4.5.1 Sélection de service AL

Les services de couche d'application du profil 14/2 sont définis dans la CEI 61158-5-14. Le Tableau 176 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Tableau 176 – CP 14/2: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées si applicable
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	Utilisés si applicable
4	Concepts	Partielle	Utilisés si applicable
5	ASE de type de données	OUI	–
6	Spécification du modèle de communication	OUI	–

15.4.5.2 Sélection de protocole AL

Le protocole de couche d'application du profil 14/2 est défini dans la CEI 61158-6-14. Le Tableau 177 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Tableau 177 – CP 14/2: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées si applicable
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	Utilisés si applicable
4	Syntaxe abstraite	OUI	–
4.1	Description du PDU de format fixe	OUI	–
4.2	Définitions d'objet dans l'ASE de gestion FAL	OUI	–
4.3	Définition des objets utilisés dans l'entité d'accès à l'application de Type 14	OUI	–
5	Syntaxe de transfert	OUI	–
5.1	Codage des types de données de base	OUI	–
5.2	Codage d'en-tête APDU de Type 14	OUI	–
5.3	Codage des paramètres de service de l'entité de gestion FAL	OUI	–
5.4	Codage des services AAE	OUI	–
6	Structure des diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	–
7	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	–
8	Diagrammes d'états de gestion FAL	OUI	–
9	Machine de protocole de l'entité d'accès à l'application	OUI	–
10	Diagramme d'états de relation d'application	OUI	–
11	Machine de protocole de mapping DLL	OUI	–

15.4.6 Sélection d'indicateur de performance

15.4.6.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 178 présente les indicateurs de performance CP 14/2.

Tableau 178 – CP 14/2: Présentation 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	OUI	–
Débit RTE	OUI	–
Largeur de bande non RTE	OUI	–
Exactitude de la synchronisation temporelle	OUI	–
Exactitude de synchronisation non périodique	NON	–
Temps de reprise de redondance	OUI	–

15.4.6.2 Dépendances d'indicateur de performance

Le Tableau 179 spécifie les dépendances d'indicateur de performance pour CP 14/2.

Tableau 179 – CP 14/2: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence							
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Débit RTE	Largeur de bande non RTE	Exactitude de synchronisation temporelle	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		OUI	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON
Nombre de stations d'extrémité	OUI		NON	NON	NON	NON	NON	NON
Topologie de réseau de base	OUI	NON		NON	NON	NON	OUI	OUI
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	OUI	NON	NON		NON	NON	OUI	OUI
Débit RTE	NON	NON	NON	NON		OUI	NON	NON
Largeur de bande non RTE	NON	NON	NON	NON	NON		OUI	NON
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	OUI	NON	OUI	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	OUI	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON	

15.4.6.2.1 Temps de remise

Le temps de remise de l'indicateur de performance peut être calculé par la Formule (67).

$$DT = T_{Stack\_S} + T_{Queue\_S} + T_{Ethernet\_S} + T_{Trf\_S} \times N_{data} + T_{Cable} \times L_{Cable} + T_{Switch} \times N_{Switch} + T_{Stack\_R} \quad (67)$$

où

DT	est le temps de remise;
T_{Stack_S}	est le temps de traitement de la pile de l'émetteur;
T_{Queue_S}	est le délai de mise en file d'attente de l'émetteur, le délai maximal étant égal à la durée de cycle, et le délai minimal étant égal à 0;
$T_{Ethernet\_S}$	est le temps transversal de l'émetteur par MAC et Phy conformément à l'ISO/CEI 8802-3;
T_{Trf_S}	est le temps de transfert pour un octet;
N_{data}	est la longueur en octets de la trame Ethernet complète;
T_{Cable}	est le délai du câble;
L_{Cable}	est la longueur du câble;
T_{Switch}	est le délai de commutation;
N_{Switch}	est le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité;
T_{Stack_R}	est le temps de traitement de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC.

Comme le démontre la Formule (67),

- le nombre de stations d'extrémité influence le temps de remise avec délai de file d'attente;

- le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité influence le temps de remise. Le temps de remise est plus long lorsque le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité augmente;
- le débit RTE influence le temps de remise. En d'autres termes, le temps de remise est plus long en raison du délai de file d'attente lorsque le débit RTE augmente. Le délai de file d'attente maximal est égal à la durée de cycle et le délai minimal est égal à 0.

15.4.6.2.2 Nombre de stations d'extrémité

Si le temps de remise est défini sur sa limite, le nombre maximal de stations d'extrémité est restreint.

15.4.6.2.3 Topologie de réseau de base

La topologie de réseau de base se présente de manière linéaire, en étoile, en anneau ou en marguerite en fonction du temps de remise dans l'application. Si le temps de remise est préalablement défini sur sa limite, la topologie de réseau de base doit se présenter en étoile hiérarchique.

Si la valeur minimale est attribuée à l'exactitude de la synchronisation temporelle, la topologie de réseau de base doit se présenter en étoile hiérarchique.

Si le temps de reprise de redondance peut utiliser l'algorithme d'arbre maximal rapide conformément à l'IEEE 802.1D, la topologie de réseau de base peut se présenter sous forme linéaire, en étoile, en anneau ou en marguerite.

15.4.6.2.4 Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité

Une valeur minimale doit être attribuée au nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité de sorte que le temps de remise, l'exactitude de la synchronisation temporelle et l'exactitude de la reprise de redondance répondent aux exigences de l'application.

15.4.6.2.5 Débit RTE et largeur de bande non RTE

Voir 15.3.6.2.5.

15.4.6.2.6 Exactitude de la synchronisation temporelle

L'exactitude de la synchronisation temporelle dépend du cycle de synchronisation et du délai de commutation. Le cycle de synchronisation dépend du nombre de stations d'extrémité et le délai de commutation dépend du nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité.

15.4.6.2.7 Temps de reprise de redondance

Le temps de détection des défaillances dépend du nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité.

15.4.6.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 180 spécifie un ensemble cohérent d'indicateurs de performance inclus dans ce profil.

Tableau 180 – CP 14/2: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	100 µs 500 µs	Sans défaillance Une trame perdue
Nombre de stations d'extrémité	64	Topologie en étoile avec commutateurs connectés
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	4	–
Débit RTE	1 536 000 octets/s	–
Largeur de bande non RTE	85 %	Ethernet 10 Mbit/s (bidirectionnel simultané)
Exactitude de la synchronisation temporelle	< 1 µs	–
Temps de reprise de redondance	< 300 ms	Utilisation de l'IEEE 802.1D

15.5 Profil 14/3

15.5.1 Couche physique

La couche physique du profil EPA est conforme à l'ISO/CEI 8802-3. Les appareils EPA peuvent utiliser une vitesse de transmission de données de 10 Mbit/s, 100 Mbit/s voire plus. La topologie doit être linéaire et/ou en étoile et/ou en anneau.

15.5.2 Couche de liaison de données

La couche de liaison de données doit être conforme à l'ISO/CEI 8802-3 et à l'IEEE 802-1D.

De plus, l'entité de gestion de planification des communications EPA (ECSME) est définie dans l'ISO/CEI 8802-3, les services de liaison de données sont définis dans la CEI 61158-3-14, et le protocole de liaison de données permettant de gérer la communication déterministe dans la CEI 61158-4-14.

Le Tableau 181 définit la sélection de service DLL de la CEI 61158-3-14 pour le profil 14/3.

Tableau 181 – CP 14/3: Sélection de service DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées si applicable
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	Utilisés si applicable
4	Service DL et concept	Partielle	Utilisés si applicable
4.1	Généralités	Partielle	Utilisées si applicable
4.2	Services fournis par DLL	OUI	–
5	Services de gestion DL	OUI	–
5.1	Présentation	Partielle	Utilisée si applicable
5.2	Annonce de données non périodiques	OUI	–
5.3	Service EndOfNonPeriodicDataSendingAnnunciation	OUI	–
5.4	Gestion DL pour applications FRT	OUI	–

Le Tableau 182 définit les sélections de protocole DLL de la CEI 61158-4-14 pour CP14/3.

Tableau 182 – CP 14/3: Sélection de protocole DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées si applicable
3	Termes, définitions, symboles, abréviations	Partielle	Utilisés si applicable
4	Présentation du protocole DL	Partielle	Utilisée si applicable
4.1	Généralités	Partielle	Utilisées si applicable
4.2	Services fournis par DL	OUI	–
4.3	Structure de la planification de communication déterministe	OUI	–
5	Procédure de la planification de communication déterministe	Partielle	Utilisée si applicable
5.1	Présentation	Partielle	Utilisée si applicable
5.2	Transitions d'état	Partielle	Utilisés si applicable
5.3	Table d'état	Partielle	Utilisée si applicable
5.4	Descriptions de fonction	Partielle	Utilisée si applicable
6	Structure et codage du PDU ECSME	Partielle	Utilisés si applicable

15.5.3 Couche de réseau

Les normes Internet RFC 791 (IP), RFC 826 (ARP), RFC 792 (ICMP) et leurs amendements et successeurs peuvent être utilisées. Pour les applications FRT, la RFC 791 peut être omise pour améliorer les performances en temps réel.

15.5.4 Couche de transport

Les normes Internet RFC 768 (UDP), RFC 793 (TCP) et leurs amendements et successeurs peuvent être utilisées. Pour les applications FRT, la RFC 768 peut être omise pour améliorer les performances en temps réel.

15.5.5 Couche d'application

15.5.5.1 Sélection de service AL

Les services de couche d'application du profil 14/3 sont définis dans la CEI 61158-5-14. Le Tableau 183 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Tableau 183 – CP 14/3: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées si applicable
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	Utilisés si applicable
4	Concepts	Partielle	Utilisés si applicable
5	ASE de type de données	OUI	–
6	Spécification du modèle de communication	OUI	–

15.5.5.2 Sélection de protocole AL

Les protocoles de couche d'application du profil 14/3 sont définis dans la CEI 61158-6-14. Le Tableau 184 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Tableau 184 – CP 14/3: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées si applicable
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	Utilisés si applicable
4	Syntaxe abstraite	OUI	–
4.1	Description du PDU de format fixe	OUI	–
4.2	Définitions d'objet dans l'ASE de gestion FAL	OUI	–
4.3	Définition des objets utilisés dans l'entité d'accès à l'application de Type 14	OUI	–
5	Syntaxe de transfert	OUI	–
5.1	Codage des types de données de base	OUI	–
5.2	Codage d'en-tête APDU de Type 14	OUI	–
5.3	Codage des paramètres de service de l'entité de gestion FAL	OUI	–
5.4	Codage des services AAE	OUI	–
6	Structure des diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	–
7	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	–
8	Diagrammes d'états de gestion FAL	OUI	–
9	Machine de protocole de l'entité d'accès à l'application	OUI	–
10	Diagramme d'états de relation d'application	OUI	–
11	Machine de protocole de mapping DLL	OUI	–

15.5.6 Sélection d'indicateur de performance

15.5.6.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 185 présente les indicateurs de performance CP 14/3.

Tableau 185 – CP 14/3: Présentation 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	OUI	–
Débit RTE	OUI	–
Largeur de bande non RTE	OUI	–
Exactitude de la synchronisation temporelle	OUI	–
Exactitude de synchronisation non périodique	NON	–
Temps de reprise de redondance	OUI	–

15.5.6.2 Dépendances d'indicateur de performance

15.5.6.2.1 Matrice de dépendance

Le Tableau 186 spécifie les dépendances d'indicateur de performance incluses dans ce profil.

Tableau 186 – CP 14/3: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence							
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Débit RTE	Largeur de bande non RTE	Exactitude de synchronisation temporelle	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		OUI	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON
Nombre de stations d'extrémité	OUI		NON	NON	NON	NON	NON	NON
Topologie de réseau de base	OUI	NON		NON	NON	NON	OUI	OUI
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	OUI	NON	NON		NON	NON	OUI	OUI
Débit RTE	NON	NON	NON	NON		OUI	NON	NON
Largeur de bande non RTE	NON	NON	NON	NON	NON		OUI	NON
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	OUI	NON	OUI	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	OUI	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON	

15.5.6.2.2 Temps de remise

Le temps de remise de l'indicateur de performance peut être calculé par la Formule (68).

$$DT = TStack\_S + TQueue\_S + TEthernet\_S + TTrf\_S \times Ndata + TCable \times LCable + TSwitch \times NSwitch + TStack\_R \quad (68)$$

où

<i>DT</i>	est le temps de remise;
<i>TStack_S</i>	est le temps de traitement de la pile de l'émetteur;
<i>TQueue_S</i>	est le délai de mise en file d'attente de l'émetteur;
<i>TEthernet_S</i>	est le temps transversal de l'émetteur par MAC et Phy conformément à l'ISO/CEI 8802-3;
<i>TTrf_S</i>	est le temps de transfert pour un octet;
<i>Ndata</i>	est la longueur en octets de la trame Ethernet complète;
<i>TCable</i>	est le délai du câble;
<i>LCable</i>	est la longueur du câble;
<i>TSwitch</i>	est le délai de commutation;
<i>NSwitch</i>	est le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité;
<i>TStack_R</i>	est le temps de traitement de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC.

Comme le démontre la Formule (68):

- le nombre de stations d'extrémité influence le temps de remise avec délai de file d'attente;
- le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité influence le temps de remise. Le temps de remise est plus long lorsque le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité augmente;
- le débit RTE influence le temps de remise. En d'autres termes, le temps de remise est plus long en raison du délai de file d'attente lorsque le débit RTE augmente.

15.5.6.2.3 Nombre de stations d'extrémité

Si le temps de remise est défini sur sa limite, le nombre maximal de stations d'extrémité est restreint.

15.5.6.2.4 Topologie de réseau de base

La topologie de réseau de base se présente de manière linéaire, en étoile, en anneau ou en marguerite en fonction du temps de remise dans l'application.

Si le temps de reprise de redondance peut utiliser l'algorithme d'arbre maximal rapide conformément à l'IEEE 802.1D, la topologie de réseau de base peut se présenter sous forme linéaire, en étoile, en anneau ou en marguerite. Pour la topologie en anneau redondant, un défaut de câble unique ne produit pas de défaillance, le temps de reprise de redondance étant nul.

15.5.6.2.5 Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité

Une valeur minimale doit être attribuée au nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité de sorte que le temps de remise, l'exactitude de la synchronisation temporelle et l'exactitude de la reprise de redondance répondent aux demandes de l'application.

15.5.6.2.6 Relation entre le débit RTE et la largeur de bande non RTE

La relation entre le débit RTE et la largeur de bande non RTE est spécifiée dans la Formule (69).

$$NRTE\_BW = ((RateofEthernet - ThroughputRTE \times 8) / RateofEthernet) \times 100 \quad (69)$$

où

<i>NRTE_BW</i>	est la largeur de bande non RTE, en %;
<i>RateofEthernet</i>	est la vitesse de transmission Ethernet, en Mbit/s;
<i>ThroughputRTE</i>	est le débit RTE, en octets/s.

Le débit RTE peut être calculé par la Formule (70).

$$ThroughputRTE = (\sum (RTData + TSData + RMData)) / s \quad (70)$$

où

<i>ThroughputRTE</i>	est le débit RTE, en octets/s;
<i>RTData</i>	représente les données en temps réel, en octets;
<i>TSData</i>	représente les données de synchronisation temporelle, en octets;
<i>RMData</i>	représente les données de gestion de redondance, en octets.

15.5.6.2.7 Exactitude de la synchronisation temporelle

L'exactitude de la synchronisation temporelle dépend du cycle de synchronisation et du délai de commutation. Le cycle de synchronisation dépend du nombre de stations d'extrémité et le délai de commutation dépend du nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité.

15.5.6.2.8 Temps de reprise de redondance

Le temps de détection des défaillances dépend du nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité.

15.5.6.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 187 spécifie l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance inclus dans ce profil.

Tableau 187 – CP 14/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	100 µs	Topologie en étoile, sans défaillance
	100 µs	Topologie linéaire, sans défaillance
	200 µs	Topologie en anneau, sans défaillance
Nombre de stations d'extrémité	6	–
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	1	Topologie en étoile
	0	Topologie linéaire
	0	Topologie en anneau
Débit RTE	3 840 000 octets/s	Ethernet 100 Mbit/s (bidirectionnel simultané)
Largeur de bande non RTE	0	–
Exactitude de la synchronisation temporelle	< 1 µs	–
Temps de reprise de redondance	n.a.	Topologie en étoile
	n.a.	Topologie linéaire
	0 s	Topologie en anneau

Le Tableau 188 spécifie l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance inclus dans ce profil.

Tableau 188 – CP 14/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

indicateur de performance	valeur	contraintes
Temps de remise	250 µs	Topologie en étoile, sans défaillance
	250 µs	Topologie linéaire, sans défaillance
	500 µs	Topologie en anneau, sans défaillance
Nombre de stations d'extrémité	6	
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	1	Topologie en étoile
	0	Topologie linéaire
	0	Topologie en anneau
Débit RTE	1 536 000 octets/s	Ethernet 100 Mbit/s (bidirectionnel simultané)
Largeur de bande non RTE	84 %	Ethernet 100 Mbit/s (bidirectionnel simultané)
Exactitude de la synchronisation temporelle	< 1 µs	–
Temps de reprise de redondance	n.a.	Topologie en étoile
	n.a.	Topologie linéaire
	0 s	Topologie en anneau

Le Tableau 189 spécifie l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance inclus dans ce profil.

Tableau 189 – CP 14/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

indicateur de performance	valeur	Contraintes
Temps de remise	1 000 µs	Topologie en étoile, sans défaillance
	1 000 µs	Topologie linéaire, sans défaillance
	2 000 µs	Topologie en anneau, sans défaillance
Nombre de stations d'extrémité	80	–
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	3	Topologie en étoile
	0	Topologie linéaire
	0	Topologie en anneau
Débit RTE	5 576 000 octets/s	Ethernet 100 Mbit/s (bidirectionnel simultané)
Largeur de bande non RTE	40 %	Ethernet 100 Mbit/s (bidirectionnel simultané)
Exactitude de la synchronisation temporelle	< 1 µs	–
Temps de reprise de redondance	300 ms	Topologie en étoile, IEEE 802.1D
	n.a.	Topologie linéaire
	0	Topologie en anneau

15.6 Profil 14/4

15.6.1 Couche physique

La couche physique du profil EPA est conforme à l'ISO/CEI 8802-3. Les appareils EPA peuvent utiliser une vitesse de transmission de données de 10 Mbit/s, 100 Mbit/s voire plus. La topologie doit être linéaire et/ou en étoile et/ou en anneau.

15.6.2 Couche de liaison de données

La couche de liaison de données doit être conforme à l'ISO/CEI 8802-3 et à l'IEEE 802-1D.

De plus, l'entité de gestion de planification des communications EPA (ECSME) est définie dans l'ISO/CEI 8802-3, les services de liaison de données sont définis dans la CEI 61158-3-14, et le protocole de liaison de données permettant de gérer la communication déterministe dans la CEI 61158-4-14.

Le Tableau 190 définit la sélection de service DLL de la CEI 61158-3-14 pour le profil 14/4.

Tableau 190 – CP 14/4: Sélection de service DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées si applicable
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	Utilisés si applicable
4	Service DL et concept	Partielle	Utilisés si applicable
4.1	Généralités	Partielle	Utilisées si applicable
4.2	Services fournis par DLL	OUI	–
5	Services de gestion DL	OUI	–
5.1	Présentation	Partielle	Utilisée si applicable
5.2	Annonce de données non périodiques	OUI	–
5.3	Service EndofNonPeriodicDataSendingAnnunciation	OUI	–
5.4	Gestion DL pour applications FRT	–	–

Le Tableau 191 définit les sélections de protocole DLL de la CEI 61158-4-14 pour CP14/4.

Tableau 191 – CP 14/4: Sélection de protocole DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées si applicable
3	Termes, définitions, symboles, abréviations	Partielle	Utilisés si applicable
4	Présentation du protocole DL	Partielle	Utilisée si applicable
4.1	Généralités	Partielle	Utilisées si applicable
4.2	Services fournis par DL	OUI	–
4.3	Structure de la planification de communication déterministe	OUI	–
5	Procédure de la planification de communication déterministe	Partielle	–
5.1	Présentation	OUI	–
5.2	Transitions d'état	OUI	–
5.3	Table d'état	OUI	–
5.4	Descriptions de fonction	–	–
6	Structure et codage du PDU ECSME	OUI	–

15.6.3 Couche de réseau

Les normes Internet RFC 791 (IP), RFC 826 (ARP), RFC 792 (ICMP) et leurs amendements et successeurs peuvent être utilisées.

15.6.4 Couche de transport

Les normes Internet RFC 768 (UDP), RFC 793 (TCP) et leurs amendements et successeurs peuvent être utilisées. Mais pour les applications en temps réel, la RFC 768 doit être utilisée pour les appareils de terrain, les ponts et les appareils maîtres.

15.6.5 Couche d'application

15.6.5.1 Sélection de service AL

Les services de couche d'application du profil 14/4 sont définis dans la CEI 61158-5-14. Le Tableau 192 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Tableau 192 – CP 14/4: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées si applicable
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	Utilisés si applicable
4	Concepts	Partielle	Utilisés si applicable
5	ASE de type de données	OUI	–
6	Spécification du modèle de communication	OUI	–

15.6.5.2 Sélection de protocole AL

Le protocole de couche d'application du profil 14/4 est défini dans la CEI 61158-6-14. Le Tableau 193 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Tableau 193 – CP 14/4: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisées si applicable
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	Utilisés si applicable
4	Syntaxe abstraite	OUI	–
4.1	Description du PDU de format fixe	OUI	–
4.2	Définitions d'objet dans l'ASE de gestion FAL	OUI	–
4.3	Définition des objets utilisés dans l'entité d'accès à l'application de Type 14	OUI	–
5	Syntaxe de transfert	OUI	–
5.1	Codage des types de données de base	OUI	–
5.2	Codage d'en-tête APDU de Type 14	OUI	–
5.3	Codage des paramètres de service de l'entité de gestion FAL	OUI	–
5.4	Codage des services AAE	OUI	–
6	Structure des diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	–
7	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	–
8	Diagrammes d'états de gestion FAL	OUI	–
9	Machine de protocole de l'entité d'accès à l'application	OUI	–
10	Diagramme d'états de relation d'application	OUI	–
11	Machine de protocole de mapping DLL	OUI	–

15.6.6 Sélection d'indicateur de performance

15.6.6.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 194 présente les indicateurs de performance CP 14/4.

Tableau 194 – CP 14/4: Présentation 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	OUI	–
Débit RTE	OUI	–
Largeur de bande non RTE	OUI	–
Exactitude de la synchronisation temporelle	OUI	–
Exactitude de synchronisation non périodique	NON	–
Temps de reprise de redondance	OUI	–

15.6.6.2 Dépendances d'indicateur de performance

Le Tableau 204 spécifie les dépendances d'indicateur de performance pour CP 14/4.

Tableau 195 – CP 14/4: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence							
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Débit RTE	Largeur de bande non RTE	Exactitude de synchronisation temporelle	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		OUI	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON
Nombre de stations d'extrémité	OUI		NON	NON	NON	NON	NON	NON
Topologie de réseau de base	OUI	NON		NON	NON	NON	OUI	OUI
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	OUI	NON	NON		NON	NON	OUI	OUI
Débit RTE	NON	NON	NON	NON		OUI	NON	NON
Largeur de bande non RTE	NON	NON	NON	NON	NON		OUI	NON
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	OUI	NON	OUI	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	OUI	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON	

15.6.6.2.1 Temps de remise

Le temps de remise de l'indicateur de performance peut être calculé par la Formule (71).

$$DT = T_{Stack\_S} + T_{Queue\_S} + T_{Ethernet\_S} + T_{Trf\_S} \times N_{data} + T_{Cable} \times LCable + T_{Switch} \times N_{Switch} + T_{Stack\_R} \quad (71)$$

où

<i>DT</i>	est le temps de remise;
<i>T_{Stack_S}</i>	est le temps de traitement de la pile de l'émetteur;
<i>T_{Queue_S}</i>	est le délai de mise en file d'attente de l'émetteur, le délai maximal étant égal à la durée de cycle, et le délai minimal étant égal à 0;
<i>T_{Ethernet_S}</i>	est le temps transversal de l'émetteur par MAC et Phy conformément à l'ISO/CEI 8802-3;
<i>T_{Trf_S}</i>	est le temps de transfert pour un octet;
<i>N_{data}</i>	est la longueur en octets de la trame Ethernet complète;
<i>T_{Cable}</i>	est le délai du câble;
<i>LCable</i>	est la longueur du câble;
<i>T_{Switch}</i>	est le délai de commutation;
<i>N_{Switch}</i>	est le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité;
<i>T_{Stack_R}</i>	est le temps de traitement de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC.

Comme le démontre la Formule (71),

- le nombre de stations d'extrémité influence le temps de remise avec délai de file d'attente;

- le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité influence le temps de remise. Le temps de remise est plus long lorsque le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité augmente;
- le débit RTE influence le temps de remise. En d'autres termes, le temps de remise est plus long en raison du délai de file d'attente lorsque le débit RTE augmente. Le délai de file d'attente maximal est égal à la durée de cycle et le délai minimal est égal à 0.

15.6.6.2.2 Nombre de stations d'extrémité

Si le temps de remise est défini sur sa limite, le nombre maximal de stations d'extrémité est restreint.

15.6.6.2.3 Topologie de réseau de base

La topologie de réseau de base se présente de manière linéaire, en étoile, en anneau ou en marguerite en fonction du temps de remise dans l'application. Si le temps de remise est préalablement défini sur sa limite, la topologie de réseau de base doit se présenter en étoile hiérarchique.

Si la valeur minimale est attribuée à l'exactitude de la synchronisation temporelle, la topologie de réseau de base doit se présenter en étoile hiérarchique.

Si le temps de reprise de redondance peut utiliser l'algorithme d'arbre maximal rapide conformément à l'IEEE 802.1D, la topologie de réseau de base peut se présenter sous forme linéaire, en étoile, en anneau ou en marguerite.

15.6.6.2.4 Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité

Une valeur minimale doit être attribuée au nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité de sorte que le temps de remise, l'exactitude de la synchronisation temporelle et l'exactitude de la reprise de redondance répondent aux exigences de l'application.

15.6.6.2.5 Débit RTE et largeur de bande non RTE

Voir 15.3.6.2.5.

15.6.6.2.6 Exactitude de la synchronisation temporelle

L'exactitude de la synchronisation temporelle dépend du cycle de synchronisation et du délai de commutation. Le cycle de synchronisation dépend du nombre de stations d'extrémité et le délai de commutation dépend du nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité.

15.6.6.2.7 Temps de reprise de redondance

Le temps de détection des défaillances dépend du nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité.

15.6.6.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 196 spécifie un ensemble cohérent d'indicateurs de performance inclus dans ce profil.

Tableau 196 – CP 14/4: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	100 µs 500 µs	Sans défaillance Une trame perdue
Nombre de stations d'extrémité	6	Topologie en étoile avec commutateurs connectés
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	1	–
Débit RTE	9 248 000 octets/s	–
Largeur de bande non RTE	25 %	Ethernet 100 Mbit/s (bidirectionnel simultané)
Exactitude de la synchronisation temporelle	< 1 µs	–
Temps de reprise de redondance	< 300 ms	Utilisation de l'IEEE 802.1D

16 Famille de profils de communication 15 (MODBUS-RTPS) – Profils de communication RTE

16.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 15 définit les profils reposant sur l'ISO/CEI 8802-3, RFC 791 (IP), RFC 793 (TCP), RFC 768 (UDP), la CEI 61158-5-15 et la CEI 61158-6-15, qui spécifient les protocoles de système de communication communément appelés Modbus®¹³ et Modbus TCP et RTPS (Real-Time Publish-Subscribe).

Dans la présente partie de la CEI 61784, les profils de communication suivants sont spécifiés pour CPF 15:

- Profil 15/1
Est un profil utilisant Modbus TCP
- Profil 15/2
Est un profil utilisant RTPS.

La communication de ces deux profils est supposée bidirectionnelle simultanée, avec des topologies de réseau conçues via des commutateurs.

Ces profils de communication peuvent être actifs simultanément et sur le même appareil et le même réseau. A ce titre, il ne s'agit pas de profils alternatifs, mais de fonctionnalités complémentaires et concurrentes.

16.2 Profil 15/1

16.2.1 Couche physique

La couche physique de CP 15/1 est spécifiée dans l'ISO/CEI 8802-3.

16.2.2 Couche de liaison de données

La couche de liaison de données de CP 15/1 est spécifiée dans l'ISO/CEI 8802-3.

¹³ Modbus est une marque de Schneider Automation Inc aux Etats-Unis et dans d'autres pays. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que la CEI approuve ou recommande le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'implique pas l'utilisation de la marque Modbus. L'utilisation de la marque Modbus nécessite l'autorisation de Schneider Automation Inc.

16.2.3 Couche d'application

16.2.3.1 Généralités

La couche d'application de CP 15/1 est mappée sur TCP (RFC 793), à l'aide du numéro d'accès TCP 502, enregistré auprès de l'IANA, sur IP (RFC 791), comme indiqué dans la CEI 61158-5-15 et la CEI 61158-6-15.

16.2.3.2 Sélection de service AL

Les services de couche d'application sont définis dans la CEI 61158-5-15. Le Tableau 197 présente les paragraphes inclus dans ce profil.

Tableau 197 – CP 15/1: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
Tout le document	Définition des services de couche d'application (Type 15)	Partielle	Paragraphes qualifiés comme Commun ou Client/Serveur

16.2.3.3 Sélection de protocole AL

Les protocoles de couche d'application sont définis dans la CEI 61158-6-15. Le Tableau 198 présente les paragraphes inclus dans ce profil.

Tableau 198 – CP 15/1: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
Tout le document	Spécification du protocole de couche d'application (Type 15)	Partielle	Paragraphes qualifiés comme Commun ou Client/Serveur

16.2.4 Sélection d'indicateur de performance

16.2.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 199 présente les indicateurs de performance CP 15/1.

Tableau 199 – CP 15/1: Présentation 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	OUI	–
Débit RTE	OUI	–
Largeur de bande non RTE	OUI	–
Exactitude de la synchronisation temporelle	OUI	Fournie avec NTP (RFC 1305)
Exactitude de synchronisation non périodique	OUI	–
Temps de reprise de redondance	OUI	–

16.2.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

Le Tableau 200 présente la matrice de dépendance de l'indicateur de performance CP 15/1.

Tableau 200 – CP 15/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence								
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Débit RTE	Largeur de bande non RTE	Exactitude de synchronisation temporelle	exactitude de synchronisation non périodique	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		NON	OUI 16.2.4.2.1 16.2.4.2.23	OUI 16.2.4.2.23	NON	NON	NON	NON 16.2.4.2.2	OUI 16.2.4.2.3
Nombre de stations d'extrémité	NON		NON 16.2.4.2.4	OUI 16.2.4.2.5	NON	NON	NON	NON	NON
Topologie de réseau de base	NON	OUI 16.2.4.2.6		OUI 16.2.4.2.7	NON	NON	NON	NON	NON
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	NON	OUI 16.2.4.2.8	OUI 16.2.4.2.9		NON	NON	NON	NON	NON
Débit RTE	NON	NON	NON	NON		OUI 16.2.4.2.10	NON	NON 16.2.4.2.11	OUI 16.2.4.2.12
Largeur de bande non RTE	NON	NON	NON	NON	OUI 16.2.4.2.13		NON	NON	OUI 16.2.4.2.14
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	NON	OUI 16.2.4.2.15	OUI 16.2.4.2.16	NON	NON		NON	OUI 16.2.4.2.17
Exactitude de synchronisation non périodique	NON	NON	OUI 16.2.4.2.18	OUI 16.2.4.2.19	NON	NON	NON		OUI 16.2.4.2.20
Temps de reprise de redondance	NON	NON	OUI 16.2.4.2.21	OUI 16.2.4.2.22	NON	NON	NON	NON	

16.2.4.2.1 Temps de remise et topologie de réseau de base

Les topologies de réseau suivantes sont prises en charge:

- Etoile
- Linéaire (intégrée ou bus)
- Anneau
- Anneau redondant

- Maille

La topologie de réseau a un impact indirect sur le temps de remise en influençant le nombre de commutateurs à traverser et la mise en file d'attente. Elle a également un impact direct lors de la prise en charge de la redondance et par une réaction différente en cas de défaillance.

Le profil CP 15/1 ne présente aucune dépendance de technologie de commutation.

16.2.4.2.2 Temps de remise et exactitude de synchronisation non périodique

Dans le cadre d'une analyse, le profil peut affecter le temps de remise de la réponse/confirmation, en raison des files d'attente des commutateurs. Il n'a aucun impact hors cadre d'analyse.

16.2.4.2.3 Temps de remise et temps de reprise de redondance

La dépendance s'applique uniquement lorsque la topologie de réseau la prend en charge.

16.2.4.2.4 Nombre de stations d'extrémité et topologie de réseau de base

Dans la pratique, la dépendance indirecte est liée au nombre de commutateurs devant être traversés, si le même nombre de stations d'extrémité sont connectées, pour des topologies différentes.

16.2.4.2.5 Nombre de stations d'extrémité et nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité

Le nombre de stations d'extrémité, pour une topologie donnée, dépend du nombre et du type de commutateurs: le nombre de commutateurs et d'accès doit être suffisant.

16.2.4.2.6 Topologie de réseau de base et nombre de stations d'extrémité

Le nombre de nœuds de certaines topologies est limité (comme pour la topologie linéaire, par exemple).

16.2.4.2.7 Topologie de réseau de base et nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité

La réalisation de certaines topologies implique l'utilisation d'un nombre minimal de commutateurs et d'accès, selon le nombre de stations d'extrémité.

16.2.4.2.8 Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité et nombre de stations d'extrémité

Pour certaines topologies (linéaire, par exemple), le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité dépend du nombre de stations d'extrémité. Compte tenu de la limite du nombre d'accès par commutateur, cette dépendance est en général présente.

16.2.4.2.9 Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité et topologie de réseau de base

Certaines topologies permettent de limiter le nombre de commutateurs en fonction du nombre de nœuds, par exemple, la topologie en étoile.

16.2.4.2.10 Débit RTE et largeur de bande non RTE

L'application est chargée de limiter le trafic non RTE, ce qui pourrait avoir un impact sur le débit RTE.

16.2.4.2.11 Débit RTE et exactitude de synchronisation non périodique

Dans le cadre d'une analyse, le débit peut être affecté, en raison des files d'attente des commutateurs. Il n'est pas affecté hors cadre d'analyse.

16.2.4.2.12 Débit RTE et temps de reprise de redondance

En cas de reprise, le débit RTE est interrompu.

16.2.4.2.13 Largeur de bande non RTE et débit RTE

L'application est chargée de limiter le trafic RTE si la largeur de bande non RTE doit être mise à disposition.

16.2.4.2.14 Largeur de bande non RTE et temps de reprise de redondance

En cas de reprise, la largeur de bande non RTE est interrompue.

16.2.4.2.15 Exactitude de la synchronisation temporelle et topologie de réseau de base

Certaines topologies (la topologie linéaire, par exemple) ont un impact sur l'exactitude NTP en raison de la présence de délais variables.

16.2.4.2.16 Exactitude de la synchronisation temporelle et nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité

Certains commutateurs génèrent des délais variables, ce qui affecte l'exactitude NTP.

16.2.4.2.17 Exactitude de la synchronisation temporelle et temps de reprise de redondance

Une reprise provoque une interruption.

16.2.4.2.18 Exactitude de synchronisation non périodique et topologie de réseau de base

Certaines topologies (la topologie en étoile, par exemple) permettent une meilleure exactitude de synchronisation non périodique.

16.2.4.2.19 Exactitude de synchronisation non périodique et nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité

Certains commutateurs génèrent des délais variables, ce qui affecte l'exactitude.

16.2.4.2.20 Exactitude de synchronisation non périodique et temps de reprise de redondance

Une reprise provoque une interruption.

16.2.4.2.21 Temps de reprise de redondance et topologie de réseau de base

Le temps de reprise de redondance, dépend de la topologie si cette dernière le prend en charge.

16.2.4.2.22 Temps de reprise de redondance et nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité

Le temps de reprise de redondance, dépend du nombre de commutateurs, si la topologie le prend en charge.

16.2.4.2.23 Calcul du temps de remise

Le temps de remise de l'indicateur de performance peut être calculé par la Formule (72)

$$DT = STT\_s + N\_Sw \times TD\_Sw + (N\_Sw + 1) \times T\_wire \times D\_size + STT\_r \quad (72)$$

où

<i>DT</i>	est le temps de remise;
<i>STT_s</i>	est le temps transversal de la pile de l'émetteur;
<i>N_Sw</i>	est le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité;
<i>TD_Sw</i>	est le délai dans le commutateur;
<i>T_wire</i>	est le temps par octet sur un segment de fil;
<i>D_size</i>	est la taille des données, en octets;
<i>STT_r</i>	est le temps transversal de la pile du récepteur.

Le temps de remise de l'indicateur de performance, en cas de trame perdue, peut être calculé par la Formule (73)

$$DT\_If = 2 \times DT + RTO \quad (73)$$

où

<i>DT_If</i>	est le temps de remise lors de la perte d'une trame;
<i>DT</i>	est tel que calculé par la Formule (72);
<i>RTO</i>	est le paramètre de délai d'attente de retransmission TCP.

NOTE RTO est un paramètre dynamique, calculé avec un algorithme configuré à l'aide d'une valeur initiale et d'une valeur minimale, voir la RFC 2988 (Computing TCP's Retransmission Timer). Les valeurs de configuration de RTO diffèrent entre les mises en œuvre TCP.

16.3 Profil 15/2

16.3.1 Couche physique

La couche physique de CP 15/2 est spécifiée dans l'ISO/CEI 8802-3.

16.3.2 Couche de liaison de données

La couche de liaison de données de CP 15/2 est spécifiée dans l'ISO/CEI 8802-3.

16.3.3 Couche d'application

16.3.3.1 Généralités

La couche d'application de CP 15/2 est mappée sur UDP (RFC 768), sur IP (RFC 791), comme indiqué dans la CEI 61158-5-15 et la CEI 61158-6-15.

Le profil CP 15/2 utilise trois accès UDP. Les valeurs réelles peuvent être configurées sur le terrain en définissant les paramètres 'portBaseNumber' et 'portGroupNumber' (voir les Formules (74), (75) et (76)). Les mises en œuvre de CP 15/2 doivent prendre en charge la configuration de ces deux paramètres.

$$port1 = portBaseNumber + 10 \times portGroupNumber \quad (74)$$

$$port2 = 1 + portBaseNumber + 10 \times portGroupNumber \quad (75)$$

$$port3 = 2 + portBaseNumber + 10 \times portGroupNumber \quad (76)$$

La configuration par défaut consiste à attribuer la valeur 7400 à portBaseNumber et la valeur 0 à portGroupNumber, ce qui permet d'utiliser les accès 7400, 7401 et 7402 qui sont enregistrés auprès de l'IANA de la manière suivante:

- 7400 RTPS Discovery
- 7401 RTPS Data-Distribution User-Traffic
- 7402 RTPS Data-Distribution Meta-Traffic

16.3.3.2 Sélection de service AL

Les services de couche d'application sont définis dans la CEI 61158-5-15. Le Tableau 201 présente les paragraphes inclus dans ce profil.

Tableau 201 – CP 15/2: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
Tout le document	Définition des services de couche d'application (Type 15)	Partielle	Paragraphes qualifiés comme Commun ou Publication/Abonnement

16.3.3.3 Sélection de protocole AL

Les protocoles de couche d'application sont définis dans la CEI 61158-6-15. Le Tableau 202 présente les paragraphes inclus dans ce profil.

Tableau 202 – CP 15/2: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
Tout le document	Spécification du protocole de couche d'application (Type 15)	Partielle	Paragraphes qualifiés comme Commun ou Publication/Abonnement

16.3.4 Sélection d'indicateur de performance

16.3.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 203 présente les indicateurs de performance CP 15/2.

Tableau 203 – CP 15/2: Présentation 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	OUI	–
Débit RTE	OUI	–
Largeur de bande non RTE	OUI	–
Temps de reprise de redondance	OUI	–

16.3.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

Le Tableau 204 présente la matrice de dépendance de l'indicateur de performance CP 15/2.

Tableau 204 – CP 15/2: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence						
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Débit RTE	Largeur de bande non RTE	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		NON	OUI 16.3.4.2.1 16.3.4.2.15	OUI 16.3.4.2.15	NON	NON	OUI 16.3.4.2.2
Nombre de stations d'extrémité	NON		NON 16.3.4.2.3	OUI 16.3.4.2.4	NON	NON	NON
Topologie de réseau de base	NON	OUI 16.3.4.2.5		OUI 16.3.4.2.6	NON	NON	NON
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	NON	OUI 16.3.4.2.7	OUI 16.3.4.2.8		NON	NON	NON
Débit RTE	NON	NON	NON	NON		OUI 16.3.4.2.9	OUI 16.3.4.2.10
Largeur de bande non RTE	NON	NON	NON	NON	OUI 16.3.4.2.11		OUI 16.3.4.2.12
Temps de reprise de redondance	NON	NON	OUI 16.3.4.2.13	OUI 16.3.4.2.14	NON	NON	

16.3.4.2.1 Temps de remise et topologie de réseau de base

Les topologies de réseau suivantes sont prises en charge:

- Etoile
- Linéaire (intégrée ou bus)
- Anneau
- Anneau redondant

- Maille

La topologie de réseau a un impact indirect sur le temps de remise en influençant le nombre de commutateurs à traverser et la mise en file d'attente. Elle a également un impact direct lors de la prise en charge de la redondance et par une réaction différente en cas de défaillance.

Le profil CP 15/2 ne présente aucune dépendance de technologie de commutation.

16.3.4.2.2 Temps de remise et temps de reprise de redondance

La dépendance s'applique uniquement lorsque la topologie de réseau la prend en charge.

16.3.4.2.3 Nombre de stations d'extrémité et topologie de réseau de base

Dans la pratique, la dépendance indirecte est liée au nombre de commutateurs qui doivent être traversés, si le même nombre de stations d'extrémité sont connectées, pour des topologies différentes.

16.3.4.2.4 Nombre de stations d'extrémité et nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité

Le nombre de stations d'extrémité, pour une topologie donnée, dépend du nombre et du type de commutateurs: le nombre de commutateurs et d'accès doit être suffisant.

16.3.4.2.5 Topologie de réseau de base et nombre de stations d'extrémité

Le nombre de nœuds de certaines topologies est limité (comme pour la topologie linéaire, par exemple).

16.3.4.2.6 Topologie de réseau de base et nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité

La réalisation de certaines topologies implique l'utilisation d'un nombre minimal de commutateurs et d'accès, selon le nombre de stations d'extrémité.

16.3.4.2.7 Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité et nombre de stations d'extrémité

Pour certaines topologies (linéaire, par exemple), le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité dépend du nombre de stations d'extrémité. Compte tenu de la limite du nombre d'accès par commutateur, cette dépendance est en général présente.

16.3.4.2.8 Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité et topologie de réseau de base

Certaines topologies permettent de limiter le nombre de commutateurs en fonction du nombre de nœuds, par exemple, la topologie en étoile.

16.3.4.2.9 Débit RTE et largeur de bande non RTE

L'application est chargée de limiter le trafic non RTE, ce qui pourrait avoir un impact sur le débit RTE.

16.3.4.2.10 Débit RTE et temps de reprise de redondance

En cas de reprise, le débit RTE est interrompu.

16.3.4.2.11 Largeur de bande non RTE et débit RTE

L'application est chargée de limiter le trafic RTE si la largeur de bande non RTE doit être mise à disposition.

16.3.4.2.12 Largeur de bande non RTE et temps de reprise de redondance

En cas de reprise, la largeur de bande non RTE est interrompue.

16.3.4.2.13 Temps de reprise de redondance et topologie de réseau de base

Le temps de reprise de redondance dépend de la topologie si cette dernière le prend en charge.

16.3.4.2.14 Temps de reprise de redondance et nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité

Le temps de reprise de redondance dépend du nombre de commutateurs, si la topologie le prend en charge.

16.3.4.2.15 Calcul du temps de remise

Le temps de remise de l'indicateur de performance peut être calculé à l'aide des Formules (77), (78) et (79).

$$STT_s = STT_{s1} + SST_{s2} \times D\_size \quad (77)$$

où

STT_s	est le temps transversal de la pile de l'émetteur;
STT_{s1}	est la partie du temps transversal de la pile de l'émetteur indépendante de la taille des données;
SST_{s2}	est la partie du temps transversal de la pile de l'émetteur qui dépend linéairement de la taille de data D_size ; en effet, la pile procède à une copie de mémoire et est donc affectée par la vitesse du système de mémoire;
D_size	est la taille des données, en octets.

$$STT_r = STT_{r1} + SST_{r2} \times D\_size \quad (78)$$

où

STT_r	est le temps transversal de la pile du récepteur;
STT_{r1}	est la partie du temps transversal de la pile du récepteur indépendante de la taille des données;
SST_{r2}	est la partie du temps transversal de la pile du récepteur qui dépend linéairement de la taille de data D_size ; en effet, la pile procède à une copie de mémoire et est donc affectée par la vitesse du système de mémoire;
D_size	est la taille des données, en octets.

$$DT = STT\_s + N\_Sw \times TD\_Sw + (N\_Sw + 1) \times T\_wire \times D\_size + STT\_r \quad (79)$$

où

<i>DT</i>	est le temps de remise;
<i>STT_s</i>	est le temps transversal de la pile de l'émetteur;
<i>N_Sw</i>	est le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité;
<i>TD_Sw</i>	est le délai dans le commutateur;
<i>T_wire</i>	est le temps par octet sur un segment de fil;
<i>D_size</i>	est la taille des données, en octets;
<i>STT_r</i>	est le temps transversal de la pile du récepteur.

Le temps de remise de l'indicateur de performance, en cas de trame perdue, dépend de la configuration de la communication entre les stations d'extrémité considérées:

- a) service au mieux;
- b) fiable périodiquement;
- c) fiable selon la cadence.

Si la configuration prévue est le service au mieux, le temps de remise en cas de perte de trame ne s'applique pas, étant donné que la trame n'est pas transmise.

Si la communication est fiable périodiquement, en cas de trame perdue, le temps de remise de l'indicateur de performance peut être calculé par la Formule (80).

$$DT\_lfp = 2 \times DT + DT\_n + T \quad (80)$$

où

<i>DT_lfp</i>	est le temps de remise lors de la perte d'une trame et lorsque la configuration est fiable périodiquement;
<i>DT</i>	est tel que calculé par la Formule (79);
<i>DT_n</i>	est le temps de remise du message NACK, de nouveau calculé par la Formule (79), mais avec un <i>D_size</i> de 16 octets;
<i>T</i>	est la période, qui est un paramètre configuré.

NOTE 1 10 ms est une valeur classique pour la période *T*.

Si la communication est fiable selon la cadence, en cas de trame perdue, le temps de remise de l'indicateur de performance peut être calculé par la Formule (81)

$$DT\_lfh = 2 \times DT + DT\_n + H \quad (81)$$

où

<i>DT_lfh</i>	est le temps de remise lors de la perte d'une trame et lorsque la configuration est fiable selon la cadence;
<i>DT</i>	est tel que calculé par la Formule (79);
<i>DT_n</i>	est le temps de remise du message NACK, de nouveau calculé par la Formule (79), mais avec un <i>D_size</i> de 16 octets;
<i>H</i>	est la période de la cadence, qui est un paramètre configuré.

NOTE 2 Une valeur classique de cadence de période est comprise entre 100 ms et 1 s (elle assure un rôle de surveillance et ne transporte aucune données).

17 Famille de profils de communication 16 (SERCOS¹⁴)- Profils de communication RTE

17.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 16 définit les profils reposant sur la série CEI 61158, protocole Type 16 et Type 19.

La CPF 16 est composée de trois profils de communication (CP).

- Profil 16/1 (SERCOS I)
Ce profil repose sur des couches physiques fibre-media et fonctionne à 2 Mbit/s et 4 Mbit/s. Voir la CEI 61784-1.
- Profil 16/2 (SERCOS II)
Ce profil est analogue au profil 16/1, mais il fonctionne également à 8 Mbit/s et 16 Mbit/s et offre des fonctions supplémentaires. Voir la CEI 61784-1.
- Profil 16/3 (SERCOS III)
Ce profil repose sur l'ISO/CEI 8802-3 (Ethernet) MAC et des couches physiques. Il offre également des fonctions supplémentaires.

17.2 Profil 16/3 (SERCOS III)

17.2.1 Couche physique

La couche physique repose sur un matériel Ethernet standard conforme à l'ISO/CEI 8802-3. La vitesse de transmission des données des appareils CP 16/3 (SERCOS III) doit être de 100 Mbit/s, ces appareils doivent être connectés selon une topologie en anneau ou linéaire. Toutes les combinaisons bidirectionnelles simultanées, 100Base-TX avec fonction d'autorecouvrement (fil, 2 paires torsadées) et 100Base-FX (fibre optique) peuvent être utilisées.

Si des câbles sont utilisés, ils doivent être classés dans la catégorie Cat5e au moins, et blindés de manière appropriée (FTP, STP ou SFTP) selon les contraintes CEM.

17.2.2 Couche de liaison de données

17.2.2.1 Généralités

Le profil CP 16/3 doit utiliser les trames Ethernet ISO/CEI 8802-3 standard balisées avec Ethertype 0x88CD.

17.2.2.2 Sélection de service DLL

Les services de couche de liaison de données sont définis dans la CEI 61158-3-19. Le Tableau 205 présente les paragraphes inclus dans ce profil.

¹⁴ SERCOS et l'interface SERCOS sont des appellations commerciales de SERCOS International e.V. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que la CEI approuve ou recommande le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'implique pas l'utilisation de la marque. L'utilisation de l'appellation commerciale implique l'autorisation de son détenteur.

Tableau 205 – CP 16/3: Sélection de service DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
Tout le document	Spécification du protocole de liaison de données (Type 19)	OUI	–

17.2.2.3 Sélection de protocole DLL

Les protocoles de couche de liaison de données sont définis dans la CEI 61158-4-19. Le Tableau 206 présente les paragraphes inclus dans ce profil.

Tableau 206 – CP 16/3: Sélection de protocole DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
Tout le document	Spécification du protocole de liaison de données (Type 19)	OUI	–

17.2.3 Couche d'application**17.2.3.1 Sélection de service AL**

Les services de couche d'application sont définis dans la CEI 61158-5-19. Le Tableau 207 présente les paragraphes inclus dans ce profil.

Tableau 207 – CP 16/3: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
Tout le document	Spécification du protocole de liaison de données (Type 19)	OUI	–

17.2.3.2 Sélection de protocole AL

Le protocole de couche d'application est défini dans la CEI 61158-6-19. Le Tableau 208 présente les paragraphes inclus dans ce profil.

Tableau 208 – CP 16/3: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
Tout le document	Spécification du protocole de liaison de données (Type 19)	OUI	–

17.2.4 Sélection d'indicateur de performance**17.2.4.1 Présentation des indicateurs de performance**

Le Tableau 209 présente les indicateurs de performance applicables pour CP 16/3.

Tableau 209 – CP 16/3: Présentation 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	Les commutateurs ne doivent pas être utilisés
Débit RTE	OUI	–
Largeur de bande non RTE	OUI	–
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	–
Exactitude de synchronisation non périodique	OUI	–
Temps de reprise de redondance	OUI	Dans la topologie en anneau, une seule panne permanente ne provoque pas de défaillance. Dans ce cas, le temps de reprise est nul

17.2.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

Le Tableau 210 présente les dépendances des indicateurs de performance.

Tableau 210 – CP 16/3: Matrice de dépendance de l'indicateur 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 synchronisation non périodique	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		OUI 17.2.4.2.1	NON	OUI 17.2.4.2.1	OUI 17.2.4.2.1	NON	NON
Nombre de stations d'extrémité	OUI		NON	OUI	OUI	NON	NON
Topologie de réseau de base	NON	NON		NON	NON	NON	NON
Débit RTE	NON	NON	NON		OUI 17.2.4.2.5	NON	NON
Largeur de bande non RTE	NON	NON	NON	OUI 17.2.4.2.5		NON	NON
Exactitude de synchronisation non périodique	NON	OUI 17.2.4.2.6	NON	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	NON	NON	OUI 17.2.4.2.7	NON	NON	NON	

17.2.4.2.1 Calcul du temps de remise

Le temps de remise de l'indicateur de performance peut être calculé par la Formule (82).

$$DT = ct + STTs + STTr + fr \quad (82)$$

où

<i>DT</i>	est le temps de remise;
<i>ct</i>	est le cycle_time (conformément à 17.2.4.2.2);
<i>STTs</i>	est le temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris Phy et MAC (conformément à 17.2.4.2.4);
<i>STTr</i>	est le temps transversal de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC (conformément à 17.2.4.2.4);
<i>fr</i>	est le temps d'exécution de trame (conformément à 17.2.4.2.3);
<i>STT</i>	est le temps transversal de la pile, y compris Phy et MAC .

Exemple:

Cycle_Time = 31,25 µs; Temps d'exécution de trame = 9 µs; STTs << 1 µs; STTr << 1 µs

Temps de remise = 31,25 µs + 9 µs = 40,25 µs

17.2.4.2.2 Calcul de la durée de cycle

CP 16/3 est une technologie de communication comportant des cycles de communication fixes et discrets. La durée de cycle est définie en multiples et sous-multiples de 250 µs conformément à la Formule (83).

$$ct = \begin{cases} N \times 250 \mu s & \text{où } N \geq 1 \text{ et } N \leq 260\,000 \\ \frac{250 \mu s}{N} & \text{où } N = 2, 4 \text{ ou } 8 \end{cases} \quad (83)$$

où

<i>ct</i>	est le cycle_time configuré pour le segment de réseau;
<i>N</i>	est une valeur entière.

Cela signifie que la durée de cycle peut être comprise entre 31,25 µs et 65 ms. Elle peut être plus courte, mais ne doit pas être plus longue. Dans tous les cas, la durée de cycle sélectionnée doit être supérieure à la durée minimale du cycle (voir la Formule (84)).

$$ct > mct \quad (84)$$

où

<i>ct</i>	est le cycle_time configuré pour le segment de réseau;
<i>mct</i>	est la durée minimale du cycle (conformément à la Formule (85)).

La durée minimale du cycle d'une application dépend du nombre de nœuds CP 16/3, de la quantité de données en temps réel échangées entre ces nœuds et du nombre de trames Ethernet utilisées pour les transporter.

La durée minimale du cycle peut être calculée par la Formule (85).

$$mct = tt \times data + st \times nf \quad (85)$$

où

<i>mct</i>	est minimum_cycle_time;
<i>tt</i>	est le temps de transfert (80 ns/octet);
<i>data</i>	représente les données à transmettre dans un cycle (y compris la trame Ethernet complète);
<i>st</i>	est le temps de séparation par trame;
<i>nf</i>	est le nombre de trames.

Le nombre de trames est compris entre 2 et 8 selon la quantité de données à transmettre et le nombre de nœuds.

Exemple

Temps de transfert = 80 ns/octet (100 Mbit/s); données = 336 octets; temps de séparation par trame = 1 µs; nombre de trames = 2

Durée minimale du cycle: $mct = 80 \text{ ns} \times 336 \text{ octets} + 1 \text{ µs} \times 2 = 26,88 \text{ µs} + 2 \text{ µs} = 28,88 \text{ µs}$

Durée de cycle sélectionnée: $ct = 31,25 \text{ µs} > 28,88 \text{ µs}$

17.2.4.2.3 Calcul du temps d'exécution de trame

Le temps d'exécution de trame dépend du délai du câble et du délai de propagation (retard du signal) dans les nœuds de renvoi. Les nœuds de renvoi sont des nœuds intermédiaires entre le nœud d'envoi et le nœud de réception d'une topologie en anneau ou linéaire.

Le temps d'exécution de trame peut être calculé par la Formule (86)).

$$fr = cd \times clt + \sum_{i=1}^{nn} pd_i \quad (86)$$

où

<i>fr</i>	est le temps d'exécution de trame;
<i>cd</i>	est le délai du câble;
<i>clt</i>	est la longueur totale du câble;
<i>nn</i>	est le nombre de nœuds;
<i>pd</i>	est le délai de propagation (retard du signal) d'un nœud de renvoi.

Exemple

Délai du câble = 5 ns/m; longueur du câble = 900 m; délai de propagation = 0,5 µs; nombre de nœuds = 9

Temps d'exécution de trame = $5 \text{ ns/m} \times 900 \text{ m} + 9 \times 0,5 \text{ µs} = 9,0 \text{ µs}$

17.2.4.2.4 Calcul du temps transversal de la pile de l'émetteur et du récepteur

Le temps transversal de la pile de l'émetteur et du récepteur est spécifique à la mise en œuvre et ne peut pas être calculé par une formule. Les données en temps réel ne passent pas par une pile de l'émetteur et du récepteur. Elles sont échangées entre l'application et le contrôleur de communication au moyen d'une mémoire partagée permettant d'accéder rapidement et efficacement aux données.

17.2.4.2.5 Débit RTE et largeur de bande non RTE

Le débit RTE et la largeur de bande non RTE dépendent directement l'un de l'autre. Si des durées de cycle inférieures à 250 µs sont configurées (125 µs, 62,5 µs, 31,25 µs) seules les données en temps réel peuvent être transmises (largeur de bande non RTE = 0). Pour les durées de cycle d'au moins 250 µs, le partage de la largeur de bande non RTE associée à la largeur de bande disponible de 100 Mbit/s peut être librement configurée.

Exemple 1

Durée de cycle = 250 µs, intervalle de temps de données en temps réel: 125 µs, intervalle de temps du canal IP: 125 µs

Largeur de bande non RTE = 50 %, débit RTE < 50 Mbit/s

Exemple 2

Durée de cycle = 500 µs, intervalle de temps de données en temps réel: 125 µs, intervalle de temps du canal IP: 375 µs

Largeur de bande non RTE = 75 %, débit RTE < 25 Mbit/s

17.2.4.2.6 Exactitude de synchronisation non périodique

L'exactitude de synchronisation dépend de l'exactitude du matériel Ethernet qui influence l'instant précis où le nœud reçoit le schéma de synchronisation. Le schéma de synchronisation fait partie intégrante du message MDT0 qui est envoyé une fois par cycle de communication.

L'exactitude peut être calculée par la Formule (87).

$$ac = ma + \sum_{i=1}^{nn-1} sa_i \quad (87)$$

où

<i>ac</i>	est l'exactitude de synchronisation non périodique;
<i>ma</i>	est l'exactitude de synchronisation de l'appareil maître;
<i>sa</i>	est l'exactitude de synchronisation d'un appareil esclave;
<i>nn</i>	le nombre de nœuds; (nn-1) est le nombre d'esclaves, dans une topologie linéaire.

Exemple 1 Appareil maître avec synchronisation matérielle

ma = 50 ns, 10 appareils esclaves présentant chacun une exactitude de synchronisation de 50 ns

nslave = 10 appareils esclaves présentant chacun une exactitude de synchronisation de 50 ns (équivalent à 20 esclaves dans une configuration en anneau)

ac = 50 ns + 10 × 50 ns = 550 ns

Exemple 2 Appareil maître avec matériel Ethernet standard et synchronisation logicielle

ma = 40 µs, 10 appareils esclaves présentant chacun une exactitude de synchronisation de 50 ns

nslave = 10 appareils esclaves présentant chacun une exactitude de synchronisation de 50 ns (équivalent à 20 esclaves dans une configuration en anneau)

ac = 40 µs + 10 × 50 ns = 40,5 µs

17.2.4.2.7 Temps de reprise de redondance

Dans la topologie en anneau, une seule panne permanente ne provoque pas de défaillance. L'anneau est immédiatement divisé en deux lignes. Dans ce cas, le temps de reprise est nul.

17.2.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 211 présente l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance d'un scénario dans lequel la durée minimale du cycle de 31,25 μ s est configurée dans une topologie en anneau. Dans ce scénario, il est supposé que 9 stations d'extrémité (1 station d'extrémité maître et 8 stations d'extrémité esclaves) sont configurées de sorte que chaque nœud génère et utilise jusqu'à 10 octets, chacun d'eux contenant des mots de contrôle et d'état (4 octets chacun), c'est-à-dire 20 octets en temps réel par nœud.

Tableau 211 – CP 16/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance avec une durée minimale du cycle de 31,25 μ s

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	< 39,8 μ s	Longueur du câble de 100 m entre toutes les stations d'extrémité (cas le plus défavorable) Durée de cycle de 31,25 μ s Temps d'exécution de trame: 9 μ s
Nombre de stations d'extrémité	≤ 9	1 station d'extrémité maître, 8 stations d'extrémité esclaves
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	0	Les commutateurs ne doivent pas être utilisés
Débit RTE	$\leq 11\,520\,000$ octets/s	$\leq 10/10$ octets en temps réel par station d'extrémité esclave
Largeur de bande non RTE	0	Pour les durées de cycle inférieures à 250 μ s, le trafic non RTE n'est pas pris en charge
Exactitude de synchronisation non périodique	< 1 μ s ou < 50 μ s	< 1 μ s (synchronisation élevée des performances), < 50 μ s (synchronisation basse des performances)
Temps de reprise de redondance	0	Dans la topologie en anneau, une seule panne permanente ne provoque pas de défaillance. Dans ce cas, le temps de reprise est nul

Le Tableau 212 présente l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance d'un scénario dans lequel la durée de cycle de 500 μ s est configurée dans une topologie en anneau. Dans ce scénario, il est supposé que 185 stations d'extrémité (1 station d'extrémité maître et 184 stations d'extrémité esclaves) sont configurées de sorte que chaque nœud génère et utilise jusqu'à 10 octets, chacun d'eux contenant des mots de contrôle et d'état (4 octets chacun), c'est-à-dire 20 octets en temps réel par nœud. Le trafic non RTE n'est pas utilisé.

Tableau 212 – CP 16/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance avec une durée de cycle de 500 μ s (temps réel uniquement)

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	< 677 μ s	Longueur du câble de 100 m entre toutes les stations d'extrémité (cas le plus défavorable) Durée de cycle de 500 μ s Temps d'exécution de trame: 185 μ s
Nombre de stations d'extrémité	≤ 185	1 station d'extrémité maître, 184 stations d'extrémité esclaves
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	0	Les commutateurs ne doivent pas être utilisés
Débit RTE	$\leq 12\,192\,000$ octets/s	$\leq 10/10$ octets en temps réel par station d'extrémité esclave
Largeur de bande non RTE	0	Dans ce scénario, le trafic non RTE n'est pas configuré, bien que cela soit possible
Exactitude de synchronisation non périodique	< 1 μ s ou < 50 μ s	< 1 μ s (synchronisation élevée des performances), < 50 μ s (synchronisation basse des performances)
Temps de reprise de redondance	0	Dans la topologie en anneau, une seule panne permanente ne provoque pas de défaillance. Dans ce cas, le temps de reprise est nul

Le Tableau 213 présente l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance d'un scénario dans lequel la durée de cycle de 500 μ s est configurée dans une topologie en anneau. Dans ce scénario, il est supposé que 139 stations d'extrémité (1 station d'extrémité maître et 138 stations d'extrémité esclaves) sont configurées de sorte que chaque nœud génère et utilise jusqu'à 10 octets, chacun d'eux contenant un mot de contrôle et un mot d'état (4 octets chacun), c'est-à-dire 20 octets en temps réel par nœud. Le trafic non RTE est utilisé et occupe 25 % de la largeur de bande disponible (intervalle des données non RTE: 125 μ s = 25 % de 500 μ s).

Tableau 213 – CP 16/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance avec une durée de cycle de 500 μ s (temps réel et non réel)

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	< 513 μ s	Longueur du câble de 100 m entre toutes les stations d'extrémité (cas le plus défavorable) Durée de cycle de 500 μ s Temps d'exécution de trame: 139 μ s
Nombre de stations d'extrémité	≤ 139	1 station d'extrémité maître, 138 stations d'extrémité esclaves
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	0	Les commutateurs ne doivent pas être utilisés
Débit RTE	$\leq 9\,248\,000$ octets/s	$\leq 10/10$ octets en temps réel par station d'extrémité esclave
Largeur de bande non RTE	$\leq 3\,125\,000$ octets/s	25 % de la largeur de bande est utilisé pour le trafic non RTE (La largeur du canal IP est de 125 μ s)
Exactitude de synchronisation non périodique	< 1 μ s ou < 50 μ s	< 1 μ s (synchronisation élevée des performances), < 50 μ s (synchronisation basse des performances)
Temps de reprise de redondance	0	Dans la topologie en anneau, une seule panne permanente ne provoque pas de défaillance. Dans ce cas, le temps de reprise est nul

Le Tableau 214 présente l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance d'un scénario dans lequel la durée de cycle de 500 μ s est configurée dans une topologie en anneau. Dans ce scénario, il est supposé que 101 stations d'extrémité (1 station d'extrémité maître et 100 stations d'extrémité esclaves) sont configurées de sorte que chaque nœud esclave d'extrémité génère 24 octets et utilise 8 octets, contenant respectivement des mots de contrôle et d'état (4 octets chacun). Ce type de scénario est particulièrement adapté aux applications à entraînement (voir la série CEI 61800). Le trafic non RTE est utilisé et occupe 25 % de la largeur de bande disponible (intervalle des données non RTE: 125 μ s = 25 % de 500 μ s).

Tableau 214 – CP 16/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance avec un débit de données asymétriques et une durée de cycle de 500 µs (temps réel et non réel)

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	< 474 µs	Longueur du câble de 100 m entre toutes les stations d'extrémité (cas le plus défavorable) Durée de cycle de 500 µs Temps d'exécution de trame: 101 µs
Nombre de stations d'extrémité	≤ 101	1 station d'extrémité maître, 100 stations d'extrémité esclaves
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	0	Les commutateurs ne doivent pas être utilisés
Débit RTE	≤ 9 248 000 octets/s	≤ 10/10 octets en temps réel par station d'extrémité esclave
Largeur de bande non RTE	≤ 3 125 000 octets/s	25 % de la largeur de bande est utilisé pour le trafic non RTE (La largeur du canal IP est de 125 µs)
Exactitude de synchronisation non périodique	< 1 µs ou < 50 µs	< 1 µs (synchronisation élevée des performances), < 50 µs (synchronisation basse des performances)
Temps de reprise de redondance	0	Dans la topologie en anneau, une seule panne permanente ne provoque pas de défaillance. Dans ce cas, le temps de reprise est nul

18 Famille de profils de communication 17 (RAPIEnet) – Profils de communication RTE

18.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 17 (CPF 17) définit un profil de communication reposant sur le protocole de Type 21 de la série CEI 61158. Ce profil correspond au système de communication communément appelé RAPIEnet.

- Profil 17/1 (RAPIEnet)

Ce profil repose sur les couches MAC et physiques de l'ISO/CEI 8802-3 (Ethernet) et les sélections de services AL et DLL et de définitions de protocole issues de la série CEI 61158 Type 21.

Le Tableau 215 présente un ensemble de profils RAPIEnet.

Tableau 215 – CPF 17: Présentation des ensembles de profils

Couche	Profil 17/1
Application	CEI 61158-5-21, CEI 61158-6-21
Liaison de données	CEI 61158-3-21, CEI 61158-4-21
Physique	ISO/CEI 8802-3

18.2 Profil 17/1

18.2.1 Couche physique

La couche physique doit être conforme à l'IEEE 802.3.

NOTE L'IEEE 802.3 est une version révisée de l'ISO/CEI 8802-3.

La vitesse de transmission des données doit être d'au moins 100 Mbit/s et le mode bidirectionnel simultané doit être utilisé pour au moins un accès.

La fonction d'autonégociation et de recouvrement (voir l'IEEE 802.3) doit être utilisée.

18.2.2 Couche de liaison de données

18.2.2.1 Sélection de service DLL

Le Tableau 216 spécifie la sélection de service DLL dans la CEI 61158-3-21.

Tableau 216 – CP 17/1: Sélection de service DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	–
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	Si applicable
4	Services de couche de liaison de données et concepts	OUI	–
5	Services de gestion de liaison de données	OUI	–
6	Service de contrôle MAC	OUI	–
7	Service de contrôle Ph	OUI	–

18.2.2.2 Sélection de protocole DLL

Le Tableau 217 spécifie la sélection de protocole DLL dans la CEI 61158-4-21.

Tableau 217 – CP 17/1: Sélection de protocole DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	–
3	Termes, définitions, symboles et abréviations	Partielle	Si applicable
4	Présentation du protocole de liaison de données	OUI	–
5	Structure générale et codage	OUI	–
6	Structure DLPDU et procédure	OUI	–
7	Éléments de procédure DLE	OUI	–
8	Constantes et codes d'erreur	OUI	–

18.2.3 Couche d'application

18.2.3.1 Sélection de service AL

Le Tableau 218 spécifie la sélection de service AL dans la CEI 61158-5-21.

Tableau 218 – CP 17/1: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	–
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	Si applicable
4	Concepts	OUI	–
5	ASE de type de données	OUI	–
6	Spécification du modèle de communication	OUI	–

18.2.3.2 Sélection de protocole AL

Le Tableau 219 spécifie la sélection de protocole AL dans la CEI 61158-6-21.

Tableau 219 – CP 17/1: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	–
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	Si applicable
4	Description de la syntaxe FAL	OUI	–
5	Syntaxe de transfert	OUI	–
6	Diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	–
7	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	–
8	Machine de protocole de service FAL	OUI	–
9	Machine de protocole AR	OUI	–
10	Machine de protocole de mapping DLL	OUI	–

18.2.4 Sélection d'indicateur de performance

18.2.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 220 présente les indicateurs de performance de CP 17/1.

Tableau 220 – CP 17/1: Présentation des indicateurs de performance

Indicateur de performance	Applicable	Contraintes
Temps de remise	OUI	Aucune
Nombre de stations d'extrémité	OUI	Aucune
Topologie de réseau de base	OUI	Aucune
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Non limité par le protocole dans la pratique	Les nœuds RAPIEnet sont des commutateurs à 2 accès
Débit RTE	OUI	Aucune
Largeur de bande non RTE	OUI	Aucune
Exactitude de la synchronisation temporelle	OUI	Aucune
Exactitude de synchronisation non périodique	Non	Aucune
Temps de reprise de redondance	OUI	Aucune

18.2.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

18.2.4.2.1 Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Le Tableau 221 présente les dépendances entre les indicateurs de performance pour CP 17/1.

Tableau 221– CP 17/1: Matrice de dépendance de l'indicateur 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 temporelle	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		Oui	NON	Oui	NON	NON	NON
Nombre de stations d'extrémité	OUI		NON	NON	NON	NON	NON
Topologie de réseau de base	NON	NON		NON	NON	NON	OUI
Débit RTE	NON	NON	NON		OUI	NON	NON
Largeur de bande non RTE	NON	NON	NON	OUI		NON	NON
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	OUI	NON	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	NON	OUI	OUI	OUI	NON	NON	

18.2.4.2.2 Temps de remise

Le temps de remise d'une communication entre deux stations d'extrémité RTE peut être calculé par la Formule (88).

$$T_{DELAY} = T_{SND} + T_{PKT} + T_{CPD} + \sum_{i=0}^N T_{NLD\_i} + T_{RCV} \quad (88)$$

où

T_{DELAY}	est le temps de remise, en microsecondes;
T_{SND}	est le temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris Phy et MAC, en microsecondes;
T_{PKT}	est la durée d'émission du paquet en microsecondes, voir la Formule (89);
T_{CPD}	est le délai de propagation du câble, en microsecondes, voir la Formule (90);
T_{NLD_i}	est le délai de latence du nœud i , en microsecondes, voir la Formule (91);
T_{RCV}	est le temps transversal de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC, en microsecondes;
N	est le nombre de nœuds entre les stations d'extrémité d'origine et destinataire.

La durée d'émission du paquet T_{PKT} peut être calculée par la Formule (89).

$$T_{PKT} = \frac{(APDUsiz e + P O s i z e) \times 8}{LDR} \quad (89)$$

où

T_{PKT}	est la durée d'émission du paquet, en microsecondes;
$APDUsiz e$	est la taille de l'ensemble de données de protocole d'application, en octets;
LDR	est la vitesse de transmission des données de liaison, en bit par secondes;
$P O s i z e$	est la taille du traitement de protocoles, en octets.

Le délai de propagation du câble T_{CPD} peut être calculé par la Formule (90).

$$T_{CPD} = T_{CPD/M} \times L_{TC} \quad (90)$$

où

T_{CPD}	est le délai de propagation du câble, en microsecondes;
$T_{CPD/M}$	est le délai de propagation du câble, en nanosecondes par mètre (selon les caractéristiques du câble sélectionné);
L_{TC}	est la longueur totale du câble, en mètre.

Le délai de latence du nœud T_{NLD_i} peut être calculé par la Formule (91).

$$T_{NLD\_i} = T_{NPD\_i} + T_{PKT\_i} + \sum_{j=0}^M T_{TX\_PKT\_ij} \quad (91)$$

où

T_{NLD_i}	est le délai de latence du nœud I, en microsecondes;
T_{NPD_i}	est le délai de propagation du nœud I, en microsecondes;
T_{PKT_i}	est la durée d'émission du paquet du nœud I, en microsecondes, voir la Formule (89);
$T_{TX\_PKT\_ij}$	est la durée d'émission du paquet j, en microsecondes dans la file d'attente de transmission du port du nœud i en face de ce paquet (selon la taille APDU du nœud i), voir la Formule (89);
M	est le nombre de paquets dans la file d'attente de transmission du port du nœud i en face de ce paquet.

18.2.4.2.3 Nombre de stations d'extrémité

Le nombre maximal de stations d'extrémité doit être de 256.

18.2.4.2.4 Topologie de réseau de base

La topologie de réseau de base doit être en anneau ou linéaire.

18.2.4.2.5 Temps de reprise de redondance

Le temps de reprise de redondance du support requiert une topologie en anneau.

Le volume de trafic dans l'anneau doit être inférieur à 90 %.

Si le support est en cuivre, le temps de reprise de redondance d'une communication entre deux stations d'extrémité est inférieur à 160 ms,

Si le support est en fibre optique, le temps de reprise de redondance d'une communication entre deux stations d'extrémité est inférieur à 10 ms.

18.2.4.2.6 Débit RTE

Le débit RTE dépend de la vitesse de transmission des données de liaison et du traitement de protocoles. Le débit RTE d'une direction d'une liaison CP xx/1 peut être calculé par la Formule (92).

$$Throughput\_RTE = APDUsize \times (NF_{RTE/S} \leq NF_{E/S\_MAX}) \quad (92)$$

où

$APDUsize$	est la taille de l'ensemble de données de protocole d'application, en octets;
$NF_{RTE/S}$	est le nombre de trames admises à envoyer toutes les secondes pour une station d'extrémité RTE;
NF_{E/S_MAX}	est le nombre maximal de trames admises à envoyer toutes les secondes pour une station d'extrémité, voir la Formule (93).

Le nombre maximal de trames admises à envoyer toutes les secondes pour une station d'extrémité NF_{E/S_MAX} peut être calculé par la Formule (93).

$$NF_{E/S\_MAX} = \frac{LDR}{(APDUs\text{ize} + P\text{Osize}) \times 8} \quad (93)$$

où

<i>LDR</i>	est la vitesse de transmission des données de liaison, en mégabit par secondes;
<i>APDUs\text{ize}</i>	est la taille de l'ensemble de données de protocole d'application, en octets;
<i>P\text{Osize}</i>	est la taille du traitement de protocoles, en octets.

18.2.4.2.7 Largeur de bande non RTE

La durée non occupée par la communication RTE peut être utilisée pour les communications non RTE. La largeur de bande non RTE peut être calculée comme suit.

18.2.4.2.8 Relation entre le débit RTE et la largeur de bande non RTE

La largeur de bande totale de la liaison est limitée par le débit de la station d'extrémité, qui correspond à la vitesse maximale de transmission des paquets de la station d'extrémité. La largeur de bande totale de la liaison est donc la somme des vitesses de transmission des paquets RTE et non RTE de la station d'extrémité et peut être calculée par la Formule (94).

$$BW_{NRTE} = \frac{NF_{E/S\_MAX} - NF_{RTE/S}}{NF_{E/S\_MAX}} \times 100\% \quad (94)$$

où

<i>BW_{NRTE}</i>	est la largeur de bande non RTE, en %;
<i>NF_{E/S_MAX}</i>	est le nombre maximal de trames admises à envoyer toutes les secondes pour une station d'extrémité;
<i>NF_{RTE/S}</i>	est le nombre de trames admises à envoyer toutes les secondes pour une station d'extrémité RTE.

18.2.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Les paramètres utilisés pour le calcul du Tableau 222 sont indiqués dans le Tableau 223. Tous ces paramètres sont le résultat du scénario décrit et des calculs associés des indicateurs de performance.

Tableau 222 – Ensemble cohérent d'indicateurs de performance d'un système d'automatisation de petite taille

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	110 μ s à 4 100 μ s	Le temps de traitement est de 10 μ s, sans défaillance
Nombre de stations d'extrémité	256	–
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	0	Les nœuds RAPIEnet sont des commutateurs à 2 accès
Débit RTE	0 octets/s à 5,55 x 10 ⁶ octets/s	100 Mbit/s (bidirectionnel simultané)
Largeur de bande non RTE	0 % à 100 %	–
Exactitude de la synchronisation temporelle	< 10 μ s	–
Temps de reprise de redondance	n.a. < 160 ms < 10 ms	Topologie linéaire Topologie en anneau (100BASE-TX) Topologie en anneau (100BASE-FX)

Tableau 223 – Paramètres de calcul de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Paramètre	Définition	Value
T _{SND}	Temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris Phy et MAC	50 μ s
T _{RCV}	Temps transversal de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC	50 μ s
APDUsize	Taille des données de protocole d'application	32 octets
LDR	Vitesse de transmission des données de liaison	100 Mbit/s
POsize	Taille du traitement de protocoles	40 octets
T _{CPD/M}	Délai de propagation du câble (selon les caractéristiques du câble sélectionné)	5 ns/m
L _{TC}	Longueur totale du câble	100 m
T _{NPD}	Délai de propagation du nœud	10 μ s
N	Nombre de nœuds entre les stations d'extrémité d'origine et destinataire	Minimum: 0 Maximum: 254

19 Famille de profils de communication 18 (SafetyNET p¹⁵) – Profils de communication RTE

19.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 18 définit les profils reposant sur la CEI 61158-3-22, la CEI 61158-4-22, la CEI 61158-5-22 et la CEI 61158-6-22.

Dans la présente partie de la CEI 61784, les profils de communication suivants sont spécifiés pour CPF 18.

¹⁵ SafetyNET p est une appellation commerciale de Pilz GmbH & Co. KG. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que la CEI approuve ou recommande le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'implique pas l'utilisation de la marque SafetyNET p. L'utilisation de l'appellation commerciale SafetyNET p implique l'autorisation de son détenteur.

– Profil 18/1

Ce profil définit la sélection de protocole et de service des appareils qui utilisent la ligne de trame en temps réel (RTFL) du modèle de communication.

– Profil 18/2

Ce profil définit la sélection de protocole et de service des appareils qui utilisent réseau de trames en temps réel (RTFN) du modèle de communication.

19.2 Profil 18/1

19.2.1 Couche physique

La couche physique doit reposer sur le matériel Ethernet standard conformément à l'ISO/CEI 8802-3.

La vitesse de transmission des données des appareils CP 18/1 doit être de 100 Mbit/s et le mode de transmission bidirectionnel simultané. Il convient de combiner le mode bidirectionnel simultané et 100Base-TX avec fonction d'autorecouvrement (fil, 2 paires torsadées).

Si des câbles sont utilisés, ils doivent être classés dans la catégorie Cat5e au moins, et blindés de manière appropriée (FTP, STP ou SFTP) selon les contraintes CEM.

19.2.2 Couche de liaison de données

La couche de liaison de données est décrite dans la CEI 61158-3-22 et la CEI 61158-4-22. Le Tableau 224 spécifie l'utilisation des services inclus dans ce profil. Le Tableau 225 spécifie l'utilisation du protocole inclus dans ce profil.

Tableau 224 – CP 18/1: Sélection de service DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	–
3	Termes, définitions, abréviations et conventions	Partielle	Si applicable
4	Services de couche de liaison de données et concepts	–	–
4.1	Principe de fonctionnement	OUI	–
4.2	Modèle de communications	–	–
4.2.1	Présentation	OUI	–
4.2.2	Modèle de référence de l'appareil RTFL	OUI	–
4.2.3	Modèle de référence de l'appareil RTFN	NON	–
4.3	Topologie	–	–
4.3.1	Topologie RTFL	OUI	–
4.3.2	Topologie RTFN	NON	–
4.4	Adressage	–	–
4.4.1	Présentation	OUI	–
4.4.2	Adressage de l'appareil RTFL	OUI	–
4.4.3	Adressage de l'appareil RTFN	NON	–
4.5	Passerelle	OUI	–
4.6	Modèles d'interaction	–	–
4.6.1	Présentation	OUI	–
4.6.2	Producteur-consommateur	OUI	–

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4.6.3	Publication-abonnement	NON	–
4.7	Concept de synchronisation	OUI	–
5	Services de communication	–	–
5.1	Présentation	Partielle	Services sélectionnés par ce profil de communication uniquement
5.2	Services de gestion de communication	–	–
5.2.1	Présentation	OUI	–
5.2.2	Vérification du réseau RTFL	–	–
5.2.2.1	Service de vérification du réseau DL (NV)	OUI	–
5.2.2.2	Service de lecture du réseau d'analyse DL- RTFN (RTFNSNR)	NON	–
5.2.3	Gestion de communication	–	–
5.2.3.1	Service d'établissement de connexion DL-RTFN (RTFNCE)	NON	–
5.2.3.2	Service de libération de connexion DL-RTFN (RTFNCR)	NON	–
5.2.3.3	Service de contrôle DL-RTFL (RTFLCTL)	OUI	–
5.2.3.4	Service de configuration DL-RTFL (RTFLCFG)	OUI	–
5.2.3.5	Service de données de configuration de lecture DL (RDCE)	OUI	–
5.2.3.6	Service de configuration DL-RTFL 2 (RTFLCFG2)	OUI	–
5.2.3.7	Service de données de configuration de lecture DL 2 (RDCE2)	OUI	–
5.3	Service de canal de données cycliques (CDC)	OUI	–
5.4	Services de canal de messagerie (MSC)	OUI	–
5.5	Synchronisation temporelle	–	–
5.5.1	Service de démarrage DL-DelayMeasurement (DMS)	OUI	–
5.5.2	Service de lecture DL-DelayMeasurement (DMR)	OUI	–
5.5.3	Service de configuration DL-PCS (PCSC)	OUI	–
5.5.4	Service de configuration du maître DL-Sync (SYNC_MC)	OUI	–
5.5.5	Service de démarrage DL-Sync (SYNC_START)	OUI	–
5.5.6	Service d'arrêt DL-Sync (SYNC_STOP)	OUI	–
5.6	Services de gestion de l'interface indépendante du support (MII)	OUI	–

Tableau 225 – CP 18/1: Sélection de protocole DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	–
3	Termes, définitions, abréviations et conventions	Partielle	Si applicable
4	Présentation du protocole DL	–	–
4.1	Principe de fonctionnement	OUI	–
4.2	Modèle de communication	–	–
4.2.1	Présentation	OUI	–
4.2.2	Modèle de référence de l'appareil RTFL	OUI	–
4.2.3	Modèle de référence de l'appareil RTFN	NON	–
4.3	Topologie	–	–
4.3.1	Topologie RTFL	OUI	–
4.3.2	Topologie RTFN	NON	–
4.4	Traitement DLPDU	–	–
4.4.1	Modèle de communication RTFL	OUI	–
4.4.2	Modèle de communication RTFN	NON	–
4.5	Mécanismes généraux de communication	OUI	–
4.6	Passerelle	OUI	–
4.7	Modèles d'interaction	–	–
4.7.1	Présentation	OUI	–
4.7.2	Producteur-consommateur	OUI	–
4.7.3	Publication-abonnement	NON	–
5	Structure DLPDU	–	–
5.1	Présentation	OUI	–
5.2	Types de données et règles de codage	OUI	–
5.3	Identification DLPDU	OUI	–
5.4	Structure DLPDU générale	–	–
5.4.1	DLPDU de Type 22 d'un DLPDU ISO/CEI 8802-3	OUI	–
5.4.2	DLPDU de Type 22 d'un DLPDU ISO/CEI 8802-3 balisé VLAN	NON	–
5.4.3	DLPDU de Type 22 d'un DLPDU UDP	NON	–
5.4.3	Structure DLPDU de Type 22	OUI	–
5.5	DLPDU de gestion de communication	–	–
5.5.1	DLPDU de vérification du réseau RTFL	OUI	–
5.5.2	DLPDU de réseau d'analyse RTFN	NON	–
5.5.3	Données d'identification	OUI	–
5.5.4	DLPDU de gestion de connexion RTFN	NON	–
5.5.5	Données ID	NON	–
5.5.6	DLPDU de contrôle RTFL	OUI	–
5.5.7	DLPDU de configuration RTFL	OUI	–
5.6	DLPDU de canal de données cycliques (CDC)	–	–
5.6.1	DLPDU de ligne de canal de données cycliques (CDCL)	OUI	–

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
5.6.2	DLPDU de réseau de canal de données cycliques (CDCN)	NON	–
5.7	Données DLPDU de canal de données cycliques (CDC)	OUI	–
5.8	DLPDU de canal de messagerie (MSC)	–	–
5.8.1	DLPDU de ligne de canal de messagerie (MSCL)	OUI	–
5.8.2	DLPDU de réseau de canal de messagerie (MSCN)	NON	–
5.9	Données DLPDU de canal de messagerie – Protocole de transfert de message MSC (MSC-MTP)	OUI	–
5.10	Synchronisation temporelle	OUI	–
6	Temporisation de transmission de message et Traitement DLPDU	–	–
6.1	Mécanisme de communication	–	–
6.1.1	Modèle de communication RTFL	OUI	–
6.1.2	Modèle de communication RTFN	NON	–
6.2	Synchronisation de l'appareil	–	–
6.2.1	Modèle de communication RTFL – synchronisation d'horloge précise	OUI	–
6.2.2	Modèle de communication RTFN	NON	–
7	Machines de protocole de Type 22	–	–
7.1	Machines de protocole de l'appareil RTFL	OUI	–
7.2	Machines de protocole de l'appareil RTFN	NON	–
7.3	Canal de messagerie – protocole de transfert de message (MSC-MTP)	OUI	–

19.2.3 Couche d'application

La couche d'application est décrite dans la CEI 61158-5-22 et la CEI 61158-6-22. Le Tableau 226 spécifie l'utilisation des services inclus dans ce profil. Le Tableau 227 spécifie l'utilisation du protocole inclus dans ce profil.

Tableau 226 – CP 18/1: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	–
3	Termes, définitions, abréviations et conventions	Partielle	Si applicable
4	Concepts	–	–
4.1	Concepts communs	OUI	–
4.2	Concepts spécifiques au type	–	–
4.2.1	Principe de fonctionnement	OUI	–
4.2.2	Présentation du modèle de communication	–	–
4.2.2.1	Présentation	OUI	–
4.2.2.2	Modèle de communication RTFL	OUI	–
4.2.2.3	Modèle de communication RTFN	NON	–
4.2.3	Description de l'élément de couche d'application	OUI	–
4.2.4	Interaction producteur-consommateur	OUI	–
4.2.5	Modèles de référence de l'appareil	–	–
4.2.5.1	Modèle de référence de l'appareil RTFL	OUI	–
4.2.5.2	Modèle de référence de l'appareil RTFN	NON	–
5	ASE de type de données	OUI	–
6	Spécification du modèle de communication	–	–
6.1	Éléments de service d'application (ASE)	–	–
6.1.1	ASE CeS	OUI	–
6.1.2	ASE de communication DLPDU ISO/CEI 8802-3	OUI	–
6.1.3	ASE de gestion	OUI	–
6.2	Relations d'application (AR)	–	–
6.2.1	Présentation	OUI	–
6.2.2	AREP de producteur-consommateur non confirmé planifié par le réseau point à point	OUI	–
6.2.3	AREP de producteur-consommateur non confirmé planifié par le réseau point à multipoint	OUI	–
6.2.4	AREP de client/serveur confirmé planifié par le réseau point à point	OUI	–
6.2.5	AREP de client/serveur confirmé déclenché par l'utilisateur point à point	NON	–
6.2.6	Classes d'AR	Partielle	Selon les AR en présence
6.2.7	Services FAL par la classe AREP	Partielle	Selon les AR en présence
6.2.8	Services FAL admis par le rôle AREP	Partielle	Selon les AR en présence

Tableau 227 – CP 18/1: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	–
3	Termes, définitions, abréviations et conventions	Partielle	Si applicable
4	Spécification du protocole de couche d'application	–	–
4.1	Principe de fonctionnement	OUI	–
4.2	Modèles de référence de l'appareil	–	–
4.2.1	Modèle de référence de l'appareil RTFL	OUI	–
4.2.2	Modèle de référence de l'appareil RTFN	NON	–
4.3	Structure de la couche d'application	OUI	–
5	Description de la syntaxe FAL	OUI	–
6	Diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	–
7	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	–
8	Machine de protocole de service FAL (FSPM)	OUI	–
9	Diagramme d'états de couche d'application (ALSM)	OUI	–
10	Machine de protocole de mapping DLL (DMPM)	OUI	–

19.2.4 Sélection d'indicateur de performance

19.2.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 228 présente l'utilisation des indicateurs de performance.

Tableau 228 – CP 18/1: Présentation des indicateurs de performance

Indicateur de performance	Applicable	Contraintes
Temps de remise	OUI	Aucune
Nombre de stations d'extrémité RTE	OUI	Aucune
Topologie de réseau de base	OUI	Topologie en étoile hiérarchique et linéaire
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité RTE	OUI	Pour de meilleures performances, les commutateurs ne doivent pas être utilisés
Débit RTE	OUI	Aucune
Largeur de bande non RTE	OUI	Aucune
Exactitude de la synchronisation temporelle	OUI	Aucune
Exactitude de synchronisation non périodique	NON	–
Temps de reprise de redondance	NON	–

19.2.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

Le Tableau 229 spécifie les dépendances des indicateurs de performance (ligne) issues des indicateurs de performance (colonne).

Tableau 229 – CP 18/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence						
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité RTE	Débit RTE	Largeur de bande non RTE	Exactitude de la synchronisation temporelle
Temps de remise		OUI 19.2.4.5	OUI 19.2.4.6	OUI 19.2.4.7	OUI 19.2.4.8	NON	NON
Nombre de stations d'extrémité	NON		NON	NON	NON	NON	OUI 19.2.4.9
Topologie de réseau de base	NON	NON		OUI 19.2.4.10	NON	NON	OUI 19.2.4.11
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité RTE	NON	NON	OUI 19.2.4.10		NON	NON	OUI 19.2.4.13
Débit RTE	NON	NON	NON	NON		OUI 19.2.4.14	NON
Largeur de bande non RTE	NON	NON	NON	NON	OUI 19.2.4.14		NON
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	OUI 19.2.4.9	OUI 19.2.4.11	OUI 19.2.4.13	NON	NON	

19.2.4.3 Calcul du temps de remise

Le temps de remise de l'indicateur de performance d'une topologie linéaire et d'une topologie en étoile peut être calculé par la Formule (95).

$$t_D = t_{cyc} + t_{STsrc} + t_{data} + t_{CD} * (l_F + l_B) + \sum_{i=1}^{NoDoF} (t_{pd}(i) + t_{SW}(i)) + \sum_{i=1}^{NoDoB} (t_{pd}(i) + t_{SW}(i)) + t_{STsink} \quad (95)$$

où

t_D	est le temps de remise;
t_{cyc}	est la durée de cycle du système de communication ($t_{cycle} \geq t_{data}$);
t_{STsrc}	est le temps transversal de la pile y compris la couche de liaison de données et la couche physique de la source;
t_{data}	est le temps de transmission de toutes les DLPDU en temps réel pendant un cycle;
t_{CD}	est le délai du câble (4,5 ns/m à 5 ns/m);
l_F	est la distance du câble, en mètres, passant par la source du paquet vers le dernier appareil de la ligne logique;
l_B	est la distance du câble, en mètres, passant par le dernier appareil de la ligne logique du paquet vers le collecteur;
t_{pd}	est le délai de propagation d'un appareil dans le sens direct ou le sens inverse;
t_{SW}	est le délai généré par une procédure de commutation;
$NoDoF$	est le nombre d'appareils qui se succèdent dans le sens direct entre la source et le dernier appareil de la ligne logique;
$NoDoB$	est le nombre d'appareils qui se succèdent dans le sens inverse entre le dernier appareil de la ligne logique et le collecteur;
t_{STsink}	est le temps transversal de la pile y compris la couche de liaison de données et la couche physique du collecteur.

NOTE 1 Dans le cas d'une topologie linéaire, la valeur du facteur de temps t_{SW} est 0.

NOTE 2 La distance dans chaque direction est affectée par le nombre d'appareils de commutation à l'intérieur de la topologie de réseau.

19.2.4.4 Topologie de réseau de base

Les topologies de réseau de base prises en charge par ce profil sont des topologies en étoile hiérarchiques ou des topologies linéaires. Il est fortement recommandé d'utiliser la topologie linéaire pour obtenir de meilleures performances. Pour ces deux types de topologie de réseau de base, ce profil établit une topologie linéaire logique par un adressage approprié dans les appareils. Pour de plus amples informations, voir la CEI 61158-4-22.

19.2.4.5 Dépendance du temps de remise sur le nombre de stations d'extrémité

Le nombre de stations d'extrémité influence en général la quantité de données, et donc la durée de transmission des données DLPDU ainsi que la somme des délais de propagation. Par ailleurs, le nombre d'appareils dans les sens direct et inverse étant influencé, le temps de remise l'est également (voir la Formule (95)).

19.2.4.6 Dépendance du temps de remise sur la topologie de réseau de base

Le temps de remise dépend des délais de propagation du signal à l'intérieur d'un réseau qui sont fonction de la topologie de réseau. Les paramètres dépendant de la topologie de réseau en termes de délais supplémentaires sont pris en compte dans la Formule (95).

19.2.4.7 Dépendance du temps de remise sur le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité RTE

Le temps de remise dépend des délais de propagation du signal à l'intérieur d'un réseau qui sont fonction des commutateurs présents entre les stations d'extrémité RTE. Les paramètres dépendant des commutateurs en termes de délais supplémentaires sont pris en compte dans la Formule (95).

19.2.4.8 Dépendance du temps de remise sur le débit RTE

Le temps de remise dépend du débit RTE via la quantité de données et la durée de cycle. Le débit RTE peut être adapté en modifiant les paramètres de quantité de données et de durée de cycle, la durée de cycle minimale qu'il est possible d'obtenir dépendant fortement de la quantité de données à transférer. Si le débit RTE est augmenté par élévation de la quantité de données transférées au cours d'un cycle, le temps de remise augmente. Une augmentation du débit RTE par réduction de la durée de cycle permet de diminuer le temps de remise. Le débit RTE peut être augmenté par un ajustement pertinent de ces deux paramètres sans influencer le temps de remise calculé dans la Formule (95).

19.2.4.9 Relation entre le nombre de stations d'extrémité et l'exactitude de la synchronisation temporelle

Le nombre de stations d'extrémité influence l'exactitude de la synchronisation temporelle et inversement.

19.2.4.10 Relation entre la topologie de réseau de base et le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité RTE

L'utilisation de commutateurs est limitée à la topologie en étoile hiérarchique.

19.2.4.11 Relation entre la topologie de réseau de base et l'exactitude de la synchronisation temporelle

L'utilisation de commutateurs (par exemple pour concevoir une topologie en étoile hiérarchique) réduit l'exactitude qu'il est possible d'obtenir en matière de synchronisation temporelle des appareils.

19.2.4.12 Relation entre le nombre de stations d'extrémité et l'exactitude de la synchronisation temporelle

Le nombre de stations d'extrémité influence l'exactitude de la synchronisation temporelle et inversement.

19.2.4.13 Relation entre le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité RTE et l'exactitude de la synchronisation temporelle

L'exactitude de la synchronisation temporelle est la gigue maximale entre les horloges de l'appareil. L'utilisation de commutateurs réduit l'exactitude qu'il est possible d'obtenir en matière de synchronisation temporelle des appareils.

19.2.4.14 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 (Surcharge RTE incluse), les deux valeurs s'influençant donc réciproquement.

19.3 Profil 18/2

19.3.1 Couche physique

La couche physique doit reposer sur le matériel Ethernet standard conformément à l'ISO/CEI 8802-3.

19.3.2 Couche de liaison de données

La couche de liaison de données est décrite dans la CEI 61158-3-22 et la CEI 61158-4-22. Le Tableau 230 spécifie l'utilisation des services inclus dans ce profil. Le Tableau 231 spécifie l'utilisation du protocole inclus dans ce profil.

Tableau 230 – CP 18/2: Sélection de service DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	–
3	Termes, définitions, abréviations et conventions	Partielle	Si applicable
4	Services de couche de liaison de données et concepts	–	–
4.1	Principe de fonctionnement	OUI	–
4.2	Modèle de communications	–	–
4.2.1	Présentation	OUI	–
4.2.2	Modèle de référence de l'appareil RTFL	NON	–
4.2.3	Modèle de référence de l'appareil RTFN	OUI	–
4.3	Topologie	–	–
4.3.1	Topologie RTFL	NON	–
4.3.2	Topologie RTFN	OUI	–

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4.4	Adressage	–	–
4.4.1	Présentation	OUI	–
4.4.2	Adressage de l'appareil RTFL	NON	–
4.4.3	Adressage de l'appareil RTFN	OUI	–
4.5	Passerelle	OUI	–
4.6	Modèles d'interaction	–	–
4.6.1	Présentation	OUI	–
4.6.2	Producteur-consommateur	NON	–
4.6.3	Publication-abonnement	OUI	–
4.7	Concept de synchronisation	OUI	–
5	Services de communication	–	–
5.1	Présentation	Partielle	Services sélectionnés par ce profil de communication uniquement
5.2	Services de gestion de communication	–	–
5.2.1	Présentation	OUI	–
5.2.2	Vérification du réseau RTFL	–	–
5.2.2.1	Service de vérification du réseau DL (NV)	NON	–
5.2.2.2	Service de lecture du réseau d'analyse DL-RTFN (RTFNSNR)	OUI	–
5.2.3	Gestion de communication	–	–
5.2.3.1	Service d'établissement de connexion DL-RTFN (RTFNCE)	OUI	–
5.2.3.2	Service de libération de connexion DL-RTFN (RTFNCR)	OUI	–
5.2.3.3	Service de contrôle DL-RTFL (RTFLCTL)	NON	–
5.2.3.4	Service de configuration DL-RTFL (RTFLCFG)	NON	–
5.2.3.5	Service de données de configuration de lecture DL (RDCL)	NON	–
5.2.3.6	Service de configuration DL-RTFL 2 (RTFLCFG2)	NON	–
5.2.3.7	Service de données de configuration de lecture DL 2 (RDCL2)	NON	–
5.3	Service de canal de données cycliques (CDC)	OUI	–
5.4	Services MSC	OUI	–
5.5	Synchronisation temporelle	–	–
5.5.1	Service de démarrage DL-DelayMeasurement (DMS)	NON	–
5.5.2	Service de lecture DL-DelayMeasurement (DMR)	NON	–
5.5.3	Service de configuration DL-PCS (PCSC)	NON	–
5.5.4	Service de configuration du maître DL-Sync (SYNC_MC)	OUI	–
5.5.5	Service de démarrage DL-Sync (SYNC_START)	OUI	–
5.5.6	Service d'arrêt DL-Sync (SYNC_STOP)	OUI	–
5.6	Services de gestion de l'interface indépendante du support (MII)	NON	–

Tableau 231 – CP 18/2: Sélection de protocole DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	–
3	Termes, définitions, abréviations et conventions	Partielle	Si applicable
4	Présentation du protocole DL	–	–
4.1	Principe de fonctionnement	OUI	–
4.2	Modèle de communication	–	–
4.2.1	Présentation	OUI	–
4.2.2	Modèle de référence de l'appareil RTFL	NON	–
4.2.3	Modèle de référence de l'appareil RTFN	OUI	–
4.3	Topologie	–	–
4.3.1	Topologie RTFL	NON	–
4.3.2	Topologie RTFN	OUI	–
4.4	Traitement DLPDU	–	–
4.4.1	Modèle de communication RTFL	NON	–
4.4.2	Modèle de communication RTFN	OUI	–
4.5	Mécanismes généraux de communication	OUI	–
4.6	Passerelle	OUI	–
4.7	Modèles d'interaction	–	–
4.7.1	Présentation	OUI	–
4.7.2	Producteur-consommateur	NON	–
4.7.3	Publication-abonnement	OUI	–
5	Structure DLPDU	–	–
5.1	Présentation	OUI	–
5.2	Types de données et règles de codage	OUI	–
5.3	Identification DLPDU	OUI	–
5.4	Structure DLPDU générale	OUI	–
5.5	DLPDU de gestion de communication	–	–
5.5.1	DLPDU de vérification du réseau RTFL	NON	–
5.5.2	DLPDU de réseau d'analyse RTFN	OUI	–
5.5.3	Données d'identification	OUI	–
5.5.4	DLPDU de gestion de connexion RTFN	OUI	–
5.5.5	Données ID	OUI	–
5.5.6	DLPDU de contrôle RTFL	NON	–
5.5.7	DLPDU de configuration RTFL	NON	–
5.6	DLPDU de canal de données cycliques (CDC)	–	–
5.6.1	DLPDU de ligne de canal de données cycliques (CDCL)	NON	–
5.6.2	DLPDU de réseau de canal de données cycliques (CDCN)	OUI	–
5.7	Données DLPDU de canal de données cycliques (CDC)	OUI	–
5.8	DLPDU de canal de messagerie (MSC)	–	–

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
5.8.1	DLPDU de ligne de canal de messagerie (MSCL)	NON	–
5.8.2	DLPDU de réseau de canal de messagerie (MSCN)	OUI	–
5.9	Données DLPDU de canal de messagerie – Protocole de transfert de message MSC (MSC-MTP)	OUI	–
5.10	Synchronisation temporelle	–	–
5.10.1	Démarrage DelayMeasurement	NON	–
5.10.2	Lecture DelayMeasurement	NON	–
5.10.3	Configuration PCS	NON	–
5.10.4	Service de synchronisation temporelle	OUI	–
6	Temporisation de transmission de message et Traitement DLPDU	–	–
6.1	Mécanisme de communication	–	–
6.1.1	Modèle de communication RTFL	NON	–
6.1.2	Modèle de communication RTFN	OUI	–
6.2	Synchronisation de l'appareil	–	–
6.2.1	Modèle de communication RTFL – synchronisation d'horloge précise	NON	–
6.2.2	Modèle de communication RTFN	OUI	–
7	Machines de protocole de Type 22	–	–
7.1	Machines de protocole de l'appareil RTFL	NON	–
7.2	Machines de protocole de l'appareil RTFN	OUI	–
7.3	Canal de messagerie – protocole de transfert de message (MSC-MTP)	OUI	–

19.3.3 Couche d'application

La couche d'application est décrite dans la CEI 61158-5-22 et la CEI 61158-6-22. Le Tableau 232 spécifie l'utilisation des services inclus dans ce profil. Le Tableau 233 spécifie l'utilisation du protocole inclus dans ce profil.

Tableau 232 – CP 18/2: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	–
3	Termes, définitions, abréviations et conventions	Partielle	Si applicable
4	Concepts	–	–
4.1	Concepts communs	OUI	–
4.2	Concepts spécifiques au type	–	–
4.2.1	Principe de fonctionnement	OUI	–
4.2.2	Présentation du modèle de communication	–	–
4.2.2.1	Présentation	OUI	–
4.2.2.2	Modèle de communication RTFL	NON	–
4.2.2.3	Modèle de communication RTFN	OUI	–
4.2.3	Description de l'élément de couche d'application	OUI	–
4.2.4	Interaction producteur-consommateur	OUI	–
4.2.5	Modèles de référence de l'appareil	–	–
4.2.5.1	Modèle de référence de l'appareil RTFL	NON	–
4.2.5.2	Modèle de référence de l'appareil RTFN	OUI	–
5	ASE de type de données	OUI	–
6	Spécification du modèle de communication	–	–
6.1	Éléments de service d'application (ASE)	–	–
6.1.1	ASE CeS	OUI	–
6.1.2	ASE de communication DLPDU ISO/CEI 8802-3	NON	–
6.1.3	ASE de gestion	OUI	–
6.2	Relations d'application (AR)	–	–
6.2.1	Présentation	OUI	–
6.2.2	AREP de producteur-consommateur non confirmé planifié par le réseau point à point	OUI	–
6.2.3	AREP de producteur-consommateur non confirmé planifié par le réseau point à multipoint	OUI	–
6.2.4	AREP de client/serveur confirmé planifié par le réseau point à point	NON	–
6.2.5	AREP de client/serveur confirmé déclenché par l'utilisateur point à point	OUI	–
6.2.6	Classes d'AR	Partielle	Selon les AR en présence
6.2.7	Services FAL par la classe AREP	Partielle	Selon les AR en présence
6.2.8	Services FAL admis par le rôle AREP	Partielle	Selon les AR en présence

Tableau 233 – CP 18/2: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	–
3	Termes, définitions, abréviations et conventions	Partielle	Si applicable
4	Spécification du protocole de couche d'application	–	–
4.1	Principe de fonctionnement	OUI	–
4.2	Modèles de référence de l'appareil	–	–
4.2.1	Modèle de référence de l'appareil RTFL	NON	–
4.2.2	Modèle de référence de l'appareil RTFN	OUI	–
4.3	Structure de la couche d'application	OUI	–
5	Description de la syntaxe FAL	–	–
5.1	Introduction et principes de codage	OUI	–
5.2	Codage du type de données	OUI	–
5.3	Codage CeS	OUI	–
5.4	Communication DLPDU ISO/CEI 8802-3	NON	–
5.5	Codage de gestion	OUI	–
6	Diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	–
7	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	–
8	Machine de protocole de service FAL (FSPM)	OUI	–
9	Diagramme d'états de couche d'application (ALSM)	OUI	–
10	Machine de protocole de mapping DLL (DMPM)	OUI	–

19.3.4 Sélection d'indicateur de performance

19.3.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 234 présente l'utilisation des indicateurs de performance.

Tableau 234 – CP 18/2: Présentation des indicateurs de performance

Indicateur de performance	Applicable	Contraintes
Temps de remise	OUI	Aucune
Nombre de stations d'extrémité RTE	OUI	Aucune
Topologie de réseau de base	OUI	Topologie en étoile hiérarchique
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité RTE	OUI	Aucune
Débit RTE	OUI	Aucune
Largeur de bande non RTE	OUI	Aucune
Exactitude de la synchronisation temporelle	OUI	Requiert des commutateurs capables de fonctionner comme des horloges «boundary clock» conformes à la CEI 61588:2009
Exactitude de synchronisation non périodique	NON	–
Temps de reprise de redondance	NON	–

19.3.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

Le Tableau 235 spécifie les dépendances des indicateurs de performance (ligne) issues des indicateurs de performance (colonne).

Tableau 235 – CP 18/2: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence						
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité RTE	Débit RTE	Largeur de bande non RTE	Exactitude de la synchronisation temporelle
Temps de remise		NON	NON	OUI 19.3.4.4	NON	NON	NON
Nombre de stations d'extrémité	NON		NON	OUI 19.3.4.5	NON	NON	NON
Topologie de réseau de base	NON	NON		NON	NON	NON	NON
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité RTE	NON	NON	NON		NON	NON	OUI 19.3.4.6
Débit RTE	NON	NON	NON	NON		OUI 19.3.4.7	NON
Largeur de bande non RTE	NON	NON	NON	NON	OUI 19.3.4.7		NON
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	NON	NON	OUI 19.3.4.6	NON	NON	

19.3.4.3 Calcul du temps de remise

Le temps de remise de l'indicateur de performance d'une topologie linéaire (ligne physique) peut être calculé par la Formule (96).

$$t_D = t_{cyc} + t_{STsrc} + t_{data} + t_{CD} * I_C + \sum_{i=1}^{NoS} t_{SW}(i) + t_{ST \sin k} \quad (96)$$

où

t_D	est le temps de remise;
t_{cyc}	est la durée de cycle de la relation de communication ($t_{cycle} \geq t_{data}$);
t_{STsrc}	est le temps transversal de la pile de la source;
t_{data}	est le temps de transmission du paquet contenant l'APDU;
t_{CD}	est le délai du câble (4,5 ns/m à 5 ns/m);
I_C	est la longueur du câble, en m, entre la source et le collecteur;
t_{SW}	est le délai du commutateur;
NoS	est le nombre de commutateurs entre la source et le collecteur.

NOTE 1 Dans le cas d'une communication événementielle, la valeur du facteur de temps t_{cyc} est 0.

NOTE 2 Le comportement temporel des appareils de commutation dépend du service.

19.3.4.4 Dépendance du temps de remise sur le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité RTE

Le temps de remise dépend des délais de propagation du signal à l'intérieur d'un réseau qui sont fonction des commutateurs présents entre les stations d'extrémité RTE. Les paramètres dépendant des commutateurs en termes de délais supplémentaires sont pris en compte dans la Formule (96).

19.3.4.5 Dépendance du nombre de stations d'extrémité sur le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité RTE

Une topologie en étoile hiérarchique peut être étendue par des commutateurs supplémentaires, le nombre de stations d'extrémité RTE pouvant donc être augmenté.

19.3.4.6 Relation entre le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité RTE et l'exactitude de la synchronisation temporelle

L'exactitude de la synchronisation temporelle est la gigue maximale entre les horloges de l'appareil. Pour obtenir une exactitude dans un réseau en étoile, il est nécessaire d'utiliser des commutateurs contenant des horloges «boundary clock» conformes à la CEI 61588:2009.

19.3.4.7 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 (Surcharge RTE incluse), les deux valeurs s'influençant donc réciproquement.

20 Famille de profils de communication 8 (CC-Link) – Profils de communication RTE

20.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 8 définit les profils reposant sur l'ISO/CEI 8802-3, la CEI 61158-5-23 et la CEI 61158-6-23, qui spécifient les protocoles de système de communication communément appelée CC-Link IE¹⁶.

Dans la présente partie de la CEI 61784, les profils de communication suivants sont spécifiés pour CPF 8:

- Profil 8/4
profil utilisant un câble à fibre optique dans une topologie en anneau (CC-Link IE Control Network)
- Profil 8/5
profil utilisant un câble en cuivre dans des topologies linéaires et en étoile (CC-Link IE Field Network).

20.2 Profil 8/4

20.2.1 Couche physique

La couche physique de CP 8/4 est spécifiée dans l'ISO/CEI 8802-3.

¹⁶ CC-Link™ et CC-Link IE™ sont des appellations commerciales de Mitsubishi Electric Co.. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs de la présente Norme internationale et ne signifie nullement que la CEI approuve ou recommande le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à la présente norme n'implique pas l'utilisation des appellations commerciales CC-Link™ ou CC-Link IE™. L'utilisation des appellations commerciales CC-Link™ ou CC-Link IE™ requiert l'autorisation de CC-Link Partner Association.

Le débit binaire doit être de 1 000 Mbit/s. Le mode bidirectionnel simultané et la fonction d'autonégociation ne doivent pas être utilisés.

Les connecteurs, câbles et lignes directrices d'installation recommandés sont spécifiés dans la CEI 61784-5-8.

20.2.2 Couche de liaison de données

La couche de liaison de données de CP 8/4 est spécifiée dans l'ISO/CEI 8802-3.

20.2.3 Couche d'application

20.2.3.1 Sélection de service AL

Les services de couche d'application sont définis dans la CEI 61158-5-23. Le Tableau 236 présente les paragraphes inclus dans ce profil.

Tableau 236 – CP 8/4: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	–
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	OUI	–
4	Concept	OUI	–
5	ASE de type de données	OUI	–
6	Spécification du modèle de communication	–	–
6.1	Modèle de communication	OUI	–
6.2	ASE	–	–
6.2.1	Présentation – type C	OUI	–
6.2.2	Présentation – type F	NON	–
6.2.3	ASE de données cycliques – type C	OUI	–
6.2.4	ASE de données cycliques – type F	NON	–
6.2.5	ASE de données acycliques – type C	OUI	–
6.2.6	ASE de données acycliques – type F	NON	–
6.2.7	ASE de gestion	OUI	–
6.2.8	ASE de synchronisation	NON	–
6.2.9	ASE de mesure	OUI	–
6.3	AR – Type C	OUI	–
6.4	AR – Type F	NON	–

20.2.3.2 Sélection de protocole AL

Les protocoles de couche d'application sont définis dans la CEI 61158-6-23. Le Tableau 237 présente les paragraphes inclus dans ce profil.

Tableau 237 – CP 8/4: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	–
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	OUI	–
4	Description de la syntaxe FAL	–	–
4.1	FALPDU type C – syntaxe abstraite	OUI	–
4.2	FALPDU type F – syntaxe abstraite	NON	–
4.3	Affectation de données pour type C	OUI	–
4.4	Affectation de données pour type F	NON	–
5	Syntaxe de transfert FAL	–	–
5.1	Règles de codage	OUI	–
5.2	FALPDU type C – codage des éléments	OUI	–
5.3	FALPDU type F – codage des éléments	NON	–
6	Structure du diagramme d'états de protocole FAL	OUI	–
7	Machine de protocole de service FAL (FSPM)	–	–
7.1	Présentation	OUI	–
7.2	FSPM – type C	OUI	–
7.3	FSPM – type F	NON	–
8	Machine de protocole de relation d'application (ARPM)	–	–
8.1	ARPM – type C	OUI	–
8.2	ARPM – type F	NON	–
9	Machine de protocole de mapping DLL (DMPM)	–	–
9.1	DMPM – type C	OUI	–
9.2	DMPM – type F	NON	–

20.2.4 Sélection d'indicateur de performance

20.2.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 238 présente les indicateurs de performance CP 8/4.

Tableau 238 – CP 8/4: Présentation 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	OUI	–
Débit RTE	OUI	–
Largeur de bande non RTE	OUI	–
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	–
Exactitude de synchronisation non périodique	NON	–
Temps de reprise de redondance	OUI	–

20.2.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

Le Tableau 239 spécifie les dépendances des indicateurs de performance (ligne) issues des indicateurs de performance d'influence (colonne).

Tableau 239 – CP 8/4: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence							
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Débit RTE	Largeur de bande non RTE	Exactitude de synchronisation non périodique	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		Oui	Non	Non	Oui	Oui	Non	Oui
Nombre de stations d'extrémité	Non		Non	Non	Non	Non	Non	Non
Topologie de réseau de base	Non	Non		Non	Non	Non	Non	Non
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Non	Non	Non		Non	Non	Non	Non
Débit RTE	Oui	Oui	Non	Non		Oui	Non	Oui
Largeur de bande non RTE	Non	Non	Non	Non	Non		Non	Non
Exactitude de synchronisation non périodique	Non	Non	Non	Non	Non	Non		Non
Temps de reprise de redondance	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	

20.2.4.3 Temps de remise

20.2.4.3.1 Calcul du temps de remise

Le temps de remise entre deux stations d'extrémité est calculé comme la somme des éléments suivants:

- délai de l'émetteur (voir 20.2.4.3.2)
- temps de transmission (voir 20.2.4.3.3)
- délai du récepteur (voir 20.2.4.3.4)

NOTE Sauf spécification contraire, les unités suivantes s'appliquent: toutes les unités de temps sont en microsecondes, toutes les vitesses sont en octets, et tous les débits sont en Mbit/s.

20.2.4.3.2 Délai de l'émetteur

20.2.4.3.2.1 Calcul du délai de l'émetteur

Le délai de l'émetteur est calculé comme la somme des éléments suivants:

- temps de transfert de mémoire tampon d'envoi (voir 20.2.4.3.2.2)
- temps de transmission de trame (voir 20.2.4.3.2.3)
- délai de transmission (voir 20.2.4.3.2.4)

20.2.4.3.2.2 Temps de transfert de mémoire tampon d'envoi

Le temps de transfert de mémoire tampon d'envoi est calculé comme le produit des éléments suivants:

- taille de transfert de données cycliques
- temps de transfert de mémoire tampon d'envoi (µs/octet)

Le temps de transfert de mémoire tampon d'envoi est spécifié par le fabricant. Une valeur classique est de 0,01 µs/octet.

20.2.4.3.2.3 Temps de transmission de trame

Le temps de transmission de trame est calculé comme la somme des éléments suivants:

- temps de transfert de données cycliques
- temps de transfert d'en-tête de données cycliques
- temps inter-frames
- temps de préambule

Le temps de transfert de données cycliques est calculé par la Formule (97):

$$\text{temps de transfert de données cycliques de transmission} = \text{taille de transfert de données cycliques} * 8 / \text{vitesse} \quad (97)$$

La vitesse de transmission est spécifiée par le fabricant. Une valeur classique est de 1 000 Mbit/s.

Le temps de transfert d'en-tête de données cycliques est calculé par la Formule (98):

$$\text{temps de transfert d'en-tête de données cycliques} = 44 * \text{nombre de trames de données cycliques} * 8 / \text{vitesse de transmission} \quad (98)$$

Le nombre de trames de données cycliques est calculé par la Formule (99):

$$\text{nombre de trames de données cycliques} = 1 + (\text{taille de transfert de données cycliques} / (1518 - 44)) \quad (99)$$

NOTE Dans la Formule (99), la valeur calculée est tronquée pour obtenir un résultat entier

Le temps inter-frames est calculé par la Formule (100):

$$\text{temps inter-frames de transmission} = 12 * (\text{nombre de trames de données cycliques} - 1) * 8 / \text{vitesse de transmission} \quad (100)$$

Le temps de préambule est calculé par la Formule (101):

$$\text{temps de préambule de transmission} = 8 * (\text{nombre de trames de données cycliques} - 1) * 8 / \text{vitesse de transmission} \quad (101)$$

20.2.4.3.2.4 Délai de transmission

Le délai de transmission est spécifié par le fabricant. Une valeur classique est de 0,35 µs.

20.2.4.3.3 Temps de transmission

20.2.4.3.3.1 Calcul du temps de transmission

Le temps de transmission est calculé comme la somme des éléments suivants:

- délai des répéteurs (voir 20.2.4.3.3.2)
- délai du canal de transmission (voir 20.2.4.3.3.3)

20.2.4.3.3.2 Délai des répéteurs

Le délai de répéteur est calculé par la Formule (102):

$$\text{délai de répéteur} = \text{délai de répéteur} * (\text{nombre de stations} - 2) \quad (102)$$

Le délai de répéteur est spécifié par le fabricant. Une valeur classique est de 0,7 µs.

20.2.4.3.3.3 Délai du canal de transmission

Le délai du canal de transmission est calculé par la Formule (103):

$$\text{délai du canal de transmission} = \text{longueur du canal de transmission (Km)} / 210\,000 \text{ (Km/s)} \quad (103)$$

20.2.4.3.4 Délai du récepteur

20.2.4.3.4.1 Calcul du délai du récepteur

Le délai du récepteur est calculé par la Formule (104):

$$\text{délai du récepteur} = \text{délai du récepteur} + \text{temps de transfert de mémoire tampon du récepteur} \quad (104)$$

Voir 20.2.4.3.4.2 pour le délai du récepteur et 20.2.4.3.4.3 pour le temps de transfert de mémoire tampon du récepteur.

20.2.4.3.4.2 Délai du récepteur

Le délai du récepteur est spécifié par le fabricant. Une valeur classique est de 0,35 µs.

20.2.4.3.4.3 Temps de transfert de mémoire tampon du récepteur

Le temps de transfert de mémoire tampon du récepteur est calculé par la Formule (105):

$$\text{temps de transfert de mémoire tampon du récepteur} = \text{taille de transfert de données cycliques} * \text{temps de transfert de mémoire tampon du récepteur (µs/octet)} \quad (105)$$

Le temps de transfert de mémoire tampon du récepteur est spécifié par le fabricant. Une valeur classique est de 0,01 µs/octet.

20.2.4.4 Nombre de stations d'extrémité

Le nombre maximal de stations d'extrémité est de 256. Cette valeur n'est influencée par aucun autre indicateur de performance.

20.2.4.5 Topologie de réseau de base

La topologie de réseau de base, en anneau, est établie.

20.2.4.6 Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité

Aucun commutateur n'est utilisé.

20.2.4.7 Débit RTE

Le débit RTE est calculé par la Formule (106):

$$\text{débit RTE} = \text{taille de transfert de données cycliques} * 8 / \text{temps de rotation du jeton} \quad (106)$$

Le temps de rotation du jeton est calculé par la Formule (107):

$$\text{temps de rotation du jeton} = (\text{délai de l'émetteur} + \text{délai du canal de transmission} + \text{délai du récepteur} + \text{temps de trame de jeton}) * \text{nombre de stations} \quad (107)$$

Le temps de trame de jeton est calculé par la Formule (108):

$$\text{temps de trame de jeton} = 64 * 8 / \text{vitesse de transmission} \quad (108)$$

20.2.4.8 Largeur de bande non RTE

La largeur de bande non RTE est influencée par le débit RTE. La relation indiquée dans la Formule (109), exprimée comme le rapport de deux vitesses (tous les termes sont en Mbit/s), décrit cette dépendance:

$$\text{largeur de bande non RTE} < (\text{vitesse de transmission} - \text{débit RTE} - \text{traitement de protocoles}) / \text{vitesse de transmission} \quad (109)$$

Le traitement de protocoles est calculé comme la somme des éléments suivants:

- traitement des données cycliques
- traitement des données acycliques

Le traitement des données cycliques est calculé par la Formule (110):

$$\text{traitement des données cycliques} = (44 * 8 / \text{temps de rotation du jeton}) * \text{nombre de trames de données cycliques} \quad (110)$$

Le traitement des données acycliques est calculé par la Formule (111):

$$\text{traitement des données acycliques} = (44 * 8 / \text{temps de rotation du jeton}) * \text{nombre de trames de données acycliques} \quad (111)$$

Le nombre de trames de données acycliques est calculé par la Formule (112):

$$\text{nombre de trames de données acycliques} = 1 + (\text{taille de transfert de données acycliques} / (1518 - 48)) \quad (112)$$

NOTE La valeur du nombre de trames de données acycliques, calculée avec la Formule (112) est tronquée pour obtenir un résultat entier.

20.2.4.9 Exactitude de la synchronisation temporelle

Vide.

20.2.4.10 Exactitude de synchronisation non périodique

Vide.

20.2.4.11 Temps de reprise de redondance

Le temps de reprise de redondance ne dépend d'aucun autre indicateur de performance. Le temps de reprise de redondance influence le temps de remise et le débit RTE. L'influence sur le temps de remise n'est pas paramétrique car le protocole de transmission ne comprend pas la procédure de retransmission, cependant, un événement de reprise de redondance présente une corrélation directe sur le débit RTE influencé par le changement du trajet de transmission.

20.2.4.12 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les systèmes d'automatisation volumineux

Le Tableau 240 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour un système d'automatisation volumineux.

Tableau 240 – CP 8/4: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (temps réel uniquement)

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	200 µs	Sans défaillance
Nombre de stations d'extrémité	120	Topologie en anneau
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	NA	–
Débit RTE	50 Moctets/s	–
Largeur de bande non RTE	0	Dans ce scénario, le trafic non RTE n'est pas configuré, bien que cela soit possible
Temps de reprise de redondance	<100 ms	–

Le Tableau 241 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour un système d'automatisation volumineux. L'intervalle des données non RTE est de 240 000 octets par durée de cycle.

Tableau 241 – CP 8/4: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (temps réel et non réel)

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	217 µs	Sans défaillance
Nombre de stations d'extrémité	120	Topologie en anneau
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	NA	–
Débit RTE	35 Moctets/s	–
Largeur de bande non RTE	48,4 %	Dans ce scénario, l'intervalle des données non RTE est de 240 000 octets par durée de cycle.
Temps de reprise de redondance	<100 ms	–

20.3 Profil 8/5

20.3.1 Couche physique

La couche physique de CP 8/5 est spécifiée dans l'ISO/CEI 8802-3.

20.3.2 Couche de liaison de données

La couche de liaison de données de CP 8/5 est spécifiée dans l'ISO/CEI 8802-3.

20.3.3 Couche d'application

20.3.3.1 Sélection de service AL

Les services de couche d'application sont définis dans la CEI 61158-5-23. Le Tableau 242 présente les paragraphes inclus dans ce profil.

Tableau 242 – CP 8/5: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	–
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	OUI	–
4	Concept	OUI	–
5	ASE de type de données	OUI	–
6	Spécification du modèle de communication	–	–
6.1	Modèle de communication	OUI	–
6.2	ASE	–	–
6.2.1	Présentation – type C	NON	–
6.2.2	Présentation – type F	OUI	–
6.2.3	ASE de données cycliques – type C	NON	–
6.2.4	ASE de données cycliques – type F	OUI	–
6.2.5	ASE de données acycliques – type C	NON	–
6.2.6	ASE de données acycliques – type F	OUI	–
6.2.7	ASE de gestion	OUI	–
6.2.8	ASE de synchronisation	OUI	–
6.2.9	ASE de mesure	OUI	–
6.3	AR – Type C	NON	–
6.4	AR – Type F	OUI	–

20.3.3.2 Sélection de protocole AL

Les protocoles de couche d'application sont définis dans la CEI 61158-6-23. Le Tableau 243 présente les paragraphes inclus dans ce profil.

Tableau 243 – CP 8/5: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	–
2	Références normatives	OUI	–
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	OUI	–
4	Description de la syntaxe FAL	–	–
4.1	FALPDU type C – syntaxe abstraite	NON	–
4.2	FALPDU type F – syntaxe abstraite	OUI	–
4.3	Affectation de données pour type C	NON	–
4.4	Affectation de données pour type F	OUI	–
5	Syntaxe de transfert FAL	–	–
5.1	Règles de codage	OUI	–
5.2	FALPDU type C – codage des éléments	NON	–
5.3	FALPDU type F – codage des éléments	OUI	–
6	Structure du diagramme d'états de protocole FAL	OUI	–
7	Machine de protocole de service FAL (FSPM)	–	–
7.1	Présentation	OUI	–
7.2	FSPM – type C	NON	–
7.3	FSPM – type F	OUI	–
8	Machine de protocole de relation d'application (ARPM)	–	–
8.1	ARPM – type C	NON	–
8.2	ARPM – type F	OUI	–
9	Machine de protocole de mapping DLL (DMPM)	–	–
9.1	DMPM – type C	NON	–
9.2	DMPM – type F	OUI	–

20.3.4 Sélection d'indicateur de performance

20.3.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 244 présente les indicateurs de performance CP 8/5.

Tableau 244 – CP 8/5: Présentation 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	OUI	–
Débit RTE	OUI	–
Largeur de bande non RTE	OUI	–
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	–
Exactitude de synchronisation non périodique	OUI	–
Temps de reprise de redondance	OUI	–

20.3.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

Le Tableau 245 spécifie les dépendances des indicateurs de performance (ligne) issues des indicateurs de performance d'influence (colonne).

Tableau 245 – CP 8/5: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence							
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Nombre de commutateurs entre les stations	Débit RTE	Largeur de bande non RTE	Exactitude de synchronisation non périodique	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui
Nombre de stations d'extrémité	Non		Non	Non	Non	Non	Non	Non
Topologie de réseau de base	Non	Non		Non	Non	Non	Non	Non
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Oui	Non	Oui		Oui	Non	Non	Non
Débit RTE	Oui	Oui	Non	Oui		Non	Non	Oui
Largeur de bande non RTE	Non	Non	Non	Non	Oui		Non	Non
Exactitude de synchronisation non périodique	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non		Oui
Temps de reprise de redondance	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	

20.3.4.3 Temps de remise

20.3.4.3.1 Calcul du temps de remise

Le temps de remise entre deux stations d'extrémité est calculé comme la somme des éléments suivants:

- délai de l'émetteur (voir 20.3.4.3.2)
- temps de transmission (voir 20.3.4.3.3)
- délai du récepteur (voir 20.3.4.3.4)

NOTE Sauf spécification contraire, les unités suivantes s'appliquent: toutes les unités de temps sont en microsecondes, toutes les vitesses sont en octets, et tous les débits sont en Mbit/s.

20.3.4.3.2 Délai de l'émetteur

20.3.4.3.2.1 Calcul du délai de l'émetteur

Le délai de l'émetteur est calculé comme la somme des éléments suivants:

- temps de transfert de mémoire tampon d'envoi (voir 20.3.4.3.2.2)
- temps de transmission de trame (voir 20.3.4.3.2.3)
- délai de transmission (voir 20.3.4.3.2.4)

20.3.4.3.2.2 Temps de transfert de mémoire tampon d'envoi

Le temps de transfert de mémoire tampon d'envoi est calculé comme le produit des éléments suivants:

- taille de transfert de données cycliques

- temps de transfert de mémoire tampon d'envoi ($\mu\text{s}/\text{octet}$)

Le temps de transfert de mémoire tampon d'envoi est spécifié par le fabricant. Une valeur classique est de $0,05 \mu\text{s}/\text{octet}$.

20.3.4.3.2.3 Temps de transmission de trame

Le temps de transmission de trame est calculé comme la somme des éléments suivants:

- temps de transfert de données cycliques
- temps de transfert d'en-tête de données cycliques
- temps inter-frames
- temps de préambule
- temps de trame de jeton
- temps de trame «my status»

Le temps de transfert de données cycliques est calculé par la Formule (113):

$$\text{temps de transfert de données cycliques} = \text{taille de transfert de données cycliques} * 8 / \text{vitesse de transmission} \quad (113)$$

La vitesse de transmission est spécifiée par le fabricant. Une valeur classique est de $1\,000 \text{ Mbit/s}$.

Le temps de transfert d'en-tête de données cycliques est calculé par la Formule (114):

$$\text{temps de transfert d'en-tête de données cycliques} = 40 * \text{nombre de trames de données cycliques} * 8 / \text{vitesse de transmission} \quad (114)$$

Le nombre de trames de données cycliques est calculé par la Formule (115):

$$\text{nombre de trames de données cycliques} = 1 + (\text{taille de transfert de données cycliques} / (1518 - 40)) \quad (115)$$

NOTE Dans la Formule (115), la valeur calculée est tronquée pour obtenir un résultat entier

Le temps inter-frames est calculé par la Formule (116):

$$\text{temps inter-frames} = 12 * (\text{nombre de trames de données cycliques} + 1) * 8 / \text{vitesse de transmission} \quad (116)$$

Le temps de préambule est calculé par la Formule (117):

$$\text{temps de préambule} = 8 * (\text{nombre de trames de données cycliques} + 2) * 8 / \text{vitesse de transmission} \quad (117)$$

Le temps de trame de jeton est calculé par la Formule (118):

$$\text{temps de trame de jeton} = 64 * 8 / \text{vitesse de transmission} \quad (118)$$

Le temps de trame «my status» est calculé par la Formule (119):

$$\text{temps de trame «my status»} = 64 * 8 / \text{vitesse de transmission} \quad (119)$$

20.3.4.3.2.4 Délai de transmission

Le délai de transmission est spécifié par le fabricant. Une valeur classique est de $0,165 \mu\text{s}$.

20.3.4.3.3 Temps de transmission

20.3.4.3.3.1 Calcul du temps de transmission

Le temps de transmission est calculé comme la somme des éléments suivants:

- délai des répéteurs (voir 20.3.4.3.3.2)
- délai du canal de transmission (voir 20.3.4.3.3.3)
- délai des commutateurs (voir 20.3.4.3.3.4)

20.3.4.3.3.2 Délai des répéteurs

Le délai des répéteurs est calculé par la Formule (120):

$$\text{délai des répéteurs} = \text{délai de répéteur} * (\text{nombre de stations} - 2) \quad (120)$$

Le délai des répéteurs est spécifié par le fabricant. Une valeur classique est de 0,99 µs.

20.3.4.3.3.3 Délai du canal de transmission

Le délai du canal de transmission est calculé par la Formule (121):

$$\text{délai du canal de transmission} = \text{longueur du canal de transmission (Km)} / 210\,000 \text{ (Km/s)} \quad (121)$$

20.3.4.3.3.4 Délai des commutateurs

Le délai des commutateurs est calculé par la Formule (122):

$$\text{délai des commutateurs} = \text{délai de commutation} * \text{nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité} \quad (122)$$

Le délai des commutateurs est spécifié par le fabricant. Une valeur classique est de 8,0 µs.

20.3.4.3.4 Délai du récepteur

20.3.4.3.4.1 Calcul du délai du récepteur

Le délai du récepteur est calculé comme la somme des éléments suivants:

- délai du récepteur (voir 20.3.4.3.4.2)
- temps du récepteur de trame (voir 20.3.4.3.4.3)
- temps de transfert de mémoire tampon du récepteur (voir 20.3.4.3.4.4)

20.3.4.3.4.2 Délai du récepteur

Le délai du récepteur est spécifié par le fabricant. Une valeur classique est de 0,165 µs.

20.3.4.3.4.3 Temps du récepteur de trame

Le temps du récepteur de trame est égal au temps de transmission de trame.

20.3.4.3.4.4 Temps de transfert de mémoire tampon du récepteur

Le temps de transfert de mémoire tampon du récepteur est calculé par la Formule (123):

$$\frac{\text{temps de transfert de mémoire tampon du récepteur}}{\text{temps de transfert de mémoire tampon du récepteur } (\mu\text{s/octet})} = \text{taille de transfert de données cycliques} * \quad (123)$$

Le temps de transfert de mémoire tampon du récepteur est spécifié par le fabricant. Une valeur classique est de 0,05 $\mu\text{s/octet}$.

20.3.4.4 Nombre de stations d'extrémité

Le nombre maximal de stations d'extrémité est de 121. Cette valeur n'est influencée par aucun autre indicateur de performance.

20.3.4.5 Topologie de réseau de base

La topologie de réseau de base se présente sous forme linéaire, en étoile ou en anneau selon l'application de temps de remise.

20.3.4.6 Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité

Le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité doit être optimisé à une valeur minimale afin que le temps de remise réponde aux contraintes d'application.

20.3.4.7 Débit RTE

Le débit RTE est calculé par la Formule (124):

$$\text{débit RTE} = \text{taille de transfert de données cycliques} * 8 / \text{temps d'analyse de liaison} \quad (124)$$

Le temps d'analyse de liaison est spécifié par le fabricant.

20.3.4.8 Largeur de bande non RTE

La largeur de bande non RTE est influencée par le débit RTE. La relation de la Formule (125), exprimée comme le rapport de deux vitesses (tous les termes sont en Mbit/s), décrit cette dépendance:

$$\text{largeur de bande non RTE} < (\text{vitesse de transmission} - \text{débit RTE} - \text{traitement des données acycliques}) / \text{vitesse de transmission} \quad (125)$$

Le traitement des données acycliques est calculé par la Formule (126):

$$\text{traitement des données acycliques} = (44 * 8 / \text{temps d'analyse de liaison}) * \text{nombre de trames de données acycliques} \quad (126)$$

Le nombre de trames de données acycliques est calculé par la Formule (127):

$$\text{nombre de trames de données acycliques} = 1 + (\text{taille de transfert de données acycliques} / (1518 - 44)) \quad (127)$$

NOTE Dans la Formule (127), la valeur calculée est tronquée pour obtenir un résultat entier.

20.3.4.9 Exactitude de la synchronisation temporelle

Vide.

20.3.4.10 Exactitude de synchronisation non périodique

L'exactitude de synchronisation dépend du temps de remise, du nombre de stations d'extrémité, de la topologie de réseau de base, du nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité et du temps de reprise de redondance.

20.3.4.11 Temps de reprise de redondance

Le temps de reprise de redondance dépend du temps de remise, du nombre de stations d'extrémité, de la topologie de réseau de base et du nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité. Le temps de reprise de redondance influence le temps de remise, l'exactitude de synchronisation non périodique et le débit RTE. L'influence sur le temps de remise n'est pas paramétrique car le protocole de transmission ne comprend pas la procédure de retransmission, cependant, un événement de reprise de redondance présente une corrélation directe sur le débit RTE et l'exactitude de synchronisation non périodique influencés par le changement du trajet de transmission.

20.3.4.12 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les systèmes d'automatisation volumineux

Le Tableau 246 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour un système d'automatisation volumineux.

Tableau 246 – CP 8/5: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (temps réel uniquement)

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	118 µs	Sans défaillance
Nombre de stations d'extrémité	120	Topologie linéaire
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	0	–
Débit RTE	72 Moctets/s	–
Largeur de bande non RTE	0	Dans ce scénario, le trafic non RTE n'est pas configuré, bien que cela soit possible
Exactitude de synchronisation non périodique	<1 µs	–
Temps de reprise de redondance	<8 ms	–

Le Tableau 247 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour un système d'automatisation volumineux. L'intervalle des données non RTE est de 8 Koctets par durée de cycle.

Tableau 247 – CP 8/5: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (temps réel et non réel)

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	225 µs	Sans défaillance
Nombre de stations d'extrémité	120	Topologie linéaire
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	0	–
Débit RTE	12 Moctets/s	–
Largeur de bande non RTE	20 %	Dans ce scénario, l'intervalle des données non RTE est de 8 Koctets par durée de cycle.
Exactitude de synchronisation non périodique	<1 µs	–
Temps de reprise de redondance	<8 ms	–

Annexe A (informative)

Calcul de l'indicateur de performance

A.1 CPF 2 (CIP) – Calcul de l'indicateur de performance

A.1.1 Profil 2/2 EtherNet/IP

A.1.1.1 Temps de remise

Dans les formules présentées en 7.2.4.2.2, les valeurs minimale et maximale de temps de remise peuvent être calculées en fonction des hypothèses ci-dessous:

- $SD_s = SD_r = 50 \mu s$;
- Taille APDU = 32 octets;
- Traitement de protocoles CP 2/2 (PO) = 84 octets;
- Vitesse de transmission des données de liaison (LDR) = 100 Mbit/s;
- Tous les segments de câble sont de même longueur et de même type;
- Délai de propagation du câble (PD) = 5 ns/m;
- Longueur du câble (CL) = 100 m;
- Délai de traitement du commutateur (SPD) = 10 μs ;
- Nombre minimal de commutateurs (n_{min}) = 1;
- Nombre maximal de commutateurs (n_{max}) = 1 024;
- La file d'attente de transmission en face de ce paquet ne contient aucun paquet RTE;
- Pas d'erreur de transmission.

$$T_{x\_packet} = \frac{(APDUsize + PO) \times 8}{LDR} = \frac{(32 + 84) \times 8}{1 \times 10^5} = 9,3 \mu s$$

$$CD_i = PD_i \times CL_i = 500 ns = 0,5 \mu s$$

$$SL_k = SPD_k + T_{x\_packet} = 19,3 \mu s$$

$$DT_{min} = 50 + 9,3 + 2 \times 0,5 + 19,3 + 50 = 129,6 \mu s \approx 130 \mu s$$

$$DT_{max} = 50 + 9,3 + 1024 \times 0,5 + 1024 \times 19,3 + 50 = 20\,384,5 \mu s \approx 20,4 ms$$

A.1.1.2 Débit RTE

Le débit RTE théorique maximal est calculé sur la base des hypothèses ci-dessous:

- tous les APDU sont de même taille;
- Taille APDU = 32 octets;
- Traitement de protocoles CP 2/2 (PO) = 84 octets;
- Vitesse de transmission des données de liaison (LDR) = 100 Mbit/s.

$$T_{x\_packet} = \frac{(APDUsize + PO) \times 8}{LDR} = \frac{(32 + 84) \times 8}{1 \times 10^5} = 9,3 \mu s$$

$$EN\_PR\_MAX = \frac{1}{T_{x\_packet}} = \frac{1}{9,3 \times 10^{-6}} \approx 107\,500 \text{ pps}$$

$$Throughput\_RTE_{\max\_theoretical} = 32 \times 107\,500 = 3,44 \times 10^6 \text{ octets/s}$$

A.1.2 Profil 2/2.1 EtherNet/IP avec synchronisation temporelle

A.1.2.1 Temps de remise

Dans les formules présentées en 7.2.4.2.2, les valeurs minimale et maximale de temps de remise peuvent être calculées en fonction des hypothèses ci-dessous:

- $SD_s = SD_r = 50 \text{ } \mu\text{s}$;
- Taille APDU = 32 octets;
- Traitement de protocoles CP 2/2 (PO) = 84 octets;
- Vitesse de transmission des données de liaison (LDR) = 100 Mbit/s;
- Tous les segments de câble sont de même longueur et de même type;
- Délai de propagation du câble (PD) = 5 ns/m;
- Longueur du câble (CL) = 100 m;
- Délai de traitement du commutateur (SPD) = 10 μs ;
- Nombre minimal de commutateurs ($n_{\min}$) = 1;
- Nombre maximal de commutateurs ($n_{\max}$) = 4;
- La file d'attente de transmission en face de ce paquet ne contient aucun paquet RTE;
- Pas d'erreur de transmission.

$$T_{x\_packet} = \frac{(APDUsize + PO) \times 8}{LDR} = \frac{(32 + 84) \times 8}{1 \times 10^5} = 9,3 \text{ } \mu\text{s}$$

$$CD_i = PD_i \times CL_i = 500 \text{ ns} = 0,5 \text{ } \mu\text{s}$$

$$SL_k = SPD_k + T_{x\_packet} = 19,3 \text{ } \mu\text{s}$$

$$DT_{\min} = 50 + 9,3 + 2 \times 0,5 + 19,3 + 50 = 129,6 \text{ } \mu\text{s} \approx 130 \text{ } \mu\text{s}$$

$$DT_{\max} = 50 + 9,3 + 4 \times 0,5 + 4 \times 19,3 + 50 = 188,5 \text{ } \mu\text{s} \approx 190 \text{ } \mu\text{s}$$

A.1.2.2 Nombre maximal de stations d'extrémité

Actuellement, le nombre maximal d'accès dans un commutateur à horloge «boundary clock» est de 24. Le nombre maximal de nœuds dans un réseau en étoile à 2 couches doté de 4 commutateurs, $N_{\max}$, est de:

$$N_{\max} = (24 - 3) + [3 \times (24 - 1)] = 90$$

A.2 CPF 3 – PROFINET – Calcul de l'indicateur de performance

A.2.1 Scénario d'application

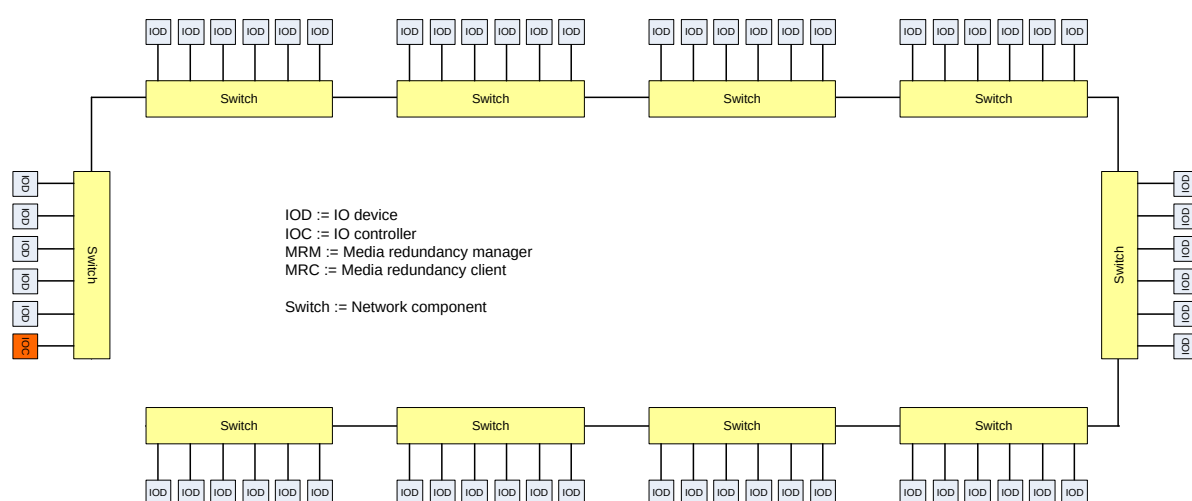
Le scénario d'application pour l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance a été choisi pour une configuration classique d'automatisation des usines. En général, le nombre de nœuds est uniquement limité par le temps de remise.

A.2.2 Exemples structuraux utilisés pour le calcul

A.2.2.1 CP 3/4

A.2.2.1.1 Structure linéaire

Pour réduire le volume de câblage, une structure linéaire est sélectionnée. La Figure A.1 illustre une structure de 60 nœuds.



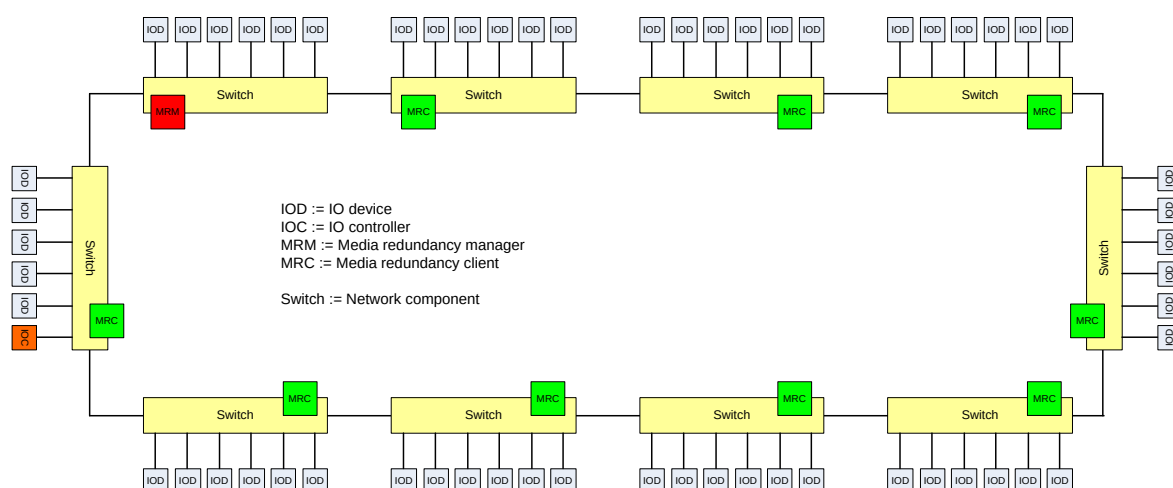
Légende

Anglais	Français
Switch	Commutateur
IO device	Appareil E/S
IO controller	Contrôleur E/S
Media redundancy manager	Gestionnaire de redondance de support
Media redundancy client	Client de redondance de support
Network component	Composant de réseau

Figure A.1 – CP 3/4: Exemple de structure linéaire

A.2.2.1.2 Structure en anneau

Pour réduire le volume de câblage, une structure linéaire est sélectionnée. Pour augmenter la disponibilité, une structure en anneau de redondance de support composée de 60 nœuds est illustrée à la Figure A.2. Dans ce cas, la redondance de support est fonction des commutateurs utilisés.



Légende

Anglais	Français
Switch	Commutateur
IO device	Appareil E/S
IO controller	Contrôleur E/S
Media redundancy manager	Gestionnaire de redondance de support
Media redundancy client	Client de redondance de support
Network component	Composant de réseau

Figure A.2 – CP 3/4: Exemple de structure en anneau

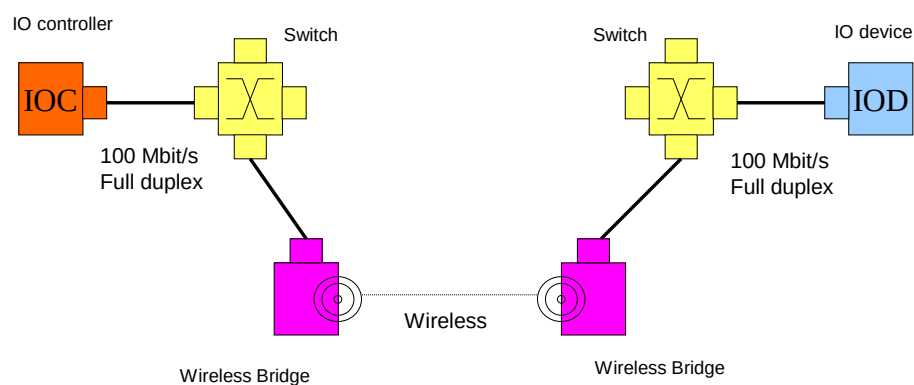
A.2.2.1.3 Structure en arborescence ou en étoile

La structure en arborescence ou en étoile offre la possibilité de mettre hors circuit un plus grand nombre de parties de la machine. Elles impliquent un volume de câblage plus important.

A.2.2.1.4 Structure sans fil

A.2.2.1.4.1 Pont sans fil

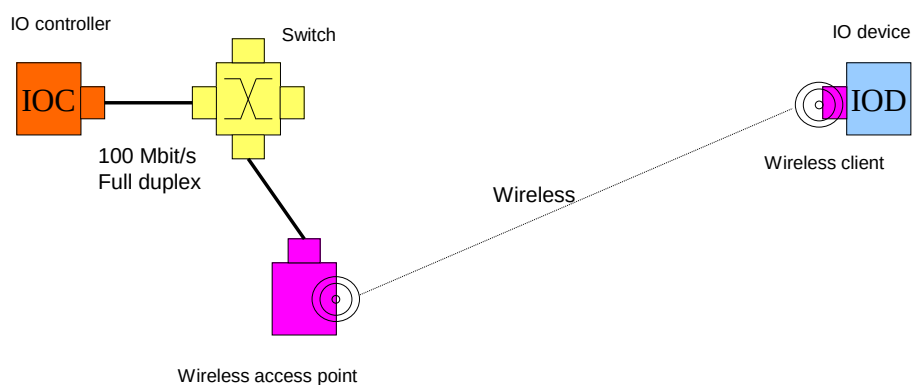
Un exemple de topologie sans fil est présenté à la Figure A.3. Le pont sans fil (2 points d'accès ou 1 point d'accès et 1 client) permet de connecter deux segments de réseau filaire.

**Légende**

Anglais	Français
Switch	Commutateur
IO device	Appareil E/S
IO controller	Contrôleur E/S
Full duplex	Bidirectionnel simultané
Wireless	Sans fil
Wireless bridge	Pont sans fil

Figure A.3 – CP 3/4: Exemple de segment sans fil**A.2.2.1.4.2 Client sans fil**

Un exemple de topologie sans fil est présenté à la Figure A.4. L'appareil d'entrée-sortie utilise son client sans fil intégré pour se connecter au contrôleur d'entrée-sortie par l'intermédiaire des points d'accès sans fil.



Légende

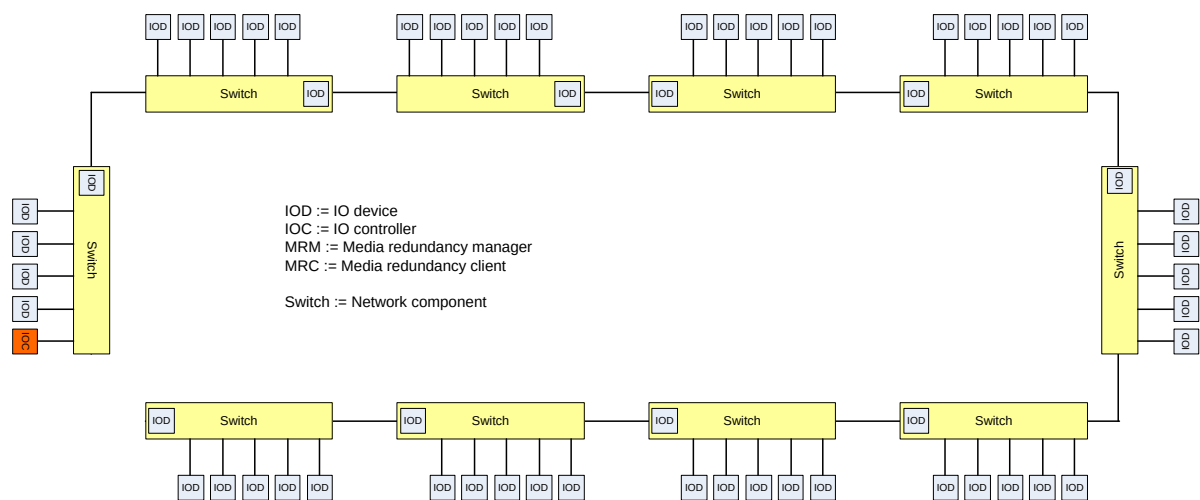
Anglais	Français
Switch	Commutateur
IO device	Appareil E/S
IO controller	Contrôleur E/S
Full duplex	Bidirectionnel simultané
Wireless	Sans fil
Wireless client	Client sans fil
Wireless access point	Point d'accès sans fil

Figure A.4 – CP 3/4: Exemple de client sans fil intégré

A.2.2.2 CP 3/5

A.2.2.2.1 Structure linéaire

Pour réduire le volume de câblage, une structure linéaire est sélectionnée. La Figure A.5 illustre une structure de 60 nœuds.



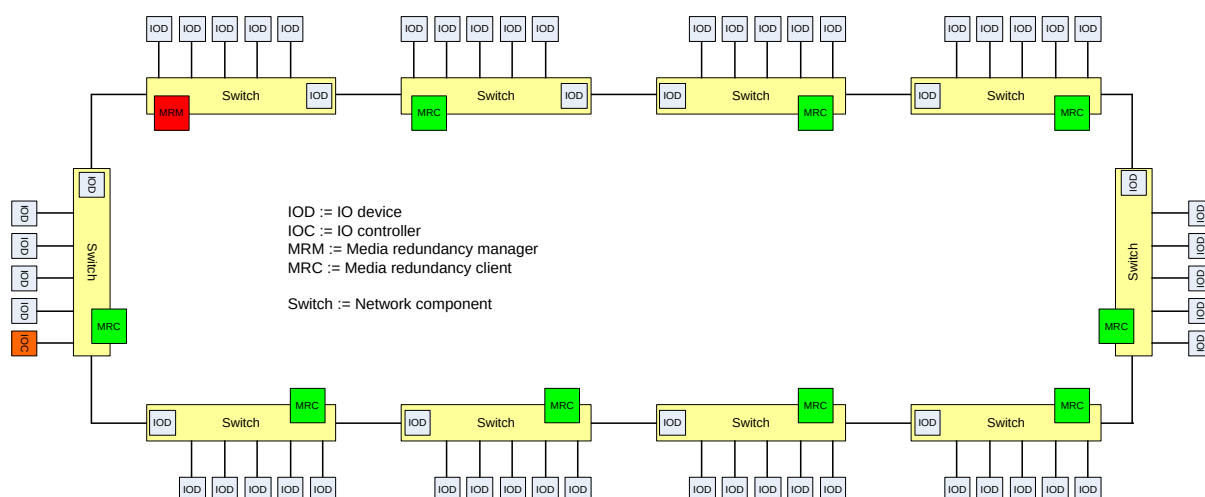
Légende

Anglais	Français
Switch	Commutateur
IO device	Appareil E/S
IO controller	Contrôleur E/S
Media redundancy manager	Gestionnaire de redondance de support
Media redundancy client	Client de redondance de support
Network component	Composant de réseau

Figure A.5 – CP 3/5: Exemple de structure linéaire

A.2.2.2.2 Structure en anneau

Pour réduire le volume de câblage, une structure linéaire est sélectionnée. Pour augmenter la disponibilité, une structure en anneau de redondance de support composée de 60 nœuds est illustrée à la Figure A.6. La structure en anneau illustrée à la Figure A.6 offre la possibilité d'utiliser une redondance de support sans mémoire annexe.



Légende

Anglais	Français
Switch	Commutateur
IO device	Appareil E/S
IO controller	Contrôleur E/S
Media redundancy manager	Gestionnaire de redondance de support
Media redundancy client	Client de redondance de support
Network component	Composant de réseau

Figure A.6 – CP 3/5: Exemple de structure en anneau

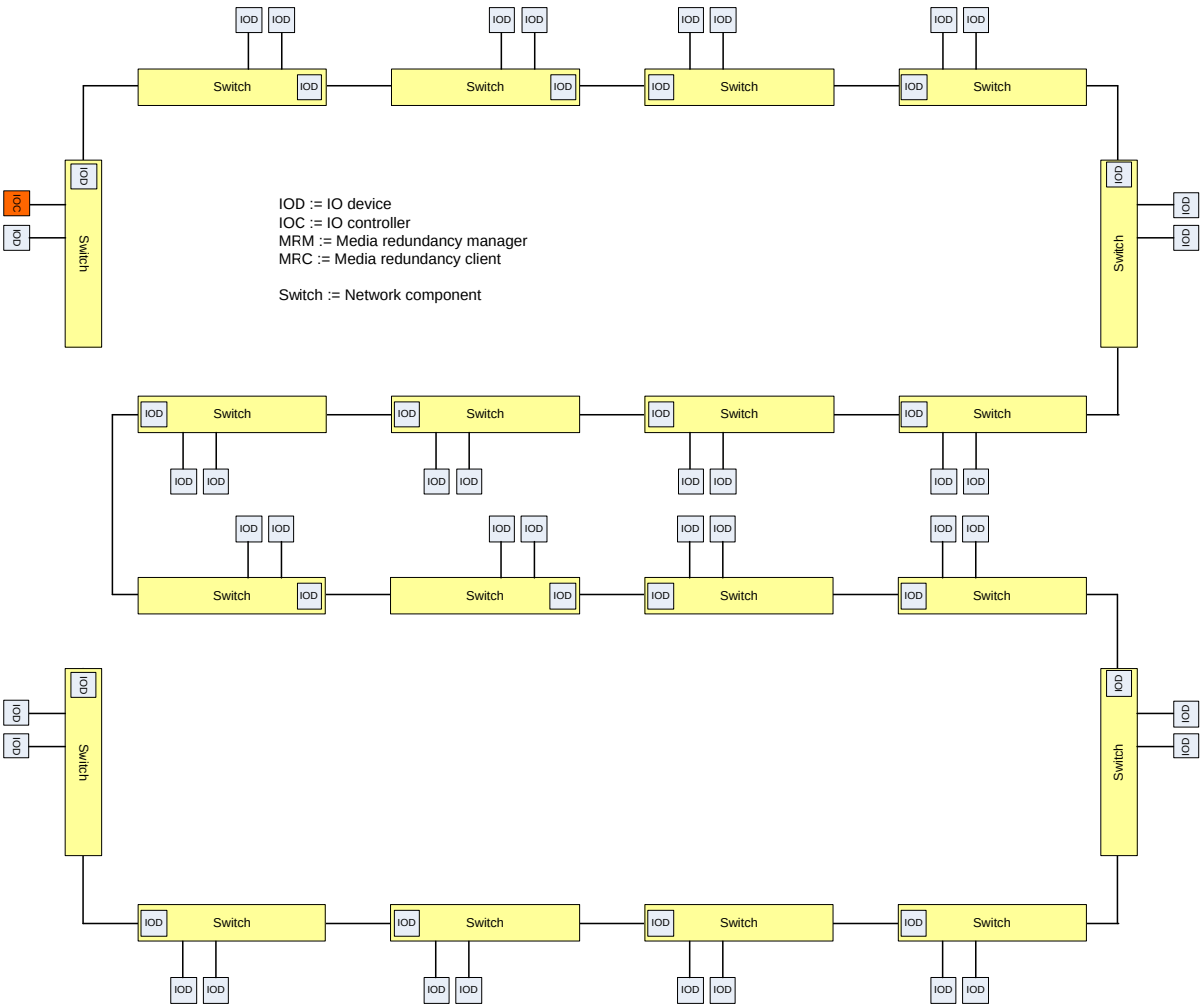
A.2.2.2.3 Structure en arborescence ou en étoile

Voir A.2.2.1.3.

A.2.2.3 CP 3/6

A.2.2.3.1 Structure linéaire

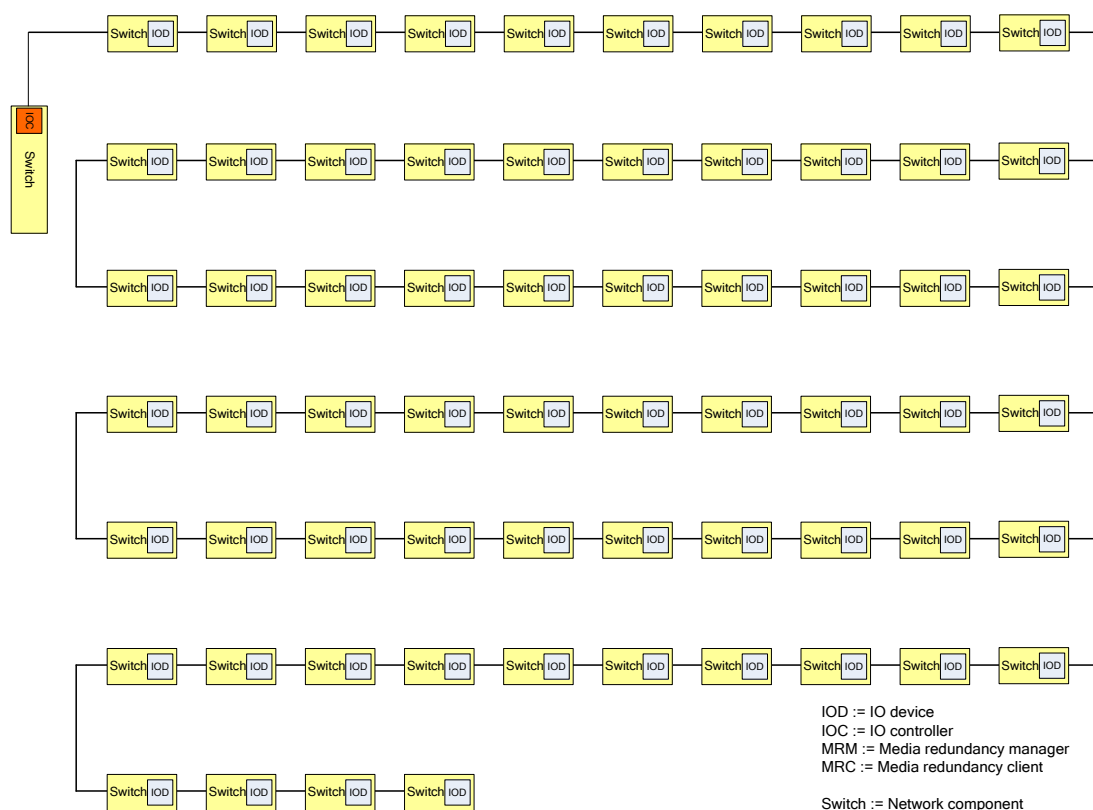
Pour réduire le volume de câblage, une structure linéaire est sélectionnée. La Figure A.7 illustre une structure de 60 nœuds.



Légende	
Anglais	Français
Switch	Commutateur
IO device	Appareil E/S
IO controller	Contrôleur E/S
Media redundancy manager	Gestionnaire de redondance de support
Media redundancy client	Client de redondance de support
Network component	Composant de réseau

Figure A.7 – CP 3/6: Exemple de structure linéaire

La Figure A.8 illustre une structure linéaire de 64 nœuds.



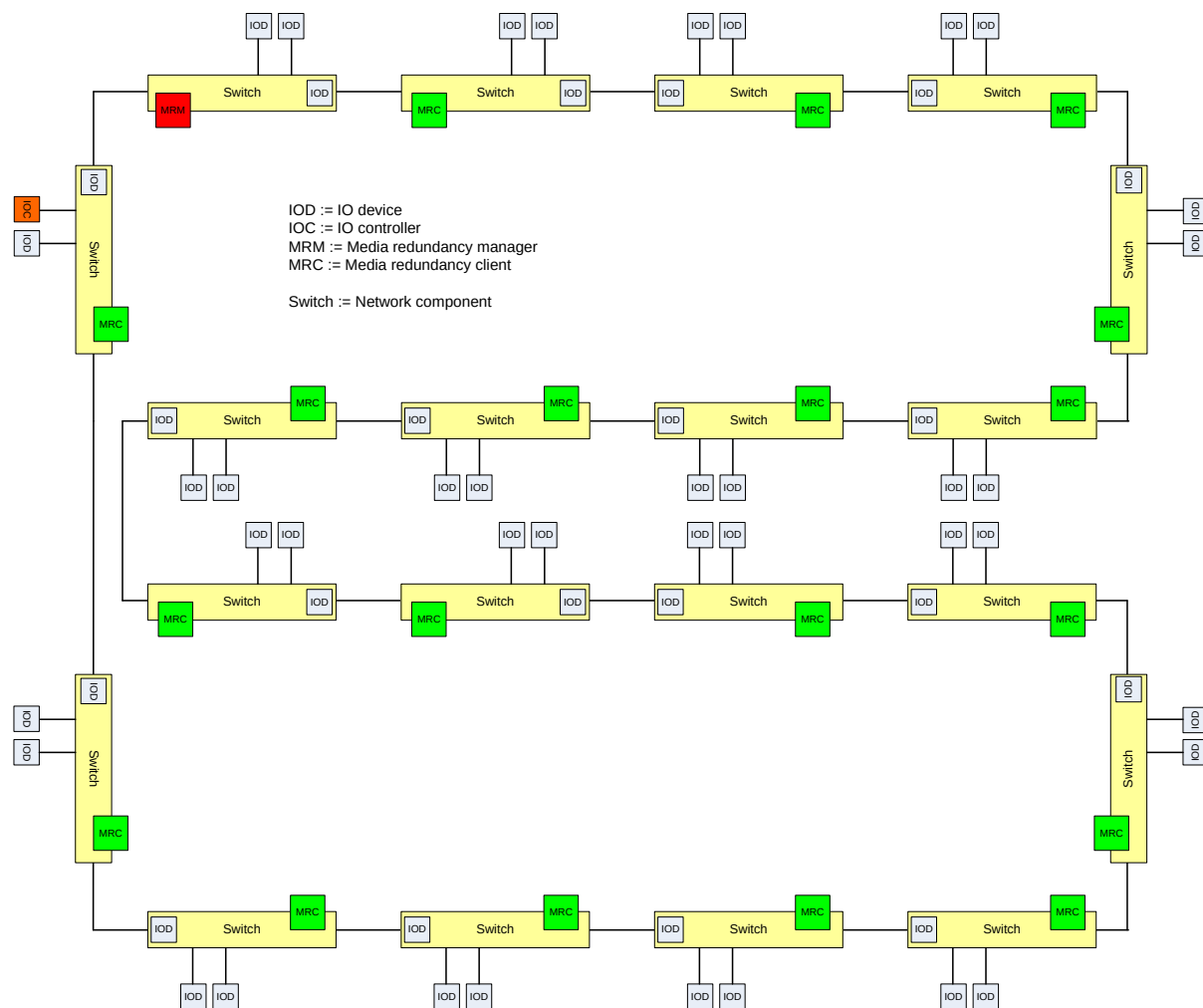
Légende

Anglais	Français
Switch	Commutateur
IO device	Appareil E/S
IO controller	Contrôleur E/S
Media redundancy manager	Gestionnaire de redondance de support
Media redundancy client	Client de redondance de support
Network component	Composant de réseau

Figure A.8 – CP 3/6: Exemple de structure linéaire

A.2.2.3.2 Structure en anneau

Pour réduire le volume de câblage, une structure linéaire est sélectionnée. Pour augmenter la disponibilité, une structure en anneau de redondance de support composée de 60 nœuds est illustrée à la Figure A.9. La structure présentée à la Figure A.9 illustre la possibilité d'utiliser une redondance de support sans mémoire annexe.



Légende

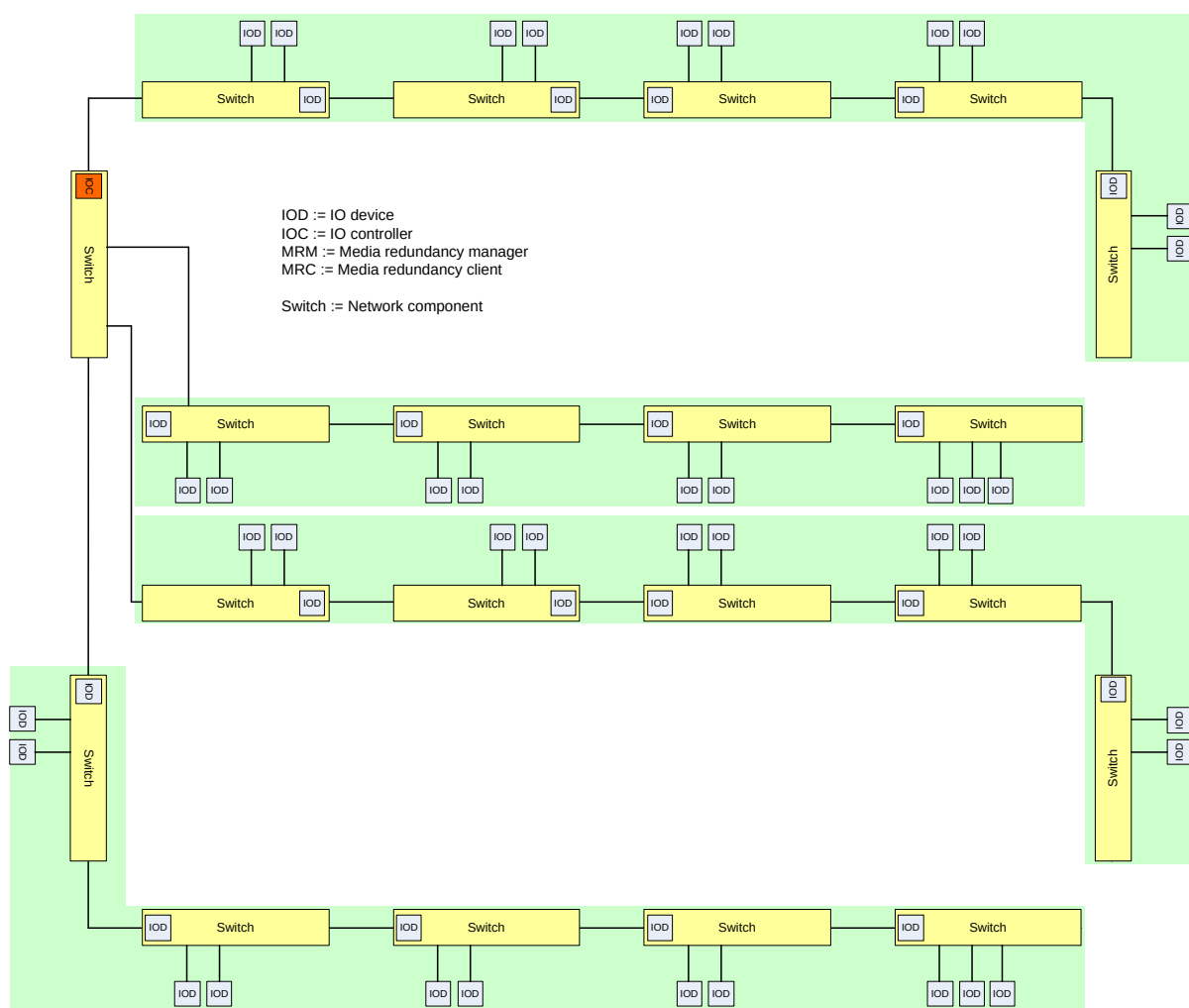
Anglais	Français
Switch	Commutateur
IO device	Appareil E/S
IO controller	Contrôleur E/S
Media redundancy manager	Gestionnaire de redondance de support
Media redundancy client	Client de redondance de support
Network component	Composant de réseau

Figure A.9 – CP 3/6: Exemple de structure en anneau

A.2.2.3.3 Structure en arborescence ou en étoile

La structure en arborescence ou en étoile offre la possibilité de mettre hors circuit un plus grand nombre de parties de la machine. Elles impliquent un volume de câblage plus important. La Figure A.10 illustre cette structure avec des composants de réseau intégré pour 60 nœuds. Cette structure offre la possibilité d'utiliser une largeur de bande plus importante afin d'assurer la communication entre le contrôleur d'entrée-sortie et l'appareil d'entrée-sortie. Chaque bande (présentée en VERT à la Figure A.10) peut utiliser la totalité de la largeur de bande du port connecté du contrôleur d'entrée-sortie. Elle peut également être désactivée sans gêner les autres branches.

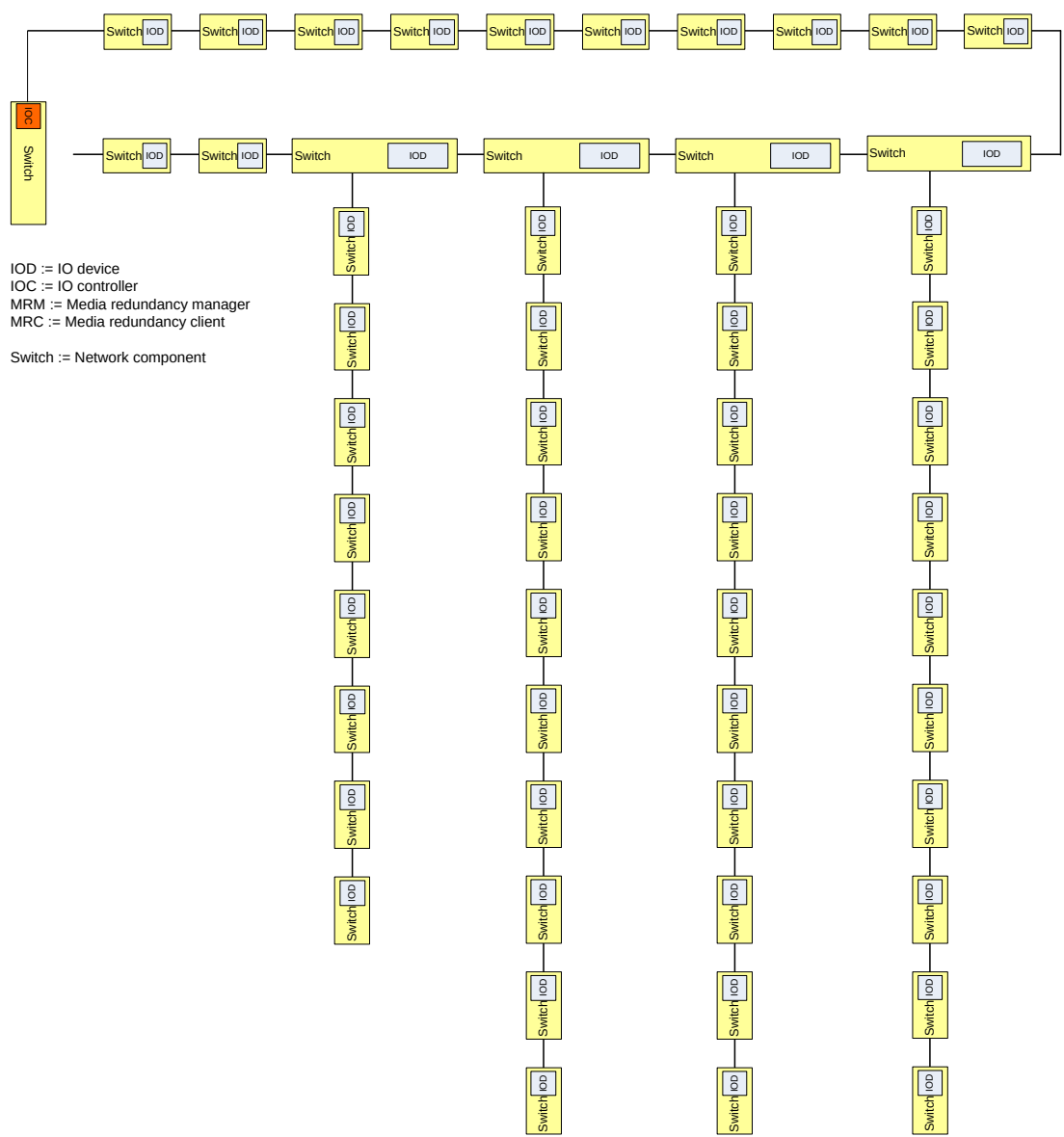
La Figure A.11 illustre une structure en peigne de 64 nœuds. La Figure A.12 illustre une structure en peigne de plus de 64 nœuds.



Légende

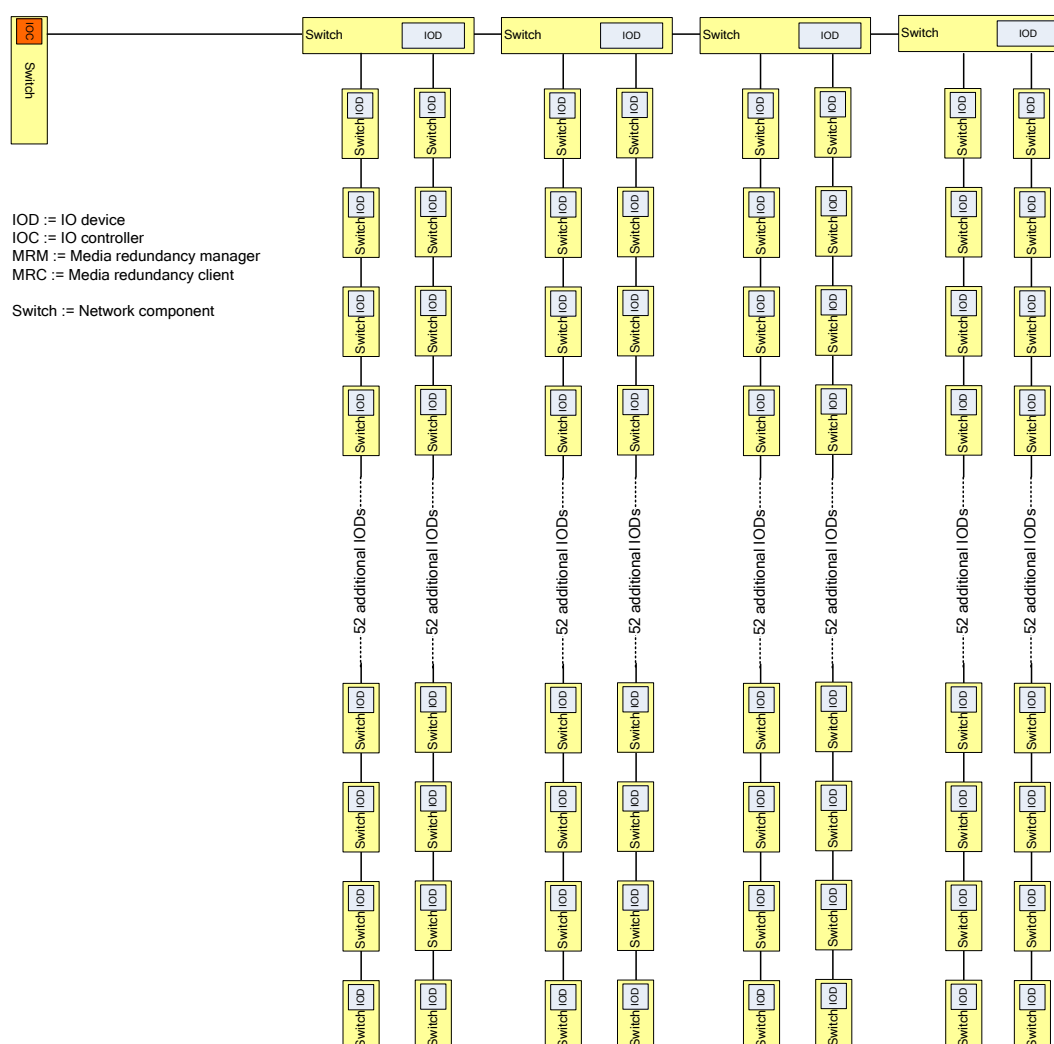
Anglais	Français
Switch	Commutateur
IO device	Appareil E/S
IO controller	Contrôleur E/S
Media redundancy manager	Gestionnaire de redondance de support
Media redundancy client	Client de redondance de support
Network component	Composant de réseau

Figure A.10 – CP 3/6: Exemple de structure en arborescence



Légende	
Anglais	Français
Switch	Commutateur
IO device	Appareil E/S
IO controller	Contrôleur E/S
Media redundancy manager	Gestionnaire de redondance de support
Media redundancy client	Client de redondance de support
Network component	Composant de réseau

Figure A.11 – CP 3/6: Exemple de structure en peigne



Légende

Anglais	Français
Switch	Commutateur
IO device	Appareil E/S
IO controller	Contrôleur E/S
Media redundancy manager	Gestionnaire de redondance de support
Media redundancy client	Client de redondance de support
Network component	Composant de réseau
52 additional IODs	52 IOD (appareil E/S) supplémentaires

Figure A.12 – CP 3/6: Exemple de structure en peigne (facultatif)

A.2.3 Principes de calcul

A.2.3.1 Généralités

Pour Ethernet, un commutateur est l'épine dorsale de l'infrastructure de communication. Ses aptitudes et le temps transversal de la pile sont les éléments essentiels du calcul du temps de remise.

A.2.3.2 Temps transversal de la pile

Le temps transversal de la pile (STT) peut être réduit au moyen d'un matériel d'accès mémoire.

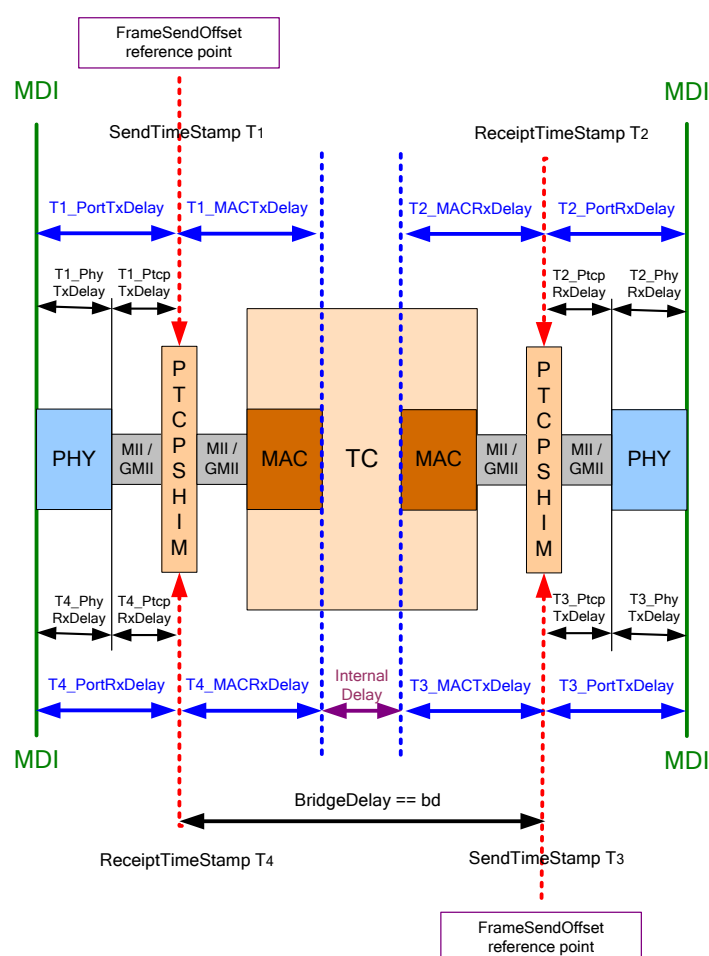
A.2.3.3 Structure de commutation

A.2.3.3.1 Généralités

Les aptitudes d'un commutateur, et plus particulièrement le délai de pontage (bd) et la quantité de mémoire tampon de trame, peuvent être approfondies.

A.2.3.3.2 Délai de pontage

Le délai de pontage est présenté comme étant la durée de transmission d'une trame entre deux accès, conformément à la Figure A.13.



Légende

Anglais	Français
... reference point	Point de référence ...

Figure A.13 – Définition du délai de pontage

Il existe au moins deux manières de commuter une trame. L'enregistrement et la retransmission offrent une vitesse limitée, car l'ensemble de la trame est reçu sur un seul port avant d'être transmis vers un autre. La transmission à la volée (CT – cut through) offre les meilleures performances en matière de vitesse, car seule une petite partie de la trame est reçue avant d'être transmise vers un autre port.

Enregistrement et retransmission

Pour 100 Mbit/s, la transmission d'une trame maximale dure environ 125 μ s. Cela signifie que le délai de propagation d'une ligne dépend du nombre de commutateurs multiplié par la taille de la trame.

A la volée (CT)

Dès la réception de 64 octets, la transmission vers un autre port commence. Cela signifie que le délai de propagation d'une ligne dépend du nombre de commutateurs, qui n'est pas multiplié par la taille de la trame.

Délai interne

Le calcul du port de destination dans la base de données de filtrage et le transfert du flux de données prennent du temps.

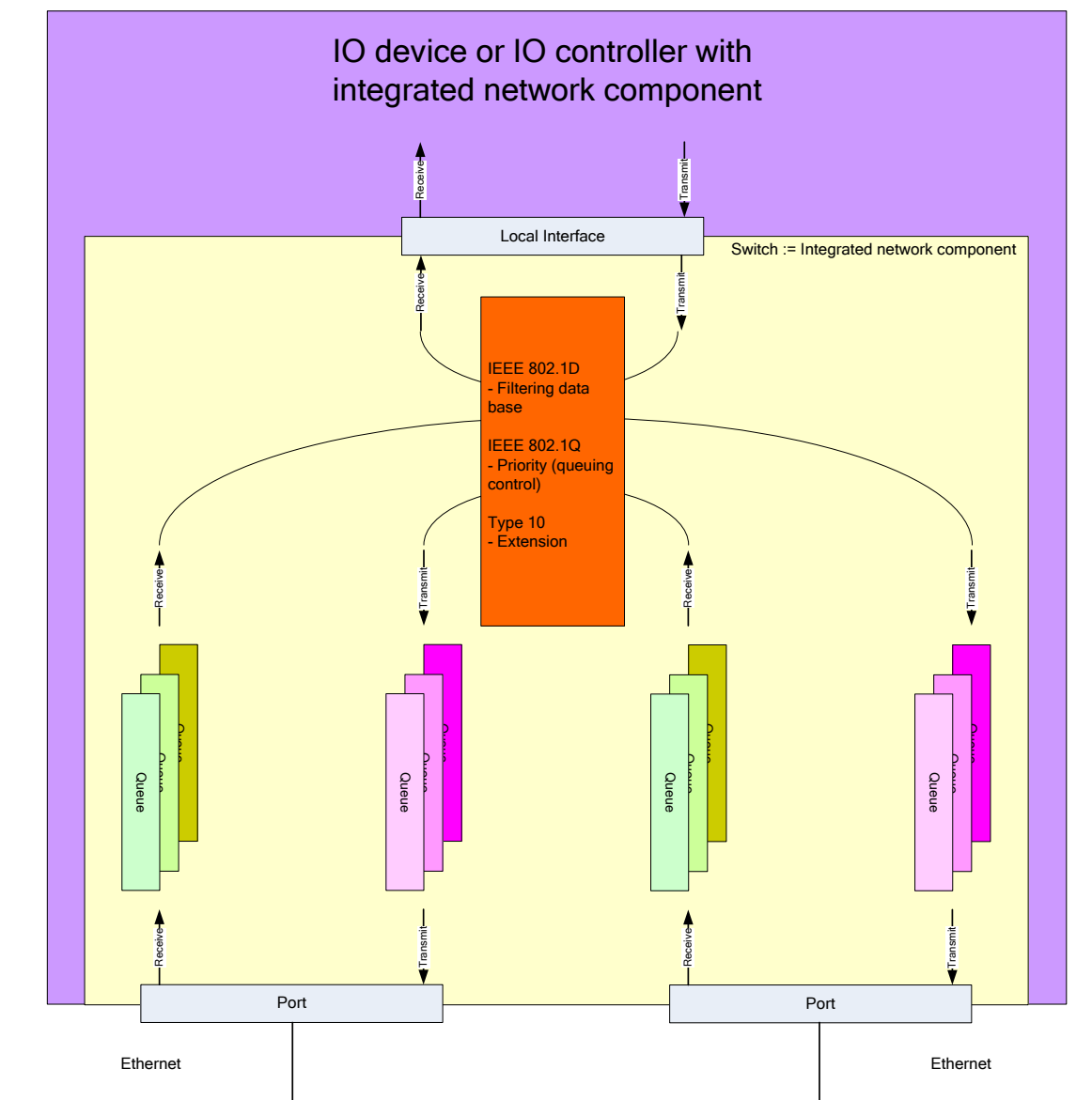
A.2.3.3.3 Délai PHY

Le délai de réception et de transmission de la PHY est spécifié comme étant la durée de transmission des données conformément à la Figure A.13.

NOTE Ces délais semblent être marginaux. Cependant, la valeur est multipliée par le « nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité RTE ».

A.2.3.3.4 Fils d'attente de trame

La matrice de commutation est conçue pour traiter les flux de données. Ces flux sont gérés par la base de données de filtrage. En théorie, les ressources sont toujours suffisantes pour placer les trames dans la mémoire tampon en cas d'encombrement. Dans les réseaux réels, le trafic dépend de la structure et des nœuds d'extrémité connectés. La Figure A.14 illustre la structure d'un commutateur intégré à un appareil d'entrée-sortie ou un contrôleur d'entrée-sortie.

**Légende**

Anglais	Français
IO device or IO controller with integrated network component	Appareil E/S ou contrôleur E/S avec composant de réseau intégré
Local interface	Interface locale
Switch = integrated network component	Commutateur = composant de réseau intégré
Receive	Réception
Transmit	Emission
Filtering data base	Base de données de filtrage
Priority (queuing control)	Priorité (contrôle de file d'attente)
Queue	File d'attente
Port	Accès
Ethernet	Ethernet

Figure A.14 – Exemple de structure de commutation

Tous les calculs sont réalisés en supposant que

- le volume de mémoire tampon des commutateurs utilisés est toujours suffisant, et que
- la fonction de contrôle de file d'attente de priorité est disponible.

A.3 CPF 4/3 P-NET on IP – Calcul de l'indicateur de performance

A.3.1 Scénario d'application

Le scénario d'application pour l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance a été choisi pour une configuration classique d'automatisation des usines. En règle générale, l'ensemble de l'application contient plus de nœuds que ne l'illustre la Figure A.15, à la fois pour le contrôle et le traitement des entrées-sorties. Ces nœuds sont connectés directement aux nœuds RTE ou le sont par l'intermédiaire d'un réseau P-NET. Seuls les nœuds RTE sont présentés à la Figure A.15.

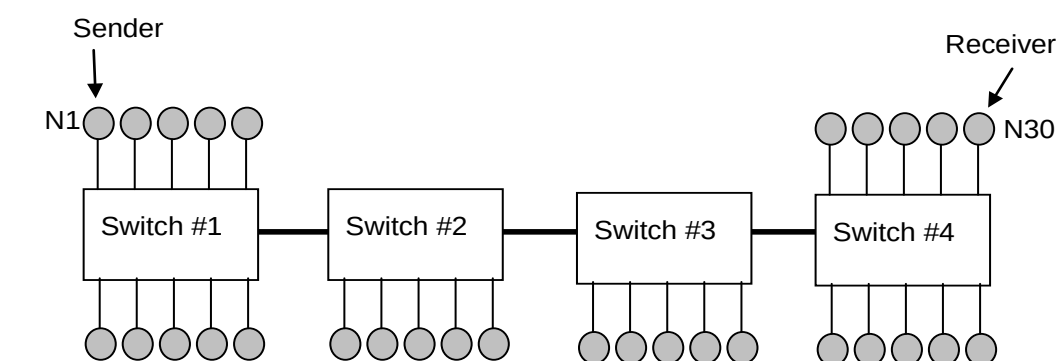
Trente stations d'extrémité RTE (numérotées de N1 à N30) sont connectées au moyen de 4 commutateurs (voir la Figure A.15) dans un réseau RTE contenant des commutateurs. Tous ces nœuds RTE peuvent communiquer avec d'autres nœuds RTE.

A.3.2 Calcul du temps de remise

La situation de calcul du temps de remise la moins favorable se présente lorsque 29 stations d'extrémité RTE (N1 à N29) envoient des données au même récepteur (N30) en utilisant la taille de paquet maximale. L'exemple de calcul du cas le moins favorable est donné pour Émetteur N1.

La liaison station d'extrémité/commutateur est de 10 Mbit/s.

La liaison commutateur/commutateur est de 100 Mbit/s.



Légende

Anglais	Français
Sender	Émetteur
Receiver	Récepteur
Switch	Commutateur

Figure A.15 – Configuration de l'application

Le temps de remise peut à présent être calculé en insérant dans la Formule (A.1) les constantes dépendantes de l'application pour le scénario sélectionné.

$$DT = STTs + SStr + NoNt (ttES + pd + QTES) + cd + \sum_{i=1}^{NoS-1} (NoNs(i)(NoS - i)(ttSS + pd + QTSS)) \quad (A.1)$$

$$DT = 1\,250 + 250 + 30(114,4 + 7 + 9,4) + 1$$

$$10 \times 3 \times (11,44 + 7 + 0,944) +$$

$$5 \times 2 \times (11,44 + 7 + 0,944) +$$

$$5 \times 1 \times (11,44 + 7 + 0,944)$$

$$DT = 6,3 \, \mu s$$

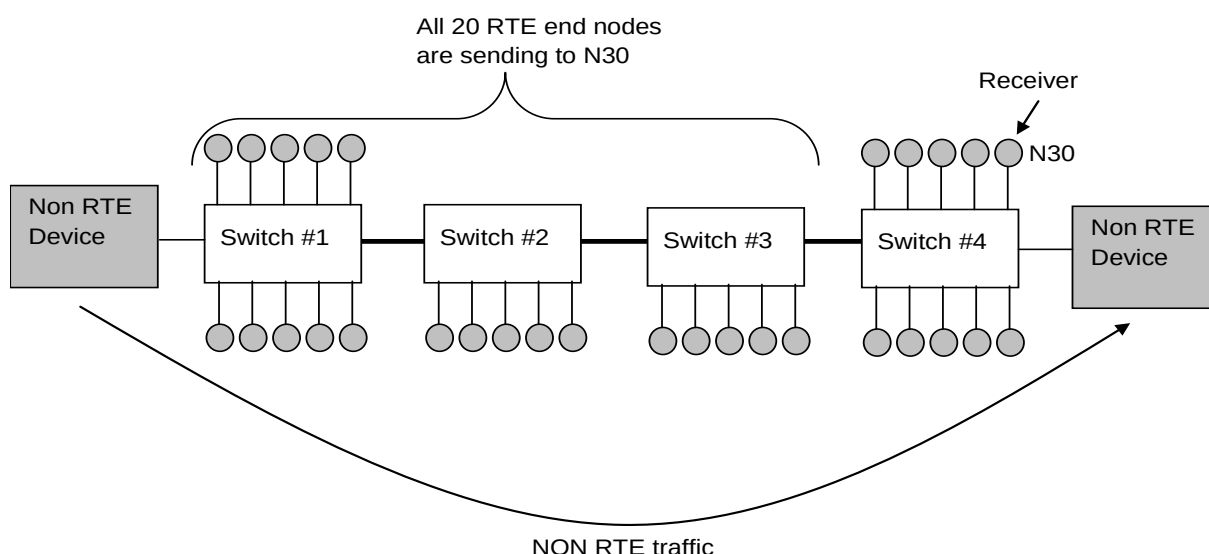
où

<i>cd</i>	est le délai du câble (200 m) = 1 µs;
<i>DT</i>	est le temps de remise;
<i>NoNs[1]</i>	est le nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur N° 1 = 10;
<i>NoNs[2]</i>	est le nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur N° 1 = 5;
<i>NoNs[3]</i>	est le nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur N° 1 = 5;
<i>NoNs[4]</i>	est le nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur N° 1 = 10;
<i>NoNt</i>	est le nombre total de stations d'extrémité RTE = 30;
<i>NoS</i>	est le nombre de commutateurs présents entre l'émetteur et le récepteur = 4;
<i>pd</i>	est le délai de propagation à l'intérieur d'un commutateur = 7 µs;
<i>QTES</i>	est la période de calme de la station d'extrémité imposée par Ethernet à la liaison de commutation (10 Mbit/s) = 9,4 µs;
<i>QTSS</i>	est la période de calme imposée par Ethernet sur la liaison commutateur-commutateur (100 Mbit/s) = 0,94 µs;
<i>STTr</i>	est le temps transversal de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC = 250 µs;
<i>STTs</i>	est le temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris la restriction d'intervalle d'accès Phy et MAC = 1 250 µs;
<i>ttES</i>	est le temps de transfert P-NET de la station d'extrémité RTE pour se commuter à taille APDU maximale (10 Mbit/s) = 114,4 µs;
<i>ttSS</i>	est le temps de transfert P-NET commutateur-commutateur à taille APDU maximale (100 Mbit/s) = 11,44 µs.

Le temps de remise augmente avec une valeur de temporisation en cas de perte de trame. La valeur de temporisation dépend de l'application et peut être configurée pour chaque réseau d'une application. En général, la valeur de temporisation est de 100 ms.

A.3.3 Calcul du débit non RTE

Le trafic RTE d'une ligne commutateur-commutateur est maximal lorsque 20 stations d'extrémité RTE externes (N1 à N20) envoient des données au même récepteur (N30) en utilisant la taille de paquet maximale. La largeur de bande restante est disponible pour le trafic non RTE.



Légende

Anglais	Français
All 20 RTE end nodes are sending to N30	Les 20 nœuds d'extrémité envoient tous vers N30
Receiver	Récepteur
Switch	Commutateur
Non RTE device	Appareil non RTE
Non RTE traffic	Trafic non RTE

Figure A.16 – Calcul du débit non RTE

Le calcul de la charge RTE est réalisé à l'aide de la Formule (A.2).

$$\text{Charge RTE max} = NoEN (ttSS + QTss) \quad (A.2)$$

$$\text{Charge RTE max} = 20(11,44+0,94) = 250 \mu s$$

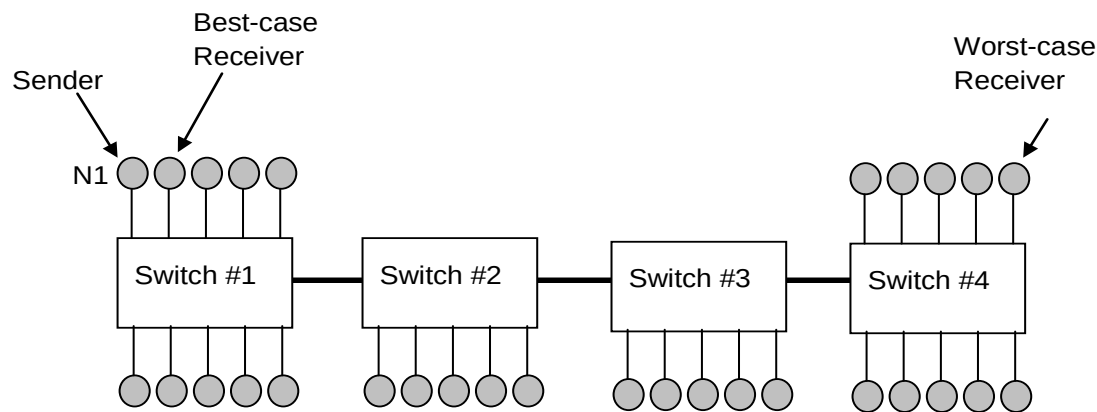
où

- NoEN* est le nombre de stations d'extrémité RTE sur les commutateurs externes = 20;
- ttSS* est le temps de transmission d'un APDU maximal sur une liaison commutateur/commutateur = 11,44 μs ;
- QTss* est la période de calme imposée par Ethernet sur la liaison commutateur-commutateur = 0,94 μs .

La charge RTE maximale est de 250 μs , cette charge ne pouvant être établie qu'une seule fois par ms en raison de la restriction d'accès d'un émetteur.

Cela laisse 750 μs à la largeur de bande non RTE toutes les 1 000 μs (soit 75 %).

A.3.4 Exactitude de synchronisation non périodique



Légende	
Anglais	Français
Best-case receiver	Récepteur du cas le plus favorable
Worst-case receiver	Récepteur du cas le moins favorable
Sender	Emetteur
Switch	Commutateur

Figure A.17 – Exactitude de synchronisation non périodique

L'exactitude de synchronisation non périodique est calculée comme étant la différence de durée entre le temps de remise dans le cas le plus favorable et le temps de remise dans le cas le moins favorable d'une « variable super globale » transmise. Le calcul d'une exactitude de synchronisation non périodique est présenté dans la Formule (A.4).

L'émetteur N1 diffuse un message de « variable super globale ». Un nœud du commutateur 1 obtient le temps de remise du cas le plus favorable, alors que les nœuds du commutateur 4 obtiennent celui du cas le moins favorable (voir Figure A.17).

Le temps de remise au récepteur du cas le moins favorable est de 6 300 µs. Voir le calcul du temps de remise dans la Formule (A.1).

Temps de remise dans le cas le plus favorable = $SOT + ttESmin + pd + ttESmin + STTr$ (A.3)

Temps de remise dans le cas le plus favorable = $250 + 57 + 7 + 57 + 250 = 621 \mu s$

où

- SOT* est le temps transversal de la pile de l'émetteur. Cas le plus favorable sans restriction d'accès = 250 µs;
- ttES* est le temps de transmission pour un APDU minimal sur 10 Mbit/s = 57 µs;
- pd* est le délai de propagation à l'intérieur d'un commutateur = 7 µs;
- STTr* est le temps transversal de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC = 250 µs.

$$\text{Exactitude de synchronisation non périodique} = DT - DT_{best} \quad (\text{A.4})$$

$$\text{Exactitude de synchronisation non périodique} = 6\,300 - 621 = 5\,679 \text{ ms}$$

où

DT est le temps de remise = 6,3 ms;

DT_{best} est le temps de remise dans le cas le plus favorable = 621 μ s.

A.3.5 Calcul du débit RTE

Le débit RTE est calculé comme étant une vitesse de transmission maximale des données de 1 000 trames/s d'un appareil.

Chaque trame contient un APDU de taille variable. Le débit RTE minimal est calculé par la Formule (A.5).

$$\text{Débit RTE minimal} = FS \times APDU_{min} \quad (\text{A.5})$$

$$\text{Débit RTE minimal} = 1\,000 \times 5 = 5\,000 \text{ octet/s}$$

où

FS est le nombre de trames admises à envoyer toutes les secondes pour une station d'extrémité RTE:
1 trame / ms = 1 000 trames / seconde;

$APDU_{min}$ est la taille APDU minimale = 5 octets.

Le débit RTE maximal est calculé par la Formule (A.6).

$$\text{Débit RTE maximal} = FS \times APDU_{max} \quad (\text{A.6})$$

$$\text{Débit RTE maximal} = 1\,000 \times 64 = 64\,000 \text{ octets/s}$$

où

FS est le nombre de trames admises à envoyer toutes les secondes pour une station d'extrémité RTE:

1 trame / ms = 1 000 trames / seconde;

$APDU_{max}$ est la taille APDU maximale = 64 octets.

A.3.6 CPF 4/3, Dérivation de la formule de temps de remise

La dérivation de la formule de temps de remise est composée de 6 éléments:

(trame N1 vers Commutateur 1) + (trames N1..N10 vers Commutateur 2) + (trames N1..15 vers Commutateur 3) + (trames N1..N20 vers Commutateur 4) + (trames N1..N29 entre Commutateur 4 et N30) + (délai du câble entre N1 et N30), comme indiqué dans la Formule (A.7).

$$STTs + ttES + pd + QTES + \quad (A.7)$$

$$NoNs(1) \times (ttSS + pd + QTSS) +$$

$$(NoNs(1)+NoNs(2))(ttSS + pd + QTSS) +$$

$$(NoNs(1)+NoNs(2) + NoNs(3))(ttSS + pd + QTSS) +$$

$$STTr + (NoNt-1)(ttES + pd + QTES) +$$

$$cd$$

$$=$$

Les éléments 1, 5 et 6 sont combinés dans:

$$STTs + STTr + NoNt(ttES + pd + QTES) + cd$$

Les éléments 2,3 et 4 sont combinés dans:

$$\sum_{i=1}^{NoS-1} (NoNs(i)(NoS - i)(ttSS + pd + QTSS))$$

Ce qui donne la formule de temps de remise:

$$DT = STTs + STTr + NoNt (ttES + pd + QTES) + cd + \sum_{i=1}^{NoS-1} (NoNs(i)(NoS - i)(ttSS + pd + QTSS))$$

où

cd	est le délai du câble;
DT	est le temps de remise;
$NoNs[x]$	est le nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur N° x. Cela inclut le nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur par d'autres commutateurs, qui ne sont pas présents entre l'émetteur et le récepteur. Les commutateurs sont numérotés #1 au niveau de la connexion des émetteurs, jusqu'à #NoS au niveau de la connexion des récepteurs;
$NoNt$	est le nombre total de stations d'extrémité RTE;
NoS	est le nombre de commutateurs présents entre l'émetteur et le récepteur;
pd	est le délai de propagation à l'intérieur d'un commutateur;
$QTES$	est la période de calme de la station d'extrémité imposée par Ethernet à la liaison de commutation;
$QTSS$	est la période de calme imposée par Ethernet sur la liaison commutateur-commutateur;
$STTr$	est le temps transversal de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC;
$STTs$	est le temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris la restriction d'intervalle d'accès Phy et MAC;
$ttES$	est le temps de transfert P-NET de la station d'extrémité RTE pour se commuter à taille APDU maximale;
$ttSS$	est le temps de transfert P-NET commutateur-commutateur à taille APDU maximale.

A.3.7 CPF 4/3, Caractéristiques Ethernet

La taille d'une trame Ethernet pour P-NET on IP est calculée par la Formule (A.8).

$$\text{Taille de trame Ethernet} = Pa + Sadr + Dadr + Type + CRC + IPoh + UDPoh + Pnet \quad (A.8)$$

où

<i>Pa</i>	est le préambule Ethernet de 8 octets;
<i>Sadr</i>	est l'adresse source Ethernet de 6 octets;
<i>Dadr</i>	est l'adresse de destination Ethernet de 6 octets;
<i>Type</i>	est le type Ethernet de 2 octets;
<i>CRC</i>	est le contrôle de totalisation Ethernet de 4 octets;
<i>IPoh</i>	est le traitement IP de 20 octets;
<i>UDPoh</i>	est le traitement UDP de 8 octets;
<i>Pnet</i>	est la trame P-NET de taille variable.

La taille de trame Ethernet est définie comme comportant au moins 72 octets. Etant donné que seule la partie P-NET de la trame Ethernet est variable, ceci signifie qu'une trame P-NET doit occuper au moins 18 octets, que cela soit nécessaire ou non.

$$\text{Temps de transmission} = (NoO \times BpO) / Bps \quad (A.9)$$

où

<i>NoO</i>	est le nombre d'octets dans une trame;
<i>BpO</i>	est le nombre de bits par octet à envoyer = 8;
<i>Bps</i>	est le nombre de bits envoyés par seconde (vitesse de transmission).

La Formule (A.9) permet de calculer le temps de transmission, ceux de P-NET pouvant être calculés pour 10 Mbit/s:

Le temps de transmission P-NET de la plus petite trame jusqu'à 18 octets est de 57,6 µs.

Le temps de transmission P-NET de la plus grande trame RTE (Pnet = 70 octets) est de 99,2 µs.

Le temps de transmission P-NET de la plus grande trame Ethernet P-NET avec informations d'acheminement (Pnet = 89 octets) est de 114,4 µs.

La période de calme imposée entre les trames Ethernet pour 10 Mbit/s est de 9,4 µs.

Délai du câble: la longueur maximale admise de chaque connexion de câble est de 100 m. En général, la vitesse de propagation est de 2x10E8 m/s, ce qui donne un délai de câble maximal de 0,5 µs pour chaque connexion de câble.

Bibliographie

ISO/CEI/TR 10000-1:1998, *Information technology – Framework and taxonomy of International Standardized Profiles – Part 1: General principles and documentation framework* (disponible en anglais seulement)

ISO/CEI/TR 8802-1:2001, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 1: Overview of Local Area Network Standards* (disponible en anglais seulement)

ISO/CEI 9646 (toutes les parties), *Technologies de l'information – Interconnexion de systèmes ouverts – Cadre général et méthodologie des tests de conformité OSI*

ISO 15745-1, *Systèmes d'automatisation industrielle et intégration – Cadres d'intégration d'application pour les systèmes ouverts – Partie 1: Description générale de référence*

CAE Specification, X/Open DCE: Remote Procedure Call, X/Open Company Limited, Reading, Berkshire, UK, 1994. ISBN 1-85912-041-5

(disponible en ligne auprès de OSF sous C709, DCE 1.1: Remote Procedure Call, à l'adresse <<http://www.opengroup.org>>)

ODVA: THE CIP NETWORKS LIBRARY – Volume 1: Common Industrial Protocol (CIP™) – Edition 3.13, November 2012, disponible à l'adresse <<http://www.odva.org>>

ODVA: THE CIP NETWORKS LIBRARY – Volume 2: EtherNet/IP™ Adaptation of CIP – Edition 1.14, November 2012, disponible à l'adresse <<http://www.odva.org>>

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch