

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 © 2010 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

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 978-2-88912-808-2

CONTENTS

FOREWORD.....	13
INTRODUCTION.....	15
1 Scope.....	16
2 Normative references	16
3 Terms, definitions, abbreviated terms, acronyms, and conventions.....	21
3.1 Terms and definitions	21
3.2 Abbreviated terms and acronyms	24
3.3 Symbols	27
3.3.1 CPF 2 symbols	27
3.3.2 CPF 3 symbols	28
3.3.3 CPF 4 symbols	29
3.3.4 CPF 6 symbols	29
3.3.5 CPF 10 symbols	30
3.3.6 CPF 11 symbols	31
3.3.7 CPF 12 symbols	32
3.3.8 CPF 13 symbols	32
3.3.9 CPF 14 symbols	33
3.3.10 CPF 15 symbols	34
3.3.11 CPF 16 symbols	34
3.3.12 CPF 17 symbols	35
3.3.13 CPF 18 symbols	36
3.4 Conventions.....	36
3.4.1 Conventions common to all layers	36
3.4.2 Physical layer.....	37
3.4.3 Data-link layer.....	38
3.4.4 Application layer.....	38
4 Conformance to communication profiles	38
5 RTE performance indicators	39
5.1 Basic principles of performance indicators.....	39
5.2 Application requirements	40
5.3 Performance indicators.....	40
5.3.1 Delivery time	40
5.3.2 Number of RTE end-stations.....	41
5.3.3 Basic network topology.....	41
5.3.4 Number of switches between RTE end-stations	41
5.3.5 Throughput RTE	41
5.3.6 Non-RTE bandwidth	41
5.3.7 Time synchronization accuracy.....	41
5.3.8 Non-time-based synchronization accuracy.....	42
5.3.9 Redundancy recovery time	42
6 Conformance tests	42
6.1 Concept	42
6.2 Methodology.....	43
6.3 Test conditions and test cases	43
6.4 Test procedure and measuring	43

6.5	Test report	44
7	Communication Profile Family 2 (CIP™) - RTE communication profiles	44
7.1	General overview	44
7.2	Profile 2/2	45
7.2.1	Physical layer	45
7.2.2	Data-link layer	45
7.2.3	Application layer	45
7.2.4	Performance indicator selection	45
7.3	Profile 2/2.1	49
7.3.1	Physical layer	49
7.3.2	Data-link layer	49
7.3.3	Application layer	50
7.3.4	Performance indicator selection	52
8	Communication Profile Family 3 (PROFIBUS & PROFINET) - RTE communication profiles	54
8.1	General overview	54
8.1.1	CPF 3 overview	54
8.1.2	Administrative numbers	54
8.1.3	Node Classes	54
8.1.4	Application classes	57
8.1.5	Communication classes	57
8.1.6	Redundancy classes	58
8.1.7	Media classes	58
8.1.8	Records	59
8.1.9	Communication feature list	64
8.1.10	Conformance class behaviors	65
8.2	Profile 3/4	68
8.2.1	Physical layer	68
8.2.2	Data-link layer	68
8.2.3	Application layer	69
8.2.4	Performance indicator selection	74
8.3	Profile 3/5	81
8.3.1	Physical layer	81
8.3.2	Data-link layer	81
8.3.3	Application layer	82
8.3.4	Performance indicator selection	87
8.4	Profile 3/6	88
8.4.1	Physical layer	88
8.4.2	Data-link layer	88
8.4.3	Application layer	89
8.4.4	Performance indicator selection	93
9	Communication Profile Family 4 (P-NET) - RTE communication profiles	95
9.1	General overview	95
9.2	Profile 4/3, P-NET on IP	96
9.2.1	Physical layer	96
9.2.2	Data-link layer	96
9.2.3	Application layer	97
9.2.4	Performance indicator selection	98
10	Communication Profile Family 6 (INTERBUS®) - RTE communication profiles	101

10.1	General overview	101
10.2	Profile 6/4	103
10.2.1	Mapping	103
10.2.2	Type 10 service and protocol selection	104
10.2.3	Type 8 service and protocol selection	104
10.2.4	Performance indicator selection	104
10.3	Profile 6/5	105
10.3.1	Mapping	105
10.3.2	Type 10 service and protocol selection	106
10.3.3	Type 8 service and protocol selection	106
10.3.4	Performance indicator selection	106
10.4	Profile 6/6	107
10.4.1	Mapping	107
10.4.2	Type 10 service and protocol selection	107
10.4.3	Type 8 service and protocol selection	107
10.4.4	Performance indicator selection	107
11	Communication Profile Family 10 (Vnet/IP) - RTE communication profiles	108
11.1	General overview	108
11.2	Profile 10/1	109
11.2.1	Physical layer	109
11.2.2	Data link layer	109
11.2.3	Application layer	111
11.2.4	Performance indicator selection	112
12	Communication Profile Family 11 (TCnet) - RTE communication profiles	117
12.1	General overview	117
12.2	Profile 11/1	118
12.2.1	Physical layer	118
12.2.2	Data-link layer	118
12.2.3	Application layer	120
12.2.4	Performance indicator selection	121
12.3	Profile 11/2	126
12.3.1	Physical layer	126
12.3.2	Data-link layer	126
12.3.3	Application layer	128
12.3.4	Performance indicator selection	128
13	Communication Profile Family 12 (EtherCAT) - RTE communication profiles	134
13.1	General overview	134
13.2	Profile CP 12/1	134
13.2.1	Physical layer	134
13.2.2	Data-link layer	135
13.2.3	Application layer	138
13.2.4	Performance indicator selection	139
13.3	Profile CP 12/2	142
13.3.1	Physical layer	142
13.3.2	Data-link layer	142
13.3.3	Application layer	145
13.3.4	Performance indicator selection	147
14	Communication Profile Family 13 (ETHERNET Powerlink) - RTE communication profiles	149

14.1	General overview	149
14.2	Profile 13/1.....	149
14.2.1	Physical layer	149
14.2.2	Data-link layer	150
14.2.3	Application layer	150
14.2.4	Performance indicator selection	150
15	Communication Profile Family 14 (EPA)- RTE communication profiles.....	155
15.1	General overview	155
15.2	CPF 14 (EPA) communication concept	155
15.2.1	General	155
15.2.2	Network Topology.....	156
15.2.3	EPA devices	157
15.3	Profile 14/1.....	157
15.3.1	Physical layer	157
15.3.2	Data-link layer	157
15.3.3	Network Layer	158
15.3.4	Transport Layer	158
15.3.5	Application layer	158
15.3.6	Performance indicator selection.....	159
15.4	Profile 14/2.....	162
15.4.1	Physical layer	162
15.4.2	Data-link layer	162
15.4.3	Network Layer	163
15.4.4	Transport Layer	163
15.4.5	Application layer	163
15.4.6	Performance indicator selection.....	164
15.5	Profile 14/3.....	167
15.5.1	Physical layer	167
15.5.2	Data-link layer	167
15.5.3	Network Layer	168
15.5.4	Transport Layer	168
15.5.5	Application layer	168
15.5.6	Performance indicator selection.....	169
16	Communication Profile Family 15 (MODBUS-RTPS)- RTE communication profiles	174
16.1	General overview	174
16.2	Profile 15/1.....	174
16.2.1	Physical layer	174
16.2.2	Data-link layer	174
16.2.3	Application layer	174
16.2.4	Performance indicator selection.....	175
16.3	Profile 15/2.....	179
16.3.1	Physical layer	179
16.3.2	Data-link layer	179
16.3.3	Application layer	179
16.3.4	Performance indicator selection.....	180
17	Communication Profile Family 16 (SERCOS)- RTE communication profiles	184
17.1	General overview	184
17.2	Profile 16/3 (SERCOS III).....	185
17.2.1	Physical layer	185

17.2.2 Data-link layer	185
17.2.3 Application layer	185
17.2.4 Performance indicator selection	186
18 Communication Profile Family 17(RAPIEnet) - RTE communication profiles	192
18.1 General overview	192
18.2 Profile 17/1.....	193
18.2.1 Physical layer	193
18.2.2 Datalink layer	193
18.2.3 Application layer	193
18.2.4 Performance indicator selection	194
19 Communication Profile Family 18 (SafetyNET p) – RTE communication profiles	198
19.1 General overview	198
19.2 Profile 18/1.....	199
19.2.1 Physical layer	199
19.2.2 Data link layer	199
19.2.3 Application layer	202
19.2.4 Performance indicator selection	203
19.3 Profile 18/2.....	205
19.3.1 Physical layer	205
19.3.2 Data link layer	205
19.3.3 Application layer	208
19.3.4 Performance indicator selection	209
Annex A (informative) Performance Indicator calculation	212
A.1 CPF 2 (CIP) - Performance indicator calculation.....	212
A.1.1 Profile 2/2 EtherNet/IP	212
A.1.2 Profile 2/2.1 EtherNet/IP with Time Synchronization	213
A.2 CPF 3 - Performance indicator calculation	214
A.2.1 Application Scenario	214
A.2.2 Structural examples used for calculation	214
A.2.3 Principles used for calculation	220
A.3 CPF 4/3 P-NET on IP - Performance indicator calculation.....	223
A.3.1 Application scenario	223
A.3.2 Delivery time calculation.....	223
A.3.3 Non-RTE throughput calculation	224
A.3.4 Non time-base synchronization accuracy	226
A.3.5 RTE throughput calculation	226
A.3.6 CPF 4/3, Derivation of delivery time formula.....	227
A.3.7 CPF 4/3, Ethernet characteristics	229
Bibliography.....	230
Figure 1 – Example of graphical representation of consistent indicators.....	40
Figure 2 – Conformance test overview	42
Figure 3 – Example of network topology using CP 3/4, CP 3/5, and CP 3/6 components	68
Figure 4 – Example of network topology with wireless segment	71
Figure 5 – Calculation basis for delivery time and throughput RTE.....	77
Figure 6 – Linking-device communication profiles RTE-network context.....	102
Figure 7 – Linking-device mapping principle	103

Figure 8 – Data Mapping.....	103
Figure 9 – Throughput RTE and non-RTE bandwidth	124
Figure 10 – CP 11/2: Throughput RTE and non-RTE bandwidth.....	131
Figure 11 – EPA system network topology example	156
Figure A.1 – CP 3/4: Example of line structure.....	214
Figure A.2 – CP 3/4: Example of ring structure	214
Figure A.3 – CP 3/4: Example of a wireless segment	215
Figure A.4 – CP 3/4: Example of an integrated wireless client.....	215
Figure A.5 – CP 3/5: Example of line structure.....	216
Figure A.6 – CP 3/5: Example of ring structure	216
Figure A.7 – CP 3/6: Example of line structure.....	217
Figure A.8 – CP 3/6: Example of ring structure	218
Figure A.9 – CP 3/6: Example of tree structure	219
Figure A.10 – CP 3/6: Example of comb structure	220
Figure A.11 – Definition of bridge delay	221
Figure A.12 – Example of a switch structure	222
Figure A.13 – Application configuration.....	223
Figure A.14 – Non-RTE throughput calculation	225
Figure A.15 – Non time-base synchronization accuracy	226
Table 1 – Layout of profile (sub)clause selection tables.....	36
Table 2 – Contents of (sub)clause selection tables	36
Table 3 – Layout of service selection tables.....	37
Table 4 – Contents of service selection tables.....	37
Table 5 – Layout of parameter selection tables	37
Table 6 – Contents of parameter selection tables	37
Table 7 – Layout of class attribute selection tables	38
Table 8 – Contents of class attribute selection tables.....	38
Table 9 – Basic network topology types	41
Table 10 – CP 2/2: performance indicator overview	45
Table 11 – CP 2/2: Performance indicator dependency matrix	46
Table 12 – CP 2/2: consistent set of performance indicators for factory automation	49
Table 13 – CP 2/2.1: DLL protocol selection	49
Table 14 – CP 2/2.1: DLL protocol selection of management objects	50
Table 15 – CP 2/2.1: AL service selection.....	50
Table 16 – CP 2/2.1: AL protocol selection	51
Table 17 – CP 2/2.1: performance indicator overview	52
Table 18 – CP 2/2.1: performance indicator dependency matrix	53
Table 19 – CP 2/2.1: Consistent set of performance indicators for motion control	53
Table 20 – Administrative numbers assignment	54
Table 21 – IP layer parameters for IO controller.....	55
Table 22 – IP layer parameters for IO device	55
Table 23 – Timeout values for name resolution	56

Table 24 – Reaction time for an IO device	56
Table 25 – Timeout values for PTCP	57
Table 26 – Maximum time values for PTCP	57
Table 27 – Communication classes applicable in conformance classes	58
Table 28 – Redundancy class applicable in conformance classes	58
Table 29 – Index (user specific)	59
Table 30 – Index (subslot specific)	59
Table 31 – Index (slot specific)	61
Table 32 – Index (AR specific)	62
Table 33 – Index (API specific)	63
Table 34 – Index (device specific)	64
Table 35 – Communication feature list	64
Table 36 – Conformance class behaviors	65
Table 37 – Conformance class behaviors for network components	67
Table 38 – CP 3/4: AL service selection for an IO device	69
Table 39 – CP 3/4: AL protocol selection for an IO device and Network component	72
Table 40 – CP 3/4: AL protocol selection for an IO controller	73
Table 41 – CP 3/4, CP 3/5 and CP 3/6: performance indicator overview	75
Table 42 – CP 3/4, CP 3/5 and CP 3/6: performance indicator dependency matrix	75
Table 43 – Manager parameters	78
Table 44 – Client parameters	79
Table 45 – CP 3/4: Consistent set of PI for MinDeviceInterval = 128 ms	80
Table 46 – CP 3/4: Assumed values for consistent set of PI calculation	81
Table 47 – CP 3/5: AL service selection for an IO device	82
Table 48 – CP 3/5: AL protocol selection for an IO device and Network component	84
Table 49 – CP 3/5: AL protocol selection for an IO controller	85
Table 50 – CP 3/5: Consistent set of PI for MinDeviceInterval = 128 ms	87
Table 51 – CP 3/5: Assumed values for consistent set of PI calculation	88
Table 52 – CP 3/6: AL service selection for an IO device	89
Table 53 – Buffering capacity	90
Table 54 – CP 3/6: AL protocol selection for an IO device and network component	91
Table 55 – CP 3/6: AL protocol selection for an IO controller	92
Table 56 – CP 3/6: Consistent set of PI for MinDeviceInterval=1ms with 64 end-stations	94
Table 57 – CP 3/6: Assumed values for consistent set of PI calculation	95
Table 58 – CP 4/3: DLL service selection	96
Table 59 – CP 4/3: DLL protocol selection	97
Table 60 – CP 4/3: AL service selection	97
Table 61 – CP 4/3: AL protocol selection	97
Table 62 – CP 4/3: Performance indicator overview	98
Table 63 – CP 4/3: Performance indicator dependency matrix	98
Table 64 – CP 4/3: Consistent set of performance indicators	101
Table 65 – Parameters for calculation of consistent set of performance indicators	101

Table 66 – CPF 6: device CP identifier assignment.....	102
Table 67 – Linking-device Type 10 network performance indicator overview	105
Table 68 – OSI layers and CPF 10 layers	108
Table 69 – Overview of CPF 10 profile.....	109
Table 70 – CP 10/1: DLL service selection.....	110
Table 71 – CP 10/1: DLL protocol selection	110
Table 72 – Transport Layer Parameter selection.....	111
Table 73 – CP 10/1: AL service selection.....	112
Table 74 – CP 10/1: AL protocol selection	112
Table 75 – CP 10/1: Performance indicator overview	112
Table 76 – CP 10/1: Performance indicator dependency matrix.....	113
Table 77 – CP 10/1: Consistent set of performance indicators for the communication between two end-stations belonging to the same domain.....	116
Table 78 – CP 10/1: Consistent set of performance indicators for the communication between two end-stations belonging to different domains.....	116
Table 79 – CP 10/1: Consistent set of performance indicators for the communication between two end-stations belonging to the same domain with one lost frame.....	117
Table 80 – CP 10/1: Consistent set of performance indicators for the communication between two end-stations belonging to different domains with one lost frame.....	117
Table 81 – CPF 11: Overview of profile sets	118
Table 82 – CP 11/1: DLL service selection.....	118
Table 83 – CP 11/1: DLL protocol selection.....	119
Table 84 – CP 11/1: DLL protocol selection of Clause 5.....	119
Table 85 – CP 11/1: DLL protocol selection of Clause 6.....	120
Table 86 – CP 11/1: AL service selection	121
Table 87 – CP 11/1: AL protocol selection	121
Table 88 – CP 11/1: Performance indicator overview	121
Table 89 – CP 11/1: Performance indicator dependency matrix.....	122
Table 90 – CP 11/1: TCC data service selection	122
Table 91 – CP 11/1: Consistent set of PIs preferential for RTE communications	126
Table 92 – CP 11/1: Consistent set of PIs both for RTE and non-RTE communications.....	126
Table 93 – CP 11/2: DLL protocol selection	127
Table 94 – CP 11/2: DLL protocol selection of Clause 5.....	127
Table 95 – CP 11/2: DLL protocol selection of Clause 6.....	128
Table 96 – CP 11/2: Performance indicator overview	129
Table 97 – CP 11/2: Performance indicator dependency matrix.....	129
Table 98 – CP 11/2: TCC data service selection	130
Table 99 – CP 11/2: Consistent set of PIs preferential for RTE communications	133
Table 100 – CP 11/2: Consistent set of PIs both for RTE and non-RTE communications.....	133
Table 101 – CP 12/1: PhL selection of preferred physical layer.....	134
Table 102 – CP 12/1: PhL selection of an optimized physical layer	135
Table 103 – CP 12/1: DLL service selection.....	135
Table 104 – CP 12/1: DLL protocol selection	136
Table 105 – CP 12/1: DLL service selection.....	137

Table 106 – CP 12/1: DLL protocol selection	137
Table 107 – CP 12/1: AL service selection	138
Table 108 – CP 12/1: AL protocol selection	138
Table 109 – CP 12/1: AL service selection	139
Table 110 – CP 12/1: AL protocol selection	139
Table 111 – CP 12/1: Performance indicator overview	140
Table 112 – CP 12/1: Performance indicator dependency matrix	140
Table 113 – CP 12/1: Performance indicator ranges	141
Table 114 – CP 12/1: Consistent set of performance indicators for mid size automation systems	142
Table 115 – CP 12/2: DLL service selection	143
Table 116 – CP 12/2: DLL protocol selection	143
Table 117 – CP 12/2: DLL service selection	144
Table 118 – CP 12/2: DLL protocol selection	144
Table 119 – CP 12/2: AL service selection	145
Table 120 – CP 12/2: AL protocol selection	146
Table 121 – CP 12/2: AL service selection	146
Table 122 – CP 12/2: AL protocol selection	147
Table 123 – CP 12/2: Performance indicator overview	147
Table 124 – CP 12/2: Performance indicator dependency matrix	148
Table 125 – CP 12/2: Consistent set of performance indicators	149
Table 126 – CPF 13: Overview of profile sets	149
Table 127 – CP 13/1: DLL service selection	150
Table 128 – CP 13/1: DLL protocol selection	150
Table 129 – CP 13/1: AL service selection	150
Table 130 – CP 13/1: AL protocol selection	150
Table 131 – CP 13/1: Performance indicator overview	151
Table 132 – CP 13/1: Performance indicator dependency matrix	151
Table 133 – CP 13/1: Consistent set of PIs small size automation system	154
Table 134 – CP 13/1: Consistent set of PIs medium size automation system	154
Table 135 – CP 13/1: Consistent set of PIs large size automation system	155
Table 136 – CP 14/1: AL service selection	158
Table 137 – CP 14/1: AL protocol selection	159
Table 138 – CP 14/1: Performance indicator overview	159
Table 139 – CP 14/1: Performance indicator dependency matrix	160
Table 140 – CP 14/1: Consistent set of performance indicators	162
Table 141 – CP 14/2: DLL service selection	162
Table 142 – CP 14/2: DLL protocol selection	163
Table 143 – CP 14/2: AL service selection	163
Table 144 – CP 14/2: AL protocol selection	164
Table 145 – CP 14/2: Performance indicator overview	164
Table 146 – CP 14/2: Performance indicator dependency matrix	165
Table 147 – CP 14/2: Consistent set of performance indicators	167

Table 148 – CP 14/3: DLL service selection	167
Table 149 – CP 14/3: DLL protocol selection	168
Table 150 – CP 14/3: AL service selection	168
Table 151 – CP 14/3: AL protocol selection	169
Table 152 – CP 14/3: Performance indicator overview	169
Table 153 – CP 14/3: Performance indicator dependency matrix	170
Table 154 – CP 14/3: Consistent set of performance indicators	172
Table 155 – CP 14/3: Consistent set of performance indicators	172
Table 156 – CP 14/3: Consistent set of performance indicators	173
Table 157 – CP 15/1: AL service selection	175
Table 158 – CP 15/1: AL protocol selection	175
Table 159 – CP 15/1: Performance indicator overview	175
Table 160 – CP 15/1: Performance indicator dependency matrix	176
Table 161 – CP 15/2: AL service selection	180
Table 162 – CP 15/2: AL protocol selection	180
Table 163 – CP 15/2: Performance indicator overview	180
Table 164 – CP 15/2: Performance indicator dependency matrix	181
Table 165 – CP 16/3: DLL service selection	185
Table 166 – CP 16/3: DLL protocol selection	185
Table 167 – CP 16/3: AL service selection	185
Table 168 – CP 16/3: AL protocol selection	186
Table 169 – CP 16/3: Performance indicator overview	186
Table 170 – CP 16/3: Performance indicator dependency matrix	187
Table 171 – CP 16/3: scenario with a minimum cycle time of 31,25 μ s	190
Table 172 – CP 16/3: scenario with a cycle time of 500 μ s (real-time only)	191
Table 173 – CP 16/3: Scenario with a cycle time of 500 μ s (real-time and non-real-time)	191
Table 174 – CP 16/3: scenario with non symmetrical data throughput and a cycle time of 500 μ s (real-time and non-real-time)	192
Table 175 – CPF 17: Overview of profile sets	192
Table 176 – CP 17/1: DLL service selection	193
Table 177 – CP 17/1: DLL protocol selection	193
Table 178 – CP 17/1: AL service selection	193
Table 179 – CP 17/1: AL protocol selection	194
Table 180 – CP 17/1: Performance indicator overview	194
Table 181 – CP 17/1: Performance indicator dependency matrix	195
Table 182 – Consistent set of PIs small size automation system	198
Table 183 – Parameters for Calculation of Consistent set of performance indicators	198
Table 184 – CP 18/1: DLL service selection	200
Table 185 – CP 18/1: DLL protocol selection	201
Table 186 – CP 18/1: AL service selection	202
Table 187 – CP 18/1: AL protocol selection	202
Table 188 – CP 18/1: Performance indicator overview	203
Table 189 – CP 18/1: Performance indicator dependency matrix	203

Table 190 – CP 18/2: DLL service selection.....	206
Table 191 – CP 18/2: DLL protocol selection	207
Table 192 – CP 18/2: AL service selection.....	208
Table 193 – CP 18/2: AL protocol selection	209
Table 194 – CP 18/2: Performance indicator overview	209
Table 195 – CP 18/2: Performance indicator dependency matrix.....	210

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61784-2:2010

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.

NOTE Use of some of the associated protocol Types in the IEC 61158 family are restricted by their intellectual-property-right holders. In all cases, the commitment to limited release of intellectual property rights made by the holders of those rights permits a particular data-link layer protocol Type to be used with physical layer and application layer protocols in Type combinations as specified explicitly in the IEC 61784 series. Use of the various protocol Types in other combinations may require permission from their respective intellectual property right holders.

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 second edition cancels and replaces the first edition published in 2007. 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 2, CPF 3, CPF 11 and CPF 14;
- addition of a new profile CP 11/2 in 12.3;
- addition of a new profile CP 14/3 in subclause 15.5;
- addition of a new Communication Profile Family - CPF 17;
 - new subclause 3.3.12 (CPF 17 symbols);
 - new Clause 18 for CPF 17 with one profile;
- addition of a new Communication Profile Family - CPF 18;
 - new subclause 3.3.13 (CPF 18 symbols);
 - new Clause 19 for CPF 18 with one profile;
 - specification changes for CPF3;
- 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;
- integrating the fast startup as additional feature.

This bilingual version published in 2011-12, corresponds to the English version published in 2010-07.

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

FDIS	Report on voting
65C/601/FDIS	65C/617/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.

The French version of this standard has not been voted upon.

This publication has been drafted in accordance with 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 – 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, 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, IEC 61158 series, and IEC 61784-1;
- RTE solutions that are able to run in parallel with ISO/IEC 8802-3-based applications.

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

NOTE The RTE communication profiles use ISO/IEC 8802-3 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 referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 61158-2:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 2: Physical layer specification and service definition*

IEC 61158-3-2:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-2: Data-link layer service definition – Type 2 elements*

IEC 61158-3-4:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-4: Data-link layer service definition – Type 4 elements*

IEC 61158-3-7:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-7: Data-link layer service definition – Type 7 elements*

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

IEC 61158-3-12:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-12: Data-link layer service definition – Type 12 elements*

IEC 61158-3-13:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-13: Data-link layer service definition – Type 13 elements*

IEC 61158-3-14:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-14: Data-link layer service definition – Type 14 elements*

IEC 61158-3-15:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-15: Data-link layer service definition – Type 15 elements*

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

IEC 61158-3-19:2010, *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 61158-3-22:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-22: Data-link layer service definition – Type 22 elements*

IEC 61158-4-2:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-2: Data-link layer protocol specification – Type 2 elements*

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

IEC 61158-4-11:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-11: Data-link layer protocol specification – Type 11 elements*

IEC 61158-4-12:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-12: Data-link layer protocol specification – Type 12 elements*

IEC 61158-4-13:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-13: Data-link layer protocol specification – Type 13 elements*

IEC 61158-4-14:2010, *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 61158-4-19:2010, *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 61158-4-22:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-22: Data-link layer protocol specification – Type 22 elements*

IEC 61158-5-2:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-2: Application layer service definition – Type 2 elements*

IEC 61158-5-4:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-4: Application layer service definition – Type 4 elements*

IEC 61158-5-9:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-9: Application layer service definition – Type 9 elements*

IEC 61158-5-10:2010, *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 61158-5-12:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-12: Application layer service definition – Type 12 elements*

IEC 61158-5-13:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-13: Application layer service definition – Type 13 elements*

IEC 61158-5-14:2010, *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 61158-5-19:2010, *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 61158-5-22:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-22: Application layer service definition – Type 22 elements*

IEC 61158-6-2:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-2: Application layer protocol specification – Type 2 elements*

IEC 61158-6-4:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-4: Application layer protocol specification – Type 4 elements*

IEC 61158-6-10:2010, *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 61158-6-12:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-12: Application layer protocol specification – Type 12 elements*

IEC 61158-6-13:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-13: Application layer protocol specification – Type 13 elements*

IEC 61158-6-14:2010, *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 61158-6-19:2010, *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 61158-6-22:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-22: Application layer protocol specification – Type 22 elements*

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

IEC 61784-1:2010, *Industrial communication networks – Profiles – Part 1: Fieldbus profiles*

IEC 61784-5-2:2010, *Industrial communication networks – Profiles – Part 5-2: Installation of fieldbuses – Installation profiles for CPF 2*

IEC 61784-5-3:2010, *Industrial communication networks – Profiles – Part 5-3: Installation of fieldbuses – Installation profiles for CPF 3*

IEC 61784-5-6:2010, *Industrial communication networks – Profiles – Part 5-6: Installation of fieldbuses – Installation profiles for CPF 6*

IEC 61784-5-11:2010, *Industrial communication networks – Profiles – Part 5-11: Installation of fieldbuses – Installation profiles for CPF 11*

IEC 61918:2010, *Industrial communication networks – Installation of communication networks in industrial premises*

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

ISO/IEC 8802-2/Cor. 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 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 802.1AB, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Station and Media Access Control Connectivity Discovery*

IEEE 802.1D, *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 *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 802.3-2002: *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 1 Compliance with future editions of this standard will need checking.

NOTE 2 IEEE 802.3-2002 includes extensions to ISO/IEC 8802-3:2000. When a next edition of ISO/IEC 8802-3 is available the references to IEEE 802.3-2002 will be replaced if appropriate.

IEEE Std 802.3ab, *Information technology – telecommunications and information exchange between systems – local and metropolitan area networks – Specific requirements. Supplement to Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications – Physical layer parameters and specifications for 1000 Mb/s operation over 4-pair of category 5 balanced copper cabling, type 1000BASE-T*

IEEE Std 802.11g, *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 – Amendment 4: Further higher data rate extension in the 2,4 GHz band*

IEEE Std 802.11h, *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 – Amendment 5: Spectrum and transmit power management extensions in the 5 GHz band in Europe*

IEEE Std 802.11e, *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 – Amendment 8: Medium Access Control (MAC) quality of service enhancements*

IEEE Std 802.11i, *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 – Amendment 6: Medium Access Control (MAC) security enhancements*

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>>

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 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 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>

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 and IEEE 802.1D, 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 [IEC 61918:2010]

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 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 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
[IEEE Std. 802.1Q]

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)

[IEC 61918:2010]

3.1.12

link

transmission path between two adjacent nodes

[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

[derived from ISO 2382-16.02.01]

NOTE Normally used to convey information between peers at the application layer.

3.1.16**MDTO 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 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 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-based network that includes real-time communication

NOTE 1 Other communication can be supported, providing the real-time communication is not compromised.

NOTE 2 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
[IEC 61918:2010]

NOTE Ring may also be referred to as loop.

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 [derived from IEC 61918:2010]

3.1.30

subnetwork

<CPF 10>

part of a network that does not contain any routers

NOTE 1 A subnetwork consists of end-stations, bridges and segments.

NOTE 2 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 61784-1:2010]
CPF	Communication Profile Family [according to IEC 61784-1:2010]
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 61158-6-10:2010)
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 802.1-AB)
MAC	Media Access Control
MAC	Media Access Control (see ISO/IEC 8802.3)
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
PhL	Physical Layer
Phy	PHY Physical layer entity sublayer (see ISO/IEC 8802.3)
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 RFC 1213)
TCC	Time-Critical Cyclic
TCP	Transmission Control Protocol (see RFC 793)
TOS	Type of Service
UDP	User Datagram Protocol (see 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_N RTE_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_TN RTE_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
clt	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 Reduction Ratio (see IEC 61158-5-10)	—
SCF	Attribute Send Clock Factor (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 61158-2:2010)	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
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	μs
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	μs
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	μs
T _{MS}	Total sum of the frame transmit time, in which the TCC data frame conveys the medium-speed cyclic data	μs
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	μs
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	μs
T _{SCH}	Total sum of the frame transmit time for the transmission scheduling	μs
tt	Transfer time	μs

3.3.7 CPF 12 symbols

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

3.3.8 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	μs
T_C	Communication cycle time	μs
T_D	Delivery time	μs
$T_{FT,i}$	RTE frames transmission time for RTE end-station i	μs
T_P	Processing time in the receiving 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
RTData	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
ThroughputRTE	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
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
NF _{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	μ s
t_D	Delivery time	μ s
t_{data}	Transmit time of DLPDUs	μ s
t_{pd}	Propagation delay	μ s
t_{STsink}	Sink stack traversal time	μ s
t_{STsrc}	Source stack traversal time	μ s
t_{sw}	Delay time of a switch	μ s

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
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 stated¹ as either

- Compliance to IEC 61784-2:2010 CPF n <Type>, or
- Compliance to IEC 61784-2 (Ed.2.0) CPF n <Type>.

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

¹ In accordance with ISO/IEC Directives

- Compliance to IEC 61784-2:2010 CP n/n <Type>, or
- Compliance to IEC 61784-2 (Ed.2.0) 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 cannot be violated. For example the indicator "Throughput RTE (which would use 90 % of the total bandwidth)" and "Throughput non-RTE (90 %)" cannot happen 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).

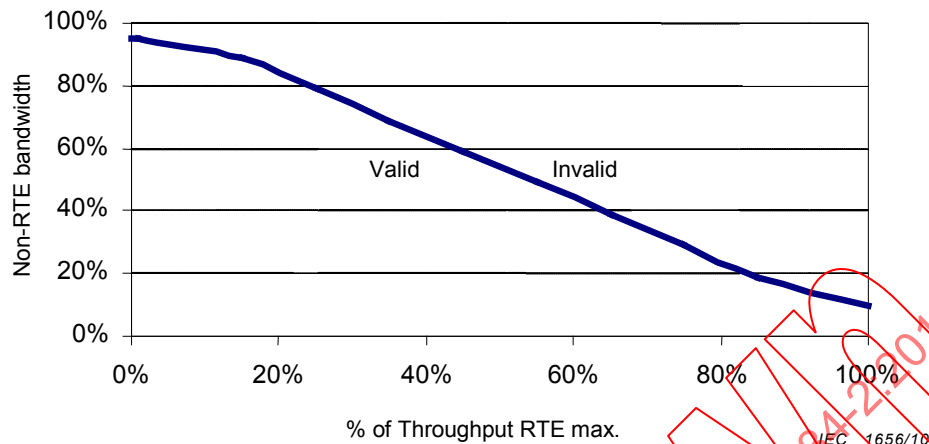


Figure 1 – Example of graphical representation of consistent indicators

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 Applications may 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.

NOTE 3 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.

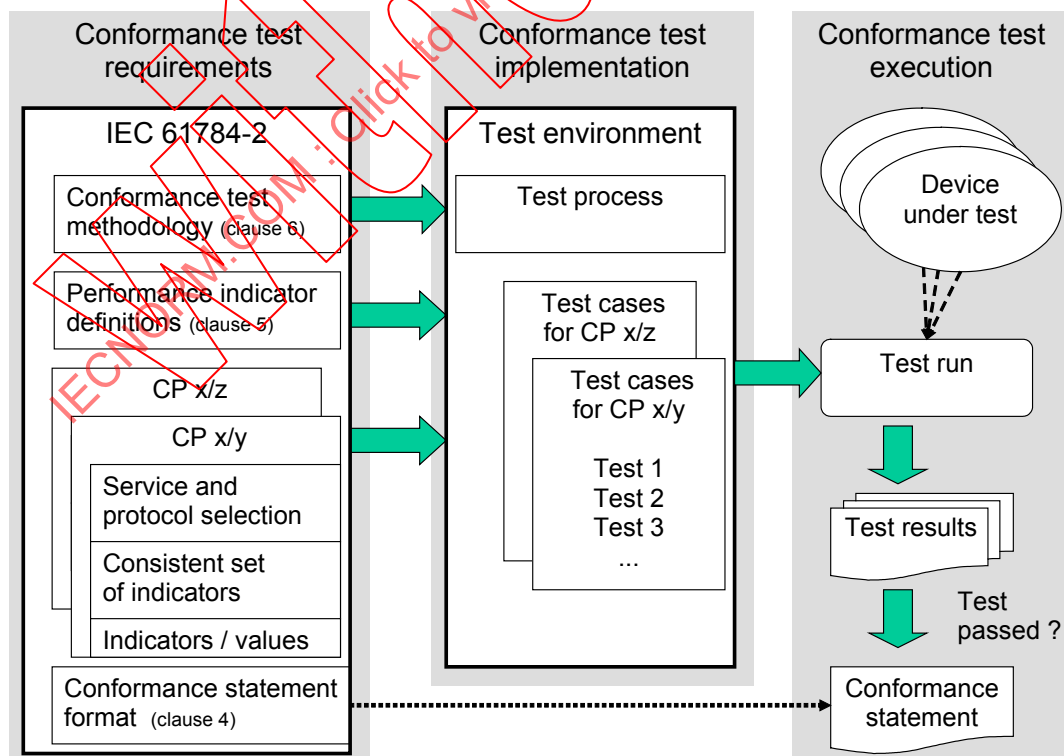
NOTE If a permanent failure occurs, the delivery time of a message is the redundancy recovery time.

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.



IEC 1657/10

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™²) - RTE communication profiles

7.1 General overview

Communication Profile Family 2 defines several communication profiles based on IEC 61158-2:2010 (protocol type 2), IEC 61158-3-2:2007, IEC 61158-4-2:2010, IEC 61158-5-2:2010, and IEC 61158-6-2:2010, 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™³

² CIP™ is a trade name of ODVA, Inc. This information is given for the convenience of users of this International Standard 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.

³ EtherNet/IP™ is a trade name of ODVA, Inc. This information is given for the convenience of users of this International Standard 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 61158-4-2:2010, IEC 61158-5-2:2010, and IEC 61158-6-2:2010, 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 802.3-2002 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 61784-1:2010, 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 61784-1:2010, 6.3.1.

7.2.2 Data-link layer

See IEC 61784-1:2010, 6.3.2.

7.2.3 Application layer

See IEC 61784-1:2010, 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: performance indicator 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: Performance indicator 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).

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

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 performance indicators 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 802.3-2002.

Recommended connectors and cables are specified in IEC 61918:2010 and IEC 61784-5-2:2010.

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.

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 8802-3:2002, IEEE 802.3-2002 and IEC 61588:2009.

7.3.2.2 DLL protocol selection

The data-link layer of the CP 2/2.1 profile is according to ISO/IEC 8802-3:2002, IEEE 802.3-2002 and IEC 61588:2009.

Table 13 specifies the DLL protocol selection within IEC 61158-4-2:2010.

Table 13 – CP 2/2.1: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	YES	—
3	Terms, definitions, symbols and abbreviations	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	—

Clause	Header	Presence	Constraints
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

7.3.3 Application layer

7.3.3.1 AL service selection

Table 15 specifies the AL service selection within IEC 61158-5-2:2010.

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 61158-5-2:2010, 6.1
5	Data type ASE	Partial	Selection and restrictions are specified in IEC 61158-5-2:2010, 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	—

Clause	Header	Presence	Constraints
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	NO	—
6.3	AR's	—	—
6.3.1	Overview	YES	—
6.3.2	UCMM AR formal model	YES	—
6.3.3	Transport AR formal model	Partial	Transport ARs 0, 1, 2 and 3 only
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 61158-6-2:2010.

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	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)	YES	—
9.3	Connection-oriented ARPMs (transports)	Partial	Transport classes 0, 1, 2 and 3 only
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.

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: performance indicator 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	Yes	Requires switches capable to function as IEC 61588:2009 boundary clocks.
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: performance indicator 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 μ s 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 performance indicators 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 boundary clocks
Number of switches between end-stations	1 to 4	Maximum number of cascaded boundary clocks
Throughput RTE	0 octets/s to 3,44 x 10 ⁶ octets/s	—
Non-RTE bandwidth	0 % to 100 %	—
Time synchronization accuracy	≤ 1 μ s	—

8 Communication Profile Family 3 (PROFIBUS & PROFINET⁴) – 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. CP 3/1, CP 3/2, and CP 3/3 are specified in IEC 61784-1:2010.

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 36). Those conformance classes require features out of the general classifications given in 8.1.3, 8.1.4, 8.1.5, 8.1.6, and 8.1.8.

8.1.2 Administrative numbers

The administrative numbers shown in IEC 61158-6-10:2010, shall be assigned by the authority shown in Table 20.

Table 20 – Administrative numbers assignment

Parameter	Assigning authority
application process identifier	PROFIBUS & PROFINET International (PI) See IEC 61158-6-10:2010, 3.3.9
vendor ID	PROFIBUS & PROFINET International (PI) See IEC 61158-6-10:2010, 3.3.90
enterprise number	IANA to PROFIBUS & PROFINET International (PI) See IEC 61158-6-10:2010, 4.15.2
PNIO MIB	PROFIBUS & PROFINET International (PI) See IEC 61158-6-10:2010, 4.15.3
API	PROFIBUS & PROFINET International (PI) See IEC 61158-6-10:2010, 6.2.3.1
index	PROFIBUS & PROFINET International (PI) See IEC 61158-6-10:2010, 6.2.3.4.4
IM_Profile_ID	PROFIBUS & PROFINET International (PI) See IEC 61158-6-10:2010, 6.2.4.83.8
ChannelErrorType	PROFIBUS & PROFINET International (PI) See IEC 61158-6-10:2010, 6.2.4.83.8

8.1.3 Node Classes

Node classes are:

- IO device, with or without an integrated network component;
- IO controller, with or without an integrated network component;

⁴ 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 International Standard 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.

- IO supervisor, and
- Network components (e.g. switch, wireless access point, wireless client).

NOTE 1 A node can have several node classes implemented at the same time, e.g. IO controller and IO device, IO device and integrated network component.

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:

- Alarm 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 2 C_SDU is derived from the IEC 61158-6-10:2010.

- Alarm CR:
Up to 1 432 octet data length, minimal 200 octets data length
- Record data CR:
Up to 2³² - 65 octet data length, minimal 4 132 octets data length (length of the PROFINETIOServiceReqPDU or PROFINETIOServiceResPDU)

NOTE 3 PROFINETIOServiceReqPDU and PROFINETIOServiceResPDU are derived from IEC 61158-6-10:2010.

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 2³² - 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 K octets startup parameter, no parallel access to a record data object
- Multi-API:
At least two supported (API = 0 and API = x)

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 ARs
ARP_Cache_Timeout	60 s	—

Table 22 – IP layer parameters for IO device

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

The allowed time values for name resolution defined in IEC 61158-6-10:2010, 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 61158-6-10:2010, 4.3.2.1.1
DCP-Set/GetTimeout	1 s	See IEC 61158-6-10:2010, 4.3.2.1.1
DNS-RequestTimeout	16 s	See RFC 1034 and RFC 1035

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 RFC call.	≤ 300 s
Remote_Application_Ready_Timeout ^c	The parameter Remote_Application_Ready_Timeout represents the deadline between IOXControlRes (ControlCommand.FrmEnd) and IOXControlReq (ControlCommand.Application-Ready).	≤ 300 s
Set_Storage_Time ^c	Maximum time between the DCP_Set.res and the completion of persistent storage.	≤ 30 s mandatory
IP_Startup_Time ^c	Time between the DCP_Set.res 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.res and the deletion of the name of station and the IP parameter.	≤ 30 s recommended ≤ 300 s mandatory
MaxBridgeDelay for MRP ^e	Every bridge supporting MRP shall forward a MRP-PDU in this time.	≤ 4 ms
^a See ISO 15745-4/Amd1 ^b See OSF C706 ^c See IEC 61158-6-10:2010 ^d See IETF RFC 826 ^e 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		

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

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

where

SCF is the attribute SendClockFactor (see IEC 61158-5-10:2010, Send Clock Factor);

RR is the attribute ReductionRatio (see IEC 61158-5-10:2010, Reduction Ration).

NOTE 4 Each IO device implementation has to ensure that the MinDeviceInterval and Remote_Application_Timeout reach the smallest possible value.

The allowed time values for PTCP defined in IEC 61158-6-10:2010 are shown in Table 25 and Table 26.

Table 25 – Timeout values for PTCP

Parameter	Value	Comment
Delay Request Short Interval	200 ms	—
Delay Request Long Interval	8 s	—
LineT	n	Multiply of Delay Request Short Interval

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

8.1.4 Application classes

Application classes are:

- Isochronous application (e.g. motion control), and
- Non-isochronous application (e.g. factory automation, process automation, building automation)

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

8.1.5 Communication classes

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 attributes RT_CLASS_1, see IEC 61158-5-10:2010, 8.3.10.4.2),
- RT Class 2 (content specified in attributes RT_CLASS_2, see IEC 61158-5-10:2010, 8.3.10.4.2), and
- RT Class 3 (content specified in attributes RT_CLASS_3, see IEC 61158-5-10:2010, 8.3.10.4.2).
- RT Class UDP (content specified in attribute RT_CLASS_UDP, see IEC 61158-5-10:2010, 8.3.10.4.2).

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 27.

Table 27 – Communication classes applicable in conformance classes

Communication classes	Conformance classes		
	A	B	C
RT_CLASS_UDP	Optional	Optional	Optional
RT_CLASS_1	Mandatory	Mandatory	Mandatory
RT_CLASS_2 ^a	—	—	The support of RT_CLASS_3 is mandatory. The support of RT_CLASS_2 and RT_CLASS_3 is optional. The concurrent use of RT_CLASS_2 and RT_CLASS_3 is not intended.
RT_CLASS_3 ^b	—	—	

^a Isochronous real-time (IRT), RT_CLASS_2.

^b Isochronous real-time (IRT), RT_CLASS_3.

8.1.6 Redundancy classes

Media redundancy classes are:

- RED_CLASS_1:
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 61158-5-10:2010, 6.3.3.
- RED_CLASS_3: Bumpless ring redundancy for RT_CLASS_3.

NOTE RED_CLASS_1 is called media redundancy protocol (MRP). RED_CLASS_3 is called media redundancy for planned duplication (MRPD).

Support of media redundancy requires devices with at least 2 ports; usage is shown in Table 28.

Table 28 – Redundancy class applicable in conformance classes

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_2	—	—	—	—	—	—
RED_CLASS_3	—	—	—	—	Optional	Optional
^a One node in a ring shall support the manager role if one of the redundancy classes is used.						

8.1.7 Media classes

Media classes are:

- Wired
- Fiber optic
- Wireless

8.1.8 Records

Different records are associated with CP 3/4, CP 3/5, and CP 3/6 as shown in Table 29, Table 30, Table 31, Table 32, Table 33, and Table 34.

Table 29 – Index (user specific)

Value (hexadecimal)	Meaning of index	Conformance class		
		A	B	C
0 – 0x7FFF	User specific RecordData	O	O	O
NOTE M:= Mandatory; O:= Optional; G:= Defined by the general station description (GSD)				

Table 30 – 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 – 0x8027	Reserved	—					
0x8028	RecordInputDataObjectElement for one subslot	M	—	M	—	M	—
0x8029	RecordOutputDataObjectElement for one subslot	M	—	M	—	M	—
0x802A	PDPortDataReal for one subslot	M	—	M	—	M	—
0x802B	PDPortDataCheck for one subslot	M		M		M	
0x802C	PDIRData for one subslot	—		—		M ^a	
0x802D	Expected PDSyncData for one subslot with SyncID value 0	—		O		M	
0x802E	Reserved	—					
0x802F	PDPortDataAdjust for one subslot	G		G		G	
0x8030	IsochronousModeData for one subslot	—		—		G	
0x8031	Expected PDSyncData for one subslot with SyncID value 1	—		O		O	

Value (hexadecimal)	Meaning of index	Conformance class					
		A		B		C	
		R	W	R	W	R	W
0x8032 – 0x804E	Expected PDSyncData for one subslot with SyncID value 2..30	—	—	—	—	—	—
0x804F	Expected PDSyncData for one subslot with SyncID value 31	—	—	—	—	—	—
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	PDPorMrpDataAdjust for one subslot	G	—	G	—	G	—
0x8054	PDPorMrpDataReal for one subslot	G	—	G	—	G	—
0x8055 – 0x805F	Reserved	—	—	—	—	—	—
0x8060	PDPorFODataReal for one subslot	G	—	G	—	G	—
0x8061	PDPorFODataCheck for one subslot	G	—	G	—	G	—
0x8062	PDPorFODataAdjust for one subslot	G	—	G	—	G	—
0x8063 – 0x806F	Reserved	—	—	—	—	—	—
0x8070	PDNCDataCheck for one subslot	G	—	G	—	G	—
0x8071 – 0x807F	Reserved	—	—	—	—	—	—
0x8080	PDInterfaceDataReal for one subslot	M	—	M	—	M	—
0x8081 – 0x808F	Reserved	—	—	—	—	—	—
0x8090	Expected PDInterfaceFSUDataAdjust	G	—	G	—	G	—
0x8091 – 0xAFEF	Reserved	—	—	—	—	—	—
0xAFF0	I&M0	M	—	M	—	M	—
0xAFF1	I&M1	G	—	G	—	G	—
0xAFF2	I&M2	G	—	G	—	G	—
0xAFF3	I&M3	G	—	G	—	G	—
0xAFF4	I&M4	G	—	G	—	G	—
0xAFF5 – 0xAFFF	I&M5 – I&M15	O	—	O	—	O	—
0xB000 – 0xBFFF	Reserved for profiles	O	—	O	—	O	—

^a Only mandatory if required by the node for RT_CLASS_3.

NOTE

R Read
W Write
M Mandatory
O Optional
G Defined by the general station description (GSD)

Table 31 – 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 codings for one slot	M	—	M	—	M	—
0xC014 – 0xCFFF	Reserved	—					
0xD000 – 0xDFFF	Reserved for profiles	O		O		O	

NOTE

R Read
W Write
M Mandatory
O Optional
G Defined by the general station description (GSD)

Table 32 – 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	—					
0xE030	Reserved	—					
0xE031 – 0xE03F	Reserved	—					
0xE040	MultipleWrite	—	G	—	G	—	G
0xE041 – 0xE04F	Reserved	—					
0xE050	ARFSUDataAdjust data for one AR	G		G		G	
0xE051 – 0xE05F	Reserved for FastStartUp	—					
0xE060 – 0xEBFF	Reserved	—					
0xEC00 – 0xFFFF	Reserved for profiles	O		O		O	

NOTE
R Read
W Write
M Mandatory
O Optional
G Defined by the general station description (GSD)

Table 33 – 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	

NOTE
R Read
W Write
M Mandatory
O Optional
G Defined by the general station description (GSD)

Table 34 – 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	LogData	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 – 0xFBFF	Reserved	—					
0xFC00 – 0xFFFF	Reserved for profiles	O		O		O	
NOTE R Read W Write M Mandatory O Optional G Defined by the general station description (GSD)							

8.1.9 Communication feature list

Table 35 shows at a glance a list of PROFINET features.

Table 35 – 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: Should be supported		
Implicit Application Relation	IO controller: Optional IO device: Mandatory		
AutoNameOfStationAssignment See NRPM state table of IEC 61158-6-10:2010	IO controller: Optional IO device: —		

8.1.10 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. Redundancy is selected in a conformance class. Table 36 specifies the required conformance class behaviors.

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

- CP 3/4, see Table 36 and Table 37 conformance class A;
- CP 3/5, see Table 36 conformance class B;
- CP 3/6, see Table 36 conformance class C.

Table 36 – 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 8.1.4)	Non-isochronous			Non-isochronous and/or isochronous
Communication classes ^b	see 8.1.5			
Redundancy classes	—	see 8.1.6		
Installation IEC 61784-5-3:2010	—	Optional	YES	
Communication feature list	see 8.1.9			
IEEE 802.3		YES ^k		
IEEE 802.1D	—	YES ^e		YES ⁱ
IEEE 802.1Q	—	YES ^f		
IEEE 802.1AB	Optional	YES ^h	YES	
Wireless technologies selection	1. ISO/IEC802.11 ^g 2. IEEE 802.15.1	—	—	—

General classes	Conformance Classes			
	A		B	C
	Wireless	Wired		
SNMP	Optional		YES	
MIB-II	Optional		YES ^j	
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 61158-5-10:2010.

c, d __

^e 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).

^f Priority tagging VLAN configuration, removal and modification of tag headers is optional.

^g 1) IEEE 802.11e (At least EDCA part with four priorities supported)
2) IEEE 802.11i;
3) Optional IEEE 802.11g or IEEE 802.11h.

^h Only LLDP is mandatory. The LLDP-MIB and LLDP EXT MIB are optional.

ⁱ 1) RSTP optional or replaced by MRP.
2) CutThroughMode is mandatory.
3) “Discard on received frame in error” optional (CutThroughMode).
4) At least four priorities required

^j Only the following object identifiers „iso(1).org (3).dod(6).internet(1).mgmt(2).mib-2(1).system(1).“ sysDescr(1), or sysObjectID(2), or sysUpTime(3), or sysContact(4), or sysName(5), or sysLocation(6), or sysServices(7) are mandatory.

^k The support of 100 Mbit/s full-duplex is mandatory and of 1 Gbit/s full-duplex or 10 Gbit/s full-duplex is optional.

A lower conformance class is a subset of the higher class, so that the higher class devices are interoperable with devices of a lower class with the capabilities of the lower class.

Table 37 – 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 8.1.4)	—	—	—	—
Communication classes ^a (see 8.1.5)	—	—	—	—
Redundancy classes	see 8.1.6	—	—	—
Installation IEC 61784-5-3:2010	Optional	—	—	—
Communication feature list	—	—	—	—
IEEE 802.3	YES ^e	—	—	—
IEEE 802.1D	YES ^b	—	—	—
IEEE 802.1Q	YES ^c	—	—	—
IEEE 802.1AB	Optional	Optional	Optional	—
Wireless technologies selection	—	1. ISO/IEC802.11 ^d 2. IEEE 802.15.1	1. ISO/IEC802.11 ^d 2. IEEE 802.15.1	—
IEEE 802.11e	—	YES ^f	YES ^f	—
IEEE 802.11i	—	YES ^f	YES ^f	—
SNMP	Optional	Optional	Optional	—
MIB-II	Optional	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 61158-5-10:2010.

^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 1) IEEE 802.11e;
2) IEEE 802.11i;
3) Optional IEEE 802.11g or IEEE 802.11h.

^e The support of 100 Mbit/s full-duplex is mandatory and of 1 Gbit/s full-duplex or 10 Gbit/s full-duplex is optional.

^f Only relevant for wireless technology ISO/IEC 802.11. Then at least EDCA part with four priorities supported.

Network components can be used as leaves of a CP 3/6 network to connect CP 3/4 or CP 3/5 devices without loosing 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.

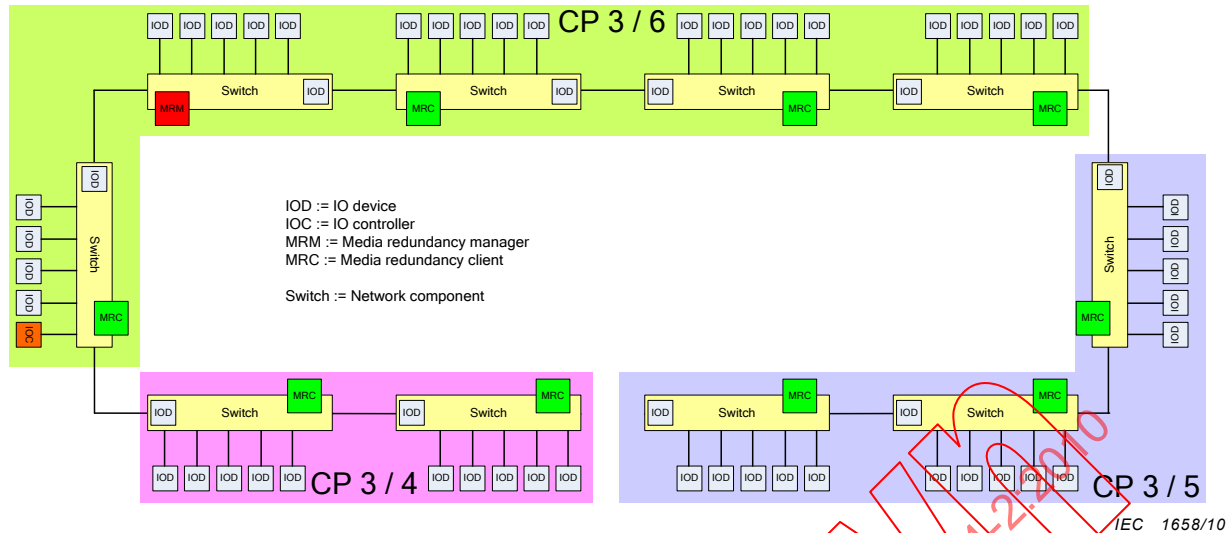


Figure 3 – Example of network topology using CP 3/4, CP 3/5, and CP 3/6 components

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.

The auto negotiation and crossover function (see IEEE 802.3) shall be used.

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 ISO/IEC 8802-11 and IEEE 802.15.1.

If ISO/IEC 8802-11 is selected then the data rate shall be according to ISO/IEC 8802-11 and optional according to IEEE 802.11g or IEEE 802.11h, else the data rate shall be according IEEE 802.15.1.

8.2.2 Data-link layer

8.2.2.1 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 (MIB) are optional.

8.2.2.2 Media class wireless

The data-link layer shall be a selection of ISO/IEC 8802-11 or IEEE 802.15.1. If ISO/IEC 8802-11 is selected then IEEE 802.11e and IEEE 802.11i shall be used.

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 ISO/IEC 8802-11 systems permanently from their hopping sequence.

All management information bases (MIB) 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 61158-5-10:2010. Table 38 holds the application layer service selections from IEC 61158-5-10:2010 for this profile.

Table 38 – 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 and definitions	—	—
3.1	Referenced terms and definitions	YES	—
3.2	Additional terms and definitions for distributed automation	NO	—
3.3	Additional terms and definitions for decentralized periphery	YES	—
3.4	Additional terms and definitions for media redundancy	YES	—
3.5	Abbreviations and symbols	YES	—
3.6	Additional abbreviations and symbols for distributed automation	NO	—
3.7	Additional abbreviations and symbols for decentralized periphery	YES	—
3.8	Additional abbreviations and symbols for media redundancy	YES	—
3.9	Conventions	YES	—
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, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory.
6.3.6	Remote procedure call ASE	YES	—
6.3.7	Link layer discovery ASE	YES	At least LLDP transmission; n.a. for wireless media
6.3.8	MAC bridges ASE	YES	Only applicable if a network component is integrated. Otherwise only PortStateChanged and SetPortState are used.
6.3.9	Virtual bridged LAN ASE	YES	n.a. for wireless media
6.3.10	Medium access ASE	YES	n.a. for wireless media
6.3.11	IP suite ASE	YES	ICMP is optional, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory.
6.3.12	Domain name system ASE	YES	Optional
6.3.13	Dynamic host configuration ASE	YES	Optional
6.3.14	Simple network management ASE	YES	Optional
6.3.15	Common DL Mapping ASE	—	—
6.3.15.1	Overview	YES	—

Clause	Header	Presence	Constraints
6.3.15.2	DL Mapping class specification	YES	—
6.3.15.3	DL Mapping service specification	—	—
6.3.15.3.1	IRT Schedule Add	NO	—
6.3.15.3.2	IRT Schedule Remove	NO	—
6.3.15.3.3	Schedule	YES	—
6.3.15.3.4	N Data	YES	—
6.3.15.3.5	A Data	YES	—
6.3.15.3.6	C Data	YES	—
7	Communication model for distributed automation	NO	—
8	Communication model for decentralized periphery	—	—
8.1	Concepts	YES	—
8.2	ASE data types	YES	—
8.3	ASEs	—	—
8.3.1	Record Data ASE	YES	—
8.3.2	IO Data ASE	YES	—
8.3.3	Logbook Data ASE	YES	—
8.3.4	Diagnosis ASE	YES	—
8.3.5	Alarm ASE	YES	—
8.3.6	Context ASE	YES	—
8.3.7	Isochronous Mode Application ASE	NO	—
8.3.8	Physical Device Management ASE	YES	—
8.3.9	Network Continuous Time ASE	YES	Optional
8.3.10	AR ASE	YES	—
8.4	Behavior of an IO device	—	—
8.4.1	Overview	YES	—
8.4.2	Startup of an IO device	YES	—
8.4.3	Physical device parameter check	—	—
8.4.3.1	Remote system data	YES	—
8.4.3.2	Local system data	YES	—
8.4.3.3	Optical system data	YES	Only if fiber optic is used
8.4.4	Diagnosis and problem indicator	YES	—
8.4.5	User alarms	YES	—
8.4.6	Behavior in case of configuration change	YES	—
8.4.7	Behavior for PTCP within IO devices	YES	Optional; if optional precision time control ASE (see 6.3.2) used then mandatory
8.5	Behavior of an IO controller	NO	—
8.6	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	—

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.

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

A switch shall provide at least 10 Koctet buffering for data per port for 100 Mbit/s switches with less than eight ports. A switch shall provide at least 80 Koctet buffering for data for 100 Mbit/s switches with 8 ports and more for all ports together.

8.2.3.1.2.2 Non-integrated network component

A non-integrated network component does not require Type 10 AL. Table 37 specifies the general network component behaviors.

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

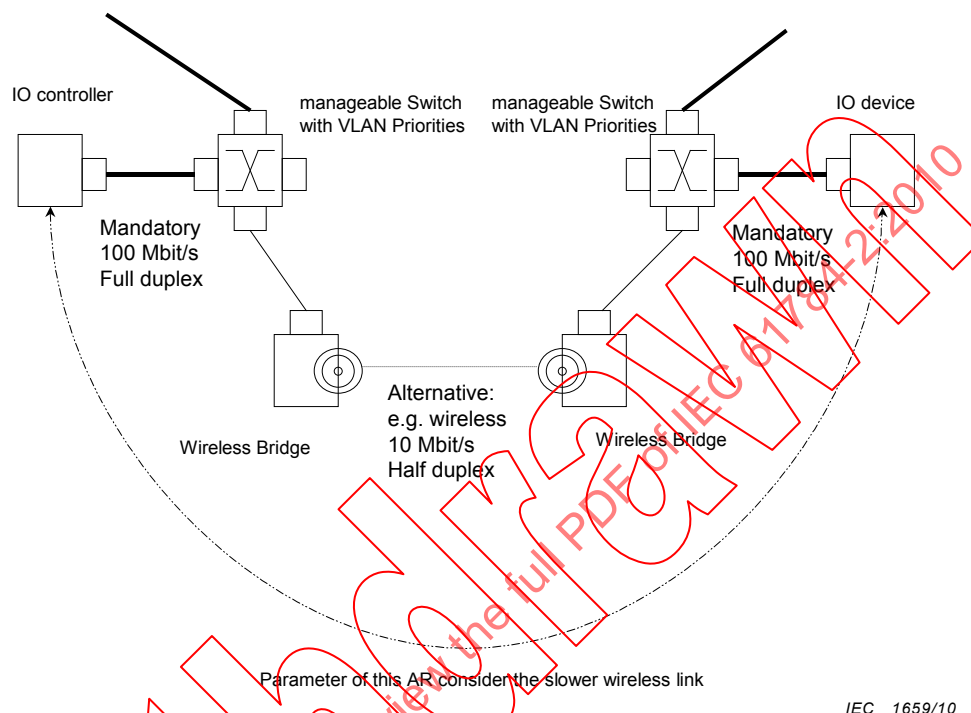


Figure 4 – Example of network topology with wireless segment

8.2.3.1.2.3 Integrated network component

Application layer services for a network component are defined in IEC 61158-5-10:2010. Table 38 holds the application layer service selections from IEC 61158-5-10:2010 for this profile.

8.2.3.1.3 IO controller

Application layer services for an IO controller are defined in IEC 61158-5-10:2010. Table 38 holds the application layer service selections from IEC 61158-5-10 for this profile except 8.4 is NO and 8.5 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.

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 61158-6-10:2010. Table 39 holds the application layer protocol selections from IEC 61158-6-10:2010 for this profile.

Table 39 – 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	—	—
3.1	Referenced terms and definitions	Partial	Used when applicable
3.2	Additional terms and definitions for distributed automation	NO	—
3.3	Additional terms and definitions for decentralized periphery	YES	—
3.4	Additional abbreviations and symbols for distributed automation	NO	—
3.5	Additional abbreviations and symbols for decentralized periphery	YES	—
3.6	Additional abbreviations and symbols for media redundancy	YES	—
3.7	Conventions	YES	—
3.8	Conventions used in state machines	YES	—
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 time control	YES	Optional
4.5	Media redundancy	YES	See 8.1.6, n.a. for wireless media
4.6	Real-time cyclic	YES	RT_CLASS_UDP is optional
4.7	Real-time acyclic	YES	RTA_CLASS_UDP is optional, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory.
4.8	Remote procedure call	YES	—
4.9	Link layer discovery	YES	At least LLDP transmission; n.a. for wireless media
4.10	MAC bridges	YES	Only applicable if a network component is integrated. Otherwise only PortStateChanged and SetPortState are used.
4.11	Virtual bridges	YES	N.a. for wireless media
4.12	IP suite	YES	ICMP is optional, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory.
4.13	Domain name system	YES	Optional
4.14	Dynamic host configuration	YES	Optional
4.15	Simple network management	YES	Optional
4.16	Common DLL Mapping Protocol Machines	YES	—
5	Application layer protocol specification for distributed automation	NO	—
6	Application layer protocol specification for decentralized periphery	—	—
6.1	FAL syntax description	YES	—
6.2	Transfer syntax	YES	When applicable
6.3	FAL protocol state machines	YES	When applicable
6.4	AP-Context state machine	YES	—
6.5	FAL Service Protocol Machines	—	—
6.5.1	Overview	YES	—
6.5.2	FSPMDEV	YES	—
6.5.3	FSPMCTL	NO	—

Clause	Header	Presence	Constraints
6.6	Application Relationship Protocol Machines	—	—
6.6.1	ALPMI	YES	—
6.6.2	ALPMR	YES	—
6.6.3	NRPM	NO	—
6.6.4	RMPM	YES	—
6.6.5	CMDEV	YES	—
6.6.6	NRMC	YES	When multicast consumer is supported
6.6.7	CMCTL	NO	—
6.7	DLL Mapping Protocol Machines	YES	—
Annex A – Annex S	—	YES	—

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 37 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 61158-6-10:2010. Table 39 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 61158-6-10:2010. Table 40 specifies the clauses included in this profile.

Table 40 – 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		
3.1	Referenced terms and definitions	Partial	Used when applicable
3.2	Additional terms and definitions for distributed automation	NO	—
3.3	Additional terms and definitions for decentralized periphery	YES	—
3.4	Additional abbreviations and symbols for distributed automation	NO	—
3.5	Additional abbreviations and symbols for decentralized periphery	YES	—
3.6	Additional abbreviations and symbols for media redundancy	YES	—
3.7	Conventions	YES	—
3.8	Conventions used in state machines	YES	—
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 time control	YES	Optional

Clause	Header	Presence	Constraints
4.5	Media redundancy	YES	See 8.1.6
4.6	Real-time cyclic	YES	RT_CLASS_UDP is optional
4.7	Real-time acyclic	YES	RTA_CLASS_UDP is optional, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory.
4.8	Remote procedure call	YES	—
4.9	Link layer discovery	YES	At least LLDP transmission; n.a. for wireless media
4.10	MAC bridges	YES	Only applicable if a network component is integrated. Otherwise only PortStateChanged and SetPortState are used.
4.11	Virtual bridged	YES	—
4.12	IP suite	YES	—
4.13	Domain name system	YES	Optional
4.14	Dynamic host configuration	YES	Optional
4.15	Simple network management	YES	—
4.16	Common DLL Mapping Protocol Machines	YES	—
5	Application Layer protocol specification for distributed automation	NO	—
6	Application Layer protocol specification for decentralized periphery	—	—
6.1	FAL syntax description	YES	—
6.2	Transfer syntax	YES	When applicable
6.3	FAL protocol state machines	YES	When applicable
6.4	AP-Context state machine	YES	—
6.5	FAL Service Protocol Machines	—	—
6.6	Application Relationship Protocol Machines	—	—
6.5.1	Overview	YES	—
6.5.2	FSPMDEV	NO	—
6.5.3	FSPMCTL	YES	—
6.6.1	ALPMI	YES	—
6.6.2	ALPMR	YES	—
6.6.3	NRPM	YES	—
6.6.4	RMPPM	YES	—
6.6.5	CMDEV	NO	—
6.6.6	NRMC	NO	—
6.6.7	CMCTL	YES	—
6.7	DLL Mapping Protocol Machines	YES	—
Annex A – Annex S	—	YES	—

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.

RT_Class_UDP is optional.

8.2.4 Performance indicator selection

8.2.4.1 Performance indicator overview

Table 41 specifies the relevant performance indicators.

Table 41 – 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 42 specifies the dependencies of the performance indicators.

Table 42 – CP 3/4, CP 3/5 and CP 3/6: performance indicator 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	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	YES 8.2.4.2.4	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Basic network topology	YES 8.2.4.2.6	NO	YES 8.2.4.2.6	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	YES 8.2.4.2.6	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	YES 8.2.4.2.10	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	NO	YES 8.2.4.2.10	YES 8.2.4.2.10	NO	NO
Time synchronization accuracy	NO	NO	NO	YES 8.2.4.2.11	NO	NO	YES 8.2.4.2.11	NO
Redundancy recovery time	NO	NO	YES 8.2.4.2.8	YES 8.2.4.2.12	NO	NO	NO	YES 8.2.4.2.12

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 MinDeviceInterval;
<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 CableDelayLocal in IEC 61158-5-10:2010);
<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 SendClockFactor (see IEC 61158-5-10:2010, Send Clock Factor);
<i>RR</i>	is the attribute ReductionRatio (see IEC 61158-5-10:2010, Reduction Ratio).

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.

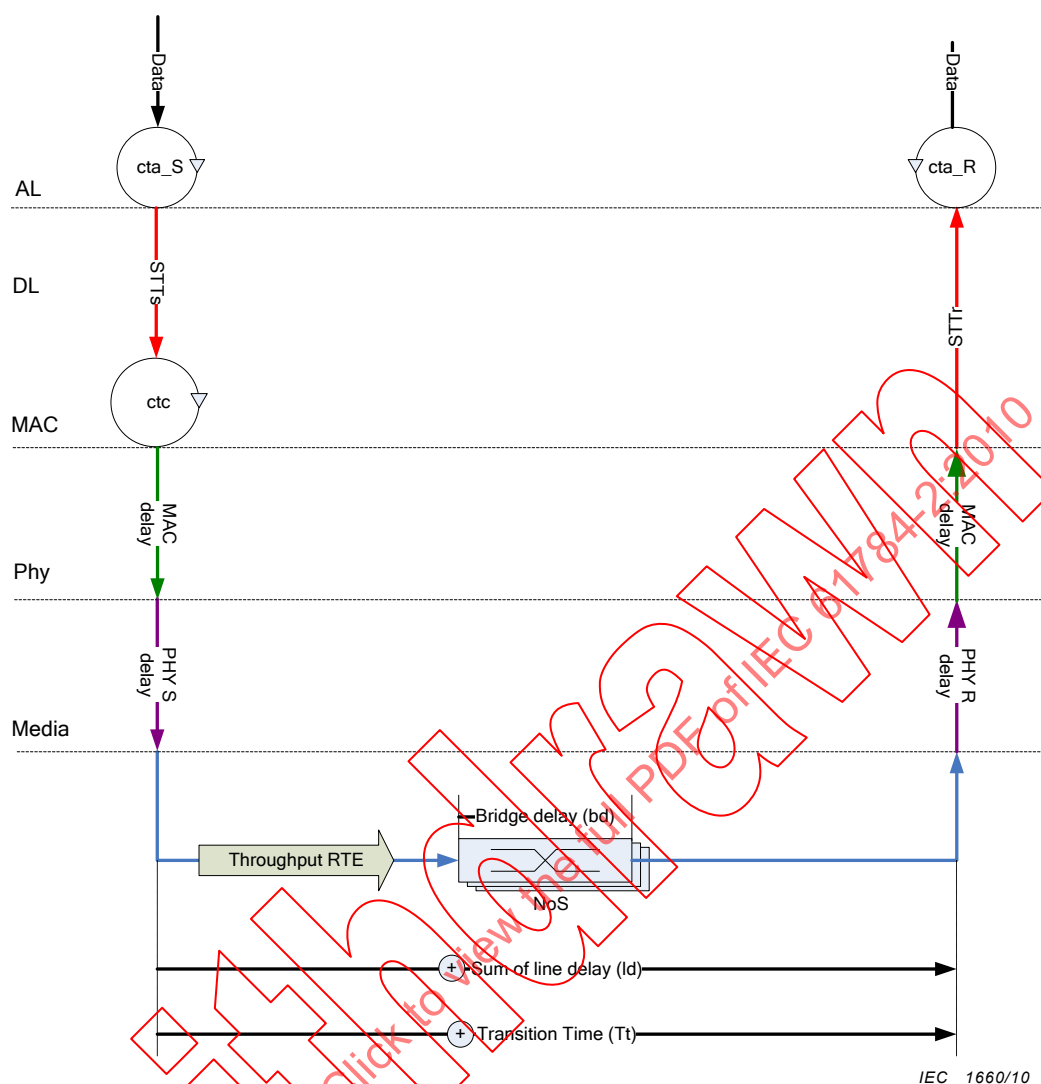


Figure 5 – Calculation basis for delivery time and throughput RTE

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 43 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 43 – Manager parameters

Parameter	Value	Comment
MRP_TOPchgT	10 ms	IEC 61158-6-10:2010
MRP_TOPNRmax	3	IEC 61158-6-10:2010
MRP_TSTshortT	10 ms	IEC 61158-6-10:2010
MRP_TSTdefaultT	20 ms	IEC 61158-6-10:2010
MRP_TSTNRmax	3	IEC 61158-6-10:2010

For RED_CLASS_1 Table 44 specifies the parameter set for media redundancy clients.

Table 44 – Client parameters

Parameter	Value	Comment
MRP_LNKdownT	20 ms	IEC 61158-6-10:2010
MRP_LNKupT	20 ms	IEC 61158-6-10:2010
MRP_LNKNRmax	4	IEC 61158-6-10:2010

8.2.4.2.9 NoS dependency on Redundancy recovery time

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

8.2.4.2.10 Throughput RTE dependency on non-RTE bandwidth

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

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

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).

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

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 64 NoS.

8.2.4.2.12 Redundancy recovery time dependency on NoS

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

8.2.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 45 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 46 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 45 – CP 3/4: Consistent set of PI 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 IEC 61158-5-10:2010, 8.3.10.4.2.		
^b The attributes RTA Retries and RTA Timeout Factor are specified in IEC 61158-5-10:2010, 8.3.10.4.2.		
^c Optional		

Table 46 – CP 3/4: 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 62411)	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> = 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
<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 61158-5-10:2010, 8.3.10.4.2	32
<i>RR</i>	See IEC 61158-5-10:2010, 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.

The auto negotiation and crossover function (see IEEE 802.3) shall be used.

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 (MIB) at least the LLDP MIB (see IEEE 802.1AB) and SNMP MIB-II (see RFC 1213) are required.

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 61158-5-10:2010. Table 47 holds the application layer service selections from IEC 61158-5-10:2010 for this profile.

Table 47 – 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 and definitions	—	—
3.1	Referenced terms and definitions	YES	—
3.2	Additional terms and definitions for distributed automation	NO	—
3.3	Additional terms and definitions for decentralized periphery	YES	—
3.4	Additional terms and definitions for media redundancy	YES	—
3.5	Abbreviations and symbols	YES	—
3.6	Additional abbreviations and symbols for distributed automation	NO	—
3.7	Additional abbreviations and symbols for decentralized periphery	YES	—
3.8	Additional abbreviations and symbols for media redundancy	YES	—
3.9	Conventions	YES	—
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
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, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory.
6.3.6	Remote procedure call ASE	YES	—
6.3.7	Link layer discovery ASE	YES	n.a. for wireless media
6.3.8	MAC bridges ASE	YES	Only applicable if a network component is integrated. Otherwise only PortStateChanged and SetPortState are used.
6.3.9	Virtual bridged LAN ASE	YES	—
6.3.10	Medium access ASE	YES	n.a. for wireless media
6.3.11	IP suite ASE	YES	ICMP is optional, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory.
6.3.12	Domain name system ASE	YES	Optional
6.3.13	Dynamic host configuration ASE	YES	Optional
6.3.14	Simple network management ASE	YES	—
6.3.15	Common DL Mapping ASE	—	—
6.3.15.1	Overview	YES	—
6.3.15.2	DL Mapping class specification	YES	—
6.3.15.3	DL Mapping service specification	—	—
6.3.15.3.1	IRT Schedule Add	NO	—
6.3.15.3.2	IRT Schedule Remove	NO	—
6.3.15.3.3	Schedule	YES	—
6.3.15.3.4	N Data	YES	—
6.3.15.3.5	A Data	YES	—
6.3.15.3.6	C Data	YES	—

Clause	Header	Presence	Constraints
7	Communication model for distributed automation	NO	—
8	Communication model for decentralized periphery	—	—
8.1	Concepts	YES	—
8.2	ASE data types	YES	—
8.3	ASEs	—	—
8.3.1	Record Data ASE	YES	—
8.3.2	IO data ASE	YES	—
8.3.3	Logbook Data ASE	YES	—
8.3.4	Diagnosis ASE	YES	—
8.3.5	Alarm ASE	YES	—
8.3.6	Context ASE	YES	—
8.3.7	Isochronous Mode Application ASE	NO	—
8.3.8	Physical Device Management ASE	YES	—
8.3.9	Network Continuous Time ASE	YES	Optional
8.3.10	AR ASE	YES	—
8.4	Behavior of an IO device	—	—
8.4.1	Overview	YES	—
8.4.2	Startup of an IO device	YES	—
8.4.3	Physical device parameter check	—	—
8.4.3.1	Remote system data	YES	—
8.4.3.2	Local system data	YES	—
8.4.3.3	Optical system data	YES	Only if fiber optic is used
8.4.4	Diagnosis and problem indicator	YES	—
8.4.5	User alarms	YES	—
8.4.6	Behavior in case of configuration change	YES	—
8.4.7	Behavior for PTCP within IO devices	YES	Optional; if optional precision time control ASE (see 6.3.2) used then mandatory
8.5	Behavior of an IO controller	NO	—
8.6	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	—

8.3.3.1.2 Network component

Application layer services for a network component are defined in IEC 61158-5-10:2010. Table 47 holds the application layer service selections from IEC 61158-5-10:2010 for this profile.

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

A switch shall provide at least 10 Koctet buffering for data per port for 100 Mbit/s switches with less than eight ports. A switch shall provide at least 80 Koctet buffering for data for 100 Mbit/s switches with 8 ports and more for all ports together.

8.3.3.1.3 IO controller

Application layer services for an IO controller are defined in IEC 61158-5-10:2010. Table 47 holds the application layer service selections from IEC 61158-5-10:2010 for this profile except 8.4 is NO and 8.5 is YES.

8.3.3.1.4 IO supervisor

See 8.3.3.1.3.

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 61158-6-10:2010. Table 48 holds the application layer protocol selections from IEC 61158-6-10:2010 for this profile.

Table 48 – 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	—	—
3.1	Referenced terms and definitions	Partial	Used when applicable
3.2	Additional terms and definitions for distributed automation	NO	—
3.3	Additional terms and definitions for decentralized periphery	YES	—
3.4	Additional abbreviations and symbols for distributed automation	NO	—
3.5	Additional abbreviations and symbols for decentralized periphery	YES	—
3.6	Additional abbreviations and symbols for media redundancy	YES	—
3.7	Conventions	YES	—
3.8	Conventions used in state machines	YES	—
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 time control	YES	Optional
4.5	Media redundancy	YES	See 8.1.6, n.a. for wireless media
4.6	Real-time cyclic	YES	RT_CLASS_UDP is optional
4.7	Real-time acyclic	YES	RTA_CLASS_UDP is optional, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory.
4.8	Remote procedure call	YES	—
4.9	Link layer discovery	YES	n.a. for wireless media
4.10	MAC bridges	YES	Only applicable if a network component is integrated. Otherwise only PortStateChanged and SetPortState are used.
4.11	Virtual bridges	YES	—
4.12	IP suite	YES	—
4.13	Domain name system	YES	Optional
4.14	Dynamic host configuration	YES	Optional
4.15	Simple network management	YES	—
4.16	Common DLL Mapping Protocol Machines	YES	—
5	Application Layer protocol specification for distributed automation	NO	—

Clause	Header	Presence	Constraints
6	Application Layer protocol specification for decentralized periphery	—	—
6.1	FAL syntax description	YES	—
6.2	Transfer syntax	YES	When applicable
6.3	FAL protocol state machines	YES	When applicable
6.4	AP-Context state machine	YES	—
6.5	FAL Service Protocol Machines	—	—
6.5.1	Overview	YES	—
6.5.2	FSPMDEV	YES	—
6.5.3	FSPMCTL	NO	—
6.6	Application Relationship Protocol Machines (ARPMs)	—	—
6.6.1	ALPMI	YES	—
6.6.2	ALPMR	YES	—
6.6.3	NRPM	NO	—
6.6.4	RMPPM	YES	—
6.6.5	CMDEV	YES	—
6.6.6	NRMC	YES	When multicast consumer is supported
6.6.7	CMCTL	NO	—
6.7	DLL Mapping Protocol Machines	YES	—
Annex A – Annex S	—	YES	—

8.3.3.2.2 Network component

Application layer protocols for a network component are defined in IEC 61158-6-10:2010. Table 48 specifies the clauses included in this profile.

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

A switch shall provide at least 10 Koctet buffering for data per port for 100 Mbit/s switches with less than eight ports. A switch shall provide at least 80 Koctet buffering for data for 100 Mbit/s switches with 8 ports and more for all ports together.

8.3.3.2.3 IO controller

Application layer protocols for an IO controller are defined in IEC 61158-6-10:2010. Table 49 specifies the clauses included in this profile.

Table 49 – 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	—	—
3.1	Referenced terms and definitions	Partial	Used when applicable
3.2	Additional terms and definitions for distributed automation	NO	—
3.3	Additional terms and definitions for decentralized periphery	YES	—
3.4	Additional abbreviations and symbols for distributed automation	NO	—
3.5	Additional abbreviations and symbols for decentralized periphery	YES	—
3.6	Additional abbreviations and symbols for media redundancy	YES	—
3.7	Conventions	YES	—
3.8	Conventions used in state machines	YES	—
4	Application Layer protocol specification for common protocols	—	—

Clause	Header	Presence	Constraints
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 time control	YES	Optional
4.5	Media redundancy	YES	See 8.1.6
4.6	Real-time cyclic	YES	RT_CLASS_UDP is optional
4.7	Real-time acyclic	YES	RTA_CLASS_UDP is optional, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory.
4.8	Remote procedure call	YES	—
4.9	Link layer discovery	YES	n.a. for wireless media
4.10	MAC bridges	YES	Only applicable if a network component is integrated. Otherwise only PortStateChanged and SetPortState are used.
4.11	Virtual bridges	YES	—
4.12	IP suite	YES	—
4.13	Domain name system	YES	Optional
4.14	Dynamic host configuration	YES	Optional
4.15	Simple network management	YES	—
4.16	Common DLL Mapping Protocol Machines	YES	—
5	Application Layer protocol specification for distributed automation	NO	—
6	Application Layer protocol specification for decentralized periphery	—	—
6.1	FAL syntax description	YES	—
6.2	Transfer syntax	YES	When applicable
6.3	FAL protocol state machines	YES	When applicable
6.4	AP-Context state machine	YES	—
6.5	FAL Service Protocol Machines	—	—
6.5.1	Overview	YES	—
6.5.2	FSPMDEV	NO	—
6.5.3	FSPMCTL	YES	—
6.6	Application Relationship Protocol Machines	—	—
6.6.1	ALPMI	YES	—
6.6.2	ALPMR	YES	—
6.6.3	NRPM	YES	—
6.6.4	RMPM	YES	—
6.6.5	CMDEV	NO	—
6.6.6	NRMC	NO	—
6.6.7	CMCTL	YES	—
6.7	DLL Mapping Protocol Machines (DMPMs)	YES	—
Annex A – Annex S	—	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

8.2.4.1 applies.

8.3.4.2 Performance indicator dependencies

8.2.4.2 applies.

8.3.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 50 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 51 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 50 – CP 3/5: Consistent set of PI 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	25,5 %	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 IEC 61158-5-10:2010, 8.3.10.4.2. ^b The attributes RTA Retries and RTA Timeout Factor are specified in IEC 61158-5-10:2010, 8.3.10.4.2. ^c Optional		

Table 51 – CP 3/5: 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 62411)	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> = 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
<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 61158-5-10:2010, 8.3.10.4.2	32
<i>RR</i>	See IEC 61158-5-10:2010, 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.

The auto negotiation and crossover function (see IEEE 802.3) shall be used.

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 (MIB) at least the LLDP MIB (see IEEE 802.1AB) and SNMP MIB-II (see RFC 1213) are required.

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 61158-5-10:2010. Table 52 holds the application layer service selections from IEC 61158-5-10:2010 for this profile.

Table 52 – 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 and definitions	—	—
3.1	Referenced terms and definitions	YES	—
3.2	Additional terms and definitions for distributed automation	NO	—
3.3	Additional terms and definitions for decentralized periphery	YES	—
3.4	Additional terms and definitions for media redundancy	YES	—
3.5	Abbreviations and symbols	YES	—
3.6	Additional abbreviations and symbols for distributed automation	NO	—
3.7	Additional abbreviations and symbols for decentralized periphery	YES	—
3.8	Additional abbreviations and symbols for media redundancy	YES	—
3.9	Conventions	YES	—
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	—
6.3.3	Media redundancy ASE	YES	2 ports
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, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory.
6.3.6	Remote procedure call ASE	YES	—
6.3.7	Link layer discovery ASE	YES	n.a. for wireless media
6.3.8	MAC bridges ASE	YES	Only applicable if a network component is integrated. Otherwise only PortStateChanged and SetPortState are used.
6.3.9	Virtual bridged LAN ASE	YES	—
6.3.10	Medium access ASE	YES	n.a. for wireless media
6.3.11	IP suite ASE	YES	ICMP is optional, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory.
6.3.12	Domain name system ASE	YES	Optional
6.3.13	Dynamic host configuration ASE	YES	Optional
6.3.14	Simple network management ASE	YES	—
6.3.15	Common DL Mapping ASE	YES	—
7	Communication model for distributed automation	NO	—
8	Communication model for decentralized periphery	—	—
8.1	Concepts	YES	—
8.2	ASE data types	YES	—
8.3	ASEs	—	—
8.3.1	Record Data ASE	YES	—
8.3.2	IO data ASE	YES	—
8.3.3	Logbook Data ASE	YES	—

Clause	Header	Presence	Constraints
8.3.4	Diagnosis ASE	YES	—
8.3.5	Alarm ASE	YES	—
8.3.6	Context ASE	YES	—
8.3.7	Isochronous Mode Application ASE	YES	Optional
8.3.8	Physical Device Management ASE	YES	—
8.3.9	Network Continuous Time ASE	YES	Optional
8.3.10	AR ASE	YES	—
8.4	Behavior of an IO device	—	—
8.4.1	Overview	YES	—
8.4.2	Startup of an IO device	YES	—
8.4.3	Physical device parameter check	—	—
8.4.3.1	Remote system data	YES	—
8.4.3.2	Local system data	YES	—
8.4.3.3	Optical system data	YES	Only if fiber optic is used
8.4.4	Diagnosis and problem indicator	YES	—
8.4.5	User alarms	YES	—
8.4.6	Behavior in case of configuration change	YES	—
8.4.7	Behavior for PTCP within IO devices	YES	—
8.5	Behavior of an IO controller	NO	—
8.6	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	—

8.4.3.1.2 Network component

Application layer services for a network component are defined in IEC 61158-5-10:2010. Table 52 holds the application layer service selections from IEC 61158-5-10:2010 for this profile.

A 100 Mbit/s switch shall support buffering of all data according to Table 53. This shall be applicable with 100 % bandwidth concurrent at all ports for frames with the smallest frame size.

Table 53 – Buffering capacity

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

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.

8.4.3.1.3 IO controller

Application layer services for an IO controller are defined in IEC 61158-5-10:2010. Table 52 holds the application layer service selections from IEC 61158-5-10:2010 for this profile except 8.4 is NO and 8.5 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 61158-6-10:2010. Table 54 holds the application layer protocol selections from IEC 61158-6-10:2010 for this profile.

Table 54 – 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	—	—
3.1	Referenced terms and definitions	Partial	Used when applicable
3.2	Additional terms and definitions for distributed automation	NO	—
3.3	Additional terms and definitions for decentralized periphery	YES	—
3.4	Additional abbreviations and symbols for distributed automation	NO	—
3.5	Additional abbreviations and symbols for decentralized periphery	YES	—
3.6	Additional abbreviations and symbols for media redundancy	YES	—
3.7	Conventions	YES	—
3.8	Conventions used in state machines	YES	—
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 time control	YES	—
4.5	Media redundancy	YES	See 8.1.6, n.a. for wireless media
4.6	Real-time cyclic	YES	RT_CLASS_UDP is optional
4.7	Real-time acyclic	YES	RTA_CLASS_UDP is optional, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory.
4.8	Remote procedure call	YES	—
4.9	Link layer discovery	YES	n.a. for wireless media
4.10	MAC bridges	YES	Only applicable if a network component is integrated. Otherwise only PortStateChanged and SetPortState are used.
4.11	Virtual bridges	YES	—
4.12	IP suite	YES	—
4.13	Domain name system	YES	Optional
4.14	Dynamic host configuration	YES	Optional
4.15	Simple network management	YES	—
4.16	Common DLL Mapping Protocol Machines	YES	—
5	Application Layer protocol specification for distributed automation	NO	—
6	Application Layer protocol specification for decentralized periphery	—	—
6.1	FAL syntax description	YES	—
6.2	Transfer syntax	YES	When applicable
6.3	FAL protocol state machines	YES	When applicable
6.4	AP-Context state machine	YES	—
6.5	FAL Service Protocol Machines	—	—
6.5.1	Overview	YES	—
6.5.2	FSPMDEV	YES	—
6.5.3	FSPMCTL	NO	—

Clause	Header	Presence	Constraints
6.6	Application Relationship Protocol Machines	—	—
6.6.1	ALPMI	YES	—
6.6.2	ALPMR	YES	—
6.6.3	NRPM	NO	—
6.6.4	RMPPM	YES	—
6.6.5	CMDEV	YES	—
6.6.6	NRMC	YES	When multicast consumer is supported
6.6.7	CMCTL	NO	—
6.7	DLL Mapping Protocol Machines (DMPMs)	YES	—
Annex A – Annex S	—	YES	—

8.4.3.2.2 Network component

Application layer protocols for a network component are defined in IEC 61158-6-10:2010. Table 54 specifies the clauses included in this profile.

A 100 Mbit/s switch shall support buffering of all data according to Table 53. 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 61158-6-10:2010. Table 55 specifies the clauses included in this profile.

Table 55 – 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	—	—
3.1	Referenced terms and definitions	Partial	Used when applicable
3.2	Additional terms and definitions for distributed automation	NO	—
3.3	Additional terms and definitions for decentralized periphery	YES	—
3.4	Additional abbreviations and symbols for distributed automation	NO	—
3.5	Additional abbreviations and symbols for decentralized periphery	YES	—
3.6	Additional abbreviations and symbols for media redundancy	YES	—
3.7	Conventions	YES	—
3.8	Conventions used in state machines	YES	—
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 time control	YES	—
4.5	Media redundancy	YES	See 8.1.6
4.6	Real-time cyclic	YES	RT_CLASS_UDP is optional
4.7	Real-time acyclic	YES	RTA_CLASS_UDP is optional, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory.
4.8	Remote procedure call	YES	—
4.9	Link layer discovery	YES	n.a. for wireless media

Clause	Header	Presence	Constraints
4.10	MAC bridges	YES	Only applicable if a network component is integrated. Otherwise only PortStateChanged and SetPortState are used.
4.11	Virtual bridges	YES	—
4.12	IP suite	YES	—
4.13	Domain name system	YES	Optional
4.14	Dynamic host configuration	YES	Optional
4.15	Simple network management	YES	—
4.16	Common DLL Mapping Protocol Machines	YES	—
5	Application Layer protocol specification for distributed automation	NO	—
6	Application Layer protocol specification for decentralized periphery	—	—
6.1	FAL syntax description	YES	—
6.2	Transfer syntax	YES	When applicable
6.3	FAL protocol state machines	YES	When applicable
6.4	AP-Context state machine	YES	—
6.5	FAL Service Protocol Machines	—	—
6.5.1	Overview	YES	—
6.5.2	FSPMDEV	NO	—
6.5.3	FSPMCTL	YES	—
6.6	Application Relationship Protocol Machines	—	—
6.6.1	ALPMI	YES	—
6.6.2	ALPMR	YES	—
6.6.3	NRPM	YES	—
6.6.4	RMPM	YES	—
6.6.5	CMDEV	NO	—
6.6.6	NRMC	NO	—
6.6.7	CMCTL	YES	—
6.7	DLL Mapping Protocol Machines (DMPMs)	YES	—
Annex A – Annex S	—	YES	—

8.4.3.2.4 IO supervisor

Not applicable.

8.4.3.2.5 Options

8.4.3.1.5 applies.

8.4.4 Performance indicator selection

8.4.4.1 Performance indicator overview

8.2.4.1 applies.

8.4.4.2 Performance indicator dependencies

8.2.4.2 applies.

8.4.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 56 specifies a 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 57 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 56 – CP 3/6: Consistent set of PI for MinDeviceInterval=1ms with 64 end-stations

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	1 ms watch dog factor × 1 ms	Without failure Frames lost; (See 8.1, MinDeviceInterval = 1ms)
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	63	—
Throughput RTE	3 697 000 octets/s	—
Non-RTE bandwidth	25 %	100 Mbit/s and related to 1ms. Any IEEE 802.3 frames supported. Additional up to 25 % safety margin.
Time synchronization accuracy ^c	< 1 ms	Synchronization of local time
	< 1 µs	Synchronization of synchronous application
Redundancy recovery time	< 0 ms	RT_CLASS_3 or RT_CLASS_2 ^a : single failure
	< 200 ms	RTA ^b retries = 3; RTA timeout factor = 100 ms
	< 3 ms	RT_CLASS_3 or RT_CLASS_2 ^a : double failure (line break and surge) watch dog factor = 3; delivery time = 1ms
	< 200 ms	RTA ^b retry = 3; RTA time out factor = 100 ms
^a The attributes RT_CLASS_x are specified in IEC 61158-5-10:2010, 8.3.10.4.2. ^b The attributes RTA Retries and RTA Timeout Factor are specified in IEC 61158-5-10:2010, 8.3.10.4. ^c Optional		

Table 57 – CP 3/6: Assumed values for consistent set of PI calculation

Symbol	Definition	Value
cd	is the cable delay (see parameter cable_delay in IEC 62411)	5 ns
clt	is the total cable length	100 m
cta_R	is the application cycle time of the Receiver	1 µs
cta_S	is the application cycle time of the Sender	1 µs
ctc	is the communication cycle time see (see Formula (12) in 8.2.4.2.2) and shall be equal or longer than MinDeviceInterval	1 ms
data	is the complete Ethernet frame	68 octets
EthernetDataRate	is the Ethernet data rate of the network	Mbit/s
MAC_delay	is the delay on MAC layer	1 µs
NonRTE	is the percentage of non-RTE bandwidth	%
od	is any other delays, e. g. signal forwarding in a ring	0 s
pd	is the propagation delay (see Formula (13) in 8.2.4.2.2)	–
Phy_R_delay	is the Phy delay on receiver side	300 ns
Phy_S_delay	is the Phy delay on sender side	300 ns
protocolRTE	is the percentage of protocol time (see Formula (16) in 8.2.4.2.10)	50 %
Queue_delay	is the Queue delay in a switch	0 s
RedundancyManagement	is the time needed for management functions to support redundancy	0 s
STTr	is the receiver stack traversal time	0 s
STTs	is the sender stack traversal time	0 s
Time_synchron_accuracy	is the time synchronization accuracy	1 µs
tt	is the transfer time (80 ns/octet for 100 Mbit/s, 8 ns/octet for 1 Gbit/s)	80 ns
SCF	See IEC 61158-5-10:2010, 8.3.10.4.2	32
RR	See IEC 61158-5-10:2010, 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 61158-2:2010 Type 4, IEC 61158-3-4:2007, IEC 61158-4-4:2007, IEC 61158-5-4:2007 and IEC 61158-6-4:2007, which corresponds to parts of a communication system commonly known as P-NET®5.

– 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.

⁵ 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 International Standard 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 4/2 P-NET RS 232

This profile contains AL, DLL and PhL services and protocol references with an IEC 61158 compliant application access. Profile 4/2 is based on ANSI TIA/EIA 232F, and allows two devices of normal class to communicate on the same physical link, in full-duplex mode.

– 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 and profile 4/2 are described in IEC 61784-1:2010, whereas profile 4/3 is described in this standard.

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 58 holds the data-link layer service selections from IEC 61158-3-4:2007 for this profile.

Table 58 – 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 59 holds the data-link layer protocol selections from IEC 61158-4-4:2007 for this profile.

Table 59 – 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 60 holds the Application layer service selections from IEC 61158-5-4:2007 for this profile.

Table 60 – 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 61158-5-4:2007, 5.2.

9.2.3.2 AL protocol selection

Table 61 holds the Application layer protocol selections from IEC 61158-6-4:2007 for this profile.

Table 61 – 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 62 – CP 4/3: Performance indicator 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 63 – CP 4/3: Performance indicator 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 9.2.4.2.1	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.

$$DT = STTs + STTr + NoNt (ttES + pd + QTES) + cd \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^{NoS-1} (NoNs(i)(NoS - i)(ttSS + pd + QTSS))$$

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

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

NoCEN is the number of RTE end-stations which can produce frames on the critical switch-to-switch link;
NoAS is the number of accesses allowed per device per second;
ttSS is the P-NET transfer time switch-to-switch at maximum APDU size;
QTSS 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 64 shows a consistent set of performance indicators for a typical configuration for factory automation.

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

Parameters used for the calculation of Table 64 are shown in Table 65. All these parameters are the result of the described scenario and the related calculations of performance indicators.

Table 64 – CP 4/3: Consistent set of performance indicators

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 65 – Parameters for calculation of consistent set of performance indicators

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 Mbps (at min APDU size)	57 µs
ttES	P-NET transfer time at 10 Mbps (at maximum APDU size)	114,4 µs
ttSS	P-NET transfer time at 100 Mbps (at maximum APDU size)	11,44 µs
QTES	Ethernet enforced quiet time at 10 Mbps	9,4 µs
QTSS	Ethernet enforced quiet time at 100 Mbps	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®⁶) - RTE communication profiles

10.1 General overview

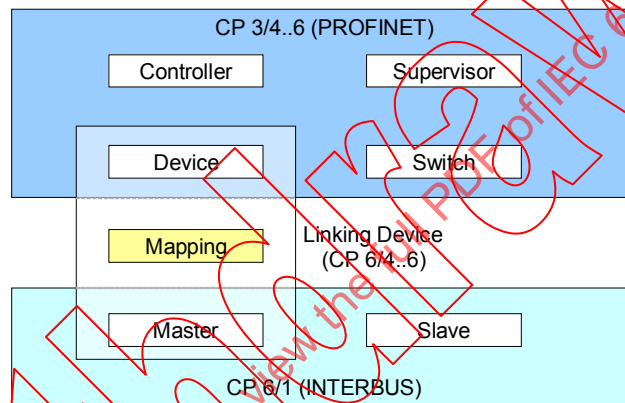
Communication Profile Family 6 (CPF 6) defines communication profiles based on IEC 61158 series Type 8 and Type 10 specifications, which correspond to parts of the communication systems commonly known as INTERBUS and PROFINET.

⁶ 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 International Standard 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



IEC 1661/10

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 66.

Table 66 – 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

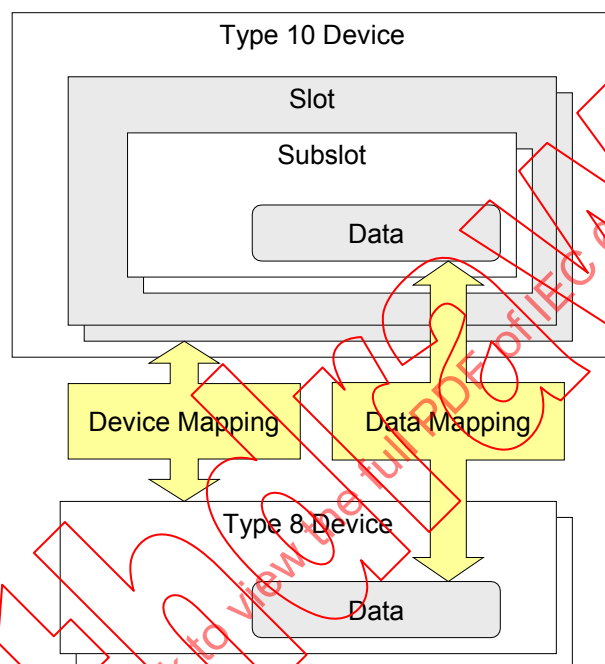
10.2.1 Mapping

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.

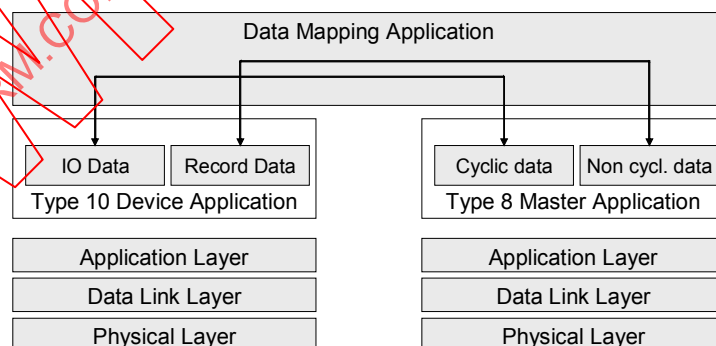
NOTE 2 Type 10 slots or subslots could have 1 or more Type 8 devices assigned to it.

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



IEC 1662/10

Figure 7 – Linking-device mapping principle



IEC 1663/10

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 3 The Input/Output data and the record data of a subslot could be described 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 61784-5-3:2010.

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 8.2.3.1.1

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 61784-1:2010, Clause 10.

Recommended connectors, cables and installation guidelines are specified in IEC 61784-5-6:2010.

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 61784-1:2010, 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 61784-1:2010, Clause 10.

10.2.4 Performance indicator selection

10.2.4.1 Performance indicator overview

Table 67 specifies the relevant performance indicators for the Type 10 network node of a linking-device.

Table 67 – Linking-device Type 10 network performance indicator 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 42 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 61158-2:2010);
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 61784-5-3:2010.

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 61784-1:2010, Clause 10.

Recommended connectors, cables and installation guidelines are specified in IEC 61784-5-6:2010.

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 61784-1:2010, 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 61784-1:2010, 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 61784-5-3:2010.

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/IP⁷) - 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. In addition, it also follows the three-layer basic fieldbus reference model described in IEC/TR 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 68 shows the OSI layers, their functions and the equivalent layers in the CPF10 layer model.

Table 68 – 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 69 shows an overview of the communication profile for CPF 10.

⁷ Vnet/IP is a trade name of Yokogawa Electric Corporation. This information is given for the convenience of users of this International Standard 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.

Table 69 – Overview of CPF 10 profile

Layer	Protocol
Application	IEC 61158-6-17:2007
Transport	RFC 768 and IEC 61158-4-17:2007
Network	RFC 791
Data-link	ISO/IEC 8802-2 and 8802-3
Physical	Either ISO/IEC 8802-3 or IEEE 802.3ab

11.2 Profile 10/1

11.2.1 Physical layer

ISO/IEC 8802-3 or IEEE 802.3ab 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 61158-3-17:2007 and IEC 61158-4-17:2007 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 70 specifies the DLL service selection within IEC 61158-3-17:2007.

Table 70 – 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 71 specifies the DLL protocol selection within IEC 61158-4-17:2007.

Table 71 – 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 72 shows the parameter selection.

Table 72 – 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 61158-5-17:2007 and IEC 61158-6-17:2007 shall be used.

11.2.3.2 AL service selection

Table 73 specifies the AL service selection within IEC 61158-5-17:2007.

Table 73 – 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 74 specifies the AL protocol selection within IEC 61158-6-17:2007.

Table 74 – 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 75 shows the overview of performance indicators applicable to CP 10/1.

Table 75 – CP 10/1: Performance indicator 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 76 shows the dependencies between performance indicators for CP 10/1.

Table 76 – CP 10/1: Performance indicator 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).

$$DT_{max1} = 20 \text{ ms} + Cdly \times Clen + Spd \times NoS \quad (24)$$

where

DT_{max1}	is the maximum delivery time for communication between two end-stations belonging to the same domain;
$Cdly$	is the cable delay;
$Clen$	is the cable length;
Spd	is the switch delay under not congested condition;
NoS	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).

$$DT_{max2} = 50 \text{ ms} + Cdly \times Clen + Spd \times NoS \quad (25)$$

where

DT_{max2}	is the maximum delivery time for communication between two end-stations belonging to different domains;
$Cdly$	is the cable delay;
$Clen$	is the cable length;
Spd	is the switch delay under not congested condition;
NoS	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).

$$DT_{lost1} = 10 \text{ ms} + DT_{max1} \quad (26)$$

where

DT_{lost1}	is the maximum delivery time with one lost frame for communication between two end-stations belonging to the same domain;
DT_{max1}	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 77 shows a consistent set of performance indicators which is applicable to communication between two end-stations belonging to the same domain.

Table 77 – CP 10/1: Consistent set of performance indicators 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	<1ms	None
Non-time-based synchronization accuracy	Not applicable	—
Redundancy recovery time	<200 ms	None

Table 78 shows a consistent set of performance indicators which is applicable to communication between two end-stations belonging to different domains.

Table 78 – CP 10/1: Consistent set of performance indicators 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 79 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 79 – CP 10/1: Consistent set of performance indicators 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 80 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 80 – CP 10/1: Consistent set of performance indicators 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 (TCnet⁸) - RTE communication profiles

12.1 General overview

Communication Profile Family 11 defines two types of communication profile based on IEC 61158-3-11:2007, IEC 61158-4-11:2010, IEC 61158-5-11:2007 and IEC 61158-6-11:2007 which corresponds to the communication systems commonly known as TCnet.

- Profile 11/1 (TCnet-star)

⁸ In Japan, TCnet is a trade name of TOSHIBA Corporation. This information is given for the convenience of users of this International Standard 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 star topology. It contains a selection of AL, and DLL services and protocol definitions from IEC 61158-3-11:2007, IEC 61158-4-11:2010, IEC 61158-5-11:2007 and IEC 61158-6-11:2007.

– Profile 11/2 (TCnet-loop)

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 61158-3-11:2007, IEC 61158-4-11:2010, IEC 61158-5-11:2007 and IEC 61158-6-11:2007.

Table 81 shows the overview of TCnet profile set.

Table 81 – CPF 11: Overview of profile sets

Layer	Profile 11/1, profile 11/2
Application	IEC 61158-5-11:2007, IEC 61158-6-11:2007
Data-link	IEC 61158-3-11:2007, IEC 61158-4-11:2010
Physical	ISO/IEC 8802-3

12.2 Profile 11/1

12.2.1 Physical layer

The physical layer of 100 Mbits/s shall be according to ISO/IEC 8802-3.

Connectors and cables are specified in IEC 61784-5-11:2010 and IEC 61918:2010.

12.2.2 Data-link layer

12.2.2.1 DLL services selection

Table 82 specifies the DLL service selection within IEC 61158-3-11:2007.

Table 82 – 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 83 specifies the DLL protocol selection within IEC 61158-4-11:2010.

Table 83 – 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	—
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 84
6	DLPDU-specific structure, encoding and elements of procedure	YES	See Table 85
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 84 – CP 11/1: 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	—
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 85 – 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	YES	—
6.2.3.1	Transmission permits node number (PN)	YES	—
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	—
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	—
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	—
6.4	In-ring request DLPDU (REQ)	—	—
6.4.1	General	YES	—
6.4.2	Structure of REQ DLPDU	YES	—
6.4.3	Parameter of REQ DLPDU	NO	—
6.4.4	User data of REQ DLPDU	YES	—
6.4.5	Sending REQ DLPDU	YES	—
6.4.6	Receiving REQ DLPDU	YES	—
6.5	Claim DLPDU (CLM)	YES	—
6.6	Command DLPDU (COM)	YES	—
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	—
6.7.5	Sending DT or DT-CMP DLPDU	YES	—
6.7.6	Receiving DT or DT-CMP DLPDU	YES	—
6.8	RAS DLPDU (RAS)	YES	—
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 86 specifies the AL service selection within IEC 61158-5-11:2007.

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 86 – 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 87 specifies the AL protocol selection within IEC 61158-6-11:2007.

Table 87 – 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 88 shows the performance indicators overview of CP 11/1.

Table 88 – CP 11/1: Performance indicator 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 89 shows the dependencies between performance indicators for CP 11/1.

Table 89 – CP 11/1: Performance indicator 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 90 specifies the TCC data service selection supported by this profile.

Table 90 – CP 11/1: TCC data service selection

Service ref.	Service name	Applicable	Constraint
IEC 61158-3-11:2007 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 61158-3-11:2007 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 61158-3-11:2007 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

<i>DTH</i>	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;
<i>DTM</i>	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;
<i>DTL</i>	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;
<i>Th</i>	is the high-speed transmission time period, and is the basic cycle_time (ct) for the TCC data service;
<i>Tm</i>	is the medium-speed transmission time period;
<i>Tl</i>	is the low-speed transmission time period;
<i>TRTE</i>	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;
<i>TNRT</i>	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;
<i>TSCH</i>	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 61158-4-11:2010, Clause 6;
<i>TPD</i>	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;
<i>TMAC</i>	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;
<i>THS</i>	is the total sum of the frame transmit time, in which the TCC data frame conveys the high-speed cyclic data;
<i>TMS</i>	is the total sum of the frame transmit time, in which the TCC data frame conveys the medium-speed cyclic data;
<i>TLS</i>	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.

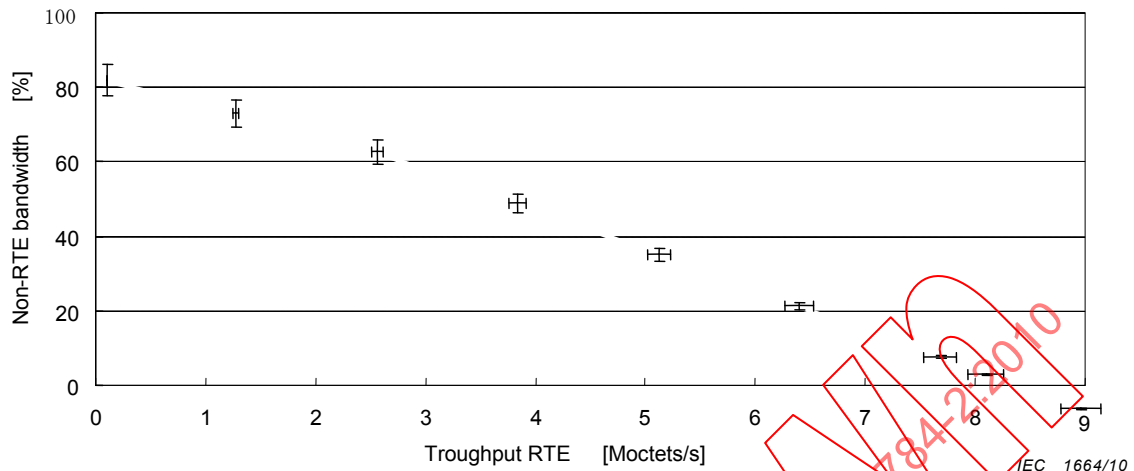


Figure 9 – Throughput RTE and non-RTE bandwidth

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 61158-3-11:2007, 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 61158-3-11:2007, 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 Mbits/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;

<i>TRHS</i>	is the throughput RTE for the high-speed cyclic data in Moctets/s;
<i>TRMS</i>	is the throughput RTE for the medium-speed cyclic data in Moctets/s;
<i>TRLS</i>	is the throughput RTE for the low-speed cyclic data in Moctets/s;
<i>DVHS</i>	is the total volume of the high-speed cyclic data sent by all end-stations;
<i>DVMS</i>	is the total volume of the medium-speed cyclic data sent by all end-stations;
<i>DVLS</i>	is the total volume of the low-speed cyclic data sent by all end-stations;
<i>DTH</i>	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;
<i>DTM</i>	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;
<i>DTL</i>	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 91 shows one of a consistent set of the performance indicators for CP 11/1. The values in Table 91 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 91 – CP 11/1: Consistent set of PIs preferential for RTE communications

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	DT _H = 2 ms DT _M = 20 ms DT _L = 200 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 Moctets/s TR _{MS} = 0,9 Moctets/s	DV _{HS} = 12 800 octets DV _{MS} = 19 200 octets DV _L = 0 octets
Non-RTE bandwidth	0 %	—
Non-time-based synchronization accuracy	< 10 μs	—
Redundancy recovery time	0 s	—

12.2.4.3.2 Consistent set of PIs for RTE and non-RTE communications

Table 92 shows one consistent set of performance indicators for CP 11/1. The values given in Table 92 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 92 – CP 11/1: Consistent set of PIs both for RTE and non-RTE communications

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	DT _H = 2 ms DT _M = 20 ms DT _L = 200 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 Moctets/s TR _{MS} = 0,6 Moctets/s	DV _{HS} = 10 240 octets DV _{MS} = 12 800 octets DV _L = 0 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 Mbits/s shall be according to ISO/IEC 8802-3.

Connectors and cables are specified in IEC 61784-5-11:2010 and IEC 61918:2010.

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 93 specifies the DLL protocol selection within IEC 61158-4-11:2010.

Table 93 – 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	—
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	—
4.6.2	Type 11 common variables, parameters, counters, timers and queues	YES	—
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	—
5	General structure and encoding of PhIDEs and DLPDU and related element of procedure	YES	See Table 94
6	DLPDU-specific structure, encoding and elements of procedure	YES	See Table 95
7	DLE element of procedure	—	—
7.1	DLE elements of procedure for star-architecture	NO	—
7.2	DLE elements of procedure for loop-architecture	YES	—
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 94 – 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	—
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 95 – 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	YES	—
6.2.3.1	Transmission permits node number (PN)	YES	—
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	—
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	—
6.2.3.7	Low-speed transmission period (TI)	NO	—
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	—
6.4	In-ring request DLPDU (REQ)	—	—
6.4.1	General	YES	—
6.4.2	Structure of REQ DLPDU	YES	—
6.4.3	Parameter of REQ DLPDU	YES	—
6.4.4	User data of REQ DLPDU	YES	—
6.4.5	Sending REQ DLPDU	YES	—
6.4.6	Receiving REQ DLPDU	YES	—
6.5	Claim DLPDU (CLM)	YES	—
6.6	Command DLPDU (COM)	YES	—
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	—
6.7.5	Sending DT or DT-CMP DLPDU	YES	—
6.7.6	Receiving DT or DT-CMP DLPDU	YES	—
6.8	RAS DLPDU (RAS)	YES	—
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 96 shows the performance indicators overview of CP 11/2.

Table 96 – CP 11/2: Performance indicator 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 97 shows the dependencies between performance indicators for CP 11/2.

Table 97 – CP 11/2: Performance indicator 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 12.3.4.2.5	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 98 specifies the TCC data service selection supported by this profile.

Table 98 – CP 11/2: TCC data service selection

Service ref.	Service name	Applicable	Constraint
IEC 61158-3-11:2007 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 61158-3-11:2007 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 61158-4-11:2010, 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.

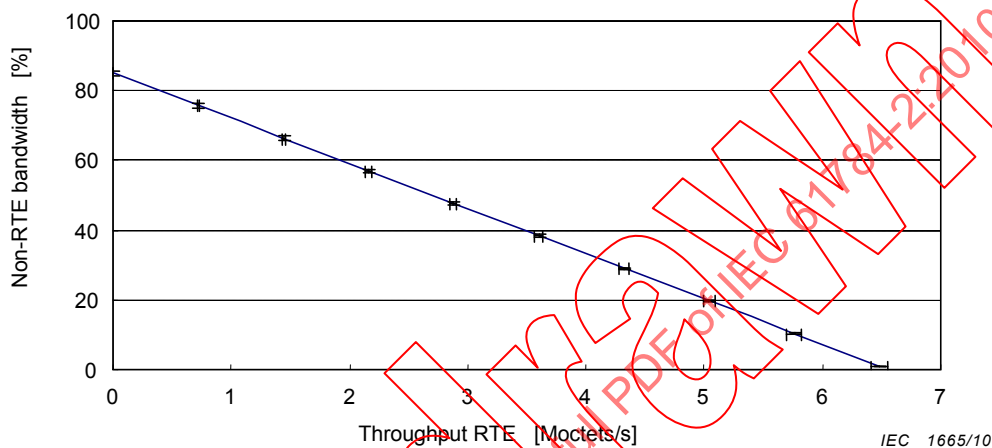


Figure 10 – CP 11/2: Throughput RTE and non-RTE bandwidth

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 61158-3-11:2007, 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 61158-3-11:2007, 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 Mbits/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;
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 99 shows one of a consistent set of the performance indicators for CP 11/2. The values in Table 99 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 99 – 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	$< 10 \mu\text{s}$	—
Redundancy recovery time	8 ms	—

12.3.4.3.2 Consistent set of PIs for RTE and non-RTE communications

Table 100 shows one consistent set of performance indicators for CP 11/2. The values given in Table 100 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 100 – 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	$< 10 \mu\text{s}$	—
Redundancy recovery time	8 ms	—

13 Communication Profile Family 12 (EtherCAT) - RTE communication profiles

13.1 General overview

EtherCAT⁹ is a Real-Time Ethernet technology based on ISO/IEC 8802-3, IEC 61158-2:2010, 61158-3-12:2010, 61158-4-12:2010, 61158-5-12:2010 and 61158-6-12:2010 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 61158-2:2010 and ISO/IEC 8802-3:2002. Table 101 specifies the use of the preferred physical layer, specified in ISO/IEC 8802-3:2002, included in this profile. Table 102 specifies the use of an optimized physical layer for backplane applications, specified in IEC 61158-2:2010, included in this profile.

Table 101 – CP 12/1: PHL selection of preferred physical layer

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	—	—
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 22	MI	YES	—
Annex 23A	6T code words	YES	—
34 ff	1 000 Mb/s baseband network	Optional	For future use

⁹ EtherCAT™ is a trade name of Beckhoff, Verl. This information is given for the convenience of users of this profile 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.

Table 102 – CP 12/1: PhL selection of an optimized physical layer

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	—	—
10.7	Type 12: MDS – MAU interface: Wire media	YES	—
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 61158-3-12:2010 and IEC 61158-4-12:2010. Table 103 specifies the use of the services included in this profile. Table 104 specifies the use of the protocol included in this profile.

Table 103 – 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
5	Communication services	—	—
5.1	Read services	Partial	Responder Services (.ind/.rsp)
5.2	Write services	Partial	Responder Services (.ind/.rsp)
5.3	Combined read/write services	Partial	Responder Services (.ind/.rsp)
5.4	Network services	NO	—
5.5	Mailbox	NO	—
6	Local interactions	—	—
6.1	Read Local	YES	—
6.2	Write Local	YES	—

Table 104 – CP 12/1: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Overview of the DL-protocol	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Topology	YES	—
4.3	Frame processing principles	YES	—
4.4	Data-link layer overview	YES	—
4.5	Error detection overview	YES	—
4.6	Node reference model	YES	—
4.7	Operation overview	Partial	Direct mode mandatory
5	Frame Structure	—	—
5.1	Frame coding principles	YES	—
5.2	Data types and encoding rules	Partial	Types needed for application and unsigned integer types
5.3	DL PDU structure	YES	—
5.4	Type 12 DLPDU structure	YES	—
5.5	Network variable structure	NO	—
5.6	Type 12 mailbox structure	NO	—
6	Attributes	—	—
6.1	Management	YES	—
6.2	Statistics	YES	—
6.3	Watchdogs	YES	—
6.4	Slave information interface	YES	—
6.5	Media independent interface (MII)	YES	—
6.6	Fieldbus memory management unit (FMMU)	YES	—
6.7	Sync manager	NO	—
6.8	Distributed Clock	Partial	Timestamping of messages if more than 2 ports
7	DL-user memory	—	—
7.1	Overview	Optional	If mailbox supported
7.2	Mailbox access type	Optional	If mailbox supported
7.3	Buffered access type	Optional	—
8	Type 12:FDL Protocol state machines	—	—
8.1	Overview of slave DL state machines	Partial	Machines mandatory
8.2	State machine description	—	—
8.2.1	Port state machine (PSM)	YES	—
8.2.2	PDU handler state machine (DHSM)	YES	—
8.2.3	Synch manager state machine (SYMSM)	YES	—
8.2.4	Resilient Mailbox State Machine (RMSM)	Optional	If mailbox supported
8.2.5	SII State Machine (SIISM)	YES	—
8.2.6	MII State Machine (MIISM)	YES	—
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 61158-3-12:2010 and IEC 61158-4-12:2010. Table 105 specifies the use of the services included in this profile.

Table 106 specifies the use of the protocol included in this profile. The selection of services used is up to the master. The Auto Increment Read and Write services are mandatory.

Table 105 – 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	—
5	Communication services	—	—
5.1	Read services	Partial	Requestor Services (.req/.cnf)
5.2	Write services	Partial	Requestor Services (.req/.cnf)
5.3	Combined read/write services	Partial	Requestor Services (.req/.cnf)
5.4	Network services	NO	—
5.5	Mailbox	NO	—
6	Local interactions	—	—
6.1	Read local	YES	—
6.2	Write local	YES	—

Table 106 – CP 12/1: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Overview of the DL-protocol	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Topology	YES	—
4.3	Frame processing principles	YES	—
4.4	Data-link layer overview	YES	—
4.5	Error detection overview	YES	—
4.6	Node reference model	YES	—
4.7	Operation overview	Partial	Direct mode mandatory
5	Frame Structure	—	—
5.1	Frame coding principles	YES	—
5.2	Data types and encoding rules	Partial	Types needed for application and unsigned integer types
5.3	DL PDU structure	YES	—
5.4	Type 12 DLPDU structure	YES	—
5.5	Network variable structure	NO	—
5.6	Type 12 mailbox structure	NO	—
6	Attributes	—	—
6.1	Management	YES	—
6.2	Statistics	YES	—
6.3	Watchdogs	YES	—
6.4	Slave information interface	YES	—
6.5	Media independent interface (MII)	YES	—
6.6	Fieldbus memory management unit (FMMU)	YES	—
6.7	Sync manager	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 61158-5-12:2010 and IEC 61158-6-12:2010. Table 107 specifies the use of the services included in this profile. Table 108 specifies the use of the protocol included in this profile.

Table 107 – 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 elements	YES	—
4.2.4	Slave reference model	YES	—
4.2.5	Master reference model	NO	—
5	Data Type ASE	YES	—
6	Type 12 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 108 – 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 61158-5-12:2010 and IEC 61158-6-12:2010. Table 109 specifies the use of the services included in this profile. Table 110 specifies the use of the protocol included in this profile.

Table 109 – 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 elements	YES	—
4.2.4	Slave reference model	NO	—
4.2.5	Master reference model	YES	—
5	Data Type ASE	YES	—
6	Type 12 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 110 – 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 111 gives an overview of the performance indicator usage.

Table 111 – CP 12/1: 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	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 112 specifies the dependencies of the performance indicators (row) from the performance indicators (column).

Table 112 – CP 12/1: Performance indicator dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI						
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Throughput RTE	Non- RTE band width	Non time- based synch ron. accu racy	Redundancy re covery 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	YES 13.2.4.7	NO	NO	NO	YES 13.2.4.7	NO
Basic network topology	NO	NO	YES 13.2.4.8	NO	NO	NO	YES 13.2.4.8
Throughput RTE	NO	NO	NO	YES 13.2.4.9	YES 13.2.4.9	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	YES 13.2.4.9	NO	NO	NO
Non-time-based synchronization accuracy	NO	YES 13.2.4.7	NO	NO	NO	YES 13.2.4.7	NO
Redundancy recovery time	NO	NO	YES 13.2.4.8	NO	NO	NO	YES 13.2.4.8

Table 113 gives an outline of the range of performance indicators.

Table 113 – CP 12/1: Performance indicator 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	1- 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 (48).

$$t_D = t_{cycle} + t_{data} + t_{cd} \times l_{tc} + \sum_{i=1}^{NoS} t_{pd}(i) + t_{cpdl} \quad (48)$$

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).

NOTE 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 (48).

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 (48).

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 (48).

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 114 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 μ s.

Table 114 – CP 12/1: Consistent set of performance indicators for mid size automation systems

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	$\leq 150 \mu$ s	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 μ s	—
Redundancy recovery time	60 μ s	—

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 61158-3-12:2010 and 61158-4-12:2010. Table 115 specifies the use of the services included in this profile. Table 116 specifies the use of the protocol included in this profile.

Table 115 – 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
5	Communication services	—	—
5.1	Read services	Partial	Responder Services (.ind/.rsp)
5.2	Write services	Partial	Responder Services (.ind/.rsp)
5.3	Combined read/write services	Partial	Responder Services (.ind/.rsp)
5.4	Network services	NO	—
5.5	Mailbox	NO	—
6	Local interactions	—	—
6.1	Read local	YES	—
6.2	Write local	YES	—

Table 116 – 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 61158-3-12:2010 and IEC 61158-4-12:2010. Table 117 specifies the use of the services included in this profile. Table 118 specifies the use of the protocol included in this profile. The selection of services used is up to the master. The Auto Increment Read and Write Services are mandatory.

Table 117 – 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	—
5	Communication services	—	—
5.1	Read services	Partial	Requestor Services (.req/.cnf)
5.2	Write services	Partial	Requestor Services (.req/.cnf)
5.3	Combined read/write services	Partial	Requestor Services (.req/.cnf)
5.4	Network services	NO	—
5.5	Mailbox	NO	—
6	Local interactions	—	—
6.1	Read local	YES	—
6.2	Write local	YES	—

Table 118 – CP 12/2: DLL protocol selection

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

Clause	Header	Presence	Constraints
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 61158-5-12:2010 and IEC 61158-6-12:2010. Table 119 specifies the use of the services included in this profile. Table 120 specifies the use of the protocol included in this profile.

Table 119 – 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 elements	YES	—
4.2.4	Slave reference model	YES	—
4.2.5	Master reference model	NO	—
5	Data Type ASE	YES	—
6	Type 12 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 120 – 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 61158-5-12:2010 and IEC 61158-6-12:2010. Table 121 specifies the use of the services included in this profile. Table 122 specifies the use of the protocol included in this profile.

Table 121 – 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 elements	YES	—
4.2.4	Slave reference model	NO	—
4.2.5	Master reference model	YES	—
5	Data Type ASE	YES	—
6	Type 12 communication model specification	—	—
6.1	ASEs	—	—
6.1.1	Process Data ASE	YES	—
6.1.2	SII ASE	YES	—
6.1.3	Isochronous ASE	Optional	—
6.1.4	CoE ASE	YES	—
6.1.5	EoE ASE	Optional	—
6.1.6	FoE ASE	Optional	—
6.1.7	MBX ASE	Optional	—
6.2	AR	YES	—

Table 122 – 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 123 gives an overview of the performance indicator usage.

Table 123 – CP 12/2: 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	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 124 specifies the dependencies of the performance indicators (row) from the performance indicators (column).

Table 124 – CP 12/2: Performance indicator 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 (48).

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 125 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 125 – CP 12/2: Consistent set of performance indicators

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	< 519 µs	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 µs	Depends on slave device hardware implementation, typically less than 200 ns
Non-time-based synchronization accuracy	10 µs	—
Redundancy recovery time	200 µs	—

14 Communication Profile Family 13 (ETHERNET Powerlink¹⁰) - 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 (EPL).

– Profile 13/1

This profile contains AL and DLL services and protocol definitions from IEC 61158-3-13:2007, IEC 61158-4-13:2007, IEC 61158-5-13:2007 and IEC 61158-6-4:2007.

Table 126 shows the overview of EPL profile set.

Table 126 – CPF 13: Overview of profile sets

Layer	Profile 13/1
Application	IEC 61158-5-13:2007, IEC 61158-6-13:2007
Data-link	IEC 61158-3-13:2007, IEC 61158-4-13:2007
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.

¹⁰ 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 International Standard 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 61158-3-13:2007. Table 127 shows the subclauses included in this profile.

Table 127 – 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 61158-4-13:2007. Table 128 shows the subclauses included in this profile.

Table 128 – 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 61158-5-13:2007. Table 129 shows the subclauses included in this profile.

Table 129 – 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 61158-6-13:2007. Table 130 shows the subclauses included in this profile.

Table 130 – 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 131 shows the performance indicators overview of CP 13/1.

Table 131 – CP 13/1: Performance indicator 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 132 shows the dependencies between performance indicators for CP 13/1.

Table 132 – CP 13/1: Performance indicator 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 in one communication cycle 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 (49).

$$T_D = 2 \times T_C + T_P \quad (49)$$

where

- T_D is the delivery time;
- T_C is the communication cycle time, see Formula (50);
- T_P is the processing time in the receiving end-station.

The communication cycle time T_C can be calculated by Formula (50).

$$T_C = T_S + T_A + \sum_{i=1}^N (T_{FT,i} + T_{RD,i} + T_{SD,i}) \quad (50)$$

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 (51).

$$T_D = 3 \times T_C + T_P \quad (51)$$

where

- T_D is the delivery time;
- T_C is the communication cycle time, see Formula (50);
- T_P is the processing time in the receiving 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 (50) and therefore influence the delivery time as calculated by Formula (49).

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 (49) 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 (52). Total link bandwidth corresponds to full link rate according ISO/IEC 8802-3 (e.g. 100 Mbps).

$$B_{NRTE} = \frac{M}{125\,000 \times T_C} \quad (52)$$

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 133 shows one consistent set of performance indicators for CP 13/1 using a network bandwidth of 100 Mbit/s. The values in Table 133 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 133 – CP 13/1: Consistent set of PIs small size automation system

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery Time	400 μ s	Processing time is 100 μ s, 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 134 shows one consistent set of performance indicators for CP 13/1 using a network bandwidth of 100 Mbit/s. The values in Table 134 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 134 – CP 13/1: Consistent set of PIs medium size automation system

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery Time	1 100 μ s	Processing time is 100 μ s, 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 135 shows one consistent set of performance indicators for CP 13/1 using a network bandwidth of 100 Mbit/s. The values in Table 135 represent a practical example of a large sized system for machine or process automation. This system operates at a communication cycle time of 2700 μ s 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 135 – CP 13/1: Consistent set of PIs large size automation system

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery Time	5 500 μ s	Processing time is 100 μ s, no failure
Number of end-stations	150	
Number of switches between end-stations	0	3 Repeaters used instead of switches
Throughput RTE	4 Moctets/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 μ s	

15 Communication Profile Family 14 (EPA¹¹)- RTE communication profiles

15.1 General overview

Communication Profile Family 14 (CPF 14) defines communication profiles based on IEC 61158-3-14:2010, IEC 61158-4-14:2010, IEC 61158-5-14:2010 and IEC 61158-6-14:2010, 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 61158-3-14:2010, IEC 61158-4-14:2010, IEC 61158-5-14:2010 and IEC 61158-6-14:2010. 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 61158-3-14:2010 and IEC 61158-4-14:2010.

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 61158-3-14:2010, IEC 61158-4-14:2010, IEC 61158-5-14:2010 and IEC 61158-6-14:2010. 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.

This profile support communications 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

¹¹ EPA™ is a trade name of SUPCON Group Co. Ltd. This information is given for the convenience of users of this International Standard 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.

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.

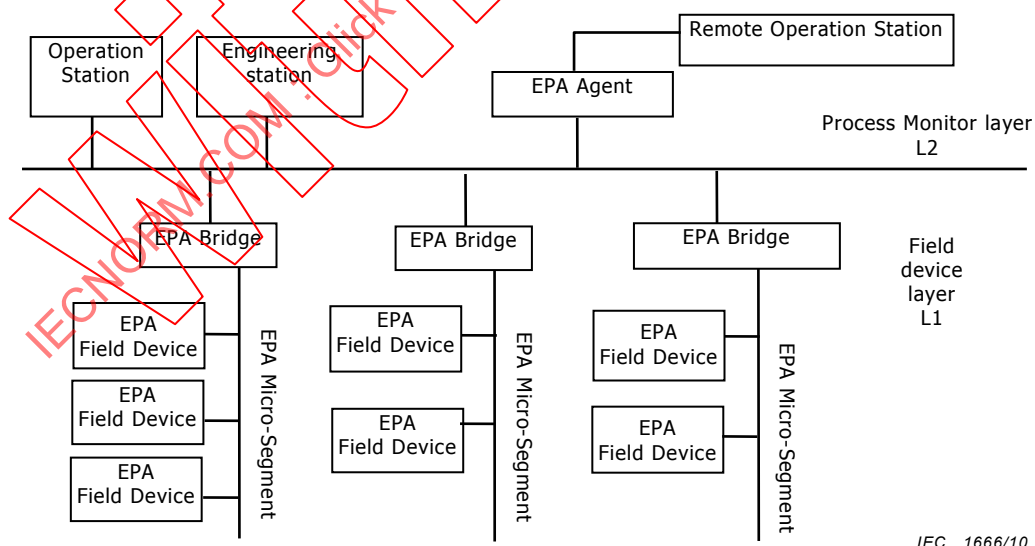
The EPA system architecture provides a framework for describing these systems as the collection of physical devices interconnected by an EPA network. The objective of this clause is to identify the components of the system, describe their relationships and interactions, and define how they are configured.

15.2.2 Network Topology

Figure 11 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.



IEC 1666/10

Figure 11 – 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.

NOTE 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, must 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 61158-5-14:2010. Table 136 specifies the clauses included in this profile.

Table 136 – 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
4.1	Overview	YES	—
4.2	Architectural relationships	YES	—
4.3	Fieldbus Application Layer Structure	YES	—
4.4	Fieldbus Application Layer naming and addressing	YES	—
4.5	Architecture summary	YES	—
4.6	FAL service procedures	YES	—
4.7	Common FAL attributes	YES	—
4.8	Common FAL service parameters	NO	—
5	Data type ASE	YES	—
6	Communication model specification	YES	—
7	Application layer communication service	YES	—

15.3.5.2 AL protocol selection

The application layer protocols for profile 14/1 are defined IEC 61158-6-14:2010. Table 137 specifies the clauses included in this profile.

Table 137 – 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	Syntax description	Partial	Used when applicable
4.1	Fixed format PDU description	YES	—
4.2	Transfer syntax	YES	—
5	Structure of object definitions	YES	—
5.1	Object definitions in FAL management ASE	YES	—
5.2	Definition of objects used in EPA application access entity	YES	—
6	Encodings of APDU object and services	YES	—
6.1.1	Encoding of EPA APDU Header	YES	—
6.1.2	Encoding of FAL Management Entity service parameters	NO	—
6.1.3	Encoding of AAE Services	—	—
7	Protocol State Machine	—	—
7.1	FAL management state machines	YES	—
7.2	Application Access Entity Protocol Machine	YES	—
7.3	ESME Protocol State Machine	YES	—

15.3.6 Performance indicator selection

15.3.6.1 Performance indicator overview

Table 138 provides an overview of CP 14/1 performance indicators.

Table 138 – CP 14/1: 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	NO	—
Redundancy recovery time	YES	—

15.3.6.2 Performance indicator dependencies

Table 139 specifies PI dependencies included in this profile.

Table 139 – CP 14/1: Performance indicator 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 (53).

$$DT = T_{Stack\_S} + T_{Queue\_S} + T_{Ethernet\_S} + T_{Trf\_S} \times N_{data} + T_{Cable} \times L_{Cable} + T_{Switch} \times N_{Switch} + T_{Stack\_R} \quad (53)$$

where

- DT is the delivery time;
- T_{Stack_S} is the sender stack processing time;
- T_{Queue_S} is the sender queuing delay;
- $T_{Ethernet\_S}$ 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_{App_R} is the receiver stack processing time including Phy and MAC.

As shown in Formula (53):

- 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 (54).

$$NRTE\_BW = (RateofEthernet - ThroughputRTE \times 8) / 100 \quad (54)$$

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 (55).

$$ThroughputRTE = (\sum (RTData + TSData + RMData)) / s \quad (55)$$

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;
RMData 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 140 specifies consistent set of PI included in this profile.

Table 140 – CP 14/1: Consistent set of performance indicators

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 61158-3-14:2010, and data-link protocol to manage the deterministic communication in IEC 61158-4-14:2010.

Table 141 defines the DLL service selection from IEC 61158-3-14:2010 for profile 14/2.

Table 141 – 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	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 DL	YES	—
5	DL-management services	YES	—

Table 142 defines the DLL protocol selections from IEC 61158-4-14:2010 for CP14/2

Table 142 – 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 61158-5-14:2010. Table 143 specifies the clauses included in this profile.

Table 143 – 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	Partial	Used when applicable
4	Concepts	Partial	Used when applicable
4.1	Overview	YES	—
4.2	Architectural relationships	YES	—
4.3	Fieldbus Application Layer Structure	YES	—
4.4	Fieldbus Application Layer naming and addressiong	YES	—
4.5	Architecture summary	YES	—
4.6	FAL service procedures	YES	—
4.7	Common FAL attributes	YES	—
4.8	Common FAL service parameters	NO	—
5	Data type ASE	—	—
5.1	General	—	—
5.2	Formal definition of data type objects	YES	—
5.3	FAL defined data type	YES	—
5.4	Data type ASE service specification	YES	—
6	Communication model specification	YES	—
7	Application layer communication service	YES	—

15.4.5.2 AL protocol selection

The application layer protocol for profile 14/2 is defined in IEC 61158-6-14:2010. Table 144 specifies the clauses included in this profile.

Table 144 – 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	Partial	Used when applicable
4	Syntax description	Partial	Used when applicable
4.1	Fixed format PDU description	YES	—
4.2	Transfer syntax	YES	—
5	Structure of object definitions	YES	—
5.1	Object definitions in FAL management ASE	YES	—
5.2	Definition of objects used in EPA application access entity	YES	—
6	Encodings of APDU object and services	YES	—
6.1.1	Encoding of EPA APDU Header	YES	—
6.1.2	Encoding of FAL Management Entity service parameters	NO	—
6.1.3	Encoding of AAE Services	—	—
7	Protocol State Machine	YES	—

15.4.6 Performance indicator selection

15.4.6.1 Performance indicator overview

Table 145 provides an overview of CP 14/2 performance indicators.

Table 145 – CP 14/2: 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	NO	—
Redundancy recovery time	YES	—

15.4.6.2 Performance indicator dependencies

Table 146 specifies the performance indicator dependencies for CP 14/2.

Table 146 – CP 14/2: Performance indicator 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 (56).

$$DT = T_{Stack\_S} + T_{Queue\_S} + T_{Ethernet\_S} + T_{Trf\_S} \times N_{data} + T_{Cable} \times L_{Cable} + T_{Switch} \times N_{Switch} + T_{Stack\_R} \quad (56)$$

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_{App_R} is the receiver stack processing time including Phy and MAC.

As shown in Formula (56),

- 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 147 specifies a consistent set of PI included in this profile.

Table 147 – CP 14/2: Consistent set of performance indicators

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 61158-3-14:2010, and data-link protocol to manage the deterministic communication in IEC 61158-4-14:2010.

Table 148 defines the DLL service selection from IEC 61158-3-14:2010 for profile 14/3.

Table 148 – 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	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 DL	YES	—
5	DL-management services	YES	—
5.1	Overview	YES	—
5.2	Non-Periodic Data Annunciation	NO	—
5.3	EndofNonPeriodicDataSendingAnnuciation service	NO	—

Table 149 defines the DLL protocol selections from IEC 61158-4-14:2010 for CP14/3

Table 149 – 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	YES	—
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	—
6.1	ECSME PDU structure	NO	—
6.2	Encoding of ECSME packet	NO	—
6.3	Encoding of DL-management Tag	YES	—

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 61158-5-14:2010. Table 150 specifies the clauses included in this profile.

Table 150 – 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	Partial	Used when applicable
4	Concepts	Partial	Used when applicable
4.1	Overview	YES	—
4.2	Architectural relationships	YES	—
4.3	Fieldbus Application Layer Structure	YES	—
4.4	Fieldbus Application Layer naming and addressing	YES	—
4.5	Architecture summary	YES	—
4.6	FAL service procedures	YES	—
4.7	Common FAL attributes	YES	—
4.8	Common FAL service parameters	NO	—
5	Data type ASE	YES	—
6	Communication model specification	YES	—
7	Application layer communication service	YES	—

15.5.5.2 AL protocol selection

The application layer protocols for profile 14/3 are defined IEC 61158-6-14:2010. Table 151 specifies the clauses included in this profile.

Table 151 – 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	Partial	Used when applicable
4	Syntax description	YES	—
5	Structure of object definitions	YES	—
6	Encodings of APDU object and services	YES	—
6.1.1	Encoding of EPA APDU Header	YES	—
6.1.2	Encoding of FAL Management Entity service parameters	NO	—
6.1.3	Encoding of AAE Services	—	—
7	Protocol State Machine	YES	—

15.5.6 Performance indicator selection

15.5.6.1 Performance indicator overview

Table 152 provides an overview of CP 14/3 performance indicators.

Table 152 – CP 14/3: 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	NO	—
Redundancy recovery time	YES	—

15.5.6.2 Performance indicator dependencies

15.5.6.2.1 Dependency matrix

Table 153 specifies PI dependencies included in this profile.

Table 153 – CP 14/3: Performance indicator 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 (57).

$$DT = T_{Stack\_S} + T_{Queue\_S} + T_{Ethernet\_S} + T_{Trf\_S} \times N_{data} + T_{Cable} \times L_{Cable} + T_{Switch} \times N_{Switch} + T_{Stack\_R} \quad (57)$$

where

- DT is the delivery time;
- T_{Stack_S} is the sender stack processing time;
- T_{Queue_S} is the sender queuing delay;
- $T_{Ethernet\_S}$ 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_{App_R} is the receiver stack processing time including Phy and MAC.

As shown in Formula (57):

- 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 (58).

$$NRTE\_BW = (RateofEthernet - ThroughputRTE \times 8) / 100 \quad (58)$$

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 (59).

$$ThroughputRTE = (\sum (RTData + TSData + RMData)) / s \quad (59)$$

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;
RMData 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 154 specifies consistent set of PI included in this profile.

Table 154 – CP 14/3: Consistent set of performance indicators

performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	100 µs	Star topology, no failure
	100 µs	Linear topology, no failure
	200 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	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.	Star topology
	n.a.	Linear topology
	0 s	Ring topology

Table 155 specifies consistent set of PI included in this profile.

Table 155 – CP 14/3: Consistent set of performance indicators

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 156 specifies consistent set of PI included in this profile.

Table 156 – CP 14/3: Consistent set of performance indicators

performance indicator	value	Constraints
Delivery time	1000 μ s	Star topology, no failure
	1000 μ s	Linear topology, no failure
	2000 μ s	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 μ s	—
Redundancy recovery time	300ms	Star topology, IEEE 802.1D
	n.a.	Linear topology
	0	Ring topology

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 61158-5-15:2010 and IEC 61158-6-15:2010, which specify the communication system protocols commonly known as Modbus®¹² 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.

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 61158-5-15:2010 and IEC 61158-6-15:2010

16.2.3.2 AL service selection

The application layer services are defined in IEC 61158-5-15:2010. Table 157 shows the subclauses included in this profile.

¹² 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 International Standard 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.

Table 157 – 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 61158-6-15:2010. Table 158 shows the subclauses included in this profile.

Table 158 – 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 159 provides an overview of the CP 15/1 performance indicators..

Table 159 – CP 15/1: 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	Provided with NTP (RFC 1305)
Non-time-based synchronization accuracy	YES	—
Redundancy recovery time	YES	—

16.2.4.2 Performance indicator dependencies

Table 160 provides the CP 15/1 performance indicator dependency matrix.

Table 160 – CP 15/1: Performance indicator 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 16.2.4.2.23	YES 16.2.4.2.23	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 16.2.4.2.10	NO	NO 16.2.4.2.11	YES 16.2.4.2.12
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	NO	YES 16.2.4.2.13		NO	NO	YES 16.2.4.2.14
Time synchronization accuracy	NO	NO	YES 16.2.4.2.15	YES 16.2.4.2.16	NO	NO		NO	YES 16.2.4.2.17
Non-time-based synchronization accuracy	NO	NO	YES 16.2.4.2.18	YES 16.2.4.2.19	NO	NO	NO		YES 16.2.4.2.20
Redundancy recovery time	NO	NO	YES 16.2.4.2.21	YES 16.2.4.2.22	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 (60)

$$DT = STT_s + N_{Sw} \times TD_{Sw} + (N_{Sw} + 1) \times T_{wire} \times D_{size} + STT_r \quad (60)$$

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, can be calculated by Formula (61)

$$DT_{If} = 2 \times DT + RTO \quad (61)$$

where

<i>DT_{If}</i>	is the delivery time when a frame is lost;
<i>DT</i>	is as computed in Formula (60);
<i>RTO</i>	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 61158-5-15:2010 and IEC 61158-6-15:2010.

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 (62), (63) and (64). Implementations of CP 15/2 must support configuring these two parameters.

$$port1 = portBaseNumber + 10 \times portGroupNumber \quad (62)$$

$$port2 = 1 + portBaseNumber + 10 \times portGroupNumber \quad (63)$$

$$port3 = 2 + portBaseNumber + 10 \times portGroupNumber \quad (64)$$

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 61158-5-15:2010. Table 161 shows the subclauses included in this profile.

Table 161 – 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 61158-6-15:2010. Table 162 shows the subclauses included in this profile.

Table 162 – 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 163 provides an overview of the CP 15/2 performance indicators.

Table 163 – CP 15/2: 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	—
Redundancy recovery time	YES	—

16.3.4.2 Performance indicator dependencies

Table 164 provides the CP 15/2 performance indicator dependency matrix.

Table 164 – CP 15/2: Performance indicator 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 (65), (66) and (67).

$$STT_s = STT_{s1} + SST_{s2} \times D\_size \quad (65)$$

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.

$$STT_r = STT_{r1} + SST_{r2} \times D\_size \quad (66)$$

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.

$$DT = STT_s + N\_Sw \times TD\_Sw + (N\_Sw + 1) \times T\_wire \times D\_size + STT_r \quad (67)$$

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 (68).

$$DT_{lfp} = 2 \times DT + DT_n + T \quad (68)$$

where

DT_{lfp}	is the delivery time when a frame is lost and the configuration is reliable periodic;
DT	is as computed in Formula (67);
DT_n	is the delivery time for the NACK message, computed again using Formula (67), 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 (69)

$$DT_{lfh} = 2 \times DT + DT_n + H \quad (69)$$

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 (67);
DT_n	is the delivery time for the NACK message, computed again using Formula (67), 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 (SERCOS¹³)- 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 61784-1:2010.
- 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 61784-1:2010.
- 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.

¹³ SERCOS and SERCOS interface are trade names of SERCOS International e.V. This information is given for the convenience of users of this International Standard 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 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.

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 61158-3-19:2010. Table 165 shows the subclauses included in this profile.

Table 165 – 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 61158-4-19:2010. Table 166 shows the subclauses included in this profile.

Table 166 – 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 61158-5-19:2010. Table 167 shows the subclauses included in this profile.

Table 167 – 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 61158-6-19:2010. Table 168 shows the subclauses included in this profile.

Table 168 – 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 169 gives an overview on the applicable performance indicators for CP 16/3.

Table 169 – CP 16/3: 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	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 170 gives an overview on the dependencies of the performance indicators.

Table 170 – CP 16/3: Performance indicator 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 (70).

$$DT = ct + STTs + STTr + fr \quad (70)$$

where

- DT* is the delivery time;
- ct* is the cycle_time (according to 17.2.4.2.2);
- STTs* is the sender stack traversal time including Phy and MAC (according to 17.2.4.2.4);
- STTr* is the receiver stack traversal time including Phy and MAC (according to 17.2.4.2.4);
- fr* is the frame runtime (according to 17.2.4.2.3);
- STT* 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 (71).

$$ct = \begin{cases} N \times 250 \text{ } \mu\text{s} & \text{where } N \geq 1 \text{ and } N \leq 260\,000 \\ \frac{250 \text{ } \mu\text{s}}{N} & \text{where } N = 2, 4 \text{ or } 8 \end{cases} \quad (71)$$

where

ct is the cycle_time configured for the network segment;

N is an integer value.

This means that the cycle time may be selected between 31,25 μ s 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 (72).

$$ct > mct \quad (72)$$

where

ct is the cycle_time configured for the network segment;

mct is the minimum cycle time (according to Formula (73)).

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 (73).

$$mct = tt \times data + st \times nf \quad (73)$$

where

mct is the minimum_cycle_time;

tt is the transfer time (80 ns/octet);

data is the data to be transmitted in one cycle (including the complete Ethernet frame);

st is the separation time per frame;

nf 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 μ s; number of frames = 2

Minimum cycle time: $mct = 80 \text{ ns} \times 336 \text{ octets} + 1 \text{ } \mu\text{s} \times 2 = 26,88 \text{ } \mu\text{s} + 2 \text{ } \mu\text{s} = 28,88 \text{ } \mu\text{s}$

Selected cycle time: $ct = 31,25 \text{ } \mu\text{s} > 28,88 \text{ } \mu\text{s}$

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 (74)).

$$fr = cd \times clt + \sum_{i=1}^{nn} pd_i \quad (74)$$

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 ns/m × 900 m + 9 × 0,5 µs = 9,0 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 (75).

$$ac = ma + \sum_{i=1}^{nn-1} sa_i \quad (75)$$

where

- ac* is the non-time based synchronization accuracy;
- ma* is the synchronization accuracy of the master device;
- sa* is the synchronization accuracy of one slave device;
- nn* the number of nodes; (nn-1) is the number of slaves, in a line topology.

Example 1 Master device with hardware-based synchronization

$ma = 50 \text{ ns}$, 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)

$ac = 50 \text{ ns} + 10 \times 50 \text{ ns} = 550 \text{ ns}$

Example 2 Master device with Standard Ethernet hardware and software-based synchronization

$ma = 40 \text{ }\mu\text{s}$, 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)

$ac = 40 \text{ }\mu\text{s} + 10 \times 50 \text{ ns} = 40,5 \text{ }\mu\text{s}$

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 171 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 171 – CP 16/3: scenario 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	$\leq 11\,520\,000$ octets/s	$\leq 10/10$ 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 172 shows the consistent set of performance indicators for a scenario where the cycle time of 500 μ s 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 172 – CP 16/3: scenario with a cycle time of 500 μ s (real-time only)

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	< 677 μ s	Cable length between all end-stations 100 m (worst case) Cycle time set to 500 μ s Frame runtime: 185 μ s
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	$\leq 12\,192\,000$ octets/s	$\leq 10/10$ 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 μ s or < 50 μ s	< 1 μ s (high performance synchronization), < 50 μ s (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 173 shows the consistent set of performance indicators for a scenario where the cycle time of 500 μ s 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 μ s = 25 % of 500 μ s).

Table 173 – CP 16/3: Scenario with a cycle time of 500 μ s (real-time and non-real-time)

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	< 513 μ s	Cable length between all end-stations 100 m (worst case) Cycle time set to 500 μ s Frame runtime: 139 μ s
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	$\leq 9\,248\,000$ octets/s	$\leq 10/10$ real-time octets per slave end-station
Non-RTE bandwidth	$\leq 3\,125\,000$ octets/s	25 % of the bandwidth is used for non-RTE traffic (IP channel is 125 μ s wide)
Non-time-based synchronization accuracy	< 1 μ s or < 50 μ s	< 1 μ s (high performance synchronization), < 50 μ s (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 174 shows the consistent set of performance indicators for a scenario where the cycle time of 500 μ s 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 family. The non-RTE traffic is used and uses 25 % of the available bandwidth (slot for non-real-time data: 125 μ s = 25 % of 500 μ s).

Table 174 – CP 16/3: scenario with non symmetrical data throughput and a cycle time of 500 μ s (real-time and non-real-time)

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	< 474 μ s	Cable length between all end-stations 100 m (worst case) Cycle time set to 500 μ s Frame runtime: 101 μ s
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	$\leq 9\,248\,000$ octets/s	$\leq 10/10$ real-time octets per slave end-station
Non-RTE bandwidth	$\leq 3\,125\,000$ octets/s	25 % of the bandwidth is used for non-RTE traffic (IP channel is 125 μ s wide)
Non-time-based synchronization accuracy	< 1 μ s or < 50 μ s	< 1 μ s (high performance synchronization), < 50 μ s (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 175 shows the overview of RAPIEnet profile set.

Table 175 – CPF 17: Overview of profile sets

Layer	Profile 17/1
Application	IEC 61158-5-21:2010, IEC 61158-6-21:2010
Data-link	IEC 61158-3-21:2010, IEC 61158-4-21:2010
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 176 specifies the DLL service selection within IEC 61158-3-21:2010.

Table 176 – 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 177 specifies the DLL protocol selection within IEC 61158-4-21:2010.

Table 177 – 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	DLPDU 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 178 specifies the AL service selection within IEC 61158-5-21:2010.

Table 178 – 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

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Concepts	YES	—
5	Data type ASE	YES	—
6	Communication model specification	YES	—

18.2.3.2 AL protocol selection

Table 179 specifies the AL protocol selection within IEC 61158-6-21:2010.

Table 179 – 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 180 shows the performance indicators overview of CP 17/1.

Table 180 – CP 17/1: Performance indicator 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	RAPIDnet 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 181 shows the dependencies between performance indicators for CP 17/1.

Table 181 – CP 17/1: Performance indicator 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 (76).

$$T_{DELAY} = T_{SND} + T_{PKT} + T_{CPD} + \sum_{i=0}^N T_{NLD\_i} + T_{RCV} \quad (76)$$

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 (77);

T_{CPD} is the cable propagation delay time in microseconds, see formula (78);

T_{NLD_i} is the node latency delay time of node i in microseconds, see formula (79);

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 (77).

$$T_{PKT} = \frac{(APDUsize + POsize) \times 8}{LDR} \quad (77)$$

where

T_{PKT} is the packet transmit time in microseconds;

$APDUsize$ is the size of the application protocol data unit in octets;

LDR is the link data rate in bit per seconds;

$POsize$ is the size of the protocol overhead in octets.

The cable propagation delay time T_{CPD} can be calculated by Formula (78).

$$T_{CPD} = T_{CPD/M} \times L_{TC} \quad (78)$$

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 (79).

$$T_{NLD\_i} = T_{NPD\_i} + T_{PKT\_i} + \sum_{j=0}^M T_{TX\_PKT\_ij} \quad (79)$$

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 (77);
$T_{TX\_PKT\_ij}$	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 (77);
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 (80).

$$Throughput\_RTE = APDUsize \times (NF_{RTE/S} \leq NF_{E/S\_MAX}) \quad (80)$$

where

$APDUsize$	is the size of the application protocol data unit in octets;
$NF_{RTE/S}$	is the number of frames allowed to be sent per second for one RTE end station;
NF_{E/S_MAX}	is the maximum number of frames allowed to be sent per second for one end station, see Formula (81).

The maximum number of frames allowed to be sent per second for one end station NF_{E/S_MAX} can be calculated by Formula (81).

$$NF_{E/S\_MAX} = \frac{LDR}{(APDUsize + PSize) \times 8} \quad (81)$$

where

LDR	is the link data rate in mega bit per seconds;
$APDUsize$	is the size of the application protocol data unit in octets;
$PSize$	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 (82).

$$BW_{NRTE} = \frac{NF_{E/S\_MAX} - NF_{RTE/S}}{NF_{E/S\_MAX}} \times 100\% \quad (82)$$

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 182 are shown in Table 183. All these parameters are the result of the described scenario and the related calculations of performance indicators.

Table 182 – Consistent set of PIs small size automation system

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery Time	110 μ s to 4100 μ s	Processing time is 10 μ s, 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	100Mbps (full-duplex)
Non-RTE bandwidth	0 % to 100 %	—
Time synchronization accuracy	< 10 μ s	—
Redundancy recovery time	n.a. < 160 ms < 10 ms	Linear topology Ring topology (100BASE-TX) Ring topology (100BASE-FX)

Table 183 – Parameters for Calculation of Consistent set of performance indicators

Parameter	Definition	Value
T _{SND}	Sender stack traversal time including Phy and MAC	50 μ s
T _{RCV}	Receiver stack traversal time including Phy and MAC	50 μ s
APDUsize	Size of the application protocol data	32 octets
LDR	Link Data Rate	100 Mbps
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 μ s
N	Number of nodes between sending and receiving end-stations	Minimum: 0 Maximum: 254

19 Communication Profile Family 18 (SafetyNET p¹⁴) – RTE communication profiles

19.1 General overview

Communication Profile Family 18 defines profiles based on IEC 61158-3-22:2010, IEC 61158-4-22:2010, IEC 61158-5-22:2010 and IEC 61158-6-22:2010.

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

¹⁴ SafetyNET p is a trade name of the Pilz GmbH & Co. KG. 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 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.

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 61158-3-22:2010 and IEC 61158-4-22:2010. Table 184 specifies the use of the services included in this profile. Table 185 specifies the use of the protocol included in this profile.

Table 184 – 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	—	—
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	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 (RD CD)	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 185 – 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	Network verification DLPDUs	YES	—
5.5.2	RTFN scan network read 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	—
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 61158-5-22:2010 and IEC 61158-6-22:2010. Table 186 specifies the use of the services included in this profile. Table 187 specifies the use of the protocol included in this profile.

Table 186 – 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	—
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 187 – 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 188 gives an overview of the performance indicator usage.

Table 188 – CP 18/1: Performance indicator 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 189 specifies the dependencies of the performance indicators (row) from the performance indicators (column).

Table 189 – CP 18/1: Performance indicator 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 (83).

$$t_D = t_{cyc} + t_{STsrc} + t_{data} + t_{CD} * (l_F + l_B) + \sum_{i=1}^{NoDoF} (t_{pd}(i) + t_{SW}(i)) + \sum_{i=1}^{NoDoB} (t_{pd}(i) + t_{SW}(i)) + t_{STsink} \quad (83)$$

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 61158-4-22:2010.

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 (83).

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 (83).

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 (83).

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 (83).

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 61158-3-22:2010 and IEC 61158-4-22:2010. Table 190 specifies the use of the services included in this profile. Table 191 specifies the use of the protocol included in this profile.

Table 190 – 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	Network verification	—	—
5.2.2.1	DL-Network verification service (NV)	NO	—
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 (RD CD)	YES	—
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 191 – 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	—
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	Network verification DLPDUs	NO	—
5.5.2	RTFN scan network read 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 61158-5-22:2010 and IEC 61158-6-22:2010. Table 192 specifies the use of the services included in this profile. Table 193 specifies the use of the protocol included in this profile.

Table 192 – 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 DL RDU 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 193 – 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 194 gives an overview of the performance indicator usage.

Table 194 – CP 18/2: Performance indicator 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 61588:2004 boundary clocks
Non-time-based synchronization accuracy	NO	—
Redundancy recovery time	NO	—

19.3.4.2 Performance indicator dependencies

Table 195 specifies the dependencies of the performance indicators (row) from the performance indicators (column).

Table 195 – CP 18/2: Performance indicator 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 (84).

$$t_D = t_{cyc} + t_{STsrc} + t_{data} + t_{CD} * l_C + \sum_{i=1}^{NoS} t_{SW}(i) + t_{ST \sin k} \quad (84)$$

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 (84).

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 61588:2004 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.

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 Mbps;
- 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.

$$T_{x\_packet} = \frac{(APDU\ size + PO) \times 8}{LDR} = \frac{(32 + 84) \times 8}{1 \times 10^5} = 9,3 \mu s$$

$$CD_i = PD_i \times CL_i = 500 ns = 0,5 \mu s$$

$$SL_k = SPD_k + T_{x\_packet} = 19,3 \mu s$$

$$DT_{min} = 50 + 9,3 + 2 \times 0,5 + 19,3 + 50 = 129,6 \mu s \approx 130 \mu s$$

$$DT_{max} = 50 + 9,3 + 1024 \times 0,5 + 1024 \times 19,3 + 50 = 20\ 384,5 \mu s \approx 20,4 ms$$

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 Mbps.

$$T_{x\_packet} = \frac{(APDUsize + PO) \times 8}{LDR} = \frac{(32 + 84) \times 8}{1 \times 10^5} = 9,3 \mu s$$

$$EN\_PR\_MAX = \frac{1}{T_{x\_packet}} = \frac{1}{9,3 \times 10^{-6}} \approx 107\,500 \text{ pps}$$

$$Throughput\_RTE_{max\_theoretical} = 32 \times 107\,500 = 3,44 \times 10^6 \text{ octets/s}$$

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:

- $SD_s = SD_r = 50 \mu s$;
- APDU size = 32 octets;
- CP 2/2 protocol overhead (PO) = 84 octets;
- Link data rate (LDR) = 100 Mbps;
- 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.

$$T_{x\_packet} = \frac{(APDUsize + PO) \times 8}{LDR} = \frac{(32 + 84) \times 8}{1 \times 10^5} = 9,3 \mu s$$

$$CD_i = PD_i \times CL_i = 500 \text{ ns} = 0,5 \mu s$$

$$SL_k = SPD_k + T_{x\_packet} = 19,3 \mu s$$

$$DT_{min} = 50 + 9,3 + 2 \times 0,5 + 19,3 + 50 = 129,6 \mu s \approx 130 \mu s$$

$$DT_{max} = 50 + 9,3 + 4 \times 0,5 + 4 \times 19,3 + 50 = 188,5 \mu s \approx 190 \mu s$$

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 - 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.

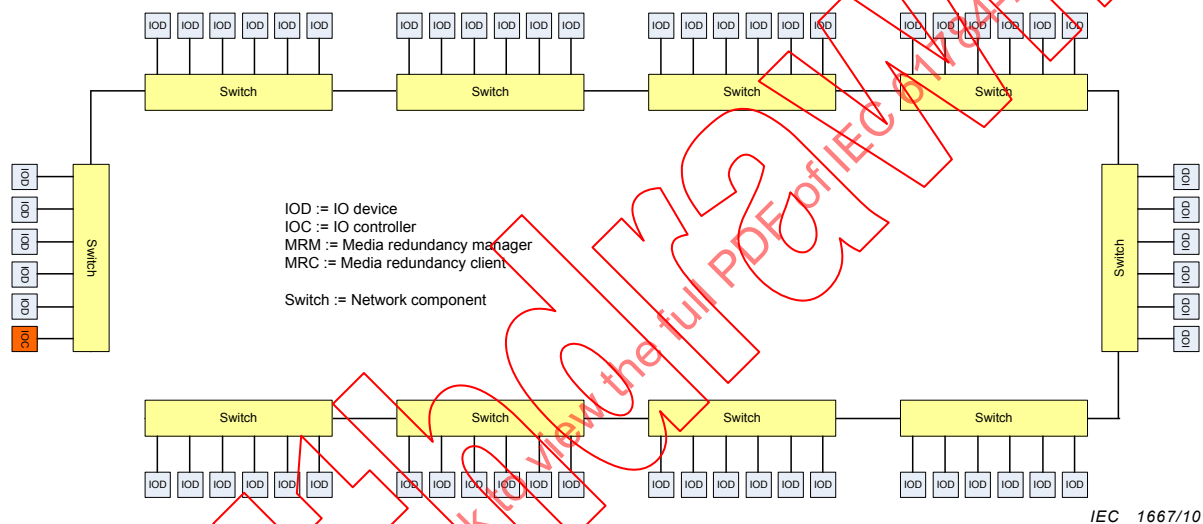


Figure A.1 – CP 3/4: Example of line structure

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. The media redundancy is in this case a feature of the used switches.

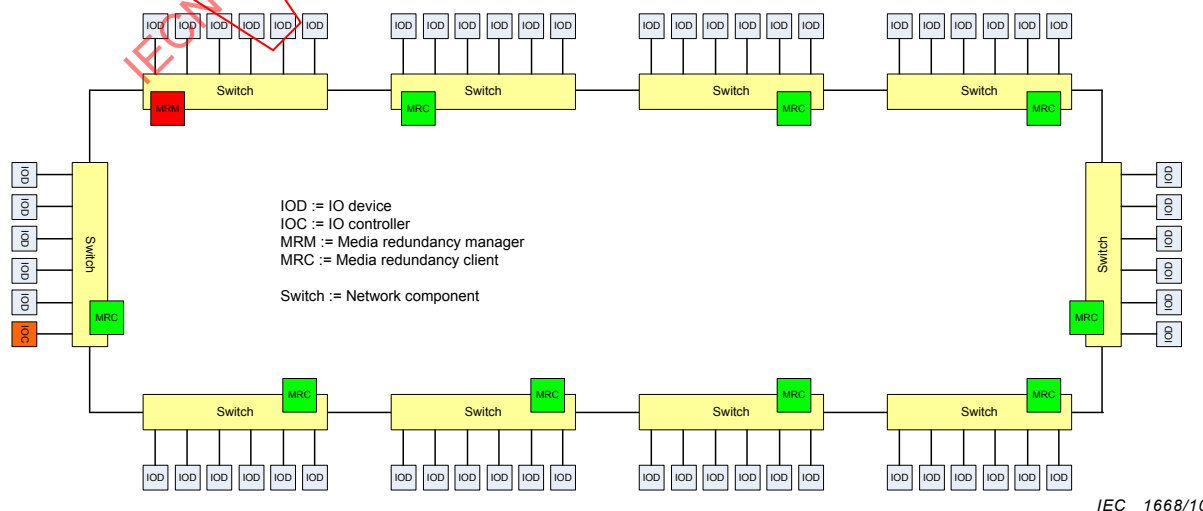


Figure A.2 – CP 3/4: Example of ring structure

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.

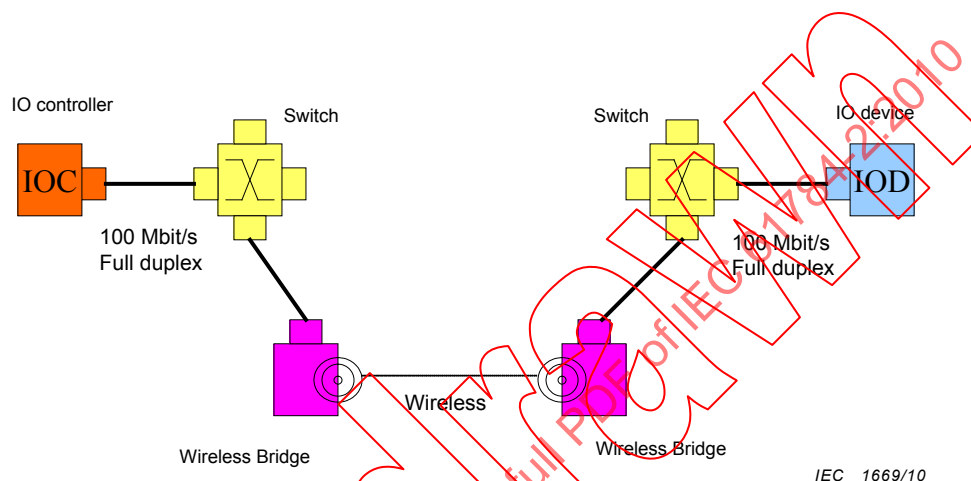


Figure A.3 – CP 3/4: Example of a wireless segment

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.

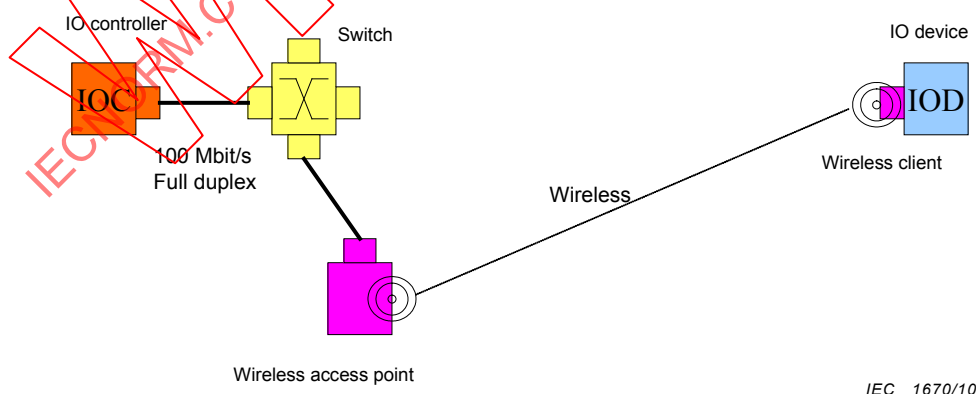


Figure A.4 – CP 3/4: Example of an integrated wireless client

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.

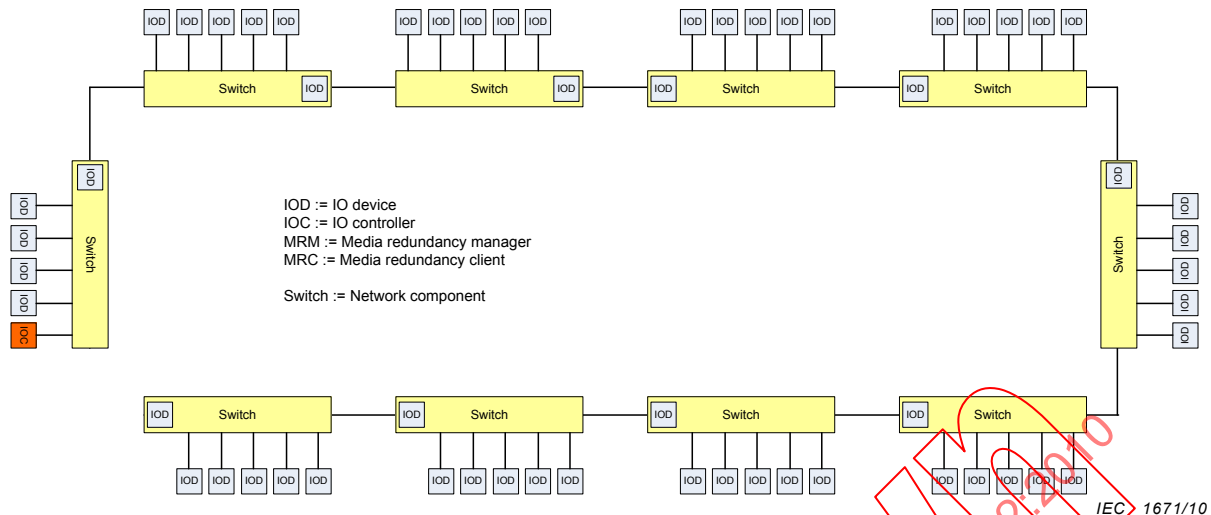


Figure A.5 – CP 3/5: Example of line structure

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. This figure offers the ability to use bump less media redundancy.

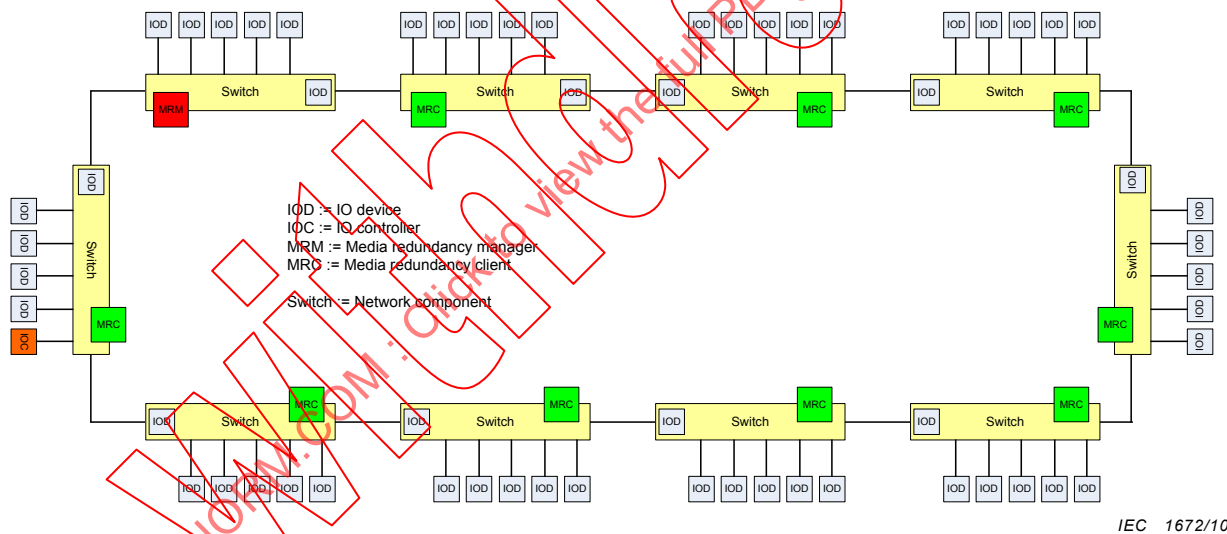


Figure A.6 – CP 3/5: Example of ring structure

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.

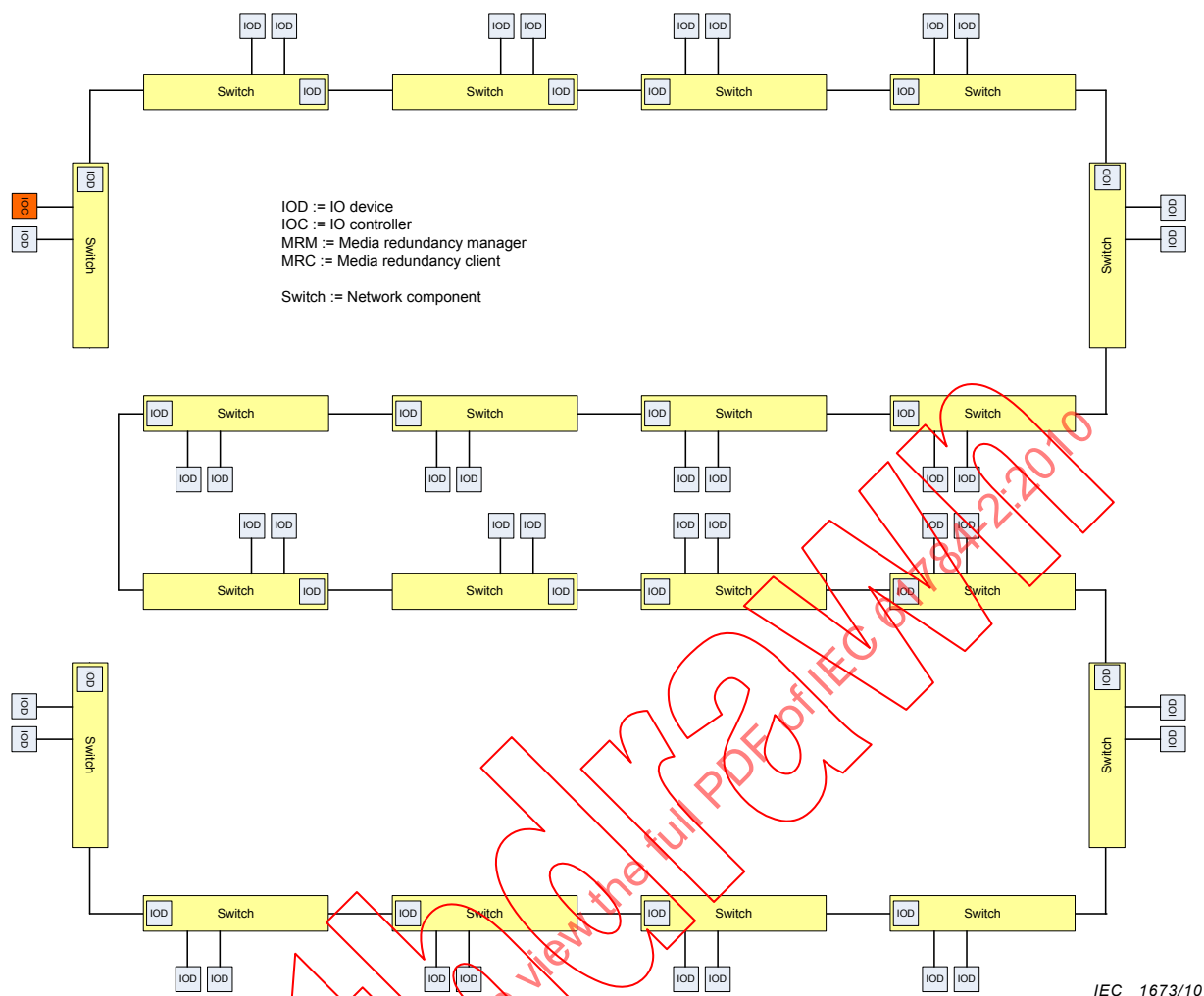


Figure A.7 – CP 3/6: Example of line structure

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.8 for 60 nodes. The structure depicted in Figure A.8 shows the ability to use bumpless media redundancy.

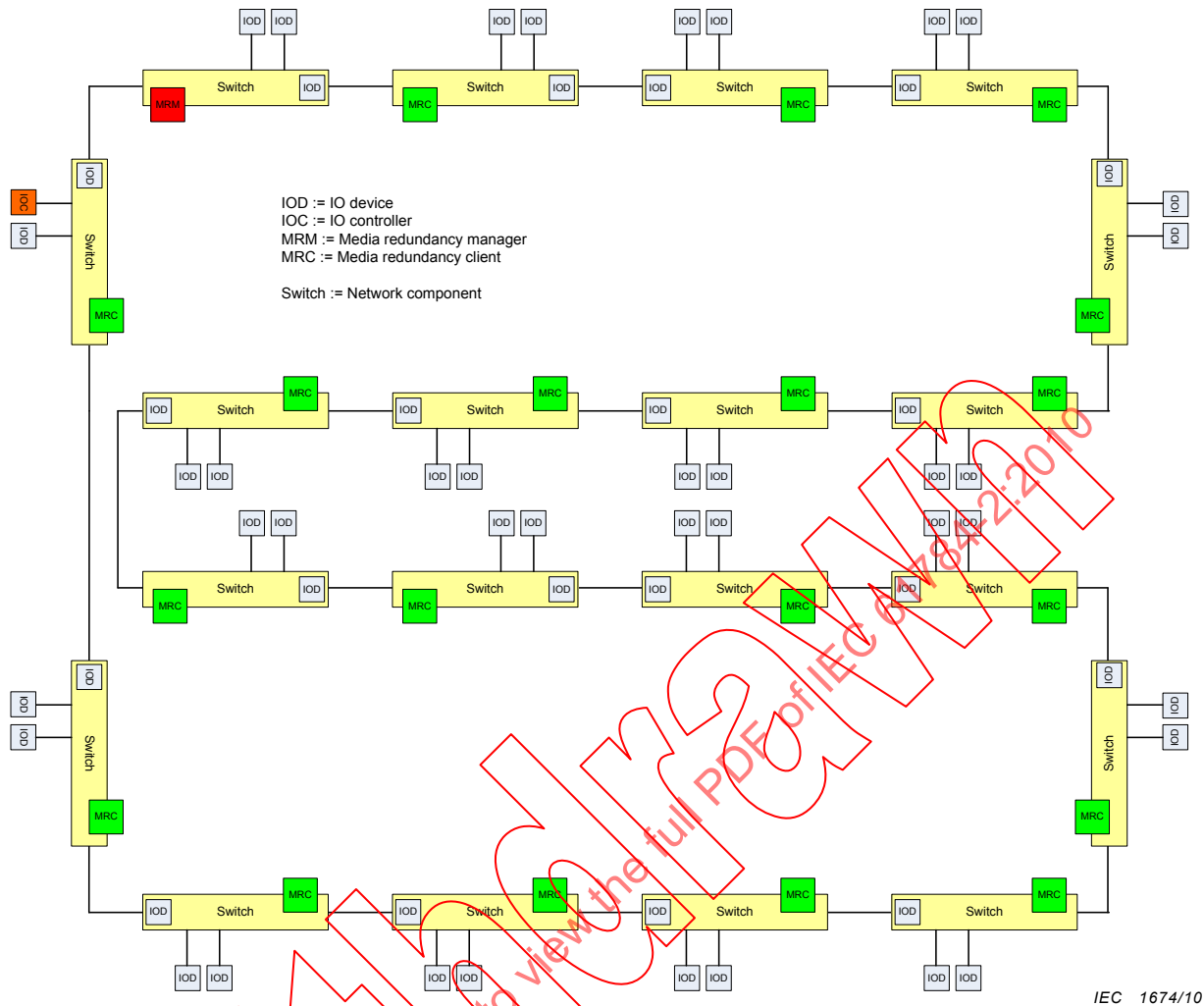


Figure A.8 – CP 3/6: Example of ring structure

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.9 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.9) 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.10 shows a comb structure.

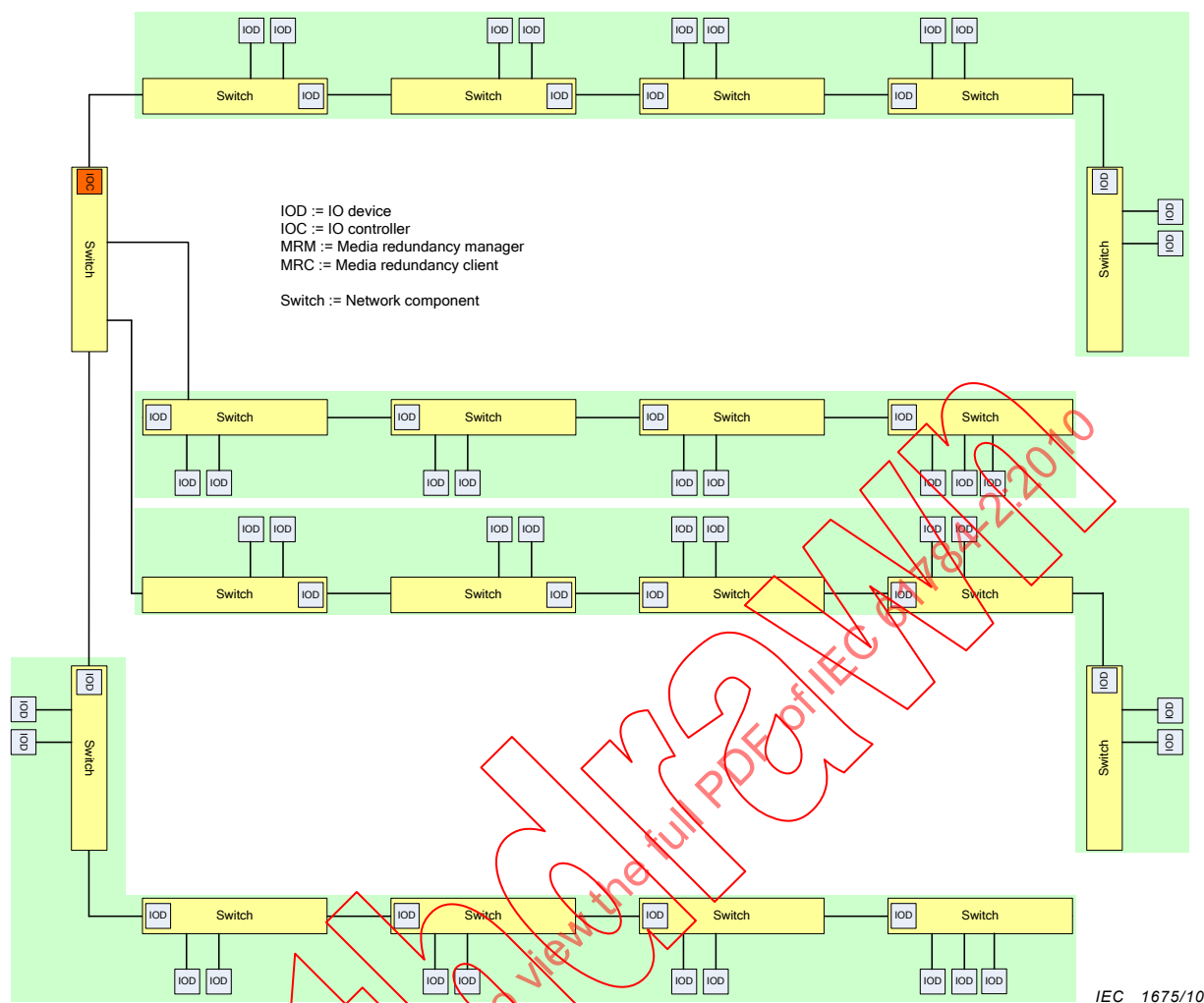
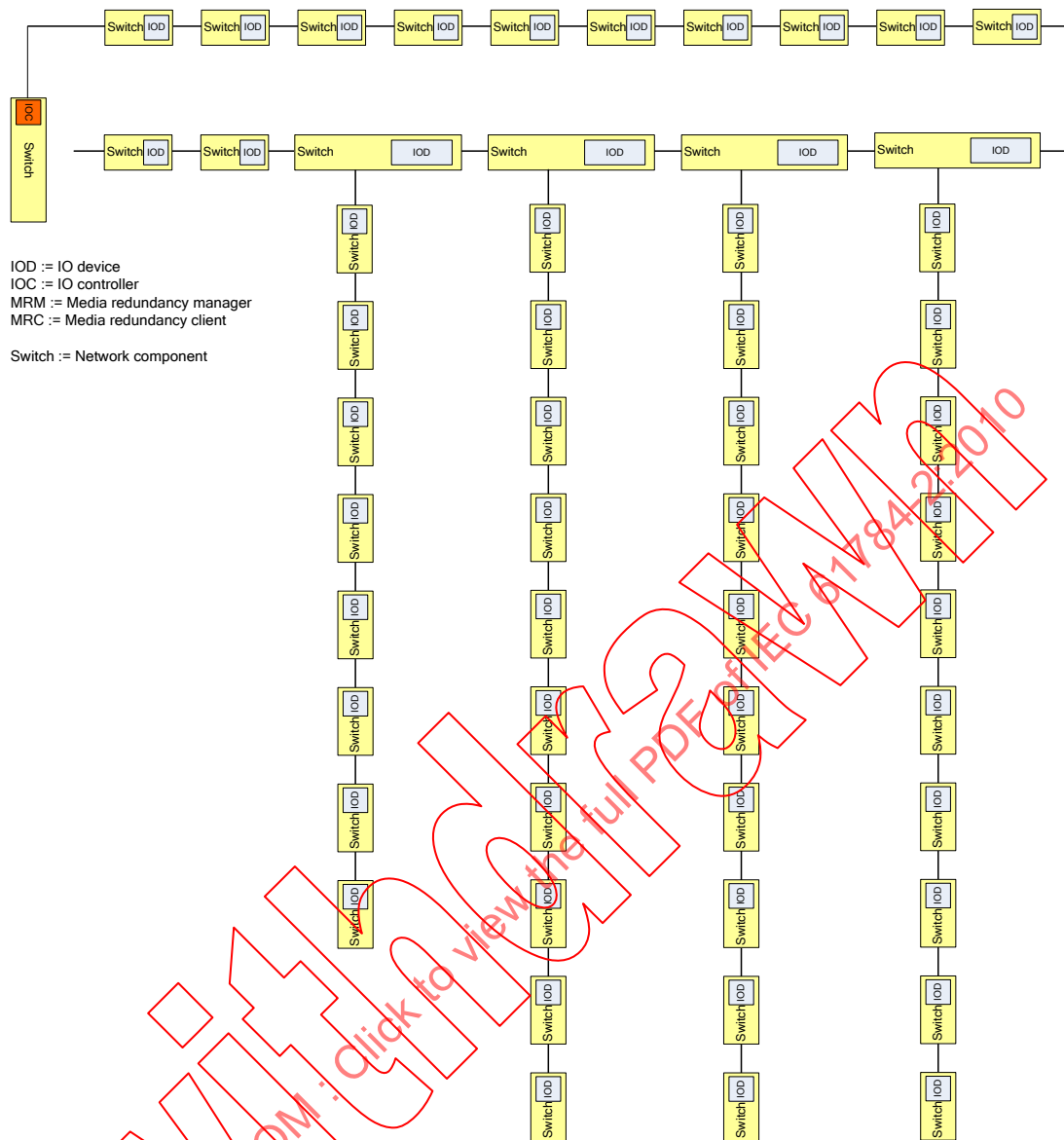


Figure A.9 – CP 3/6: Example of tree structure



IEC 1676/10

Figure A.10 – CP 3/6: Example of comb structure

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.11.

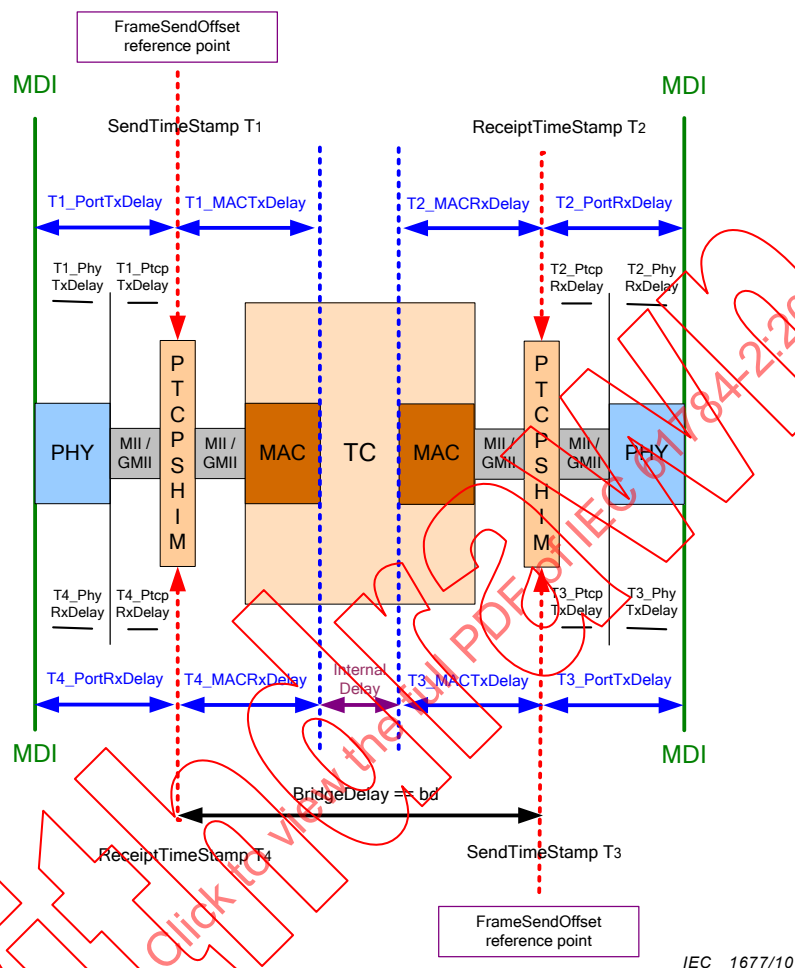


Figure A.11 – Definition of bridge delay

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 offers the best available speed, because only a small portion of the frame is received, before it be 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.11.

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.12 shows in principle the structure of a switch integrated into an IO device or an IO controller.

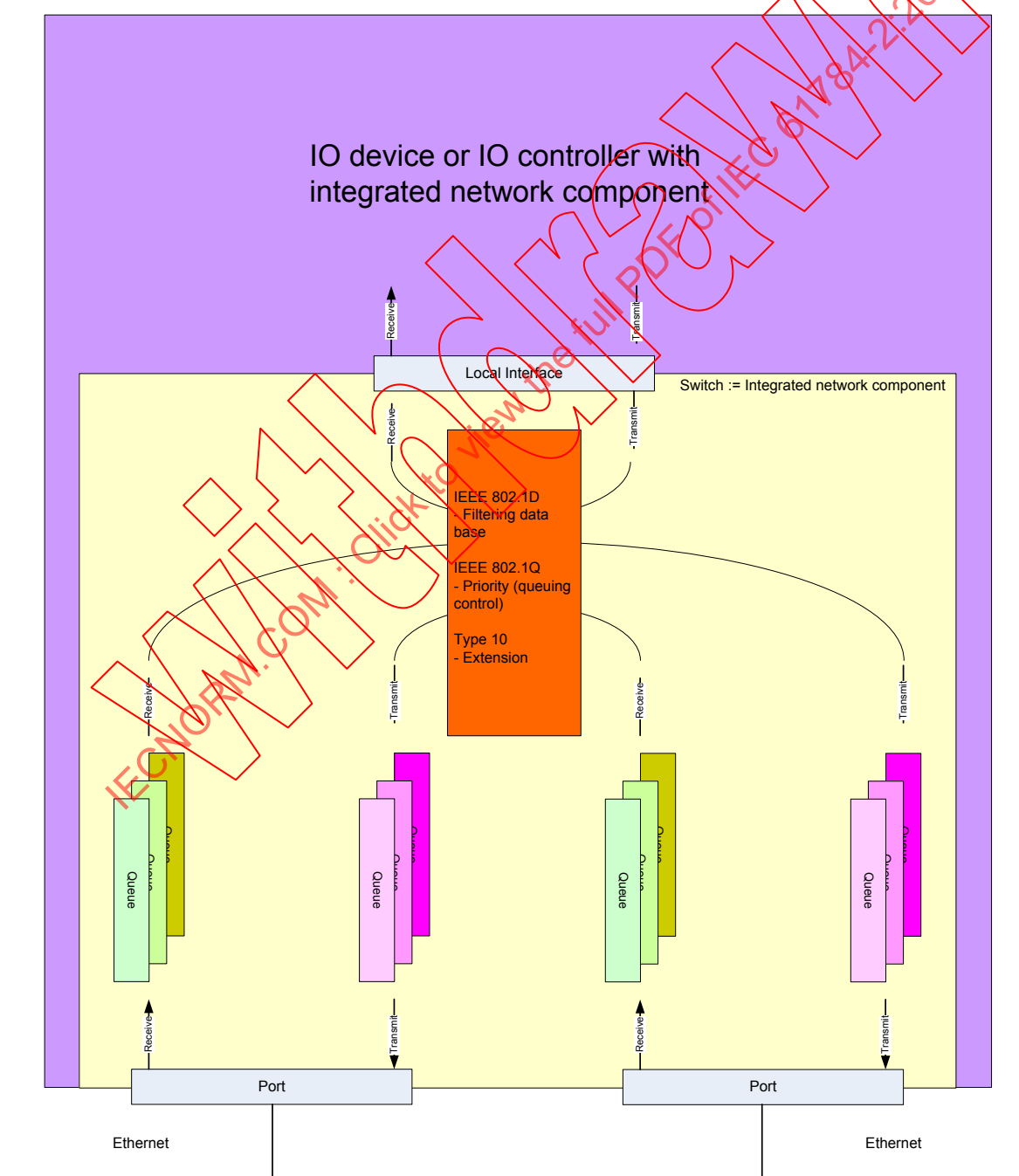


Figure A.12 – Example of a switch structure

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.13, 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.13.

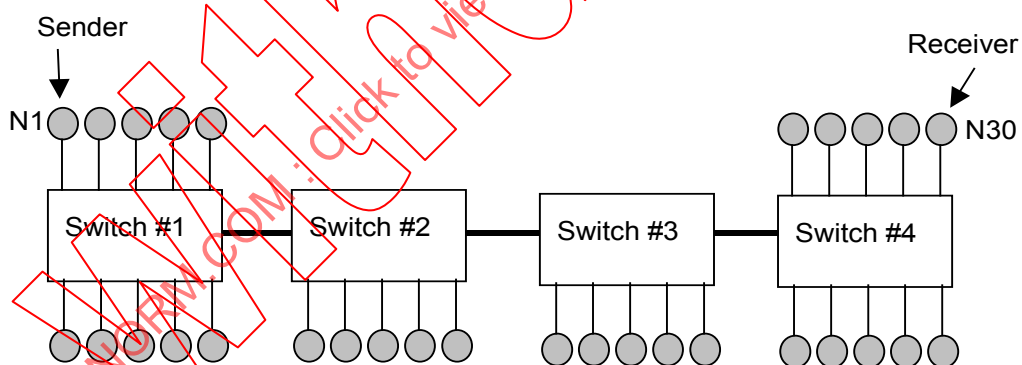
Thirty RTE end-stations (numbered from N1 to N30) are connected by means of 4 switches, as shown in Figure A.13, in an RTE network containing switches. All RTE nodes can communicate to any of the RTE nodes.

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 10Mbps.

Switch-to-switch link is 100Mbps



IEC 1679/10

Figure A.13 – Application configuration

Delivery time can now be calculated by inserting the application-dependent constants for the selected scenario into the Formula (A.1).

$$DT = STTs + SStr + NoNt (ttES + pd + QTES) + cd + \quad (A.1)$$

$$\sum_{i=1}^{NoS-1} (NoNs(i)(NoS - i)(ttSS + pd + QTSS))$$

$$DT = 1\,250 + 250 + 30(114,4 + 7 + 9,4) + 1$$

$$10 \times 3 \times (11,44 + 7 + 0,944) +$$

$$5 \times 2 \times (11,44 + 7 + 0,944) +$$

$$5 \times 1 \times (11,44 + 7 + 0,944)$$

$$DT = 6,3 \mu s$$

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 (10Mbps) = 9,4 μs;
<i>QTSS</i>	is the Ethernet enforced quiet time on switch-to-switch link (100Mbps) = 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 (10Mbps) = 114,4 μs;
<i>ttSS</i>	is the P-NET transfer time switch-to-switch at maximum APDU size (100Mbps) = 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.

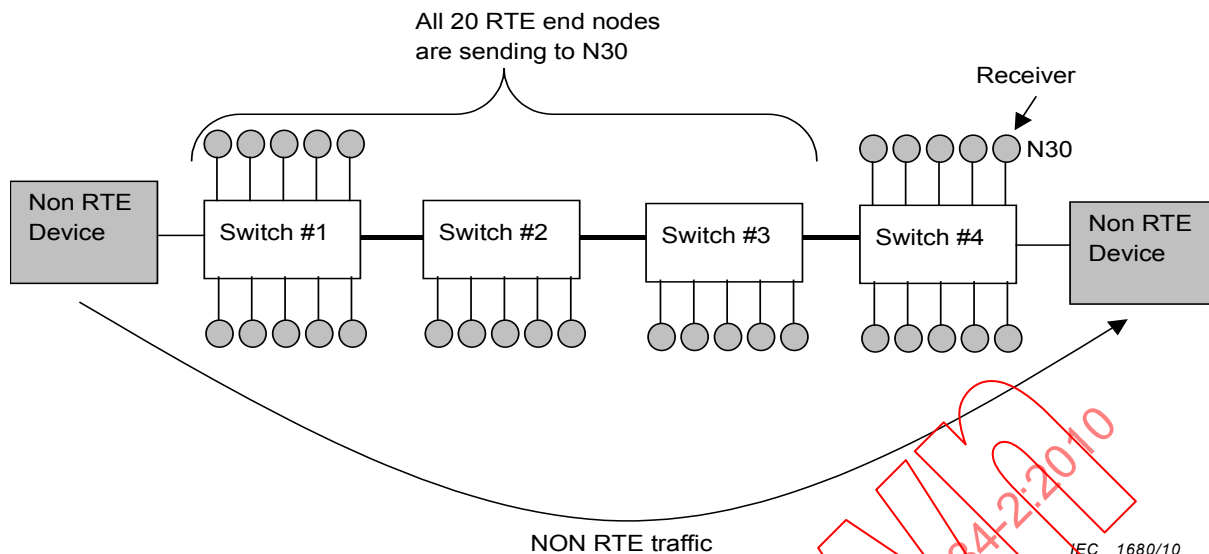


Figure A.14 – Non-RTE throughput calculation

The RTE load calculation is performed, using Formula (A.2).

$$\text{Max RTE load} = NoEN (ttSS + QTss) \quad (A.2)$$

$$\text{Max RTE load} = 20(11,44 + 0,94) = 250 \mu s$$

where

- $NoEN$ is the number of RTE end stations on the external switches = 20;
- $ttSS$ is the transmission time for a maximum APDU on a switch-to-switch link = 11,44 μs ;
- $QTss$ 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

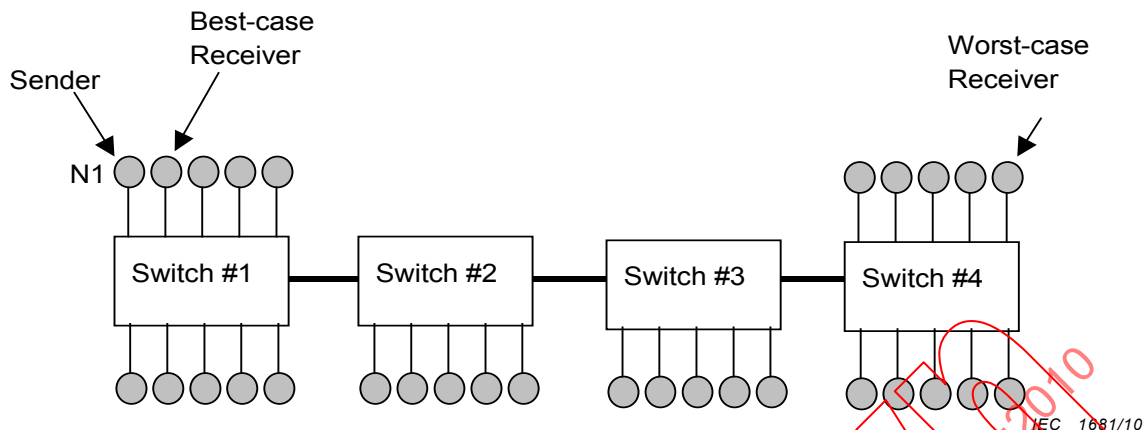


Figure A.15 – Non time-base synchronization accuracy

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.15.

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

- SOT is the sender stack transversal time. Best case without access restriction = 250 μ s;
- $ttES$ is the transmission time for a minimum APDU on 10 Mbps = 57 μ s;
- pd is the propagation delay within a switch = 7 μ s;
- $STTr$ is the receiver stack transversal time including Phy and MAC = 250 μ s.

$$\text{Non-time-base synchronization accuracy} = DT - DT_{best} \quad (A.4)$$

$$\text{Non-time-base synchronization accuracy} = 6\,300 - 621 = 5\,679 \text{ ms}$$

where

- DT is the delivery time = 6,3 ms;
- DT_{best} 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).

$$\text{Minimum RTE throughput} = FS \times APDU_{min} \quad (A.5)$$

$$\text{Minimum RTE throughput} = 1\,000 \times 5 = 5\,000 \text{ octet/s}$$

where

FS is the number of frames allowed to be sent per second for one RTE end-station:
 $1 \text{ frame} / \text{ms} = 1\,000 \text{ frames} / \text{second};$
 $APDU_{min}$ is the minimum APDU size = 5 octets.

The maximum RTE throughput is calculated by using Formula (A.6).

$$\text{Maximum RTE throughput} = FS \times APDU_{max} \quad (A.6)$$

$$\text{Maximum RTE throughput} = 1\,000 \times 64 = 64\,000 \text{ octets/s}$$

where

FS is the number of frames allowed to be sent per second for one RTE end-station:
 $1 \text{ frame} / \text{ms} = 1\,000 \text{ frames} / \text{second};$
 $APDU_{max}$ 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;

$QTSS$ is the Ethernet enforced quiet time on switch-to-switch link;

$STTr$ is the receiver stack transversal time including Phy and MAC;

$STTs$ is the sender stack transversal time including Phy and MAC access interval restriction;

$ttES$ is the P-NET transfer time RTE end-station to switch at maximum APDU size;

$ttSS$ 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.

$$\text{Transmission time} = (\text{NoO} \times \text{BpO}) / \text{Bps} \quad (\text{A.9})$$

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 Mbps:

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 Mbps is 9,4 μs .

Cable delay: max allowed length of each cable connection is 100 m. A typical propagation speed is 2×10^8 m/s. This gives a max cable delay of 0,5 μs for each cable connection.

Bibliography

IEC/TR 61158-1:2010¹⁵, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 1: Overview and guidance for the IEC 61158 series*

IEC 61158-3-8:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-8: Data-link layer service definition – Type 8 elements*

IEC 61158-4-8:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-8: Data-link layer protocol specification – Type 8 elements*

IEC 61158-5-8:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-8: Application layer service definition – Type 8 elements*

IEC 61158-6-8:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-8: Application layer protocol specification – Type 8 elements*

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

ISO/IEC 10731:1994, *Information technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model – Conventions for the definition of OSI services*

ISO/IEC 3309:1993, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – High-level data link control (HDLC) procedures – Frame structure.*

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 8509:1987, *Information processing systems – Open System Interconnection – Service conventions*

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 (xopen.co.uk), 1994. X/Open Document Number C309. ISBN 1-85912-041-5, available at <<http://www.opengroup.org/tech/dce/download>>)

ODVA: THE CIP NETWORKS LIBRARY – Volume 1: *Common Industrial Protocol (CIP™) – Edition 3.5, November 2008*, available at <<http://www.odva.org>>

ODVA: THE CIP NETWORKS LIBRARY – Volume 2: *EtherNet/IP™ Adaptation of CIP – Edition 1.6, November 2008*, available at <<http://www.odva.org>>

¹⁵ To be published.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61784-2:2010

Withdr2wn

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	243
INTRODUCTION.....	245
1 Domaine d'application	246
2 Références normatives.....	246
3 Termes, définitions, abréviations, acronymes et conventions	252
3.1 Termes et définitions	252
3.2 Abréviation et acronymes	255
3.3 Symboles	258
3.3.1 Symboles CPF 2.....	258
3.3.2 Symboles CPF 3.....	259
3.3.3 Symboles CPF 4.....	260
3.3.4 Symboles CPF 6.....	260
3.3.5 Symboles CPF 10.....	261
3.3.6 Symboles CPF 11.....	262
3.3.7 Symboles CPF 12.....	263
3.3.8 Symboles CPF 13.....	263
3.3.9 Symboles CPF 14.....	264
3.3.10 Symboles CPF 15.....	265
3.3.11 Symboles CPF 16.....	265
3.3.12 Symboles CPF 17.....	266
3.3.13 Symboles CPF 18.....	267
3.4 Conventions	267
3.4.1 Conventions communes à toutes les couches	267
3.4.2 Couche physique.....	269
3.4.3 Couche de liaison de données.....	269
3.4.4 Couche d'application.....	269
4 Conformité aux profils de communication	270
5 Indicateurs de performance RTE	270
5.1 Principes de base des indicateurs de performance	270
5.2 Exigences d'application	272
5.3 Indicateurs de performance	272
5.3.1 Temps de remise.....	272
5.3.2 Nombre de stations d'extrémité RTE	272
5.3.3 Topologie de réseau de base.....	272
5.3.4 Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité RTE	273
5.3.5 Débit RTE.....	273
5.3.6 Largeur de bande non RTE.....	273
5.3.7 Exactitude de la synchronisation temporelle	273
5.3.8 Exactitude de synchronisation non périodique	273
5.3.9 Temps de reprise de redondance	273
6 Essais de conformité	273
6.1 Concept	273
6.2 Méthodologie.....	275
6.3 Conditions d'essai et cas d'essai.....	275
6.4 Procédure d'essai et mesures	275
6.5 Rapport d'essai	276

7	Famille de profils de communication 2 (CIP™) – Profils de communication RTE	276
7.1	Présentation générale	276
7.2	Profil 2/2	277
7.2.1	Couche physique	277
7.2.2	Couche de liaison de données	277
7.2.3	Couche d'application	277
7.2.4	Sélection d'indicateur de performance	277
7.3	Profil 2/2.1	282
7.3.1	Couche physique	282
7.3.2	Couche de liaison de données	282
7.3.3	Couche d'application	283
7.3.4	Sélection d'indicateur de performance	284
8	Famille de profils de communication 3 (PROFIBUS & PROFINET) – Profils de communication RTE	286
8.1	Présentation générale	286
8.1.1	Présentation de CPF 3	286
8.1.2	Numéros administratifs	287
8.1.3	Classes de nœud	287
8.1.4	Classes d'application	290
8.1.5	Classes de communication	290
8.1.6	Classes de redondance	291
8.1.7	Classes de support	291
8.1.8	Enregistrements	292
8.1.9	Liste des fonctions de communication	297
8.1.10	Comportements de la classe de conformité	298
8.2	Profil 3/4	301
8.2.1	Couche physique	301
8.2.2	Couche de liaison de données	301
8.2.3	Couche d'application	301
8.2.4	Sélection d'indicateur de performance	308
8.3	Profil 3/5	315
8.3.1	Couche physique	315
8.3.2	Couche de liaison de données	316
8.3.3	Couche d'application	316
8.3.4	Sélection d'indicateur de performance	321
8.4	Profil 3/6	323
8.4.1	Couche physique	323
8.4.2	Couche de liaison de données	324
8.4.3	Couche d'application	324
8.4.4	Sélection d'indicateur de performance	329
9	Famille de profils de communication 4 (P-NET) – Profils de communication RTE	330
9.1	Présentation générale	330
9.2	Profil 4/3 P-NET on IP	331
9.2.1	Couche physique	331
9.2.2	Couche de liaison de données	331
9.2.3	Couche d'application	332
9.2.4	Sélection d'indicateur de performance	333
10	Famille de profils de communication 6 (INTERBUS®) – Profils de communication RTE	337

10.1	Présentation générale	337
10.2	Profil 6/4	339
10.2.1	Mise en correspondance.....	339
10.2.2	Sélection du service de Type 10 et du protocole.....	340
10.2.3	Sélection du service de Type 8 et du protocole.....	341
10.2.4	Sélection d'indicateur de performance	341
10.3	Profil 6/5	343
10.3.1	Mise en correspondance.....	343
10.3.2	Sélection du service de Type 10 et du protocole.....	343
10.3.3	Sélection du service de Type 8 et du protocole.....	343
10.3.4	Sélection d'indicateur de performance	344
10.4	Profil 6/6	344
10.4.1	Mise en correspondance.....	344
10.4.2	Sélection du service de Type 10 et du protocole.....	344
10.4.3	Sélection du service de Type 8 et du protocole.....	344
10.4.4	Sélection d'indicateur de performance	344
11	Famille de profils de communication 10 (Vnet/IP) – Profils de communication RTE	345
11.1	Présentation générale	345
11.2	Profil 10/1	346
11.2.1	Couche physique.....	346
11.2.2	Couche de liaison de données.....	346
11.2.3	Couche d'application	348
11.2.4	Sélection d'indicateur de performance.....	349
12	Famille de profils de communication 11 (TCnet) – Profils de communication RTE.....	354
12.1	Présentation générale.....	354
12.2	Profil 11/1	355
12.2.1	Couche physique.....	355
12.2.2	Couche de liaison de données.....	355
12.2.3	Couche d'application	358
12.2.4	Sélection d'indicateur de performance	358
12.3	Profil 11/2	364
12.3.1	Couche physique.....	364
12.3.2	Couche de liaison de données.....	364
12.3.3	Couche d'application	366
12.3.4	Sélection d'indicateur de performance	366
13	Famille de profils de communication 12 (EtherCAT) – Profils de communication RTE.....	372
13.1	Présentation générale	372
13.2	Profil CP 12/1	372
13.2.1	Couche physique.....	372
13.2.2	Couche de liaison de données.....	373
13.2.3	Couche d'application	376
13.2.4	Sélection d'indicateur de performance	378
13.3	Profil CP 12/2.....	380
13.3.1	Couche physique.....	380
13.3.2	Couche de liaison de données.....	380
13.3.3	Couche d'application	383
13.3.4	Sélection d'indicateur de performance	385

14	Famille de profils de communication 13 (ETHERNET Powerlink) – Profils de communication RTE	387
14.1	Présentation générale	387
14.2	Profil 13/1	387
14.2.1	Couche physique	387
14.2.2	Couche de liaison de données	388
14.2.3	Couche d'application	388
14.2.4	Sélection d'indicateur de performance	388
15	Famille de profils de communication 14 (EPA) – Profils de communication RTE	393
15.1	Présentation générale	393
15.2	Concept de communication CPF 14 (EPA).....	394
15.2.1	Généralités.....	394
15.2.2	Topologie de réseau	394
15.2.3	Dispositifs EPA.....	396
15.3	Profil 14/1	396
15.3.1	Couche physique	396
15.3.2	Couche de liaison de données	396
15.3.3	Couche de réseau	397
15.3.4	Couche de transport	397
15.3.5	Couche d'application	397
15.3.6	Sélection d'indicateur de performance	398
15.4	Profil 14/2	401
15.4.1	Couche physique	401
15.4.2	Couche de liaison de données	401
15.4.3	Couche de réseau	402
15.4.4	Couche de transport	402
15.4.5	Couche d'application	402
15.4.6	Sélection d'indicateur de performance	403
15.5	Profil 14/3	406
15.5.1	Couche physique	406
15.5.2	Couche de liaison de données	406
15.5.3	Couche de réseau	407
15.5.4	Couche de transport	407
15.5.5	Couche d'application	407
15.5.6	Sélection d'indicateur de performance	408
16	Famille de profils de communication 15 (MODBUS-RTPS) – Profils de communication RTE	412
16.1	Présentation générale	412
16.2	Profil 15/1	413
16.2.1	Couche physique	413
16.2.2	Couche de liaison de données	413
16.2.3	Couche d'application	413
16.2.4	Sélection d'indicateur de performance	414
16.3	Profil 15/2	418
16.3.1	Couche physique	418
16.3.2	Couche de liaison de données	418
16.3.3	Couche d'application	418
16.3.4	Sélection d'indicateur de performance	419

17	Famille de profils de communication 16 (SERCOS) – Profils de communication RTE.....	423
17.1	Présentation générale	423
17.2	Profil 16/3 (SERCOS III).....	424
17.2.1	Couche physique.....	424
17.2.2	Couche de liaison de données.....	424
17.2.3	Couche d'application	424
17.2.4	Sélection d'indicateur de performance	425
18	Famille de profils de communication 17 (RAPIEnet) – Profils de communication RTE.....	432
18.1	Présentation générale	432
18.2	Profil 17/1	432
18.2.1	Couche physique.....	432
18.2.2	Couche de liaison de données.....	433
18.2.3	Couche d'application	433
18.2.4	Sélection d'indicateur de performance	434
19	Famille de profils de communication 18 (SafetyNET p) – Profils de communication RTE.....	438
19.1	Présentation générale	438
19.2	Profil 18/1	439
19.2.1	Couche physique.....	439
19.2.2	Couche de liaison de données.....	439
19.2.3	Couche d'application.....	442
19.2.4	Sélection d'indicateur de performance.....	443
19.3	Profil 18/2	446
19.3.1	Couche physique.....	446
19.3.2	Couche de liaison de données.....	446
19.3.3	Couche d'application	449
19.3.4	Sélection d'indicateur de performance	450
	Annexe A (informative) Calcul de l'indicateur de performance.....	453
A.1	CPF 2 (CIP) – Calcul de l'indicateur de performance	453
A.1.1	Profil 2/2 EtherNet/IP	453
A.1.2	Profil 2/2.1 EtherNet/IP avec synchronisation temporelle.....	454
A.2	CPF 3 – Calcul de l'indicateur de performance	455
A.2.1	Scénario d'application	455
A.2.2	Exemples structuraux utilisés pour le calcul	455
A.2.3	Principes de calcul	464
A.3	CPF 4/3 P-NET on IP - Calcul de l'indicateur de performance	468
A.3.1	Scénario d'application	468
A.3.2	Calcul du temps de remise	468
A.3.3	Calcul du débit non RTE.....	469
A.3.4	Exactitude de synchronisation non périodique	471
A.3.5	Calcul du débit RTE	472
A.3.6	CPF 4/3, Dérivation de la formule de temps de remise	472
A.3.7	CPF 4/3, Caractéristiques Ethernet	474
	Bibliographie.....	475
	Figure 1 – Exemple de représentation graphique des indicateurs cohérents	271
	Figure 2 – Présentation de l'essai de conformité.....	274

Figure 3 – Exemple de topologie de réseau utilisant les composants CP 3/4, CP 3/5 et CP 3/6	300
Figure 4 – Exemple de topologie de réseau avec segment sans fil	304
Figure 5 – Base de calcul du temps de remise et du débit RTE	311
Figure 6 – Contexte de réseau RTE des profils de communication de dispositif de liaison	338
Figure 7 – Principe de mise en correspondance du dispositif de liaison	339
Figure 8 – Mise en correspondance des données	340
Figure 9 – Débit RTE et largeur de bande non RTE	361
Figure 10 – CP 11/2: débit RTE et largeur de bande non RTE	369
Figure 11 – Exemple de topologie de réseau d'un système EPA	395
Figure A.1 – CP 3/4: Exemple de structure linéaire	455
Figure A.2 – CP 3/4: Exemple de structure en anneau	456
Figure A.3 – CP 3/4: Exemple de segment sans fil	457
Figure A.4 – CP 3/4: Exemple de client sans fil intégré	458
Figure A.5 – CP 3/5: Exemple de structure linéaire	459
Figure A.6 – CP 3/5: Exemple de structure en anneau	460
Figure A.7 – CP 3/6: Exemple de structure linéaire	461
Figure A.8 – CP 3/6: Exemple de structure en anneau	462
Figure A.9 – CP 3/6: Exemple de structure en arborescence	463
Figure A.10 – CP 3/6: Exemple de structure en peigne	464
Figure A.11 – Définition du délai de pontage	465
Figure A.12 – Exemple de structure de commutation	467
Figure A.13 – Configuration de l'application	468
Figure A.14 – Calcul du débit non RTE	470
Figure A.15 – Exactitude de synchronisation non périodique	471
Tableau 1 – Présentation des tableaux de sélection de paragraphe/article	267
Tableau 2 – Contenu des tableaux de sélection de paragraphe/article	267
Tableau 3 – Présentation des tableaux de sélection de service	268
Tableau 4 – Contenu des tableaux de sélection de service	268
Tableau 5 – Présentation des tableaux de sélection de paramètre	268
Tableau 6 – Contenu des tableaux de sélection de paramètre	268
Tableau 7 – Présentation des tableaux de sélection d'attribut de classe	269
Tableau 8 – Contenu des tableaux de sélection d'attribut de classe	269
Tableau 9 – Types de topologie de réseau de base	273
Tableau 10 – CP 2/2: Présentation de l'indicateur de performance	278
Tableau 11 – CP 2/2: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	278
Tableau 12 – CP 2/2: ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour l'automatisation des usines	281
Tableau 13 – CP 2/2.1: Sélection de protocole DLL	282
Tableau 14 – CP 2/2.1: sélection de protocole DLL des objets de gestion	283
Tableau 15 – CP 2/2.1: Sélection de service AL	283
Tableau 16 – CP 2/2.1: Sélection de protocole AL	284

Tableau 17 – CP 2/2.1: présentation de l'indicateur de performance	285
Tableau 18 – CP 2/2.1: matrice de dépendance de l'indicateur de performance	285
Tableau 19 – CP 2/2.1: ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la commande de mouvement	286
Tableau 20 – Attribution des numéros administratifs	287
Tableau 21 – Paramètres de la couche IP du contrôleur d'entrée-sortie	288
Tableau 22 – Paramètres de la couche IP du dispositif d'entrée-sortie	288
Tableau 23 – Valeurs de temporisation pour la résolution de nom	288
Tableau 24 – Temps de réaction pour un dispositif d'entrée-sortie	289
Tableau 25 – Valeurs de temporisation pour le protocole PTCP	290
Tableau 26 – Valeurs de temporisation maximales pour le protocole PTCP	290
Tableau 27 – Classes de communication applicables dans les classes de conformité	291
Tableau 28 – Classe de redondance applicable dans les classes de conformité	291
Tableau 29 – Indice (spécifique à l'utilisateur)	292
Tableau 30 – Indice (spécifique au sous-ensemble)	292
Tableau 31 – Indice (spécifique à l'ensemble)	294
Tableau 32 – Indice (spécifique à l'AR)	295
Tableau 33 – Indice (spécifique à l'API)	296
Tableau 34 – Indice (spécifique au dispositif)	297
Tableau 35 – Liste des fonctions de communication	297
Tableau 36 – Comportements des classes de conformité	298
Tableau 37 – Comportements des classes de conformité pour les composants de réseau	299
Tableau 38 – CP 3/4: sélection de service AL pour un dispositif d'entrée-sortie	302
Tableau 39 – CP 3/4: sélection de protocole AL pour un dispositif d'entrée-sortie et un composant de réseau	305
Tableau 40 – CP 3/4: sélection de protocole de couche d'application d'un contrôleur d'entrée-sortie	306
Tableau 41 – CP 3/4, CP 3/5 et CP 3/6: présentation de l'indicateur de performance	308
Tableau 42 – CP 3/4, CP 3/5 et CP 3/6: matrice de dépendance d'indicateur de performance	308
Tableau 43 – Paramètres du gestionnaire	313
Tableau 44 – Paramètres du client	313
Tableau 45 – CP 3/4: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour MinDeviceInterval = 128 ms	314
Tableau 46 – CP 3/4: Calcul des valeurs supposées de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance	315
Tableau 47 – CP 3/5: sélection de service de couche d'application d'un dispositif d'entrée-sortie	316
Tableau 48 – CP 3/5: sélection de protocole de couche d'application d'un dispositif d'entrée-sortie et d'un composant de réseau	318
Tableau 49 – CP 3/5: sélection de protocole de couche d'application d'un contrôleur d'entrée-sortie	320
Tableau 50 – CP 3/5: ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour MinDeviceInterval = 128 ms	321
Tableau 51 – CP 3/5: Calcul des valeurs supposées de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance	323

Tableau 52 – CP 3/6: Sélection de service AL pour un dispositif d'entrée-sortie	324
Tableau 53 – Capacité de mise en mémoire tampon	325
Tableau 54 – CP 3/6: sélection de protocole de couche d'application d'un dispositif d'entrée-sortie et d'un composant de réseau.....	326
Tableau 55 – CP 3/6: sélection de protocole de couche d'application d'un contrôleur d'entrée-sortie	327
Tableau 56 – CP 3/6: ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour MinDeviceInterval=1ms avec 64 stations d'extrémité	329
Tableau 57 – CP 3/6: calcul des valeurs supposées de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance	330
Tableau 58 – CP 4/3: Sélection de service DLL	331
Tableau 59 – CP 4/3: Sélection de protocole DLL	332
Tableau 60 – CP 4/3: Sélection de service AL	332
Tableau 61 – CP 4/3: Sélection de protocole AL	332
Tableau 62 – CP 4/3: Présentation de l'indicateur de performance	333
Tableau 63 – CP 4/3: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	333
Tableau 64 – CP 4/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance	336
Tableau 65 – Paramètres de calcul de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance	336
Tableau 66 – CPF 6: attribution d'un identifiant CP au dispositif	338
Tableau 67 – Présentation de l'indicateur de performance de réseau de Type 10 du dispositif de liaison	342
Tableau 68 – Couches OSI et CPF 10	345
Tableau 69 – Présentation du profil CPF 10.....	346
Tableau 70 – CP 10/1: Sélection de service DLL	347
Tableau 71 – CP 10/1: Sélection de protocole DLL	347
Tableau 72 – Sélection de paramètre de couche de transport	348
Tableau 73 – CP 10/1: Sélection de service AL.....	349
Tableau 74 – CP 10/1: Sélection de protocole AL	349
Tableau 75 – CP 10/1: Présentation de l'indicateur de performance	349
Tableau 76 – CP 10/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	350
Tableau 77 – CP 10/1: ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine	353
Tableau 78 – CP 10/1: ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la communication entre deux stations d'extrémité n'appartenant pas au même domaine.....	353
Tableau 79 – 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	354
Tableau 80 – CP 10/1: ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la communication entre deux stations d'extrémité n'appartenant pas au même domaine avec une trame perdue	354
Tableau 81 – CPF 11: présentation d'ensembles de profils	355
Tableau 82 – CP 11/1: Sélection de service DLL	356
Tableau 83 – CP 11/1: Sélection de protocole DLL	356
Tableau 84 – CP 11/1: sélection de protocole DLL de l'Article 5	357
Tableau 85 – CP 11/1: sélection de protocole DLL de l'Article 6	357
Tableau 86 – CP 11/1: Sélection de service AL.....	358

Tableau 87 – CP 11/1: Sélection de protocole AL	358
Tableau 88 – CP 11/1: Présentation de l'indicateur de performance	359
Tableau 89 – CP 11/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	359
Tableau 90 – CP 11/1: sélection de service de données TCC	360
Tableau 91 – CP 11/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE	363
Tableau 92 – CP 11/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE et non RTE.....	364
Tableau 93 – CP 11/2: Sélection de protocole DLL	365
Tableau 94 – CP 11/2: sélection de protocole DLL de l'Article 5	365
Tableau 95 – CP 11/2: sélection de protocole DLL de l'Article 6	366
Tableau 96 – CP 11/2: Présentation de l'indicateur de performance	367
Tableau 97 – CP 11/2: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	367
Tableau 98 – CP 11/2: sélection de service de données TCC	368
Tableau 99 – CP 11/2: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE	371
Tableau 100 – CP 11/2: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE et non RTE.....	371
Tableau 101 – CP 12/1: sélection PhL de la couche physique préférée.....	372
Tableau 102 – CP 12/1: sélection PhL d'une couche physique optimisée.....	373
Tableau 103 – CP 12/1: Sélection de service DLL.....	373
Tableau 104 – CP 12/1: Sélection de protocole DLL.....	374
Tableau 105 – CP 12/1: Sélection de service DLL.....	375
Tableau 106 – CP 12/1: Sélection de protocole DLL	375
Tableau 107 – CP 12/1: Sélection de service AL.....	376
Tableau 108 – CP 12/1: Sélection de protocole AL	376
Tableau 109 – CP 12/1: Sélection de service AL.....	377
Tableau 110 – CP 12/1: Sélection de protocole AL	377
Tableau 111 – CP 12/1: Présentation de l'indicateur de performance.....	378
Tableau 112 – CP 12/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	378
Tableau 113 – CP 12/1: Plages d'indicateurs de performance.....	379
Tableau 114 – CP 12/1: ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les systèmes d'automatisation de taille moyenne	380
Tableau 115 – CP 12/2: Sélection de service DLL.....	381
Tableau 116 – CP 12/2: Sélection de protocole DLL	381
Tableau 117 – CP 12/2: Sélection de service DLL.....	382
Tableau 118 – CP 12/2: Sélection de protocole DLL	382
Tableau 119 – CP 12/2: Sélection de service AL.....	383
Tableau 120 – CP 12/2: Sélection de protocole AL	384
Tableau 121 – CP 12/2: Sélection de service AL.....	384
Tableau 122 – CP 12/2: Sélection de protocole AL	385
Tableau 123 – CP 12/2: Présentation de l'indicateur de performance.....	385
Tableau 124 – CP 12/2: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	386
Tableau 125 – CP 12/2: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance	387
Tableau 126 – CPF 13: présentation d'ensembles de profils	387

Tableau 127 – CP 13/1: Sélection de service DLL.....	388
Tableau 128 – CP 13/1: Sélection de protocole DLL	388
Tableau 129 – CP 13/1: Sélection de service AL.....	388
Tableau 130 – CP 13/1: Sélection de protocole AL	388
Tableau 131 – CP 13/1: Présentation de l'indicateur de performance.....	389
Tableau 132 – CP 13/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	389
Tableau 133 – CP 13/1: ensemble cohérent d'indicateurs de performance d'un système d'automatisation de petite taille.....	392
Tableau 134 – CP 13/1: ensemble cohérent d'indicateurs de performance d'un système d'automatisation de taille moyenne	393
Tableau 135 – CP 13/1: ensemble cohérent d'indicateurs de performance d'un système d'automatisation de grande taille.....	393
Tableau 136 – CP 14/1: Sélection de service AL.....	397
Tableau 137 – CP 14/1: Sélection de protocole AL	398
Tableau 138 – CP 14/1: Présentation de l'indicateur de performance.....	398
Tableau 139 – CP 14/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	399
Tableau 140 – CP 14/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance	401
Tableau 141 – CP 14/2: Sélection de service DLL.....	402
Tableau 142 – CP 14/2: Sélection de protocole DLL	402
Tableau 143 – CP 14/2: Sélection de service AL.....	402
Tableau 144 – CP 14/2: Sélection de protocole AL	403
Tableau 145 – CP 14/2: Présentation de l'indicateur de performance.....	404
Tableau 146 – CP 14/2: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	404
Tableau 147 – CP 14/2: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance	406
Tableau 148 – CP 14/3: Sélection de service DLL.....	407
Tableau 149 – CP 14/3: Sélection de protocole DLL	407
Tableau 150 – CP 14/3: Sélection de service AL.....	408
Tableau 151 – CP 14/3: Sélection de protocole AL	408
Tableau 152 – CP 14/3: Présentation de l'indicateur de performance.....	408
Tableau 153 – CP 14/3: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	409
Tableau 154 – CP 14/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance	411
Tableau 155 – CP 14/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance	412
Tableau 156 – CP 14/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance	412
Tableau 157 – CP 15/1: Sélection de service AL.....	413
Tableau 158 – CP 15/1: Sélection de protocole AL	414
Tableau 159 – CP 15/1: Présentation de l'indicateur de performance.....	414
Tableau 160 – CP 15/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	415
Tableau 161 – CP 15/2: Sélection de service AL.....	419
Tableau 162 – CP 15/2: Sélection de protocole AL	419
Tableau 163 – CP 15/2: Présentation de l'indicateur de performance.....	419
Tableau 164 – CP 15/2: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	420
Tableau 165 – CP 16/3: Sélection de service DLL.....	424
Tableau 166 – CP 16/3: Sélection de protocole DLL	424
Tableau 167 – CP 16/3: Sélection de service AL.....	425

Tableau 168 – CP 16/3: Sélection de protocole AL	425
Tableau 169 – CP 16/3: Présentation de l'indicateur de performance.....	425
Tableau 170 – CP 16/3: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	426
Tableau 171 – CP 16/3: scénario avec une durée minimale du cycle de 31,25 μ s	430
Tableau 172 – CP 16/3: scénario avec une durée de cycle de 500 μ s (temps réel uniquement).....	430
Tableau 173 – CP 16/3: scénario avec une durée de cycle de 500 μ s (temps réel et non réel)	431
Tableau 174 – CP 16/3: scénario avec un débit de données asymétriques et une durée de cycle de 500 μ s (temps réel et non réel)	432
Tableau 175 – CPF 17: présentation d'ensembles de profils	432
Tableau 176 – CP 17/1: Sélection de service DLL.....	433
Tableau 177 – CP 17/1: Sélection de protocole DLL	433
Tableau 178 – CP 17/1: Sélection de service AL.....	433
Tableau 179 – CP 17/1: Sélection de protocole AL	434
Tableau 180 – CP 17/1: Présentation de l'indicateur de performance.....	434
Tableau 181 – CP 17/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	435
Tableau 182 – ensemble cohérent d'indicateurs de performance d'un système d'automatisation de petite taille.....	438
Tableau 183 – Paramètres de calcul de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance	438
Tableau 184 – CP 18/1: Sélection de service DLL.....	440
Tableau 185 – CP 18/1: Sélection de protocole DLL	441
Tableau 186 – CP 18/1: Sélection de service AL.....	442
Tableau 187 – CP 18/1: Sélection de protocole AL	442
Tableau 188 – CP 18/1: Présentation de l'indicateur de performance.....	443
Tableau 189 – CP 18/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	443
Tableau 190 – CP 18/2: Sélection de service DLL.....	447
Tableau 191 – CP 18/2: Sélection de protocole DLL	448
Tableau 192 – CP 18/2: Sélection de service AL.....	449
Tableau 193 – CP 18/2: Sélection de protocole AL	450
Tableau 194 – CP 18/2: Présentation de l'indicateur de performance.....	450
Tableau 195 – CP 18/2: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	451

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.

NOTE L'utilisation de certains types de protocole associés de la famille CEI 61158 est limitée par leurs détenteurs de droit à la propriété intellectuelle. Dans tous les cas, l'engagement visant à limiter l'abandon des droits de propriété intellectuelle prévus par les détenteurs de ces droits permet d'utiliser un type de protocole de couche de liaison de données particulier avec les protocoles de couche physique et de couche d'application dans les combinaisons de type, comme spécifié explicitement dans la série CEI 61784. L'utilisation de différents types de protocole dans d'autres combinaisons peut impliquer d'obtenir l'autorisation auprès de leurs détenteurs de droit de propriété intellectuelle respectifs.

La Norme internationale CEI 61784-2 a été établie par le sous-comité 65C: Réseaux de communication industriels, du comité d'études 65 de la CEI: Mesure, commande et automation dans les processus industriels.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2007. Cette édition constitue une révision technique.

Les principales modifications apportées à l'édition précédente sont les suivantes:

- 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;
- mise à jour des tables de sélection pour CPF 2, CPF 3, CPF 11 et CPF 14;
- ajout d'un nouveau profil CP 11/2 en 12.3;
- ajout d'un nouveau profil CP 14/3 en 15.5;
- ajout d'une nouvelle famille de profils de communication CPF 17;
 - nouveau paragraphe 3.3.12 (symboles CPF 17);
 - nouvel Article 18 pour CPF 17 avec un profil;
- ajout d'une nouvelle famille de profils de communication CPF 18;
 - nouveau paragraphe 3.3.13 (symboles CPF 18);
 - nouvel Article 19 pour CPF 18 avec un profil;
 - modifications de spécification pour CPF3;
- mise à jour des exigences de toutes les classes de conformité;
- ajout d'exigences de synchronisation précise pour IP;
- exigences de synchronisation mises à jour pour les dispositifs d'entrée-sortie;
- ajout d'exigences de synchronisation précise pour PTCP;
- augmentation du nombre de dispositifs synchronisés en ligne;
- intégration d'une fonction supplémentaire de démarrage rapide.

La présente version bilingue, correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2010-07.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 65C/601/FDIS et 65C/617/RVD.

Le rapport de vote 65C/617/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 61784, présentées 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 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 (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 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 autonomes, 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 autonomes (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 dispositifs RTE en fonction des profils de communication spécifiés dans cette 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 dispositif 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, la série CEI 61158 et la CEI 61784-1;
- les solutions RTE capables de fonctionner en parallèle avec les applications ISO/CEI 8802-3.

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 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

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 61158-2:2010, *Réseaux de communication industriels – Spécifications de bus de terrain – Partie 2 : Spécification de couche physique et définition des services*

IEC 61158-3-2:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-2: Data-link layer service definition – Type 2 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-3-4:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-4: Data-link layer service definition – Type 4 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-3-7:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-7: Data-link layer service definition – Type 7 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-3-11:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-11: Data-link layer service definition – Type 11 elements* (disponible uniquement en anglais)

CEI 61158-3-12:2010, *Réseaux de communication industriels – Spécifications de bus de terrain – Partie 3-12 : Définition des services de couche liaison de données – Eléments de Type 12*

IEC 61158-3-13:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-13: Data-link layer service definition – Type 13 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-3-14:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-14: Data-link layer service definition – Type 14 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-3-15:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-15: Data-link layer service definition – Type 15 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-3-17:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-17: Data-link layer service definition – Type 17 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-3-19:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-19: Data-link layer service definition – Type 19 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-3-21:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-21: Data-link layer service definition – Type 21 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-3-22:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-22: Data-link layer service definition – Type 22 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-4-2:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-2: Data-link layer protocol specification – Type 2 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-4-4:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-4: Data-link layer protocol specification – Type 4 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-4-11:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-11: Data-link layer protocol specification – Type 11 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-4-12:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-12: Data-link layer protocol specification – Type 12 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-4-13:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-13: Data-link layer protocol specification – Type 13 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-4-14:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-14: Data-link layer protocol specification – Type 14 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-4-17:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-17: Data-link layer protocol specification – Type 17 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-4-19:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-19: Data-link layer protocol specification – Type 19 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-4-21:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-21: Data-link layer protocol specification – Type 21 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-4-22:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-22: Data-link layer protocol specification – Type 22 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-5-2:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-2: Application layer service definition – Type 2 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-5-4:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-4: Application layer service definition – Type 4 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-5-9:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-9: Application layer service definition – Type 9 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-5-10:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-10: Application layer service definition – Type 10 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-5-11:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-11: Application layer service definition – Type 11 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-5-12:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-12: Application layer service definition – Type 12 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-5-13:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-13: Application layer service definition – Type 13 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-5-14:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-14: Application layer service definition – Type 14 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-5-15:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-15: Application layer service definition – Type 15 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-5-17:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-17: Application layer service definition – Type 17 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-5-19:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-19: Application layer service definition – Type 19 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-5-21:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-21: Application layer service definition – Type 21 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-5-22:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-22: Application layer service definition – Type 22 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-6-2:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-2: Application layer protocol specification – Type 2 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-6-4:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-4: Application layer protocol specification – Type 4 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-6-10:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-10: Application layer protocol specification – Type 10 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-6-11:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-11: Application layer protocol specification – Type 11 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-6-12:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-12: Application layer protocol specification – Type 12 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-6-13:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-13: Application layer protocol specification – Type 13 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-6-14:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-14: Application layer protocol specification – Type 14 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-6-15:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-15: Application layer protocol specification – Type 15 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-6-17:2007, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-17: Application layer protocol specification – Type 17 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-6-19:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-19: Application layer protocol specification – Type 19 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-6-21:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-21: Application layer protocol specification – Type 21 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61158-6-22:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-22: Application layer protocol specification – Type 22 elements* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61588:2009, *Precision clock synchronization protocol for networked measurement and control systems* (disponible uniquement en anglais)

CEI 61784-1:2010, *Réseaux de communications industriels – Profils – Partie 1 : Profils de bus de terrain*

IEC 61784-5-2:2010, *Industrial communication networks – Profiles – Part 5-2: Installation of fieldbuses – Installation profiles for CPF 2* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61784-5-3:2010, *Industrial communication networks – Profiles – Part 5-3: Installation of fieldbuses – Installation profiles for CPF 3* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61784-5-6:2010, *Industrial communication networks – Profiles – Part 5-6: Installation of fieldbuses – Installation profiles for CPF 6* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61784-5-11:2010, *Industrial communication networks – Profiles – Part 5-11: Installation of fieldbuses – Installation profiles for CPF 11* (disponible uniquement en anglais)

IEC 61918:2010, *Industrial communication networks – Installation of communication networks in industrial premises* (disponible uniquement en anglais)

ISO/CEI 8802-2, *Technologies de l'information – Télécommunications et échange d'informations entre systèmes – Réseaux locaux et métropolitains – Exigences spécifiques – Partie 2: Contrôle de liaison logique*

ISO/CEI 8802-2/Cor. 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 uniquement en anglais)

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 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*

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

IEEE 802.1D, *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, *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 802.3-2002: *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 1 La conformité aux futures éditions de la présente norme devra être vérifiée.

NOTE 2 L'IEEE 802.3-2002 comprend des extensions vers l'ISO/CEI 8802-3:2000. Lorsque l'édition suivante de l'ISO/CEI 8802-3 sera disponible, les références à l'IEEE 802.3-2002 seront remplacées, le cas échéant.

IEEE Std 802.3ab, *Information technology – telecommunications and information exchange between systems – local and metropolitan area networks – Specific requirements. Supplement to Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications – Physical layer parameters and specifications for 1000 Mb/s operation over 4-pair of category 5 balanced copper cabling, type 1000BASE-T*

IEEE Std 802.11g, *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 – Amendment 4: Further higher data rate extension in the 2,4 GHz band*

IEEE Std 802.11h, *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 – Amendment 5: Spectrum and transmit power management extensions in the 5 GHz band in Europe*

IEEE Std 802.11e, *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 – Amendment 8: Medium Access Control (MAC) quality of service enhancements*

IEEE Std 802.11i, *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 – Amendment 6: Medium Access Control (MAC) security enhancements*

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*, disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org>>

IETF RFC 791, *Internet Protocol*, 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 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 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 Timer*, disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org>>

Open Software Foundation (OSF): C706, *CAE Specification DCE1.1: Remote Procedure Call*, 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 et l'IEEE 802.1D, ainsi que les suivants, s'appliquent.

3.1.1

réseau actif

réseau dans lequel la transmission de données entre des dispositifs qui ne sont pas immédiatement connectés dépend d'éléments actifs présents dans les dispositifs intermédiaires formant le chemin de connexions

[CEI 61918:2010]

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 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 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 dispositifs 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

[IEEE Std. 802.1Q]

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)

[CEI 61918:2010]

3.1.12**liaison**

chemin de transmission entre deux nœuds adjacents

[dérivée de l'ISO/CEI 11801]

3.1.13**double ligne logique**

<CPF 18>

séquence du dispositif racine et de tous les dispositifs 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

[dérivée de l'ISO 2382-16.02.01]

NOTE En principe utilisé pour acheminer des informations entre des homologues au niveau de la couche d'application.

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 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 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 comprenant une communication en temps réel

NOTE 1 Une autre communication peut être prise en charge, à condition de ne pas compromettre la communication en temps réel.

NOTE 2 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 dispositifs communicant 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 dispositifs communicant dans un réseau commuté

3.1.24

anneau

réseau actif dans lequel chaque nœud est connecté en série à deux autres nœuds

[CEI 61918:2010]

NOTE Un anneau peut également être appelé boucle.

3.1.25**routeur**

<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**

dispositif 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

[dérivé de la CEI 61918:2010]

3.1.30**sous-réseau**

<CPF 10>

partie d'un réseau ne contenant pas de routeur

NOTE 1 Un sous-réseau est composé de stations d'extrémité, de ponts et de segments.

NOTE 2 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 Abréviation 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 61784-1:2010]

CPF	Famille de profils de communication (<i>Communication Profile Family</i>) [conformément à la CEI 61784-1:2010]
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>)
DEE	Dispositif en essai
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 (voir CEI 61158-6-10:2010)
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
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 802.1-AB)
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)
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>)
PhL	Couche physique (<i>Physical Layer</i>)
Phy	Sous-couche de l'entité de couche physique PHY (voir l'ISO/CEI 8802.3)
PI	Indicateur de performance (<i>Performance Indicator</i>)
pps	Paquets par seconde
PTCP	Precision Transparent Clock Protocol
PTP	Precision Time Protocol [CEI 61588]
APD	Appel de procédure à distance
RSTP	Rapid Spanning Tree Algorithm and Protocol (voir l'IEEE 802.1D)
TR	Temps réel
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 (Retransmission Time Out) [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	Simple Network Management Protocol (voir RFC 1213)
TCC	Cyclique à contrainte de temps (Time-Critical Cyclic)
TCP	Transmission Control Protocol (voir RFC 793)
TOS	Type de service (<i>Type Of Service</i>)
UDP	User Datagram Protocol (voir RFC 768)
VLAN	LAN virtuel (Virtual LAN)

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	μ s
CL	Longueur du segment de câble	m
DT	Temps de remise	μ s
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	μ s
SD _s	Délai de pile de l'émetteur	μ s
SL	Latence du commutateur	μ s
SPD	Délai de traitement du commutateur	μ s
T _{x_paquet}	Durée d'émission du paquet	μ s

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
clt	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
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 (transfert de signal dans un anneau, par exemple)	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 dispositif 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	Temps du cycle d'application de l'application de mise en correspondance dans le dispositif 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 au dispositif de liaison	—
T _{bit}	Durée nominale en bit (voir 27.2 de la CEI 61158-2:2010)	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	Temps 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 basse 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
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_l	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 basse 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}	Temps 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_P	Temps de traitement dans la station d'extrémité destinataire	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
RTData	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	Délai 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_if	Temps de remise lors de la perte d'une trame	μs
DT_ifh	Temps de remise lors de la perte d'une trame et lorsque la configuration est fiable selon la cadence (impulsions)	μs
DT_ifp	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 (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 du dispositif 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 dispositif esclave	μs
st	Temps de séparation par trame	μs
tt	Temps de transfert	μs

3.3.12 Symboles CPF 17

Symbole	Définition	Unité
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 de 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
l_B	Distance du câble en sens inverse	m
l_c	Longueur du câble	m
l_F	Distance du câble en sens direct	m
NoDoB	Nombre de dispositifs dans le sens inverse	—
NoDoF	Nombre de dispositifs dans le sens direct	—
NoS	Nombre de dispositifs de commutation	—
t_{CD}	Délai du câble	ns/m
t_{cyc}	Temps de cycle du système/de la relation de communication	μ s
t_D	Temps de remise	μ s
t_{data}	Durée d'émission des DLPDU	μ s
t_{pd}	Délai de propagation	μ s
t_{STsink}	Temps transversal de la pile du collecteur	μ s
t_{STsrc}	Temps transversal de la pile de la source	μ s
t_{sw}	Retard d'un commutateur	μ s

3.4 Conventions

3.4.1 Conventions communes à toutes les couches

3.4.1.1 Tableaux de sélection des paragraphes/articles

La sélection des paragraphes/articles pour toutes les couches est définie dans les Tableaux 1 et 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 de paragraphe/article

Article	En-tête	Présence	Contraintes

Tableau 2 – Contenu des tableaux de sélection de paragraphe/article

Colonne	Texte	Signification
Article	<#>	Numéro de paragraphe/d'article des spécifications de base
En-tête	<texte>	Titre de paragraphe/d'article des spécifications de base
Présence	NON	Ce paragraphe/cet article n'est pas inclus dans le profil
	OUI	Ce paragraphe/cet article est intégralement (100 %) inclus dans le profil
	—	Dans ce cas, aucun détail supplémentaire n'est donné
	Partiel	La présence est définie dans les paragraphes suivants
	Facultatif	Des parties de ce paragraphe/cet article sont incluses dans le profil
		Ce paragraphe/cet article peut éventuellement être inclus dans le profil
Contraintes	Voir <#>	Ce paragraphe/cet article peut éventuellement être inclus dans le profil
	—	Les contraintes/remarques sont définies dans le paragraphe, le tableau ou la figure donné du document de ce profil
	<texte>	Aucune contrainte autre que celle qui est donnée dans le paragraphe/l'article du document de référence ou non applicable
		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 de paragraphes/d'articles 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 de paragraphe/d'article des spécifications de base dans lesquelles le service est défini
	—	Non applicable
Nom du service	<texte>	Nom du service
Utilisation	O	Obligatoire
	F	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 le paragraphe/l'article 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 de paragraphe/d'article des spécifications de base dans lesquelles le service est défini
	—	Non applicable
Nom du paramètre	<texte>	Nom du paramètre de service
Utilisation	O	Obligatoire
	F	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 le paragraphe/l'article 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 de paragraphe/d'article (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	O	Obligatoire
	F	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 le paragraphe/l'article 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 établie¹ sous la forme d'une

- conformité à la CPF de la CEI 61784-2:2010 n <Type>, ou
- conformité à la CPF de la CEI 61784-2 (Ed.2.0) 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 61784-2:2010 n/n <Type>, ou
- conformité au CP de la CEI 61784-2 (Ed.2.0) 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 (RTE²). 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.

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 peuvent pas être enfreintes. 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

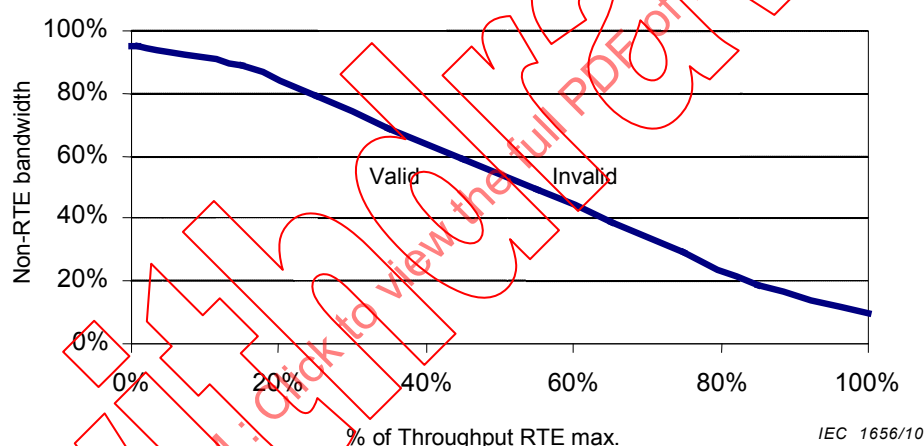
¹ Conformément aux Directives ISO/CEI

² RTE = *Real-time Ethernet*

présente norme doivent préciser les valeurs limites d'un produit reposant sur un profil de communication.

Les paragraphes CPF spécifiques à la technologie précisent

- 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,
- l'interdépendance entre les indicateurs de performance,
- 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,
- 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 8.

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'entrelient 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 dispositif. 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 dispositifs 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.

NOTE 3 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) qui doit 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
Etoile 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.

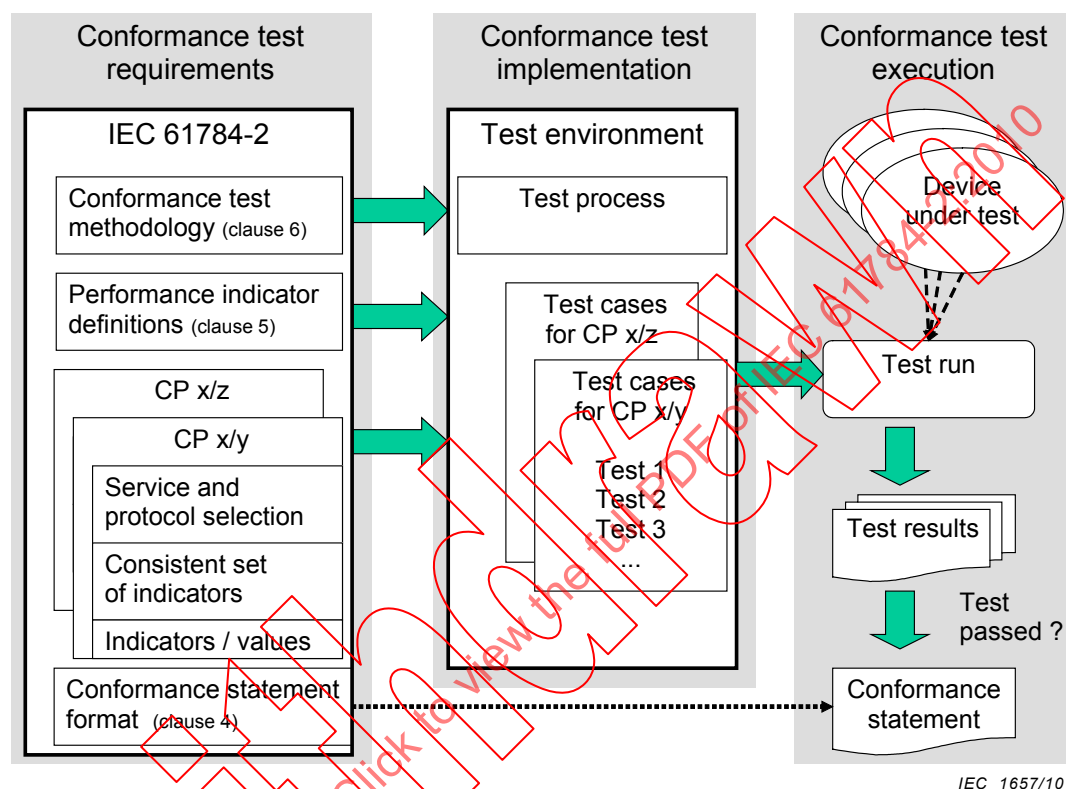
6 Essais de conformité

6.1 Concept

La présente partie de la CEI 61784 spécifie la méthodologie d'un essai de conformité d'une station d'extrémité RTE pour un ou plusieurs profils de communication. Cet essai de

conformité consiste à vérifier les capacités d'un dispositif en essai (DEE) par rapport à un ensemble cohérent d'indicateurs d'un profil de communication. L'essai de conformité doit assurer l'interopérabilité des dispositifs 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.



IEC 1657/10

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 ...)	Méthodologie de l'essai de conformité (article ...)
Test process	Processus d'essai
Device under test	Dispositif en essai
Performance indicator definitions	Définitions d'indicateur de performance
Test cases for ...	Cas d'essai pour ...
Test run	Exécution de l'essai
Service and protocol selection	Sélection de service et de protocole
Test	Essai
Consistent set of indicators	Ensemble cohérent d'indicateurs
Test results	Résultats d'essai
Indicators / values	Indicateurs / valeurs
Test passed ?	Essai satisfaisant ?
Conformance statement format	Format de déclaration de conformité
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 dispositif 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 au dispositif,

Les valeurs d'indicateur de performance du profil de communication et du dispositif en essai doivent être utilisées.

NOTE 1 La qualité des cas d'essai est supposée garantir l'interopérabilité d'un dispositif 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, le dispositif 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,
- le dispositif en essai, son fabricant et la révision matérielle et logicielle,
- le nombre et le type de dispositifs 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 61158-2:2010 (type de protocole 2), la CEI 61158-3-2:2007, la CEI 61158-4-2:2010, la CEI 61158-5-2:2010, la CEI 61158-6-2:2010 et sur d'autres normes. Pour leurs couches supérieures, tous ces profils partagent le même système de communication, appelé Protocole industriel commun (CIP⁴).

³ CIP™ est une appellation commerciale d'ODVA, Inc. 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 ce profil n'implique pas l'utilisation de la marque CIP™. L'utilisation de l'appellation commerciale CIP™ doit être autorisée par ODVA, Inc.

⁴ CIP = *Common Industrial Protocol*

La présente partie de la CEI 61784 définit deux profils de communication RTE.

– Profil 2/2 EtherNet/IP™⁵

Ce profil contient une sélection de services AL, DLL et PhL et de définitions de protocole issus de la CEI 61158-4-2:2010, de la CEI 61158-5-2:2010 et de la CEI 61158-6-2:2010, 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 802.3-2002 grâce à la priorisation de trame.

– 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 la CEI 61784-1:2010, A.2, 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 la CEI 61784-1:2010, 6.3.1.

7.2.2 Couche de liaison de données

Voir la CEI 61784-1:2010, 6.3.2.

7.2.3 Couche d'application

Voir la CEI 61784-1:2010, 6.3.3.

7.2.4 Sélection d'indicateur de performance

7.2.4.1 Présentation de l'indicateur de performance

Le Tableau 10 présente les indicateurs de performance CP 2/2.

⁵ EtherNet/IP™ est une appellation commerciale d'ODVA, Inc. 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 ce profil n'implique pas l'utilisation de l'appellation commerciale EtherNet/IP™. L'utilisation de l'appellation commerciale EtherNet/IP™ doit être autorisée par ODVA, Inc.

Tableau 10 – CP 2/2: Présentation de l'indicateur 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 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	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 la pile de l'émetteur, en microsecondes (en fonction de la plate-forme matérielle sélectionnée et de la mise en œuvre 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 microsecondes;
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 de port en face de ce paquet;
$T_{x\_paquet\_j}$	est la durée d'émission du paquet j ;
SD_r	est le délai de la pile du récepteur, en microsecondes (en fonction de la plate-forme matérielle sélectionnée et de la mise en œuvre 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 de ports 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 port 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 (bidirectionnelle non simultanée ou bidirectionnelle simultanée) 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).

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

où

<i>APDUsize</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 port 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).

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

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

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

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

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

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 μ s 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 $3,44 \times 10^6$ 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 802.3-2002.

Les connecteurs et câbles recommandés sont spécifiés dans la CEI 61918:2010 et la CEI 61784-5-2:2010.

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.

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 8802-3:2002, à l'IEEE 802.3-2002 et à la CEI 61588:2009.

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 8802-3:2002, à l'IEEE 802.3-2002 et à la CEI 61588:2009.

Le Tableau 13 spécifie la sélection de protocole DLL dans la CEI 61158-4-2:2010.

Tableau 13 – CP 2/2.1: Sélection de protocole DLL

Article	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	OUI	—
3	Termes, définitions, symboles et abréviations	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 le 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	En-tête	Présence	Contraintes
7	Objets de gestion de la station	—	—
7.1	Généralités	Partielle	Objets et fonctions pertinentes 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

7.3.3 Couche d'application

7.3.3.1 Sélection de service AL

Le Tableau 15 spécifie la sélection de service AL dans la CEI 61158-5-2:2010.

Tableau 15 – CP 2/2.1: Sélection de service AL

Article	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 61158-5-2:2010, 6.1
5	Type de données ASE	Partielle	La sélection et les restrictions sont spécifiées dans la CEI 61158-5-2:2010, 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	—
6.2.1.2.7	Modèle formel de paramètre	OUI	—
6.2.1.3	Spécification de service ASE du modèle formel FAL	OUI	—
6.2.2	ASE du gestionnaire de connexion	OUI	Classe unique dans cet ASE
6.2.3	ASE de connexion	NON	—
6.3	AR	—	—
6.3.1	Présentation	OUI	—
6.3.2	Modèle formel d'AR d'UCMM	OUI	—
6.3.3	Modèle formel d'AR de transport	Partielle	Les AR de transport 0, 1, 2 et 3 uniquement
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 mis en correspondance dans la suite de protocoles TCP/UDP/IP.

Les exigences minimales correspondantes des dispositifs EtherNet/IP sont spécifiées dans les RFC 1122, RFC 1123, RFC 1127 et les documents suivants susceptibles de les remplacer. Tous les dispositifs 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 dispositif 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 61158-6-2:2010.

Tableau 16 – CP 2/2.1: Sélection de protocole AL

Article	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	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	—
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)	OUI	—
9.3	ARPM orientées connexion (transports)	Partielle	Classes de transport 0, 1, 2 et 3 uniquement
10	Machine de protocole de mise en correspondance DLL 1 (DMPM 1)	NON	—
11	Machine de protocole de mise en correspondance DLL 2 (DMPM 2)	OUI	—
12	Machine de protocole de mise en correspondance DLL 3 (DMPM 3)	NON	—

De plus, le protocole AL est mis en correspondance dans la suite de protocoles TCP/UDP/IP.

Les exigences minimales correspondantes des dispositifs EtherNet/IP sont spécifiées dans les RFC 1122, RFC 1123, RFC 1127 et les documents suivants susceptibles de les remplacer. Tous les dispositifs 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 dispositif 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.

7.3.4 Sélection d'indicateur de performance

7.3.4.1 Présentation de l'indicateur de performance

Le Tableau 17 présente les indicateurs de performance CP 2/2.1.

Tableau 17 – CP 2/2.1: présentation de l'indicateur 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 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	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	—

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 clocks » 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 de ports dans les commutateurs à horloges « boundary clock »
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	1 à 4	Nombre maximal d'horloges « boundary clock » en cascade
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	≤ 1 μ s	—

8 Famille de profils de communication 3 (PROFIBUS & PROFINET⁶) – 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. CP 3/1, CP 3/2 et CP 3/3 sont spécifiés dans la CEI 61784-1:2010.

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 le CPF 3 est une condition préalable au respect de la classe de conformité (voir le Tableau 36). 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 et 8.1.8.

⁶ PROFIBUS et PROFINET sont des appellations commerciales de l'organisation sans but lucratif PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. (PNO). 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 ce profil n'implique pas l'utilisation de la marque déposée. L'utilisation des marques implique l'autorisation de son détenteur.

8.1.2 Numéros administratifs

Les numéros administratifs indiqués dans la CEI 61158-6-10:2010 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 la CEI 61158-6-10:2010, 3.3.9
ID fournisseur	PROFIBUS & PROFINET International (PI) Voir la CEI 61158-6-10:2010, 3.3.90
numéro d'entreprise	IANA à PROFIBUS & PROFINET International (PI) Voir la CEI 61158-6-10:2010, 4.15.2
PNIO MIB	PROFIBUS & PROFINET International (PI) Voir la CEI 61158-6-10:2010, 4.15.3
API	PROFIBUS & PROFINET International (PI) Voir la CEI 61158-6-10:2010, 6.2.3.1
index	PROFIBUS & PROFINET International (PI) Voir la CEI 61158-6-10:2010, 6.2.3.4.4
IM_Profile_ID	PROFIBUS & PROFINET International (PI) Voir la CEI 61158-6-10:2010, 6.2.4.83.8
ChannelErrorType	PROFIBUS & PROFINET International (PI) Voir la CEI 61158-6-10:2010, 6.2.4.83.8

8.1.3 Classes de nœud

Les classes de nœud sont les suivantes:

- Dispositif 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 (commutateur, point d'accès sans fil, client sans fil, par exemple).

NOTE 1 Un nœud peut comporter plusieurs classes mises en œuvre simultanément (contrôleur d'entrée-sortie et dispositif d'entrée-sortie, dispositif d'entrée-sortie et composant de réseau intégré, par exemple).

Un dispositif 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'alarme:
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 2 C_SDU est déduit de la CEI 61158-6-10:2010.

- 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 232 - 65, longueur de données minimale de 4 132 octets (longueur de PROFINETIOServiceReqPDU ou de PROFINETIOServiceResPDU)

NOTE 3 PROFINETIOServiceReqPDU et PROFINETIOServiceResPDU sont déduits de la CEI 61158-6-10:2010.

Un contrôleur d'entrée-sortie doit prendre en charge au moins une AR pour chaque dispositif 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'entrée-sortie:
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 dispositif 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 de PROFINETIOServiceResPDU), capacité de stockage de paramètre de démarrage de 16 Ko pour chaque dispositif 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)

Les valeurs recommandées pour la couche IP définie dans l'IETF RFC 791 sont indiquées dans les Tableaux 21 et 22.

Tableau 21 – Paramètres de la couche IP du contrôleur d'entrée-sortie

Paramètre	Valeur	Commentaire
ARP_Cache_Size	Minimum 32	Nombre d'AR prises en charge
ARP_Cache_Timeout	60 s	—

Tableau 22 – Paramètres de la couche IP du dispositif d'entrée-sortie

Paramètre	Valeur	Commentaire
ARP_Cache_Size	Minimum 32	Nombre de dispositifs d'entrée-sortie pris en charge
ARP_Cache_Timeout	60 s	—

Les valeurs de temps admises pour la résolution de nom définie dans la CEI 61158-6-10:2010, 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 la CEI 61158-6-10:2010, 4.3.2.1.1
DCP-Set/GetTimeout	1 s	Voir la CEI 61158-6-10:2010, 4.3.2.1.1
DNS-RequestTimeout	16 s	Voir RFC 1034 et RFC 1035

Le Tableau 24 contient les limitations pour les paramètres de temporisation AL d'un dispositif d'entrée-sortie.

Tableau 24 – Temps de réaction pour un dispositif d'entrée-sortie

Paramètre	Signification	Valeur
MinDeviceInterval ^a	Ce paramètre de performance est une propriété du dispositif d'entrée-sortie et fait partie intégrante de la description du dispositif.	≤ 128 ms pour CP 3/4 et CP 3/5 ≤ 1 ms pour CP 3/6
MinDeviceIntervalUDP	Ce paramètre de performance est une propriété du dispositif 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 IOXControlRes (ControlCommand.PrmEnd) et IOXControlReq (ControlCommand.ApplicationReady).	≤ 300 s
Set_Storage_Time ^c	Durée maximale entre DCP_Set.res et la fin du stockage permanent.	≤ 30 s obligatoires
IP_Startup_Time ^c	Durée entre DCP_Set.res 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.res et l'association du nom de la station au paramètre IP.	≤ 30 s recommandées ≤ 300 s obligatoires
MaxBridgeDelay for MRP ^c	Chaque pont prenant en charge le protocole MRP doit transférer un MRP-PDU dans ce délai.	≤ 4 ms
^a Voir l'ISO 15745-4/Amd1 ^b Voir l'OSF C706 ^c Voir la CEI 61158-6-10:2010 ^d Voir l'IETF RFC 826 ^e Une valeur inférieure attribuée à BridgeDelay permet d'obtenir un nombre de commutateurs (NoS) plus important dans une topologie en anneau. Avec la valeur maximale, le nombre de commutateurs (NoS) d'une topologie en anneau diminue à NoS < 15		

Un dispositif d'entrée-sortie doit prendre en charge les combinaisons ReductionRatio/SendClockFactor, qui satisfont la Formule (10).

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

où

SCF est l'attribut SendClockFactor (voir la CEI 61158-5-10:2010, SendClockFactor);

RR est l'attribut ReductionRatio (voir la CEI 61158-5-10:2010, ReductionRatio).

NOTE 4 Chaque mise en œuvre d'un dispositif d'entrée-sortie doit faire en sorte que MinDeviceInterval et Remote_Application_Timeout atteignent la plus petite valeur possible.

Les valeurs de temps admises pour le protocole PTCP défini dans la CEI 61158-6-10:2010 sont indiquées dans les Tableaux 25 et 26.

Tableau 25 – Valeurs de temporisation pour le protocole PTCP

Paramètre	Valeur	Commentaire
Delay Request Short Interval	200 ms	—
Delay Request Long Interval	8 s	—
LineT	n	Multiplication de l'intervalle court de demande de délai

Tableau 26 – Valeurs de temporisation maximales pour le protocole 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

8.1.4 Classes d'application

Les classes d'application sont les suivantes:

- Application isochrone (commande de mouvement, par exemple), et
- Application non isochrone (automatisation des usines, automatisation des processus, automatisation des bâtiments)

NOTE La synchronisation d'horloge isochrone est une fonction de classe de communication et pas de classe d'application.

8.1.5 Classes de communication

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 les attributs RT_CLASS_1, voir la CEI 61158-5-10:2010, 8.3.10.4.2),
- RT_CLASS_2 (contenu spécifié dans les attributs RT_CLASS_2, voir la CEI 61158-5-10:2010, 8.3.10.4.2), et
- RT_CLASS_3 (contenu spécifié dans les attributs RT_CLASS_3, voir la CEI 61158-5-10:2010, 8.3.10.4.2).
- RT_CLASS_UDP (contenu spécifié dans l'attribut RT_CLASS_UDP, voir la CEI 61158-5-10:2010, 8.3.10.4.2).

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 27.

Tableau 27 – Classes de communication applicables dans les classes de conformité

Classes de communication	Classes de conformité		
	A	B	C
RT_CLASS_UDP	Facultatif	Facultatif	Facultatif
RT_CLASS_1	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire
RT_CLASS_2 ^a	—	—	La prise en charge de RT_CLASS_3 est obligatoire. La prise en charge de RT_CLASS_2 et de RT_CLASS_3 est facultative. L'utilisation simultanée de RT_CLASS_2 et RT_CLASS_3 n'est pas prévue
RT_CLASS_3 ^b	—	—	
^a Temps réel isochrone (IRT), RT_CLASS_2.			
^a Temps réel isochrone (IRT), RT_CLASS_3.			

8.1.6 Classes de redondance

Les classes de redondance du support sont les suivantes:

- RED_CLASS_1:
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 61158-5-10:2010, 6.3.3).
- RED_CLASS_3: Redondance en anneau sans à-coup pour RT_CLASS_3.

NOTE RED_CLASS_1 est appelé protocole de redondance du support (MRP). RED_CLASS_3 est appelé redondance du support pour la duplication planifiée (MRPD - Media Redundancy for Planned Duplication).

La prise en charge de la redondance du support implique l'utilisation de dispositifs dotés d'au moins 2 ports (voir le Tableau 28).

Tableau 28 – Classe de redondance applicable dans les classes de conformité

Classes de redondance	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_2	—	—	—	—	—	—
RED_CLASS_3	—	—	—	—	Facultatif	Facultatif
^a Un nœud d'un anneau doit prendre en charge le rôle de gestionnaire si l'une des classes de redondance est utilisée.						

8.1.7 Classes de support

Les classes de support sont les suivantes:

- Filaire
- Fibre optique
- Sans fil

8.1.8 Enregistrements

Différents enregistrements sont associés à CP 3/4, CP 3/5 et CP 3/6 (voir les Tableaux 29, 30, 31, 32, 33 et 34).

Tableau 29 – Indice (spécifique à l'utilisateur)

Valeur (hexadécimale)	Signification de l'indice	Classe de conformité		
		A	B	C
0 – 0x7FFF	RecordData spécifique à l'utilisateur	F	F	F
NOTE O = Obligatoire; F = Facultatif; G = Défini par la description générale de la station (GSD)				

Tableau 30 – Indice (spécifique au sous-ensemble)

Valeur (hexadécimale)	Signification de l'indice	Classe de conformité					
		A		B		C	
		L	E	L	E	L	E
0x8000	ExpectedIdentificationData pour un sous-ensemble	O	—	O	—	O	—
0x8001	RealIdentificationData pour un sous-ensemble	O	—	O	—	O	—
0x8002 – 0x8009	Réservé	—					
0x800A	Diagnostic dans le codage de canal d'un sous-ensemble	O	—	O	—	O	—
0x800B	Diagnostic dans tous les codages d'un sous-ensemble	O	—	O	—	O	—
0x800C	Diagnostic, Maintenance, Qualifié et État pour un sous-ensemble	O	—	O	—	O	—
0x800D – 0x800F	Réservé	—					
0x8010	Maintenance requise dans le codage de canal d'un sous-ensemble	O	—	O	—	O	—
0x8011	Maintenance demandée dans le codage de canal d'un sous-ensemble	O	—	O	—	O	—
0x8012	Maintenance requise dans tous les codages d'un sous-ensemble	O	—	O	—	O	—
0x8013	Maintenance demandée dans tous les codages d'un sous-ensemble	O	—	O	—	O	—
0x8014 – 0x801D	Réservé	—					
0x801E	SubstituteValues pour un sous-ensemble	G		G		G	
0x801F – 0x8027	Réservé	—					
0x8028	RecordInputDataObjectElement pour un sous-ensemble	O	—	O	—	O	—
0x8029	RecordOutputDataObjectElement pour un sous-ensemble	O	—	O	—	O	—
0x802A	PDPortDataReal pour un sous-ensemble	O	—	O	—	O	—
0x802B	PDPortDataCheck pour un sous-ensemble	O		O		O	
0x802C	PDIRData pour un sous-ensemble	—		—		O ^a	
0x802D	PDSyncData prévu pour un sous-ensemble avec valeur 0 attribuée à SyncID	—		F		O	
0x802E	Réservé	—					
0x802F	PDPortDataAdjust pour un sous-ensemble	G		G		G	
0x8030	IsochronousModeData pour un sous-ensemble	—		—		G	
0x8031	PDSyncData prévu pour un sous-ensemble avec valeur 1 attribuée à SyncID	—		F		F	

Valeur (hexadécimale)	Signification de l'indice	Classe de conformité					
		A		B		C	
		L	E	L	E	L	E
0x8032 – 0x804E	PDSyncData prévu pour un sous- ensemble avec valeur 2 à 30 attribuée à SyncID	—		—		—	
0x804F	PDSyncData prévu pour un sous- ensemble avec valeur 31 attribuée à SyncID	—		—		—	
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 – 0x807F	Réservé	—		—		—	
0x8080	PDInterfaceDataReal pour un sous- ensemble	O	—	O	—	O	—
0x8081 – 0x808F	Réservé	—		—		—	
0x8090	PDInterfaceFSUDataAdjust prévu	G		G		G	
0x8091 – 0xAFEF	Réservé	—		—		—	
0xAFF0	I&M0	O	—	O	—	O	—
0xAFF1	I&M1	G		G		G	
0xAFF2	I&M2	G		G		G	
0xAFF3	I&M3	G		G		G	
0xAFF4	I&M4	G		G		G	
0xAFF5 – 0xAFFF	I&M5 – I&M15	F		F		F	
0xB000 – 0xBFFF	Réservé aux profils	F		F		F	

^a Obligatoire uniquement si le nœud de RT_CLASS_3 le demande.

NOTE

L Lecture
E Écriture
O Obligatoire
F Facultatif
G Défini par la description générale de la station (GSD)

Tableau 31 – Indice (spécifique à l'ensemble)

Valeur (hexadécimale)	Signification de l'indice	Classe de conformité					
		A		B		C	
		L	E	L	E	L	E
0xC000	ExpectedIdentificationData pour un ensemble	O	—	O	—	O	—
0xC001	RealIdentificationData pour un ensemble	O	—	O	—	O	—
0xC002 – 0xC009	Réservé	—					
0xC00A	Diagnostic dans le codage de canal d'un ensemble	O	—	O	—	O	—
0xC00B	Diagnostic dans tous les codages d'un ensemble	O	—	O	—	O	—
0xC00C	Diagnostic, Maintenance, Qualifié et État pour un ensemble	O	—	O	—	O	—
0xC00D – 0xC00F	Réservé	—					
0xC010	Maintenance requise dans le codage de canal d'un ensemble	O	—	O	—	O	—
0xC011	Maintenance demandée dans le codage de canal d'un ensemble	O	—	O	—	O	—
0xC012	Maintenance requise dans tous les codages d'un ensemble	O	—	O	—	O	—
0xC013	Maintenance demandée dans tous les codages d'un ensemble	O	—	O	—	O	—
0xC014 – 0xCFFF	Réservé	—					
0xD000 – 0xDFFF	Réservé aux profils	F		F		F	

NOTE

L Lecture
E Écriture
O Obligatoire
F Facultatif
G Défini par la description générale de la station (GSD)

Tableau 32 – Indice (spécifique à l'AR)

Valeur (hexadécimale)	Signification de l'indice	Classe de conformité					
		A		B		C	
		L	E	L	E	L	E
0xE000	ExpectedIdentificationData pour une AR	O	—	O	—	O	—
0xE001	RealIdentificationData pour une AR	O	—	O	—	O	—
0xE002	ModuleDiffBlock pour une AR	O	—	O	—	O	—
0xE003 – 0xE009	Réservé	—					
0xE00A	Diagnostic dans le codage de canal d'une AR	O	—	O	—	O	—
0xE00B	Diagnostic dans tous les codages d'une AR	O	—	O	—	O	—
0xE00C	Diagnostic, Maintenance, Qualifié et État pour une AR	O	—	O	—	O	—
0xE00D – 0xE00F	Réservé	—					
0xE010	Maintenance requise dans le codage de canal d'une AR	O	—	O	—	O	—
0xE011	Maintenance demandée dans le codage de canal d'une AR	O	—	O	—	O	—
0xE012	Maintenance requise dans tous les codages d'une AR	O	—	O	—	O	—
0xE013	Maintenance demandée dans tous les codages d'une AR	O	—	O	—	O	—
0xE014 – 0xE02F	Réservé	—					
0xE030	Réservé	—					
0xE031 – 0xE03F	Réservé	—					
0xE040	MultipleWrite	—	G	—	G	—	G
0xE041 – 0xE04F	Réserve	—					
0xE050	Données ARFSUDDataAdjust pour une AR	G		G		G	
0xE051 – 0xE05F	Réservé à FastStartUp	—					
0xE060 – 0xEBFF	Réservé	—					
0xEC00 – 0xEFFF	Réservé aux profils	F		F		F	

NOTE

L Lecture
E Écriture
O Obligatoire
F Facultatif
G Défini par la description générale de la station (GSD)

Tableau 33 – Indice (spécifique à l'API)

Valeur (hexadécimale)	Signification de l'indice	Classe de conformité					
		A		B		C	
		L	E	L	E	L	E
0xF000	RealIdentificationData pour une API	O	—	O	—	O	—
0xF001 – 0xF009	Réservé	—					
0xF00A	Diagnostic dans le codage de canal d'une API	O	—	O	—	O	—
0xF00B	Diagnostic dans tous les codages d'une API	O	—	O	—	O	—
0xF00C	Diagnostic, Maintenance, Qualifié et État pour une API	O	—	O	—	O	—
0xF00D – 0xF00F	Réservé	—					
0xF010	Maintenance requise dans le codage de canal d'une API	O	—	O	—	O	—
0xF011	Maintenance demandée dans le codage de canal d'une API	O	—	O	—	O	—
0xF012	Maintenance requise dans tous les codages d'une API	O	—	O	—	O	—
0xF013	Maintenance demandée dans tous les codages d'une API	O	—	O	—	O	—
0xF014 – 0xF01F	Réservé	—					
0xF020	ARData pour une API	O	—	O	—	O	—
0xF021 – 0xF3FF	Réservé	—					
0xF400 – 0xF7FF	Réservé aux profils	F		F		F	

NOTE

L Lecture
E Écriture
O Obligatoire
F Facultatif
G Défini par la description générale de la station (GSD)

Tableau 34 – Indice (spécifique au dispositif)

Valeur (hexadécimale)	Signification de l'indice	Classe de conformité					
		A		B		C	
		L	E	L	E	L	E
0xF800 – 0xF80B	Réservé	—					
0xF80C	Diagnostic, Maintenance, Qualifié et État pour un dispositif	O	—	O	—	O	—
0xF80D – 0xF81F	Réservé	—					
0xF820	ARData	O	—	O	—	O	—
0xF821	APIData	O	—	O	—	O	—
0xF822 – 0xF82F	Réservé	—					
0xF830	LogData	O	—	O	—	O	—
0xF831	PDevData	—	—	F	—	F	—
0xF832 – 0xF83F	Réservé	—					
0xF840	I&M0FilterData	O	—	O	—	O	—
0xF841	PDRealData	O	—	O	—	O	—
0xF842	PDExpectedData	O	—	O	—	O	—
0xF843 – 0xF84F	Réservé	—					
0xF850	AutoConfiguration	G	—	G	—	G	—
0xF851 – 0xFBFF	Réservé	—					
0xFC00 – 0xFFFF	Réservé aux profils	F		F		F	
NOTE							
L Lecture							
E Écriture							
O Obligatoire							
F Facultatif							
G Défini par la description générale de la station (GSD)							

8.1.9 Liste des fonctions de communication

Le Tableau 35 présente d'un coup d'œil une liste des fonctions PROFINET.

Tableau 35 – Liste des fonctions de communication

Fonction	Classes de conformité		
	A	B	C
Fournisseur de relation de communication à multidestination (MCR)	Facultatif		
Dispositif partagé	Facultatif		
Entrée partagée	Facultatif		
Démarrage rapide	Facultatif		
Accès au dispositif	Facultatif		
Relation d'application du superviseur	Contrôleur d'entrée-sortie: — Dispositif d'entrée-sortie: il convient qu'il soit pris en charge		
Relation d'application implicite	Contrôleur d'entrée-sortie: Facultatif Dispositif d'entrée-sortie: Obligatoire		
AutoNameOfStationAssignment Voir la table d'états NRPM de la CEI 61158-6-10:2010	Contrôleur d'entrée-sortie: Facultatif Dispositif d'entrée-sortie: —		

8.1.10 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 est sélectionnée dans une classe de conformité. Le Tableau 36 précise les comportements requis des classes de conformité.

Dans le présent document, les profils de communication suivants sont spécifiés pour le profil CPF 3:

- CP 3/4, voir la classe de conformité A des Tableaux 36 et 37;
- CP 3/5, voir la classe de conformité B du Tableau 36;
- CP 3/6, voir la classe de conformité C du Tableau 36.

Tableau 36 – Comportements des classes de conformité

Classes générales	Classes de conformité			
	A		B	C
	Sans fil	Filaire		
CP	CP ¾		CP 3/5	CP 3/6
Classes de nœud ^a (voir 8.1.3)	Dispositif d'entrée-sortie, contrôleur d'entrée-sortie			
Classes de support (voir 8.1.7)	Sans fil	Filaire ou fibre optique		
Classes d'application (voir 8.1.4)	Non isochrone			Non isochrone et/ou isochrone
Classes de communication ^b	voir 8.1.5			
Classes de redondance	—	voir 8.1.6		
Installation CEI 61784-5-3:2010	—	Facultatif	OUI	
Liste des fonctions de communication	voir 8.1.9			
IEEE 802.3	—	OUI ^k		
IEEE 802.1D	—	OUI ^e		OUI ⁱ
IEEE 802.1Q	—	OUI ^f		
IEEE 802.1AB	Facultatif	OUI ^h	OUI	
Sélection de technologies sans fil	1. ISO/CEI 802.11 ^g 2. IEEE 802.15.1	—	—	—
SNMP	Facultatif		OUI	
MIB-II	Facultatif		OUI ^j	
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 61158-5-10:2010.
- c, d —
- ^e 1) RSTP facultatif ou remplacé par MRP. .
2) CutThroughMode recommandé.
3) « Éliminer sur réception d'une trame reçue erronée » facultatif lors de l'utilisation de CutThroughMode.
4) Au moins deux priorités requises (4 recommandées).
- ^f La configuration VLAN de balisage de priorité, le retrait et la modification des en-têtes de balise sont facultatifs.
- ^g 1) IEEE 802.11e (partie EDCA au moins avec quatre priorités prises en charge)
2) IEEE 802.11i;
3) IEEE 802.11g ou IEEE 802.11h facultative.
- ^h Seul LLDP est obligatoire. LLDP-MIB et LLDP EXT MIB facultatifs.
- ⁱ 1) RSTP facultatif ou remplacé par MRP.
2) CutThroughMode obligatoire.
3) « Éliminer sur réception d'une trame reçue erronée » facultatif (CutThroughMode).
4) Au moins quatre priorités requises
- ^j Seuls les identificateurs d'objet 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) ou sysServices(7) sont obligatoires.
- ^k La prise en charge du mode bidirectionnel simultané 100 Mbit/s est obligatoire, les modes bidirectionnels simultanés 1 Gbit/s et 10 Gbit/s étant facultatifs.

Une classe de conformité inférieure est un sous-ensemble de la classe supérieure, de sorte que les dispositifs de la classe supérieure puissent interopérer avec ceux d'une classe inférieure avec les capacités de cette dernière.

Tableau 37 – Comportements des classes 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 8.1.4)	—	—	—	—
Classes de communication ^a (voir 8.1.5)	—	—	—	—
Classes de redondance	voir 8.1.6	—	—	—
Installation CEI 61784-5-3:2010	Facultatif	—	—	—
Liste des fonctions de communication	—	—	—	—
IEEE 802.3	OUI ^e	—	—	—
IEEE 802.1D	OUI ^b	—	—	—
IEEE 802.1Q	OUI ^c	—	—	—
IEEE 802.1AB	Facultatif	Facultatif	Facultatif	—
Sélection de technologies sans fil	—	1. ISO/CEI 802.11 ^d 2. IEEE 802.15.1	1. ISO/CEI 802.11 ^d 2. IEEE 802.15.1	—

Classes générales	Classes de conformité			
	A	A	A	—
IEEE 802.11e	—	OUI ^f	OUI ^f	—
IEEE 802.11i	—	OUI ^f	OUI ^f	—
SNMP	Facultatif	Facultatif	Facultatif	—
MIB-II	Facultatif	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 61158-5-10:2010.

^b 1) RSTP facultatif ou remplacé par MRP.
2) CutThroughMode recommandé.
3) « Éliminer dans la trame reçue dans l'erreur » facultatif lors de l'utilisation de CutThroughMode.
4) Au moins deux priorités requises (4 priorités recommandées).

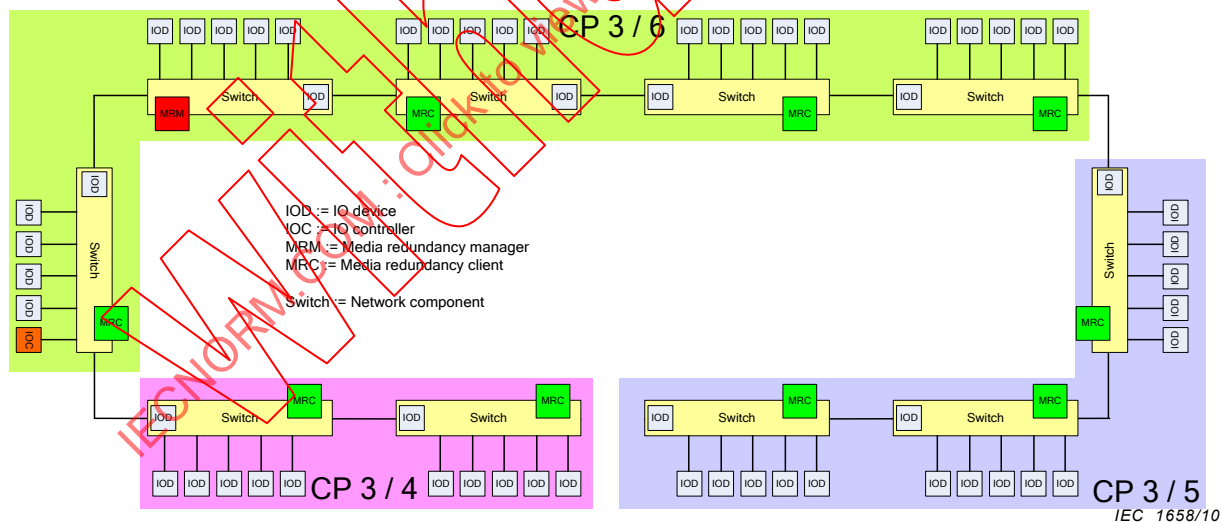
^c La configuration VLAN de balisage de priorité, le retrait et la modification des en-têtes de balise sont facultatifs.

^d 1) IEEE 802.11e;
2) IEEE 802.11i;
3) IEEE 802.11g ou IEEE 802.11h facultatif.

^e La prise en charge du mode bidirectionnel simultané 100 Mbit/s est obligatoire, les modes bidirectionnels simultanés 1 Gbit/s et 10 Gbit/s étant facultatifs.

^f Uniquement pertinent pour la technologie sans fil ISO/CEI 802.11. Par conséquent, la partie EDCA avec quatre priorités est au moins prise en charge.

Les composants de réseau peuvent faire office de nœuds terminaux d'un réseau CP 3/6 pour connecter des dispositifs 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 dans la Figure 3.



Légende

Anglais	Français
Switch	Commutateur
IO device	Dispositif 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 port.

La fonction d'auto-négociation et de recouvrement (voir l'IEEE 802.3) doit être utilisée.

Les dispositifs doivent se conformer aux exigences légales du pays dans lequel ils sont déployés (comme indiqué dans la marque CE, par exemple). 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 de dispositif ici spécifié.

8.2.1.2 Classe de support sans fil

La couche physique doit être une sélection de l'ISO/CEI 8802-11 et l'IEEE 802.15.1.

Si l'ISO/CEI 8802-11 est sélectionnée, la vitesse de transmission des données doit être conforme à l'ISO/CEI 8802-11 et éventuellement à l'IEEE 802.11g ou IEEE 802.11h, sinon elle doit être conforme à l'IEEE 802.15.1.

8.2.2 Couche de liaison de données

8.2.2.1 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.

8.2.2.2 Classe de support sans fil

La couche de liaison de données doit être une sélection de l'ISO/CEI 8802-11 ou de l'IEEE 802.15.1. Si l'ISO/CEI 8802-11 est sélectionnée, l'IEEE 802.11e et l'IEEE 802.11i doivent être utilisés.

Les dispositifs de la classe de support sans fil utilisant la couche physique IEEE 802.15.1 doivent prendre en charge le saut de fréquence adaptatif du support (AFH). De plus, ces dispositifs doivent fournir des moyens d'exclure les fréquences utilisées par les systèmes ISO/CEI 8802-11 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 Dispositif d'entrée sortie

Les services de couche d'application d'un dispositif d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-5-10:2010. Le Tableau 38 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158-5-10:2010 pour ce profil.

Tableau 38 – CP 3/4: sélection de service AL pour un dispositif d'entrée-sortie

Article	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes et définitions	—	—
3.1	Termes et définitions référencés	OUI	—
3.2	Termes et définitions supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.3	Termes et définitions supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.4	Termes et définitions supplémentaires pour la redondance de support	OUI	—
3.5	Abréviations et symboles	OUI	—
3.6	Abréviations et symboles supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.7	Abréviations et symboles supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.8	Abréviations et symboles supplémentaires pour la redondance de support	OUI	—
3.9	Conventions	OUI	—
4	Concepts	OUI	—
5	Type de données ASE	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 facultatif
6.3.5	ASE acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP facultatif si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé, puis obligatoire.
6.3.6	ASE d'appel de procédure à distance	OUI	—
6.3.7	ASE de reconnaissance de couche de liaison	OUI	Transmission LLDP au moins; n.a. pour les supports sans fil
6.3.8	ASE de ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré. Sinon, seuls PortStateChanged et SetPortState sont utilisés.
6.3.9	ASE du réseau local virtuel mis en pont	OUI	n.a. pour les supports sans fil
6.3.10	ASE de d'accès au support	OUI	n.a. pour les supports sans fil
6.3.11	ASE de la suite IP	OUI	ICMP facultatif si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé, puis obligatoire.
6.3.12	ASE du système de noms de domaine	OUI	Facultatif
6.3.13	ASE de configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
6.3.14	ASE de gestion de réseau simple	OUI	Facultatif
6.3.15	ASE de mise en correspondance DL commune	—	—
6.3.15.1	Présentation	OUI	—
6.3.15.2	Spécification de la classe de mise en correspondance DL	OUI	—
6.3.15.3	Spécification du service de mise en correspondance DL	—	—
6.3.15.3.1	Ajout de planification IRT	NON	—
6.3.15.3.2	Suppression de planification IRT	NON	—
6.3.15.3.3	Planification	OUI	—
6.3.15.3.4	Données N	OUI	—
6.3.15.3.5	Données A	OUI	—
6.3.15.3.6	Données C	OUI	—
7	Modèle de communication pour l'automatisation distribuée	NON	—
8	Modèle de communication pour la périphérie décentralisée	—	—
8.1	Concepts	OUI	—
8.2	Types de données ASE	OUI	—
8.3	ASE	—	—

Article	En-tête	Présence	Contraintes
8.3.1	ASE de données d'enregistrement	OUI	—
8.3.2	ASE de données d'entrée-sortie	OUI	—
8.3.3	ASE de données de journal	OUI	—
8.3.4	ASE de diagnostic	OUI	—
8.3.5	ASE d'alarme	OUI	—
8.3.6	ASE contexte	OUI	—
8.3.7	ASE d'application en mode isochrone	NON	—
8.3.8	ASE de gestion de dispositif physique	OUI	—
8.3.9	ASE de temps continu de réseau	OUI	Facultatif
8.3.10	ASE d'AR	OUI	—
8.4	Comportement d'un dispositif d'entrée-sortie	—	—
8.4.1	Présentation	OUI	—
8.4.2	Démarrage d'un dispositif d'entrée-sortie	OUI	—
8.4.3	Contrôle de paramètre de dispositif physique	—	—
8.4.3.1	Données du système éloigné	OUI	—
8.4.3.2	Données du système local	OUI	—
8.4.3.3	Données du système optique	OUI	Uniquement si un système à fibre optique est utilisé
8.4.4	Diagnostic et indicateur d'incidents	OUI	—
8.4.5	Alarmes utilisateur	OUI	—
8.4.6	Comportement en cas de changement de configuration	OUI	—
8.4.7	Comportement d'un protocole PTCP dans des dispositifs d'entrée-sortie	OUI	Facultatif; si un ASE de contrôle de temps précis facultatif (voir 6.3.2) est utilisé, puis obligatoire
8.5	Comportement d'un contrôleur d'entrée-sortie	NON	—
8.6	Caractéristiques de l'application	OUI	—
Annexe A	Instances du dispositif	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	—

8.2.3.1.2 Composant de réseau

8.2.3.1.2.1 Généralités

Un composant de réseau peut être intégré dans un dispositif ou un contrôleur d'entrée-sortie. Si c'est le cas, les exigences d'un dispositif 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.

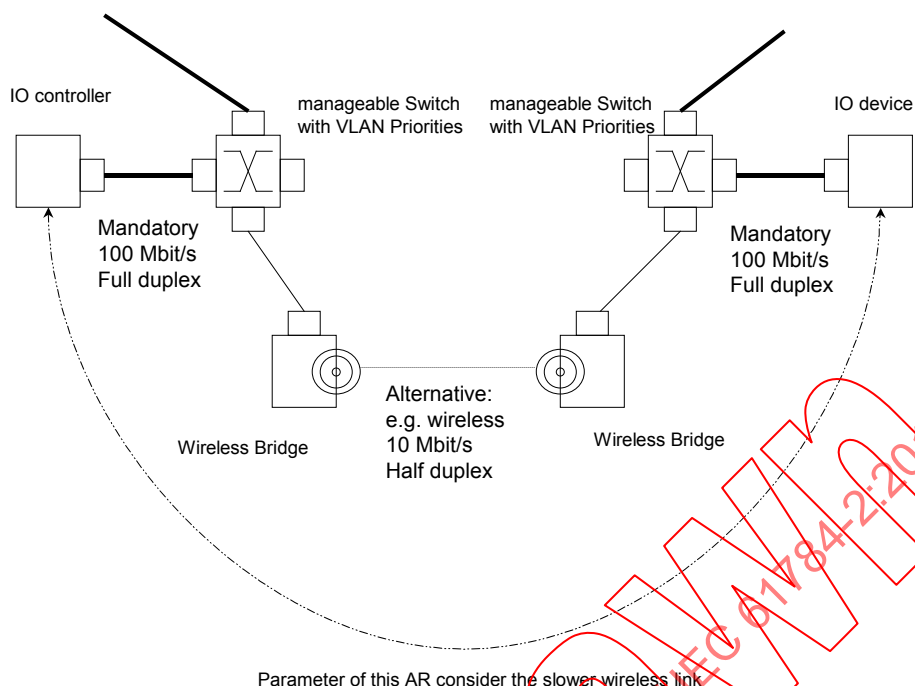
NOTE Il convient qu'un commutateur 100 Mbit/s prenne en charge la mise en mémoire tampon de toutes les données en 1 ms au moins. Il convient que cela soit le cas avec 100 % de la largeur de bande sur tous les ports des trames de taille plus petite.

Un commutateur doit assurer une mise en mémoire tampon des données d'au moins 10 Koctet par port pour les commutateurs 100 Mbit/s avec huit ports au maximum. Un commutateur doit assurer une mise en mémoire tampon des données d'au moins 80 Koctet pour les commutateurs 100 Mbit/s comportant au moins 8 ports.

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 37 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 dans la Figure 4.



IEC 1659/10

Légende

Anglais	Français
IO controller	Contrôleur E/S
Manageable switch with VLAN priorities	Commutateur gérable avec priorités VLAN
IO device	Dispositif E/S
Mandatory	Obligatoire
Full duplex	Bidirectionnel simultané
Wireless bridge	Pont sans fil
Alternative: e.g. wireless 10Mbit/s Half duplex	Variante: par exemple, sans fil 10Mbit/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 d'un composant de réseau sont définis dans la CEI 61158-5-10:2010. Le Tableau 38 récapitule les sélections de service de couche d'application présentées dans la CEI 61158-5-10:2010 pour ce profil.

8.2.3.1.3 Contrôleur d'entrée-sortie

Les services de couche d'application d'un contrôleur d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-5-10:2010. Le Tableau 38 récapitule les sélections de service de couche d'application présentées dans la CEI 61158-5-10:2010 pour ce profil, sauf que 8.4 est NON et que 8.5 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 et un superviseur d'entrée-sortie.

Redondance de support (voir 8.1.6).

PTCP est un service facultatif.

8.2.3.2 Sélection de protocole AL

8.2.3.2.1 Dispositif d'entrée sortie

Les protocoles de couche d'application d'un dispositif d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-6-10:2010. Le Tableau 39 récapitule les sélections de protocole de couche d'application de la CEI 61158-6-10:2010 pour ce profil.

Tableau 39 – CP 3/4: sélection de protocole AL pour un dispositif d'entrée-sortie et un composant de réseau

Article	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes, définitions, abréviations, symboles et conventions	—	—
3.1	Termes et définitions référencés	Partielle	Utilisés si applicable
3.2	Termes et définitions supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.3	Termes et définitions supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.4	Abréviations et symboles supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.5	Abréviations et symboles supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.6	Abréviations et symboles supplémentaires pour la redondance de support	OUI	—
3.7	Conventions	OUI	—
3.8	Conventions utilisées dans les automates	OUI	—
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
4.5	Redondance de support	OUI	Voir 8.1.6, n.a. pour les supports sans fil
4.6	Cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP facultatif
4.7	Acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP facultatif si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé, puis obligatoire.
4.8	Appel de procédure à distance	OUI	—
4.9	Reconnaissance de couche de liaison	OUI	Transmission LLDP au moins; n.a. pour les supports sans fil
4.10	Ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré. Sinon, seuls PortStateChanged et SetPortState sont utilisés.
4.11	Ponts virtuels	OUI	n.a. pour les supports sans fil
4.12	Suite IP	OUI	ICMP facultatif si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé, puis obligatoire.
4.13	Système de noms de domaine	OUI	Facultatif
4.14	Configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif

Article	En-tête	Présence	Contraintes
4.15	Gestion de réseau simple	OUI	Facultatif
4.16	Machines de protocole de mise en correspondance DLL communes	OUI	—
5	Spécification du protocole de couche d'application pour l'automatisation distribuée	NON	—
6	Spécification du protocole de couche d'application pour la périphérie décentralisée	—	—
6.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	—
6.2	Syntaxe de transfert	OUI	Le cas échéant
6.3	Diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	Le cas échéant
6.4	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	—
6.5	Machines de protocole de service FAL	—	—
6.5.1	Présentation	OUI	—
6.5.2	FSPMDEV	OUI	—
6.5.3	FSPMCTL	NON	—
6.6	Machines de protocole de relation d'application	—	—
6.6.1	ALPMI	OUI	—
6.6.2	ALPMR	OUI	—
6.6.3	NRPM	NON	—
6.6.4	RMPM	OUI	—
6.6.5	CMDEV	OUI	—
6.6.6	NRMC	OUI	Si un consommateur multidestination est pris en charge
6.6.7	CMCTL	NON	—
6.7	Machines de protocole de mise en correspondance DLL	OUI	—
Annexe A - Annexe S	—	OUI	—

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 37 spécifie les comportements généraux du composant de réseau.

8.2.3.2.2.3 Composant de réseau intégré

Les protocoles de couche d'application d'un composant de réseau intégré sont définis dans la CEI 61158-6-10:2010. Le Tableau 39 spécifie les articles inclus dans ce profil.

8.2.3.2.3 Contrôleur d'entrée-sortie

Les protocoles de couche d'application d'un contrôleur d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-6-10:2010. Le Tableau 40 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Tableau 40 – CP 3/4: sélection de protocole de couche d'application d'un contrôleur d'entrée-sortie

Article	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes, définitions, abréviations, symboles et conventions		
3.1	Termes et définitions référencés	Partielle	Utilisés si applicable
3.2	Termes et définitions supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.3	Termes et définitions supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—

Article	En-tête	Présence	Contraintes
3.4	Abréviations et symboles supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.5	Abréviations et symboles supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.6	Abréviations et symboles supplémentaires pour la redondance de support	OUI	—
3.7	Conventions	OUI	—
3.8	Conventions utilisées dans les automates	OUI	—
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
4.5	Redondance de support	OUI	Voir 8.1.6
4.6	Cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP facultatif
4.7	Acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP facultatif si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé, puis obligatoire.
4.8	Appel de procédure à distance	OUI	—
4.9	Reconnaissance de couche de liaison	OUI	Transmission LLDP au moins; n.a. pour les supports sans fil
4.10	Ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré. Sinon, seuls PortStateChanged et SetPortState sont utilisés.
4.11	Ponts virtuels	OUI	—
4.12	Suite IP	OUI	—
4.13	Système de noms de domaine	OUI	Facultatif
4.14	Configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
4.15	Gestion de réseau simple	OUI	—
4.16	Machines de protocole de mise en correspondance DLL communes	OUI	—
5	Spécification du protocole de couche d'application pour l'automatisation distribuée	NON	—
6	Spécification du protocole de couche d'application pour la périphérie décentralisée	—	—
6.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	—
6.2	Syntaxe de transfert	OUI	Le cas échéant
6.3	Diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	Le cas échéant
6.4	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	—
6.5	Machines de protocole de service FAL	—	—
6.6	Machines de protocole de relation d'application	—	—
6.5.1	Présentation	OUI	—
6.5.2	FSPMDEV	NON	—
6.5.3	FSPMCTL	OUI	—
6.6.1	ALPMI	OUI	—
6.6.2	ALPMR	OUI	—
6.6.3	NRPM	OUI	—
6.6.4	RMPM	OUI	—
6.6.5	CMDEV	NON	—
6.6.6	NRMC	NON	—
6.6.7	CMCTL	OUI	—
6.7	Machines de protocole de mise en correspondance DLL	OUI	—
Annexe A - Annexe S	—	OUI	—

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 et un superviseur d'entrée-sortie.

Redondance de support (voir 8.1.6).

PTCP est un service facultatif.

RT_Class_UDP facultatif

8.2.4 Sélection d'indicateur de performance

8.2.4.1 Présentation de l'indicateur de performance

Le Tableau 41 spécifie les indicateurs de performance pertinents.

Tableau 41 – CP 3/4, CP 3/5 et CP 3/6: présentation de l'indicateur 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 42 spécifie les dépendances des indicateurs de performance.

Tableau 42 – CP 3/4, CP 3/5 et CP 3/6: matrice de dépendance d'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

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
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 8.2.4.2.8
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 61158-5-10:2010);
<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>	sont les autres délais (transfert de signal dans un anneau, par exemple).

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 la CEI 61158-5-10:2010, SendClockFactor);

RR est l'attribut ReductionRatio (voir la CEI 61158-5-10:2010, 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

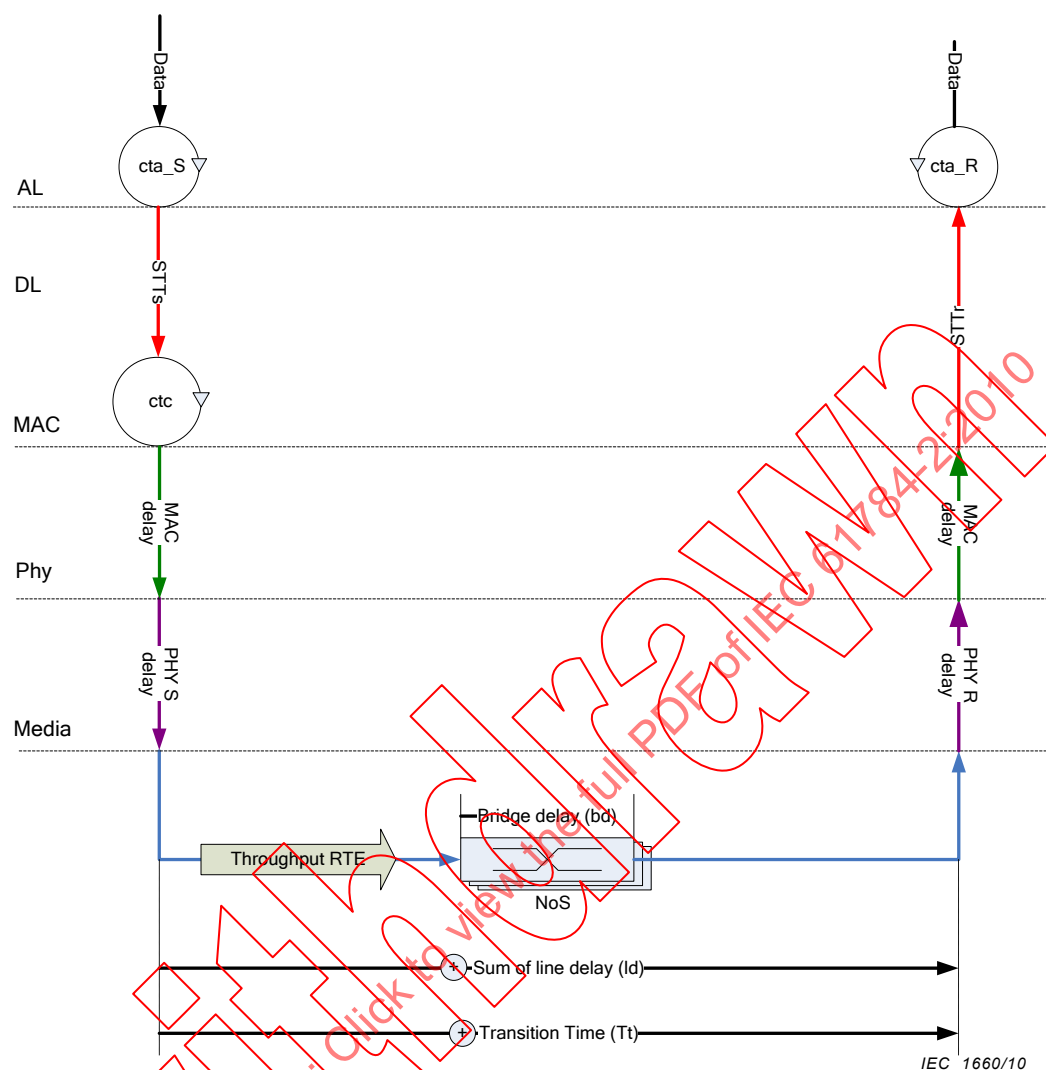
Queue_delay est le délai de file d'attente dans un commutateur;

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 ... delay	Délai PHY ...
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 $\text{data\_request} > \text{data\_RTE}$, 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

<i>data_request</i>	est le débit RTE requis;
<i>data_RTE</i>	est le débit RTE réel.
<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.

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.

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 doit être définie 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 synchronisation temporelle, la topologie de réseau de base doit être définie 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 du support requiert une topologie en anneau.

Pour RED_CLASS_1 et RED_CLASS_3, les ports 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 ports en anneau doit être d'au moins 100 Mbit/s, et le mode bidirectionnel simultané doit être utilisé pour les deux ports 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 43 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 43 – Paramètres du gestionnaire

Paramètre	Valeur	Commentaire
MRP_TOPchgT	10 ms	CEI 61158-6-10:2010
MRP_TOPNRmax	3	CEI 61158-6-10:2010
MRP_TSTshortT	10 ms	CEI 61158-6-10:2010
MRP_TSTdefaultT	20 ms	CEI 61158-6-10:2010
MRP_TSTNRmax	3	CEI 61158-6-10:2010

Pour RED_CLASS_1, le Tableau 44 spécifie l'ensemble de paramètres des clients de redondance de support.

Tableau 44 – Paramètres du client

Paramètre	Valeur	Commentaire
MRP_LNKdownT	20 ms	CEI 61158-6-10:2010
MRP_LNKupT	20 ms	CEI 61158-6-10:2010
MRP_LNKNRmax	4	CEI 61158-6-10:2010

8.2.4.2.9 Dépendance du nombre de commutateurs sur le temps de reprise de redondance

Le temps de détection de la défaillance dépend du nombre de commutateurs.

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.

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;

data est la trame Ethernet complète, en octets;

Time_synchron_accuracy est l'exactitude de synchronisation temporelle;

RM 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 le nombre de commutateurs

Exactitude de synchronisation temporelle utilisant jusqu'à 64 NoS.

8.2.4.2.12 Dépendance du temps de reprise de redondance sur le nombre de commutateurs

Le temps de détection de la défaillance dépend du nombre de commutateurs.

8.2.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 45 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 46 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 dispositifs (filaire) revendiquant la conformité à CP 3/4.

Tableau 45 – CP 3/4: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance 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
	< 384 ms	RT_CLASS_1 ^a : double défaillance (saut 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 61158-5-10:2010.

^b Les attributs de nouvelles tentatives RTA et de facteur de temporisation RTA sont spécifiés en 8.3.10.4.2 de la CEI 61158-5-10:2010.

^c Facultatif

**Tableau 46 – 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 62411)	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	100 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>	sont les autres délais (transfert de signal dans un anneau, par exemple)	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 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 la CEI 61158-5-10:2010, 8.3.10.4.2	32
<i>RR</i>	Voir la CEI 61158-5-10:2010, 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 port.

La fonction d'auto-négociation et de recouvrement (voir l'IEEE 802.3) doit être utilisée.

Les dispositifs doivent se conformer aux exigences légales du pays dans lequel ils sont déployés (comme indiqué dans la marque CE, par exemple). 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 de dispositif 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 l'IEEE 802.1AB) et SNMP MIB-II au moins (voir RFC 1213) sont requis.

8.3.3 Couche d'application

8.3.3.1 Sélection de service AL

8.3.3.1.1 Dispositif d'entrée sortie

Les services de couche d'application d'un dispositif d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-5-10:2010. Le Tableau 47 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158-5-10:2010 pour ce profil.

Tableau 47 – CP 3/5: sélection de service de couche d'application d'un dispositif d'entrée-sortie

Article	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes et définitions	—	—
3.1	Termes et définitions référencés	OUI	—
3.2	Termes et définitions supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.3	Termes et définitions supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.4	Termes et définitions supplémentaires pour la redondance de support	OUI	—
3.5	Abréviations et symboles	OUI	—
3.6	Abréviations et symboles supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.7	Abréviations et symboles supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.8	Abréviations et symboles supplémentaires pour la redondance de support	OUI	—
3.9	Conventions	OUI	—
4	Concepts	OUI	—
5	Type de données ASE	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
6.3.4	ASE cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP facultatif
6.3.5	ASE acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP facultatif si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé, puis obligatoire.
6.3.6	ASE d'appel de procédure à distance	OUI	—
6.3.7	ASE de reconnaissance de couche de liaison	OUI	n.a. pour les supports sans fil
6.3.8	ASE de ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré. Sinon, seuls PortStateChanged et SetPortState sont utilisés.
6.3.9	ASE du réseau local virtuel mis en pont	OUI	—
6.3.10	ASE de d'accès au support	OUI	n.a. pour les supports sans fil
6.3.11	ASE de la suite IP	OUI	ICMP facultatif si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé, puis obligatoire.
6.3.12	ASE du système de noms de domaine	OUI	Facultatif
6.3.13	ASE de configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif

Article	En-tête	Présence	Contraintes
6.3.14	ASE de gestion de réseau simple	OUI	—
6.3.15	ASE de mise en correspondance DL commune	—	—
6.3.15.1	Présentation	OUI	—
6.3.15.2	Spécification de la classe de mise en correspondance DL	OUI	—
6.3.15.3	Spécification du service de mise en correspondance DL	—	—
6.3.15.3.1	Ajout de planification IRT	NON	—
6.3.15.3.2	Suppression de planification IRT	NON	—
6.3.15.3.3	Planification	OUI	—
6.3.15.3.4	Données N	OUI	—
6.3.15.3.5	Données A	OUI	—
6.3.15.3.6	Données C	OUI	—
7	Modèle de communication pour l'automatisation distribuée	NON	—
8	Modèle de communication pour la périphérie décentralisée	—	—
8.1	Concepts	OUI	—
8.2	Types de données ASE	OUI	—
8.3	ASE	—	—
8.3.1	ASE de données d'enregistrement	OUI	—
8.3.2	ASE de données d'entrée-sortie	OUI	—
8.3.3	ASE de données de journal	OUI	—
8.3.4	ASE de diagnostic	OUI	—
8.3.5	ASE d'alarme	OUI	—
8.3.6	ASE contexte	OUI	—
8.3.7	ASE d'application en mode isochrone	NON	—
8.3.8	ASE de gestion de dispositif physique	OUI	—
8.3.9	ASE de temps continu de réseau	OUI	Facultatif
8.3.10	ASE d'AR	OUI	—
8.4	Comportement d'un dispositif d'entrée-sortie	—	—
8.4.1	Présentation	OUI	—
8.4.2	Démarrage d'un dispositif d'entrée-sortie	OUI	—
8.4.3	Contrôle de paramètre de dispositif physique	—	—
8.4.3.1	Données du système éloigné	OUI	—
8.4.3.2	Données du système local	OUI	—
8.4.3.3	Données du système optique	OUI	Uniquement si un système à fibre optique est utilisé
8.4.4	Diagnostic et indicateur d'incidents	OUI	—
8.4.5	Alarmes utilisateur	OUI	—
8.4.6	Comportement en cas de changement de configuration	OUI	—
8.4.7	Comportement d'un protocole PTCP dans des dispositifs d'entrée-sortie	OUI	Facultatif; si un ASE de contrôle de temps précis facultatif (voir 6.3.2) est utilisé, puis obligatoire
8.5	Comportement d'un contrôleur d'entrée-sortie	NON	—
8.6	Caractéristiques de l'application	OUI	—
Annexe A	Instances du dispositif	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	—

8.3.3.1.2 Composant de réseau

Les services de couche d'application d'un composant de réseau sont définis dans la CEI 61158-5-10:2010. Le Tableau 47 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158-5-10:2010 pour ce profil.

NOTE Il convient qu'un commutateur 100 Mbit/s prenne en charge la mise en mémoire tampon de toutes les données en 1 ms au moins. Il convient que cela soit le cas avec 100 % de la largeur de bande sur tous les ports des trames de taille plus petite.

Un commutateur doit assurer une mise en mémoire tampon des données d'au moins 10 Koctet par port pour les commutateurs 100 Mbit/s avec huit ports au maximum. Un

commutateur doit assurer une mise en mémoire tampon des données d'au moins 80 Koctet pour les commutateurs 100 Mbit/s comportant au moins 8 ports.

8.3.3.1.3 Contrôleur d'entrée-sortie

Les services de couche d'application d'un contrôleur d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-5-10:2010. Le Tableau 47 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158-5-10:2010 pour ce profil, sauf que 8.4 est NON et 8.5 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 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 Dispositif d'entrée-sortie

Les protocoles de couche d'application d'un dispositif d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-6-10:2010. Le Tableau 48 récapitule les sélections de protocole de couche d'application de la CEI 61158-6-10:2010 pour ce profil.

Tableau 48 – CP 3/5: sélection de protocole de couche d'application d'un dispositif d'entrée-sortie et d'un composant de réseau

Article	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes, définitions, abréviations, symboles et conventions	—	—
3.1	Termes et définitions référencés	Partielle	Utilisés si applicable
3.2	Termes et définitions supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.3	Termes et définitions supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.4	Abréviations et symboles supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.5	Abréviations et symboles supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.6	Abréviations et symboles supplémentaires pour la redondance de support	OUI	—
3.7	Conventions	OUI	—
3.8	Conventions utilisées dans les automates	OUI	—
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
4.5	Redondance de support	OUI	Voir 8.1.6, n.a. pour les supports sans fil

Article	En-tête	Présence	Contraintes
4.6	Cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP facultatif
4.7	Acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP facultatif si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé, puis obligatoire.
4.8	Appel de procédure à distance	OUI	—
4.9	Reconnaissance de couche de liaison	OUI	n.a. pour les supports sans fil
4.10	Ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré. Sinon, seuls PortStateChanged et SetPortState sont utilisés.
4.11	Ponts virtuels	OUI	—
4.12	Suite IP	OUI	—
4.13	Système de noms de domaine	OUI	Facultatif
4.14	Configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
4.15	Gestion de réseau simple	OUI	—
4.16	Machines de protocole de mise en correspondance DLL communes	OUI	—
5	Spécification du protocole de couche d'application pour l'automatisation distribuée	NON	—
6	Spécification du protocole de couche d'application pour la périphérie décentralisée	—	—
6.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	—
6.2	Syntaxe de transfert	OUI	Le cas échéant
6.3	Diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	Le cas échéant
6.4	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	—
6.5	Machines de protocole de service FAL	—	—
6.5.1	Présentation	OUI	—
6.5.2	FSPMDEV	OUI	—
6.5.3	FSPMCTL	NON	—
6.6	Machines de protocole de relation d'application (ARPM)	—	—
6.6.1	ALPMI	OUI	—
6.6.2	ALPMR	OUI	—
6.6.3	NRPM	NON	—
6.6.4	RMPM	OUI	—
6.6.5	CMDEV	OUI	—
6.6.6	NRMC	OUI	Si un consommateur multidestination est pris en charge
6.6.7	CMCTL	NON	—
6.7	Machines de protocole de mise en correspondance DLL	OUI	—
Annexe A - Annexe S	—	OUI	—

8.3.3.2.2 Composant de réseau

Les protocoles de couche d'application d'un composant de réseau sont définis dans la CEI 61158-6-10:2010. Le Tableau 48 spécifie les articles inclus dans ce profil.

NOTE Il convient qu'un commutateur 100 Mbit/s prenne en charge la mise en mémoire tampon de toutes les données en 1 ms au moins. Il convient que cela soit le cas avec 100 % de la largeur de bande sur tous les ports des trames de taille plus petite.

Un commutateur doit assurer une mise en mémoire tampon des données d'au moins 10 Koctet par port pour les commutateurs 100 Mbit/s avec huit ports au maximum. Un commutateur doit assurer une mise en mémoire tampon des données d'au moins 80 Koctet pour les commutateurs 100 Mbit/s comportant au moins 8 ports.

8.3.3.2.3 Contrôleur d'entrée-sortie

Les protocoles de couche d'application d'un contrôleur d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-6-10:2010. Le Tableau 49 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Tableau 49 – CP 3/5: sélection de protocole de couche d'application d'un contrôleur d'entrée-sortie

Article	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes, définitions, abréviations, symboles et conventions		
3.1	Termes et définitions référencés	Partielle	Utilisés si applicable
3.2	Termes et définitions supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.3	Termes et définitions supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.4	Abréviations et symboles supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.5	Abréviations et symboles supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.6	Abréviations et symboles supplémentaires pour la redondance de support	OUI	—
3.7	Conventions	OUI	—
3.8	Conventions utilisées dans les automates	OUI	—
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
4.5	Redondance de support	OUI	Voir 8.1.6
4.6	Cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP facultatif
4.7	Acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP facultatif si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé, puis obligatoire.
4.8	Appel de procédure à distance	OUI	—
4.9	Reconnaissance de couche de liaison	OUI	n.a. pour les supports sans fil
4.10	Ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré. Sinon, seuls PortStateChanged et SetPortState sont utilisés.
4.11	Ponts virtuels	OUI	—
4.12	Suite IP	OUI	—
4.13	Système de noms de domaine	OUI	Facultatif
4.14	Configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
4.15	Gestion de réseau simple	OUI	—
4.16	Machines de protocole de mise en correspondance DLL communes	OUI	—
5	Spécification du protocole de couche d'application pour l'automatisation distribuée	NON	—
6	Spécification du protocole de couche d'application pour la périphérie décentralisée	—	—
6.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	—
6.2	Syntaxe de transfert	OUI	Le cas échéant
6.3	Diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	Le cas échéant
6.4	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	—
6.5	Machines de protocole de service FAL	—	—
6.5.1	Présentation	OUI	—
6.5.2	FSPMDEV	NON	—
6.5.3	FSPMCTL	OUI	—
6.6	Machines de protocole de relation d'application	—	—
6.6.1	ALPMI	OUI	—
6.6.2	ALPMR	OUI	—
6.6.3	NRPM	OUI	—
6.6.4	RMPM	OUI	—
6.6.5	CMDEV	NON	—
6.6.6	NRMC	NON	—
6.6.7	CMCTL	OUI	—

Article	En-tête	Présence	Contraintes
6.7	Machines de protocole de mise en correspondance DLL (DMPM)	OUI	—
Annexe A - Annexe S	—	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 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 de l'indicateur 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 50 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 51 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 dispositifs (filaire) revendiquant la conformité à CP 3/5.

Tableau 50 – CP 3/5: ensemble cohérent d'indicateurs de performance 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	< 1 ms	Synchronisation de l'heure locale

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
temporelle ^c	< 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
	< 384 ms	RT_CLASS_1 ^a : double défaillance (saut 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 61158-5-10:2010. ^b Les attributs de nouvelles tentatives RTA et de facteur de temporisation RTA sont spécifiés en 8.3.10.4.2 de la CEI 61158-5-10:2010. ^c Facultatif		

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61784-2:2010

**Tableau 51 – 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 <i>cable_delay</i> dans la CEI 62411)	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 $\text{MinDeviceInterval} = 128 \text{ ms}$	128 ms
<i>data</i>	est la trame Ethernet complète	68 octets
<i>EthernetDataRate</i>	est la vitesse de transmission Ethernet du réseau	10 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>	sont les autres délais (transfert de signal dans un anneau, par exemple)	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 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 la CEI 61158-5-10:2010, 8.3.10.4.2	32
<i>RR</i>	Voir la CEI 61158-5-10:2010, 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 port.

La fonction d'auto-négociation et de recouvrement (voir l'IEEE 802.3) doit être utilisée.

Les dispositifs doivent se conformer aux exigences légales du pays dans lequel ils sont déployés (comme indiqué dans la marque CE, par exemple). 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 de dispositif 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 l'IEEE 802.1AB) et SNMP MIB-II au moins (voir RFC 1213) sont requis.

8.4.3 Couche d'application

8.4.3.1 Sélection de service AL

8.4.3.1.1 Dispositif d'entrée sortie

Les services de couche d'application d'un dispositif d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-5-10:2010. Le Tableau 52 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158-5-10:2010 pour ce profil.

Tableau 52 – CP 3/6: Sélection de service AL pour un dispositif d'entrée-sortie

Article	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes et définitions		—
3.1	Termes et définitions référencés	OUI	—
3.2	Termes et définitions supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.3	Termes et définitions supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.4	Termes et définitions supplémentaires pour la redondance de support	OUI	—
3.5	Abréviations et symboles	OUI	—
3.6	Abréviations et symboles supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.7	Abréviations et symboles supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.8	Abréviations et symboles supplémentaires pour la redondance de support	OUI	—
3.9	Conventions	OUI	—
4	Concepts	OUI	—
5	Type de données ASE	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	—
6.3.3	ASE de redondance de support	OUI	2 ports
6.3.4	ASE cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP facultatif
6.3.5	ASE acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP facultatif si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé, puis obligatoire.
6.3.6	ASE d'appel de procédure à distance	OUI	—
6.3.7	ASE de reconnaissance de couche de liaison	OUI	n.a. pour les supports sans fil
6.3.8	ASE de ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré. Sinon, seuls PortStateChanged et SetPortState sont utilisés.
6.3.9	ASE du réseau local virtuel mis en pont	OUI	—
6.3.10	ASE de d'accès au support	OUI	n.a. pour les supports sans fil
6.3.11	ASE de la suite IP	OUI	ICMP facultatif si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé, puis obligatoire.
6.3.12	ASE du système de noms de domaine	OUI	Facultatif
6.3.13	ASE de configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
6.3.14	ASE de gestion de réseau simple	OUI	—

Article	En-tête	Présence	Contraintes
6.3.15	ASE de mise en correspondance DL commune	OUI	—
7	Modèle de communication pour l'automatisation distribuée	NON	—
8	Modèle de communication pour la périphérie décentralisée	—	—
8.1	Concepts	OUI	—
8.2	Types de données ASE	OUI	—
8.3	ASE	—	—
8.3.1	ASE de données d'enregistrement	OUI	—
8.3.2	ASE de données d'entrée-sortie	OUI	—
8.3.3	ASE de données de journal	OUI	—
8.3.4	ASE de diagnostic	OUI	—
8.3.5	ASE d'alarme	OUI	—
8.3.6	ASE contexte	OUI	—
8.3.7	ASE d'application en mode isochrone	OUI	Facultatif
8.3.8	ASE de gestion de dispositif physique	OUI	—
8.3.9	ASE de temps continu de réseau	OUI	Facultatif
8.3.10	ASE d'AR	OUI	—
8.4	Comportement d'un dispositif d'entrée-sortie	—	—
8.4.1	Présentation	OUI	—
8.4.2	Démarrage d'un dispositif d'entrée-sortie	OUI	—
8.4.3	Contrôle de paramètre de dispositif physique	—	—
8.4.3.1	Données du système éloigné	OUI	—
8.4.3.2	Données du système local	OUI	—
8.4.3.3	Données du système optique	OUI	Uniquement si un système à fibre optique est utilisé
8.4.4	Diagnostic et indicateur d'incidents	OUI	—
8.4.5	Alarmes utilisateur	OUI	—
8.4.6	Comportement en cas de changement de configuration	OUI	—
8.4.7	Comportement d'un protocole PTCP dans des dispositifs d'entrée-sortie	OUI	—
8.5	Comportement d'un contrôleur d'entrée-sortie	NON	—
8.6	Caractéristiques de l'application	OUI	—
Annexe A	Instances du dispositif	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	—

8.4.3.1.2 Composant de réseau

Les services de couche d'application d'un composant de réseau sont définis dans la CEI 61158-5-10:2010. Le Tableau 52 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158-5-10:2010 pour ce profil.

Un commutateur 100 Mbit/s doit prendre en charge la mise en mémoire tampon de toutes les données conformément au Tableau 53. Cela doit être le cas avec 100 % de la largeur de bande sur tous les ports des trames de taille plus petite.

Tableau 53 – Capacité de mise en mémoire tampon

Signification	Valeur
Capacité de mise en mémoire tampon	Recommandée: 1 ms
	Obligatoire: 500 µs

Il est recommandé de limiter le trafic en temps différé local de chaque nœud à 3 Koctets par milliseconde afin d'éviter la surcharge du réseau.

8.4.3.1.3 Contrôleur d'entrée-sortie

Les services de couche d'application d'un contrôleur d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-5-10:2010. Le Tableau 52 récapitule les sélections de service de couche d'application présentées dans la CEI 61158-5-10:2010 pour ce profil, sauf que 8.4 est NON et que 8.5 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 et un superviseur d'entrée-sortie.

8.4.3.2 Sélection de protocole AL

8.4.3.2.1 Dispositif d'entrée sortie

Les protocoles de couche d'application d'un dispositif d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-6-10:2010. Le Tableau 54 récapitule les sélections de protocole de couche d'application de la CEI 61158-6-10:2010 pour ce profil.

Tableau 54 – CP 3/6: sélection de protocole de couche d'application d'un dispositif d'entrée-sortie et d'un composant de réseau

Article	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes, définitions, abréviations, symboles et conventions	—	—
3.1	Termes et définitions référencés	Partielle	Utilisés si applicable
3.2	Termes et définitions supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.3	Termes et définitions supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.4	Abréviations et symboles supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.5	Abréviations et symboles supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.6	Abréviations et symboles supplémentaires pour la redondance de support	OUI	—
3.7	Conventions	OUI	—
3.8	Conventions utilisées dans les automates	OUI	—
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	Redondance de support	OUI	Voir 8.1.6, n.a. pour les supports sans fil
4.6	Cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP facultatif
4.7	Acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP facultatif si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé, puis obligatoire.
4.8	Appel de procédure à distance	OUI	—
4.9	Reconnaissance de couche de liaison	OUI	n.a. pour les supports sans fil

Article	En-tête	Présence	Contraintes
4.10	Ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré. Sinon, seuls PortStateChanged et SetPortState sont utilisés.
4.11	Ponts virtuels	OUI	—
4.12	Suite IP	OUI	—
4.13	Système de noms de domaine	OUI	Facultatif
4.14	Configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
4.15	Gestion de réseau simple	OUI	—
4.16	Machines de protocole de mise en correspondance DLL communes	OUI	—
5	Spécification du protocole de couche d'application pour l'automatisation distribuée	NON	—
6	Spécification du protocole de couche d'application pour la périphérie décentralisée	—	—
6.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	—
6.2	Syntaxe de transfert	OUI	Le cas échéant
6.3	Diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	Le cas échéant
6.4	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	—
6.5	Machines de protocole de service FAL	—	—
6.5.1	Présentation	OUI	—
6.5.2	FSPMDEV	OUI	—
6.5.3	FSPMCTL	NON	—
6.6	Machines de protocole de relation d'application	—	—
6.6.1	ALPMI	OUI	—
6.6.2	ALPMR	OUI	—
6.6.3	NRPM	NON	—
6.6.4	RMPM	OUI	—
6.6.5	CMDEV	OUI	—
6.6.6	NRMC	OUI	Si un consommateur multidestination est pris en charge
6.6.7	CMCTL	NON	—
6.7	Machines de protocole de mise en correspondance DLL (DMPM)	OUI	—
Annexe A - Annexe S	—	OUI	—

8.4.3.2.2 Composant de réseau

Les protocoles de couche d'application d'un composant de réseau sont définis dans la CEI 61158-6-10:2010. Le Tableau 54 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 53. Cela doit être le cas avec 100 % de la largeur de bande sur tous les ports des trames de taille plus petite.

8.4.3.2.3 Contrôleur d'entrée-sortie

Les protocoles de couche d'application d'un contrôleur d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-6-10:2010. Le Tableau 55 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Tableau 55 – CP 3/6: sélection de protocole de couche d'application d'un contrôleur d'entrée-sortie

Article	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes, définitions, abréviations, symboles et conventions	—	—
3.1	Termes et définitions référencés	Partielle	Utilisés si applicable
3.2	Termes et définitions supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.3	Termes et définitions supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—

Article	En-tête	Présence	Contraintes
3.4	Abréviations et symboles supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.5	Abréviations et symboles supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.6	Abréviations et symboles supplémentaires pour la redondance de support	OUI	—
3.7	Conventions	OUI	—
3.8	Conventions utilisées dans les automates	OUI	—
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	Redondance de support	OUI	Voir 8.1.6
4.6	Cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP facultatif
4.7	Acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP facultatif si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé, puis obligatoire.
4.8	Appel de procédure à distance	OUI	—
4.9	Reconnaissance de couche de liaison	OUI	n.a. pour les supports sans fil
4.10	Ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré. Sinon, seuls PortStateChanged et SetPortState sont utilisés.
4.11	Ponts virtuels	OUI	—
4.12	Suite IP	OUI	—
4.13	Système de noms de domaine	OUI	Facultatif
4.14	Configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
4.15	Gestion de réseau simple	OUI	—
4.16	Machines de protocole de mise en correspondance DLL communes	OUI	—
5	Spécification du protocole de couche d'application pour l'automatisation distribuée	NON	—
6	Spécification du protocole de couche d'application pour la périphérie décentralisée	—	—
6.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	—
6.2	Syntaxe de transfert	OUI	Le cas échéant
6.3	Diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	Le cas échéant
6.4	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	—
6.5	Machines de protocole de service FAL	—	—
6.5.1	Présentation	OUI	—
6.5.2	FSPMDEV	NON	—
6.5.3	FSPMSTL	OUI	—
6.6	Machines de protocole de relation d'application	—	—
6.6.1	ALPMI	OUI	—
6.6.2	ALPMR	OUI	—
6.6.3	NRPM	OUI	—
6.6.4	RMPM	OUI	—
6.6.5	CMDEV	NON	—
6.6.6	NRMC	NON	—
6.6.7	CMCTL	OUI	—
6.7	Machines de protocole de mise en correspondance DLL (DMPM)	OUI	—
Annexe A - Annexe S	—	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 de l'indicateur 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

Le Tableau 56 spécifie un 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 57 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 dispositifs (filaire) revendiquant la conformité à CP 3/6.

Tableau 56 – CP 3/6: ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour MinDeviceInterval=1ms avec 64 stations d'extrémité

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	1 ms facteur chien de garde $\times$ 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	63	—
Débit RTE	3 697 000 octets/s	—
Largeur de bande non RTE	25 %	100 Mbit/s et associé à 1 ms. Toutes les trames IEEE 802.3 prises en charge. Supplémentaires jusqu'à 25 % de la marge de sécurité.
Exactitude de la synchronisation temporelle ^c	< 1 μ s	Synchronisation de l'heure locale
	< 1 μ s	Synchronisation de l'application synchrone
Temps de reprise de redondance	< 0 ms	RT_CLASS_3 ou RT_CLASS_2 ^a : une seule défaillance
	< 200 ms	Nouvelles tentatives RTA ^b = 3; facteur de temporisation RTA = 100 ms
	< 3 ms	RT_CLASS_3 ou RT_CLASS_2 ^a : double défaillance (saut 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 61158-5-10:2010.

^b Les attributs de nouvelles tentatives RTA et de facteur de temporisation RTA sont spécifiés en 8.3.10.4 de la CEI 61158-5-10:2010.

^c Facultatif

Tableau 57 – CP 3/6: calcul des valeurs supposées de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Symbole	Définition	Valeur
cd	est le délai du câble (voir le paramètre cable_delay dans la CEI 62411)	5 ns
clt	est la longueur totale du câble	100 m
cta_R	est la durée de cycle d'application du récepteur	1 µs
cta_S	est la durée de cycle d'application de l'émetteur	1 µs
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.	1 ms
data	est la trame Ethernet complète	68 octets
EthernetDataRate	est la vitesse de transmission Ethernet du réseau	Mbit/s
MAC_delay	est le délai sur la couche MAC	1 µs
NonRTE	est le pourcentage de largeur de bande non RTE	%
od	sont les autres délais (transfert de signal dans un anneau, par exemple)	0 s
pd	est le délai de propagation (voir la Formule (13) en 8.2.4.2.2)	—
Phy_R_delay	est le délai Phy côté récepteur	300 ns
Phy_S_delay	est le délai Phy côté émetteur	300 ns
protocolRTE	est le pourcentage de temps de protocole (voir la Formule (16) en 8.2.4.2.10)	50 %
Queue_delay	est le délai de file d'attente dans un commutateur	0 s
RedundancyManagement	est la durée nécessaire aux fonctions de gestion pour prendre en charge la redondance	0 s
STTr	est le temps transversal de la pile du récepteur	0 s
STTs	est le temps transversal de la pile de l'émetteur	0 s
Time_synchron_accuracy	est l'exactitude de synchronisation temporelle	1 µs
tt	est le temps de transfert (80 ns/octet pour 100 Mbit/s, 8 ns/octet pour 1 Gbit/s)	80 ns
SCF	Voir la CEI 61158-5-10:2010, 8.3.10.4.2	32
RR	Voir la CEI 61158-5-10:2010, 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 61158-2:2010 Type 4, la CEI 61158-3-4:2007, la CEI 61158-4-4:2007, la CEI 61158-5-4:2007 et la CEI 61158-6-4:2007, correspondant aux parties d'un système de communication communément appelé P-NET®⁷.

– Profil 4/1 P-NET RS 485

⁷ P-NET est une appellation commerciale d'International P-NET User Organisation ApS (IPUO). 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 ce profil n'implique pas l'utilisation de l'appellation commerciale P-NET. L'utilisation de l'appellation commerciale P-NET implique 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 à 125 dispositifs de classe normale ou simple de communiquer sur la même liaison physique en mode bidirectionnel non simultané.

– Profil 4/2 P-NET RS 232

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 4/2 repose sur l'ANSI TIA/EIA 232F et permet à deux dispositifs de classe normale ou simple de communiquer sur la même liaison physique en mode bidirectionnel simultané.

– 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 à 125 dispositifs de classe normale ou simple de communiquer sur la même liaison logique en mode bidirectionnel simultané.

Les profils 4/1 et 4/2 sont décrits dans la CEI 61784-1:2010, le profil 4/3 étant décrit dans la présente norme.

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 ISO/CEI 8802-11. La vitesse de transmission des données des dispositifs P-NET de ce profil doit être de 10 Mbits en mode bidirectionnel simultané.

9.2.2 Couche de liaison de données

9.2.2.1 Sélection de service DLL

Le Tableau 58 récapitule les sélections de service de couche de liaison de données de la CEI 61158-3-4:2007 pour ce profil.

Tableau 58 – CP 4/3: Sélection de service DLL

Article	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	Scope 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 59 récapitule le protocole de service de couche de liaison de données de la CEI 61158-4-4:2007 pour ce profil.

Tableau 59 – CP 4/3: Sélection de protocole DLL

Article	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 dispositif 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 60 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158-5-4:2007 pour ce profil.

Tableau 60 – CP 4/3: Sélection de service AL

Article	En-tête	Présence	Contraintes
Tout le document	Application layer service definition – Type 4 elements (<i>disponible uniquement en anglais</i>)	OUI	—

Les dispositifs de classe normale doivent prendre en charge les objets de variables réelles dont ont besoin les types de variable, qui sont présents dans le dispositif, et les objets de variable Proxy pour tous les types de variable figurant dans la CEI 61158-5-4:2007, 5.2.

9.2.3.2 Sélection de protocole AL

Le Tableau 61 récapitule les sélections de protocole de couche d'application de la CEI 61158-6-4:2007 pour ce profil.

Tableau 61 – CP 4/3: Sélection de protocole AL

Article	En-tête	Présence	Contraintes
Tout le document	Application layer protocol specification – Type 4 elements (<i>disponible uniquement en anglais</i>)	OUI	Voir ^a
^a Un dispositif 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 de l'indicateur de performance

Tableau 62 – CP 4/3: Présentation de l'indicateur 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

Tableau 63 – 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	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 grâce à 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.

$$DT = STTs + STTr + NoNt (ttES + pd + QTES) + cd \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^{NoS-1} (NoNs(i)(NoS - i)(ttSS + pd + QTSS))$$

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 dans 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, elle 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 grâce à la Formule (18).

$$\text{Exactitude de synchronisation non périodique} = DT - DTb \quad (18)$$

où

<i>DTb</i>	est le temps de remise, calculé par les valeurs du cas le plus favorable;
<i>DT</i>	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 grâce aux Formules (19) et (20).

$$\text{Débit RTE minimal} = FS \times \min APDUs \quad (19)$$

$$\text{Débit RTE maximal} = FS \times \max APDUs \quad (20)$$

où

<i>FS</i>	est le nombre de trames admises à envoyer toutes les secondes pour une station d'extrémité RTE;
<i>minAPDUs</i>	est la taille de l'APDU minimale;
<i>maxAPDUs</i>	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 dispositifs 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

<i>NoCEN</i>	est le nombre de stations d'extrémité RTE qui peuvent générer des trames sur la liaison commutateur-commutateur critique;
<i>NoAS</i>	est le nombre d'accès autorisés par dispositif toutes les secondes;
<i>ttSS</i>	est le temps de transfert P-NET commutateur-commutateur (à taille APDU maximale);
<i>QTSS</i>	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 64 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 en A.2.

Les paramètres utilisés pour le calcul du Tableau 64 sont présentés dans le Tableau 65. Tous ces paramètres sont le résultat du scénario décrit et des calculs associés des indicateurs de performance.

Tableau 64 – 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 %	Dispositif non RTE à dispositif 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 65 – 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 μ s
STTR	Temps transversal de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC	250 μ s
ttESmin	Temps de transfert P-NET à 10 Mbps (à taille APDU minimale)	57 μ s
ttES	Temps de transfert P-NET à 10 Mbps (à taille APDU maximale)	114,4 μ s
ttSS	Temps de transfert P-NET à 100 Mbps (à taille APDU maximale)	11,44 μ s
QTES	Période de calme imposée par Ethernet à 10 Mbps	9,4 μ s
QTSS	Période de calme imposée par Ethernet à 100 Mbps	0,94 μ s
cd	Délai du câble. La somme des câbles entre l'émetteur et le récepteur est de 200 m	1 μ s
pd	Délai de propagation à l'intérieur d'un commutateur. Valeur minimale requise	7 μ s
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®) – Profils de communication RTE

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 CEI 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 le profil CPF 6:

- Profil 6/4

Ce profil définit les sélections de service et de protocole, avec mise en correspondance d'un dispositif 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 dispositif CP 3/4 avec une mise en correspondance.

- Profil 6/5

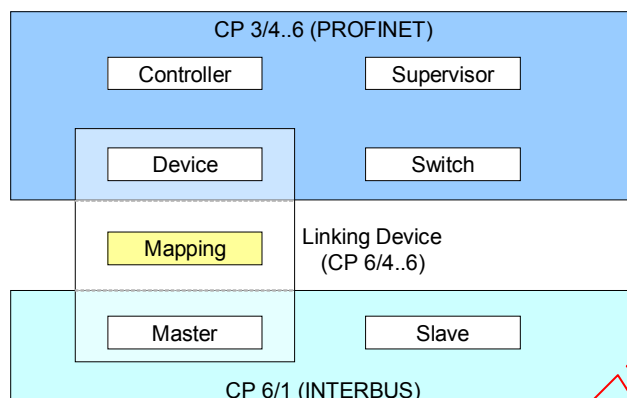
Ce profil définit les sélections de service et de protocole, avec mise en correspondance d'un dispositif de liaison permettant de connecter les systèmes de communication Type 8 et Type 10. Il est composé d'un maître CP 6/1 et d'un dispositif CP 3/5 avec une mise en correspondance.

- Profil 6/6

Ce profil définit les sélections de service et de protocole, avec mise en correspondance d'un dispositif 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 dispositif CP 3/6 avec une mise en correspondance.

La Figure 6 illustre les profils de communication de dispositif de liaison et la relation avec d'autres profils de communication de Type 8 et Type 10

8 INTERBUS est une 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 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 ce profil n'implique pas l'utilisation de l'appellation INTERBUS. L'utilisation de la marque INTERBUS doit être autorisée par INTERBUS Club.



Légende

Anglais	Français
Controller	Contrôleur
Supervisor	Superviseur
Device	Dispositif
Switch	Commutateur
Mapping	Mise en correspondance
Linking device	Dispositif de liaison
Master	Maître
Slave	Esclave

Figure 6 – Contexte de réseau RTE des profils de communication de dispositif de liaison

Les dispositifs 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 66.

Tableau 66 – CPF 6: attribution d'un identifiant CP au dispositif

Profil	Dispositif 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 services d'un dispositif 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 de dispositif INTERBUS sous la forme d'un profil de dispositif INTERBUS échangent la description. Un profil de dispositif INTERBUS reposant sur un profil de communication doit spécifier l'identifiant CP au format suivant:

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

10.2 Profil 6/4

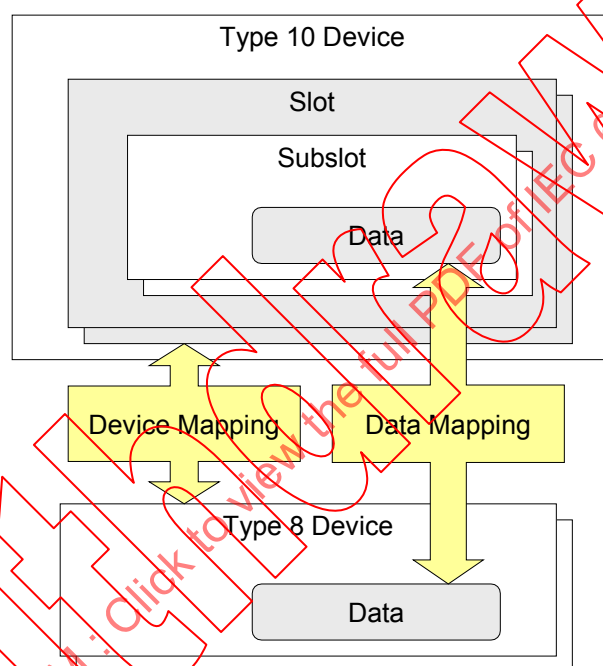
10.2.1 Mise en correspondance

Les dispositifs de Type 8 doivent être attribués à des ensembles ou sous-ensembles de Type 10.

NOTE 1 Le concept de mise en correspondance lui-même ne fait pas partie du profil de communication. Le concept de mise en correspondance utilisé peut être présenté dans la description du dispositif de liaison conformément à l'ISO 15745-1.

NOTE 2 Un ou plusieurs dispositifs de Type 8 peuvent être attribués à des ensembles ou sous-ensembles de Type 10.

La Figure 7 illustre le principe de mise en correspondance. La mise en correspondance des données est illustrée à la Figure 8.

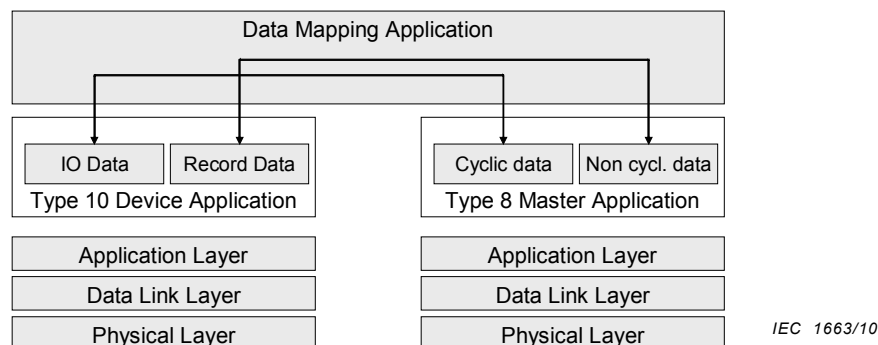


IEC 1662/10

Légende

Anglais	Français
Type 10 device	Dispositif de Type 10
Slot	Ensemble
Sublot	Sous-ensemble
Data	Données
Device mapping	Mise en correspondance du dispositif
Data mapping	Mise en correspondance des données
Type 8 device	Dispositif de Type 8

Figure 7 – Principe de mise en correspondance du dispositif de liaison



Légende

Anglais	Français
Data mapping application	Application de mise en correspondance 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 de dispositif 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 – Mise en correspondance 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 mise en correspondance qui doit mettre en œuvre le comportement suivant:

- les données d'entrée-sortie du sous-ensemble doivent être mises en correspondance 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 mis en correspondance avec les données non cycliques des esclaves de Type 8 correspondants;

NOTE 3 Les données d'entrée-sortie et les données d'enregistrement d'un sous-ensemble peuvent être présentées dans la description du dispositif 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 dispositifs de liaison doit être d'au moins 100 Mbit/s et le mode bidirectionnel simultané doit être au moins utilisé pour un port. La fonction d'auto-négociation 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 61784-5-3:2010.

10.2.2.2 Couche de liaison de données

La couche de liaison de données de Type 10 d'un dispositif 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 l'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

Le dispositif de liaison doit assurer la sélection de service CP 3/4 (voir 8.2.3.1.1)

10.2.2.5 Sélection de protocole AL

Le dispositif de liaison doit assurer la sélection du protocole CP 3/4 (voir 8.2.3.2.1).

10.2.3 Sélection du service de Type 8 et du protocole

10.2.3.1 Couche physique

Le dispositif 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 61784-1:2010, Article 10.

Les connecteurs, câbles et lignes directrices d'installation recommandés sont spécifiés dans la CEI 61784-5-6:2010.

10.2.3.2 Couche de liaison de données

Le dispositif 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 61784-1:2010, Article 10.

10.2.3.3 Couche d'application

Le dispositif 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 61784-1:2010, Article 10.

10.2.4 Sélection d'indicateur de performance

10.2.4.1 Présentation de l'indicateur de performance

Le Tableau 67 spécifie les indicateurs de performance pertinents du nœud de réseau de Type 10 d'un dispositif de liaison.

Tableau 67 – Présentation de l'indicateur de performance de réseau de Type 10 du dispositif 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 42 spécifie les dépendances des indicateurs de performance du réseau de Type 10 d'un dispositif de liaison.

10.2.4.2.2 Temps de remise des données esclaves de Type 8

Le temps de remise d'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 grâce à la Formule (22).

$$DTLD = DT10 + cta\_M + [M \times 13 \times (8 + sl8) + 3 \times a] \times T_{bit} + t_s \quad (22)$$

où

DTLD est le temps de remise total entre un esclave de Type 8 et une entité de Type 10;

DT10 est le temps de remise du réseau de Type 10;

Cta_M est le temps du cycle d'application de l'application de mise en correspondance dans le dispositif de liaison;

M est le facteur de mise en œuvre du maître de Type 8;

n est le nombre d'octets des données (données utilisateur, données utiles);

sl8 est le nombre d'esclaves de Type 8 connectés au dispositif de liaison;

T_{bit} est la durée nominale en bit (voir 27.2 de la CEI 61158-2:2010);

t_s 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 Mise en correspondance

La mise en correspondance est spécifiée 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 dispositifs de liaison doit être d'au moins 100 Mbit/s et le mode bidirectionnel simultané doit être au moins utilisé pour un port. La fonction d'auto-négociation 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 61784-5-3:2010.

10.3.2.2 Couche de liaison de données

La couche de liaison de données de Type 10 d'un dispositif de liaison doit être conforme à ISO/CEI 8802-3, l'IEEE 802.1AB, l'IEEE 802-1D et l'IEEE 802-1Q.

Dans les différentes bases d'informations de gestion (MIB), LLDP MIB (voir l'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

Le dispositif de liaison doit assurer la sélection de service CP 3/5 (voir 8.3.3.1.1)

10.3.2.5 Sélection de protocole AL

Le dispositif de liaison doit assurer la sélection de protocole CP 3/5 (voir 8.3.3.2.1).

10.3.3 Sélection du service de Type 8 et du protocole

10.3.3.1 Couche physique

Le dispositif 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 61784-1:2010, Article 10.

Les connecteurs, câbles et lignes directrices d'installation recommandés sont spécifiés dans la CEI 61784-5-6:2010.

10.3.3.2 Couche de liaison de données

Le dispositif 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 61784-1:2010, Article 10.

10.3.3.3 Couche d'application

Le dispositif 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 61784-1:2010, Article 10.

10.3.4 Sélection d'indicateur de performance

10.3.4.1 Présentation de l'indicateur 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 Mise en correspondance

La mise en correspondance est spécifiée 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 dispositifs de liaison doit être d'au moins 100 Mbit/s et le mode bidirectionnel simultané doit être au moins utilisé pour un port. La fonction d'auto-négociation 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 61784-5-3:2010.

10.4.2.2 Couche de liaison de données

La couche de liaison de données de Type 10 d'un dispositif 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 l'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

Le dispositif de liaison doit assurer la sélection de service CP 3/6 (voir 8.4.3.1.1)

10.4.2.5 Sélection de protocole AL

Le dispositif de liaison doit assurer la sélection de service CP 3/6 (voir 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 de l'indicateur 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/IP⁹) – 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/TR 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. CPF 10 repose sur une structure à trois couches, chacune des sept couches OSI étant mise en correspondance 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 68 présente les couches OSI, leurs fonctions et les couches équivalentes dans le modèle CPF 10.

Tableau 68 – 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	Synchronises 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/décodage les signaux de transmission/réception sous une forme appropriée au support de communication. Précise les caractéristiques des supports de communication	Physique

⁹ Vnet/IP est une appellation commerciale de Yokogawa Electric Corporation. 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 ce profil n'implique pas l'utilisation de l'appellation commerciale. L'utilisation de l'appellation commerciale implique l'autorisation de son détenteur.

Le Tableau 69 présente le profil de communication de CPF 10.

Tableau 69 – Présentation du profil CPF 10

Couche	Protocole
Application	CEI 61158-6-17:2007
Transport	RFC 768 et CEI 61158-4-17:2007
Réseau	RFC 791
Liaison de données	ISO/CEI 8802-2 et 8802-3
Physique	ISO/CEI 8802-3 ou IEEE 802.3ab

11.2 Profil 10/1

11.2.1 Couche physique

L'ISO/CEI 8802-3 ou l'IEEE 802.3ab doit être utilisé.

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

La norme 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-domaines.

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 61158-3-17:2007 et la CEI 61158-4-17:2007 doivent être utilisés.

Le numéro de port UDP 5313 doit être utilisé.

NOTE Ce numéro de port UDP est enregistré auprès de l'IANA (Internet Assigned Numbers Authority).

Le Tableau 70 spécifie la sélection de service DLL dans la CEI 61158-3-17:2007.

Tableau 70 – CP 10/1: Sélection de service DLL

Article	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 71 spécifie la sélection de protocole DLL dans la CEI 61158-4-17:2007.

Tableau 71 – CP 10/1: Sélection de protocole DLL

Article	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 72 présente la sélection de paramètre.

Tableau 72 – Sélection de paramètre de couche de 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 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 Couche d'application

11.2.3.1 Généralités

La couche d'application spécifiée dans la CEI 61158-5-17:2007 et la CEI 61158-6-17:2007 doit être utilisée.

11.2.3.2 Sélection de service AL

Le Tableau 73 spécifie la sélection de service AL dans la CEI 61158-5-17:2007.

Tableau 73 – CP 10/1: Sélection de service AL

Article	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 74 spécifie la sélection de protocole AL dans la CEI 61158-6-17:2007.

Tableau 74 – CP 10/1: Sélection de protocole AL

Article	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	Machine de protocole de service FAL (FSPM)	OUI	—
9	Machines de protocole de relation d'application (ARPM)	OUI	—
10	Machine de protocole de mise en correspondance DLL (DMPM)	OUI	—

11.2.4 Sélection d'indicateur de performance

11.2.4.1 Présentation de l'indicateur de performance

Le Tableau 75 présente les indicateurs de performance applicables à CP 10/1.

Tableau 75 – CP 10/1: Présentation de l'indicateur 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 76 présente les dépendances entre les indicateurs de performance pour CP 10/1.

Tableau 76 – 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 la vitesse de transfert des données, en bit;
<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 d'une communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine peut être calculé grâce à la Formule (24).

$$DT_{max1} = 20 \text{ ms} + Cdly \times Clen + Spd \times NoS \quad (24)$$

où

<i>DT_{max1}</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 d'une communication entre deux stations d'extrémité n'appartenant pas au même domaine peut être calculé grâce à la Formule (25).

$$DT_{max2} = 50 \text{ ms} + Cdly \times Clen + Spd \times NoS \quad (25)$$

où

<i>DT_{max2}</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 une communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine peut être calculé grâce à la Formule (26).

$$DT_{lost1} = 10 \text{ ms} + DT_{max1} \quad (26)$$

où

<i>DT_{lost1}</i>	est le temps de remise maximal avec une trame perdue pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine
<i>DT_{max1}</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 une communication entre deux stations d'extrémité n'appartenant pas au même domaine peut être calculé grâce à la Formule (27).

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

où

<i>DT_{lost2}</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>DT_{max2}</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'interconnexions 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 une communication sortant d'un domaine doit être limité à moins de 10 Moctets par seconde. Le débit RTE généré par une 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 appartenant au même domaine est de ± 1 ms ou moins, l'exactitude de la synchronisation temporelle entre deux nœuds 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. Si les deux stations d'extrémité n'appartiennent pas au même domaine, il est inférieur à 600 ms.

11.2.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 77 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance relatif à une communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine.

Tableau 77 – 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	A l'exclusion de cable_delay et de 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 78 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance relatif à une communication entre deux stations d'extrémité n'appartenant pas au même domaine.

Tableau 78 – CP 10/1: ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la communication entre deux stations d'extrémité n'appartenant pas au même domaine

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	50 ms	A l'exclusion de cable_delay et de 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 79 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance relatif à une communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine avec une trame perdue.

Tableau 79 – 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	A l'exclusion de cable_delay et de 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 80 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance relatif à une communication entre deux stations d'extrémité n'appartenant pas au même domaine avec une trame perdue.

Tableau 80 – CP 10/1: ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la communication entre deux stations d'extrémité n'appartenant pas au même domaine avec une trame perdue

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	200 ms	A l'exclusion de cable_delay et de 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 (TCnet¹⁰) – Profils de communication RTE

12.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 11 définit deux types de profil de communication reposant sur la CEI 61158-3-11:2007, la CEI 61158-4-11:2010, la CEI 61158-5-11:2007 et la

¹⁰ Au Japon, TCnet est une appellation commerciale de TOSHIBA Corporation.. 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 ce profil n'implique pas l'utilisation de l'appellation commerciale. L'utilisation de l'appellation commerciale implique l'autorisation de son détenteur.

CEI 61158-6-11:2007 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 couches d'application et de définitions de services DLL et de protocoles issus de la CEI 61158-3-11:2007, de la CEI 61158-4-11:2010, de la CEI 61158-5-11:2007 et de la CEI 61158-6-11:2007.

– Profil 11/2 (TCnet-loop)

Ce profil représente un système de communication TCnet doté d'une topologie en boucle (anneau). Il contient une sélection de couches d'application et de définitions de services DLL et de protocoles issus de la CEI 61158-3-11:2007, de la CEI 61158-4-11:2010, de la CEI 61158-5-11:2007 et de la CEI 61158-6-11:2007.

Le Tableau 81 présente un ensemble de profils TCnet.

Tableau 81 – CPF 11: présentation d'ensembles de profils

Couche	Profil 11/1, profil 11/2
Application	CEI 61158-5-11:2007, CEI 61158-6-11:2007
Liaison de données	CEI 61158-3-11:2007, CEI 61158-4-11:2010
Physique	ISO/CEI 8802-3

12.2 Profil 11/1

12.2.1 Couche physique

La couche physique de 100 Mbits/s doit être conforme à l'ISO/CEI 8802-3.

Les connecteurs et câbles sont spécifiés dans la CEI 61784-5-11:2010 et la CEI 61918:2010.

12.2.2 Couche de liaison de données

12.2.2.1 Sélection de services DLL

Le Tableau 82 spécifie la sélection de service DLL dans la CEI 61158-3-11:2007.

Tableau 82 – CP 11/1: Sélection de service DLL

Article	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 83 spécifie la sélection du protocole DLL dans la CEI 61158-4-11:2010.

Tableau 83 – CP 11/1: Sélection de protocole DLL

Article	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	—	—
4.6.1.2	Récapitulatif des variables, paramètres, compteurs, temporisateurs de l'architecture en étoile	OUI	—
4.6.1.3	Récapitulatif des variables, paramètres, compteurs, temporisateurs de l'architecture en boucle	NON	—
4.6.2	Variables, paramètres, compteurs, temporisateurs et files d'attente communs de Type 11	OUI	—
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 84
6	Structure, codage et éléments de procédure spécifiques à DLPDU	OUI	Voir Tableau 85
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 84 – CP 11/1: sélection de protocole DLL de l'Article 5

Article	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	OUI	—
5.4.6.2	Champ de type de trame (type F)	OUI	—
5.4.6.3	Champ de priorité (Pri)	OUI	—
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 vérification de trame (FCS)	OUI	—
5.5	Ordre de transmission binaire	OUI	—
5.6	DLPDU non valide	OUI	—

Tableau 85 – CP 11/1: sélection de protocole DLL de l'Article 6

Article	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	OUI	—
6.2.3.1	Numéro de nœud d'autorisation d'émission (PN)	OUI	—
6.2.3.2	Mot de commande (CW)	—	—
6.2.3.2.1	Mot de commande de l'architecture en étoile	OUI	—
6.2.3.2.2	Mot de commande de l'architecture en boucle	NON	—
6.2.3.3	Intervalle de temps (ST)	OUI	—
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	—
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	Paramètre de REQ DLPDU	NON	—
6.4.4	Données utilisateur de REQ DLPDU	OUI	—
6.4.5	Envoi de REQ DLPDU	OUI	—
6.4.6	Réception de REQ DLPDU	OUI	—
6.5	DLPDU de revendication (CLM)	OUI	—
6.6	Commande DLPDU (COM)	OUI	—
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	—	—

Article	En-tête	Présence	Contraintes
6.7.3.1	Paramètre d'adresse DLCEP	OUI	—
6.7.3.2	Paramètre de longueur de mot (WD)	—	—
6.7.3.2.1	Longueur de mot de l'architecture en étoile	OUI	—
6.7.3.2.2	Longueur de mot de l'architecture en boucle	NON	—
6.7.5	Envoi de DT ou de DT-CMP DLPDU	OUI	—
6.7.6	Réception de DT ou de DT-CMP DLPDU	OUI	—
6.8	RAS DLPDU (RAS)	OUI	—
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 86 spécifie la sélection de service AL dans la CEI 61158-5-11:2007.

De plus, les services AL sont mis en correspondance avec la suite de protocoles TCP/UDP/IP (voir les RFC 793, RFC 768 et RFC 791, respectivement).

Tableau 86 – CP 11/1: Sélection de service AL

Article	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	Type de données ASE	Partielle	Utilisés si applicable
6	Spécification du modèle de communication	OUI	—

12.2.3.2 Sélection de protocole AL

Le Tableau 87 spécifie la sélection de protocole AL dans la CEI 61158-6-11:2007.

Tableau 87 – CP 11/1: Sélection de protocole AL

Article	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 l'ensemble 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 mise en correspondance DLL (DMPM)	OUI	—

12.2.4 Sélection d'indicateur de performance

12.2.4.1 Présentation de l'indicateur de performance

Le Tableau 88 présente les indicateurs de performance de CP 11/1.

Tableau 88 – CP 11/1: Présentation de l'indicateur 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 89 présente les dépendances entre les indicateurs de performance pour CP 11/1.

Tableau 89 – 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 90 spécifie la sélection de service de données TCC prise en charge par ce profil.

Tableau 90 – CP 11/1: sélection de service de données TCC

Réf. du service	Nom du service	Applicable	Contrainte
CEI 61158-3-11:2007 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 et 160 ms, dont l'unité est au 0,1 ms
CEI 61158-3-11:2007 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 et 1 000 ms, dont l'unité est au 1 ms et multiples de T_h
CEI 61158-3-11:2007 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 et 10 000 ms, dont l'unité est au 1 ms et multiples de T_h

L'indicateur de performance Temps de remise 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'extrémité.

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

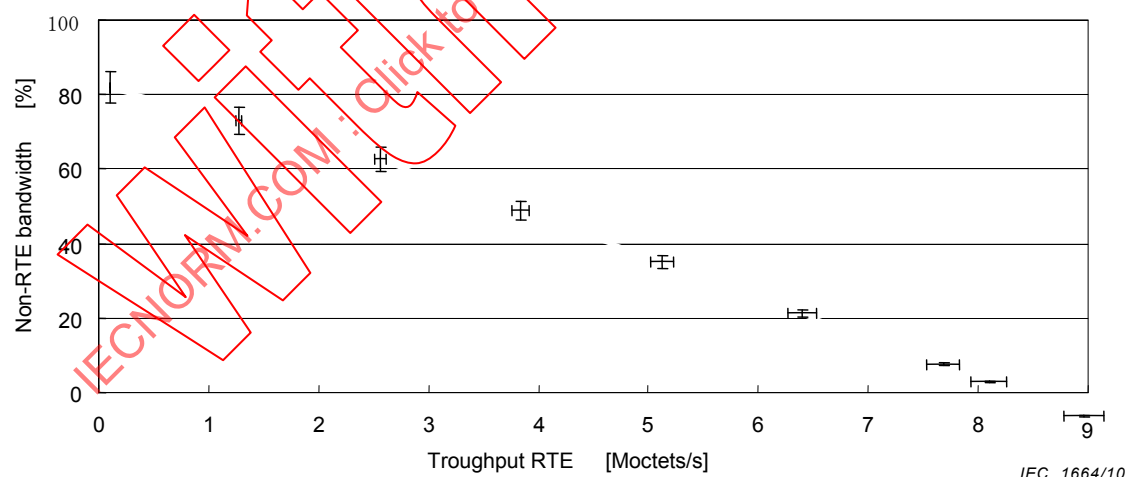
DT_H est le temps de remise des données cycliques à grande vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC;

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 (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'extrémité. T_{SCH} comprend la durée pour le DLPDU de synchronisation et plusieurs DLPDU de transmission complète spécifiés dans la CEI 61158-4-11:2010, Article 6;
TPD	est la somme des délais de propagation du signal (pd) entre les stations d'extrémité. TPD dépend du nombre de concentrateurs placés entre les stations d'extrémité, 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.



Légende

Anglais	Français
Non-RTE bandwidth	Largeur de bande non RTE
Throughput RTE	Débit RTE

Figure 9 – 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 61158-3-11:2007, 4.3. La largeur de bande non RTE indique le pourcentage total

de largeur de bande utilisé pour les communications non RTE par les nœuds utilisant le service de données de messagerie sporadiques spécifié dans la CEI 61158-3-11:2007, 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 Mbits/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 la planification des communications 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 basse vitesse envoyé par toutes les stations d'extrémité;
DTH	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;
DTM	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;
DTL	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 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 placés entre les stations d'extrémité, du délai de propagation du câble et du nombre total de stations d'extrémité, et est lié à la durée 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 en fonction 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'extrémités 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 91 présente l'un des ensembles cohérents d'indicateurs de performance de CP 11/1. Les valeurs du Tableau 91 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 91 – 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 ms	—
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 92 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour CP 11/1. Les valeurs données dans le Tableau 92 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 92 – CP 11/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE et non RTE

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	$DT_H = 2 \text{ ms}$ $DT_M = 20 \text{ ms}$ $DT_I = 200 \text{ ms}$	—
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 $TR_{HS} = 5,1 \text{ Moctets/s}$ $TR_{MS} = 0,6 \text{ Moctets/s}$	$DV_{HS} = 12\,800 \text{ octets}$ $DV_{MS} = 19\,200 \text{ octets}$ $DV_I = 0 \text{ octets}$
Largeur de bande non RTE	< 20 %	—
Exactitude de synchronisation non périodique	< 10 ms	—
Temps de reprise de redondance	0 s	—

12.3 Profil 11/2

12.3.1 Couche physique

La couche physique de 100 Mbits/s doit être conforme à l'ISO/CEI 8802-3.

Les connecteurs et câbles sont spécifiés dans la CEI 61784-5-11:2010 et la CEI 61918:2010.

12.3.2 Couche de liaison de données

12.3.2.1 Sélection de services DLL

La sélection de services DLL est identique à celle indiquée en 12.2.2.1.

12.3.2.2 Sélection de protocole DLL

Le Tableau 93 spécifie la sélection de protocole DLL dans la CEI 61158-4-11:2010.

Tableau 93 – CP 11/2: Sélection de protocole DLL

Article	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 de l'architecture en étoile	NON	—
4.6.1.3	Récapitulatif des variables, paramètres, compteurs, temporisateurs de l'architecture en boucle	OUI	—
4.6.2	Variables, paramètres, compteurs, temporisateurs et files d'attente communs de Type 11	OUI	—
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	—
5	Structure générale et codage des PhIDE et DLPDU et élément de procédure connexe	OUI	Voir Tableau 94
6	Structure, codage et éléments de procédure spécifiques à DLPDU	OUI	Voir Tableau 95
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	OUI	—
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 94 – CP 11/2: sélection de protocole DLL de l'Article 5

Article	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	OUI	—
5.4.6.2	Champ de type de trame (type F)	OUI	—
5.4.6.3	Champ de priorité (Pri)	OUI	—
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 vérification de trame (FCS)	OUI	—
5.5	Ordre de transmission binaire	OUI	—
5.6	DLPDU non valide	OUI	—

Tableau 95 – CP 11/2: sélection de protocole DLL de l'Article 6

Article	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	OUI	—
6.2.3.1	Numéro de nœud d'autorisation d'émission (PN)	OUI	—
6.2.3.2	Mot de commande (CW)	—	—
6.2.3.2.1	Mot de commande de l'architecture en étoile	NON	—
6.2.3.2.2	Mot de commande de l'architecture en boucle	OUI	—
6.2.3.3	Intervalle de temps (ST)	OUI	—
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	—
6.2.3.7	Période de transmission à basse vitesse (TI)	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	—
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	Paramètre de REQ DLPDU	OUI	—
6.4.4	Données utilisateur de REQ DLPDU	OUI	—
6.4.5	Envoi de REQ DLPDU	OUI	—
6.4.6	Réception de REQ DLPDU	OUI	—
6.5	DLPDU de revendication (CLM)	OUI	—
6.6	Commande DLPDU (COM)	OUI	—
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	Longueur de mot de l'architecture en étoile	NON	—
6.7.3.2.2	Longueur de mot de l'architecture en boucle	OUI	—
6.7.5	Envoi de DT ou de DT-CMP DLPDU	OUI	—
6.7.6	Réception de DT ou de DT-CMP DLPDU	OUI	—
6.8	RAS DLPDU (RAS)	OUI	—
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 services 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 de l'indicateur de performance

Le Tableau 96 présente les indicateurs de performance de CP 11/2.

Tableau 96 – CP 11/2: Présentation de l'indicateur 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 97 présente les dépendances entre les indicateurs de performance pour CP 11/2.

Tableau 97 – 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	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 12.3.4.2.5	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 12.3.4.2.6
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 98 spécifie la sélection de service de données TCC prise en charge par ce profil.

Tableau 98 – CP 11/2: sélection de service de données TCC

Réf. du service	Nom du service	Applicable	Contrainte
CEI 61158-3-11:2007 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 et 160 ms, dont l'unité est au 0,1 ms
CEI 61158-3-11:2007 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 et 1 000 ms, dont l'unité est au 1 ms et multiples de T_h

L'indicateur de performance Temps de remise 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

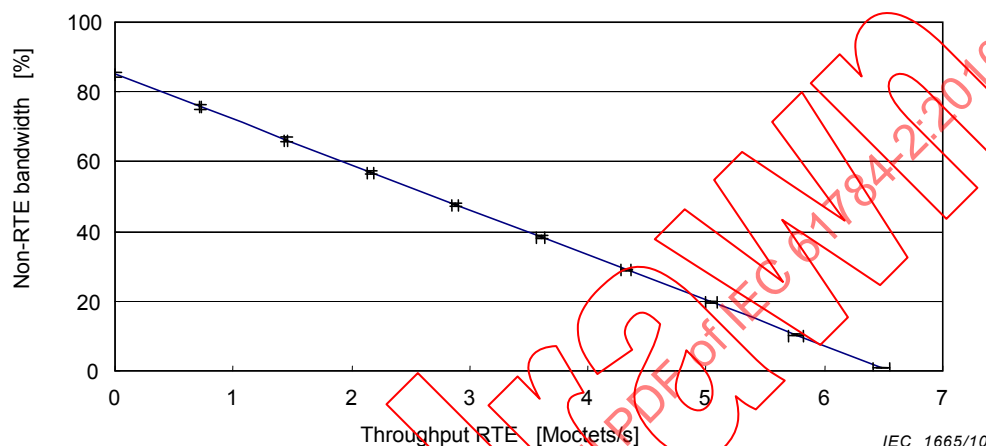
DTH	est le temps de remise des données cycliques à grande vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC;
DTM	est le temps de remise des données cycliques à moyenne vitesse, incluant le temps transversal 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 (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 la DLPDU de synchronisation et plusieurs DLPDU de transmission complète spécifiées dans la CEI 61158-4-11:2010, Article 6;
TPD	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

T_{MS}

achemine les données cycliques à grande vitesse;
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

Figure10 – 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 61158-3-11:2007, 4.3. La largeur de bande non RTE indique le pourcentage total de largeur de bande utilisé pour les communications non RTE par les nœuds utilisant le service de données de messagerie sporadiques spécifié dans la CEI 61158-3-11:2007, 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 Mbits/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 la planification des communications 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;
DTH	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;
DTM	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 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 est lié à la durée de maintenance et de contrôle afin de solliciter de nouvelles stations 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 99 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour CP 11/2. Les valeurs données dans le Tableau 99 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 99 – 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 100 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour CP 11/2. Les valeurs données dans le Tableau 100 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 100 – 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	—

13 Famille de profils de communication 12 (EtherCAT) – Profils de communication RTE

13.1 Présentation générale

EtherCAT¹¹ est une technologie RTE reposant sur l'ISO/CEI 8802-3, la CEI 61158-2:2010, la CEI 61158-3-12:2010, la CEI 61158-4-12:2010, la CEI 61158-5-12:2010 et la CEI 61158-6-12:2010. 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 dispositifs 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 de dispositifs:

- dispositif intelligents ou modulaires avec fonctions de communication boîte aux lettres;
- les dispositifs qui prennent en charge la synchronisation temporelle pour exécuter des actions coordonnées.

Ces trois types de dispositif 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 61158-2:2010 et l'ISO/CEI 8802-3:2002. Le Tableau 101 précise l'utilisation de la couche physique préférée, spécifiée dans l'ISO/CEI 8802-3:2002, incluse dans ce profil. Le Tableau 102 précise l'utilisation d'une couche physique optimisée pour les applications fond de panier, spécifiées dans la CEI 61158-2:2010, incluse dans ce profil.

Tableau 101 – CP 12/1: sélection PhL de la couche physique préférée

Article	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,	Facultatif	Utiliser dans des conditions d'environnement particulières

¹¹ EtherCAT™ est une appellation commerciale de Beckhoff, Verl. 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 ce profil n'implique pas l'utilisation de l'appellation commerciale EtherCAT. L'utilisation de l'appellation commerciale EtherCAT implique l'autorisation de son détenteur.

Article	En-tête	Présence	Contraintes
	type 100BASE-FX		
27	Répéteur pour les réseaux bande de base 100 Mb/s	—	
28	Signalisation de liaison de couche physique pour l'auto-négociation 10 Mb/s, 100 Mb/s et 1 000 Mb/s sur une paire torsadée	Facultatif	Les fonctions d'auto-négociation et d'auto-recouvrement 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 22	MII	OUI	—
Annexe 23A	Mots de code 6T	OUI	—
34 ff	Réseau bande de base 1 000 Mb/s	Facultatif	A usage ultérieur

Tableau 102 – CP 12/1: sélection PhL d'une couche physique optimisée

Article	En-tête	Présence	Contraintes
5	DLL – Interface PhL	—	—
5.8	Type 12: Services requis	OUI	—
6	Gestion de système – Interface PhL	—	—
6.7	Type 12: Gestion de système – Interface PhL	OUI	—
7	Sous-couche indépendante de l'ETCD (DIS)	—	—
7.6	Type 12: DIS	OUI	—
8	Interface ETDD/ETCD et fonctions spécifiques à MIS	—	—
8.5	Type 12: Interface ETDD/ETCD	OUI	Interface non exposée
9	Sous-couche dépendant du support (MDS)	—	—
9.9	Type 12: Support filaire	OUI	—
10	Interface MDS/MAU	—	—
10.7	Type 12: Interface MDS/MAU: Support filaire	OUI	—
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 61158-3-12:2010 et la CEI 61158-4-12:2010. Les Tableaux 103 et 104 précisent respectivement l'utilisation des services et du protocole inclus dans ce profil.

Tableau 103 – CP 12/1: Sélection de service DLL

Article	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
5	Services de communication	—	—
5.1	Services de lecture	Partielle	Services de réponse (.ind/.rsp)
5.2	Services d'écriture	Partielle	Services de réponse (.ind/.rsp)
5.3	Services combinés de lecture/écriture	Partielle	Services de réponse (.ind/.rsp)
5.4	Services de réseau	NON	—
5.5	Boîte aux lettres	NON	—
6	Interactions locales	—	—
6.1	Lecture locale	OUI	—
6.2	Écriture locale	OUI	—

Tableau 104 – CP 12/1: Sélection de protocole DLL

Article	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 DL PDU	OUI	—
5.4	Structure DLPDU de type 12	OUI	—
5.5	Structure de variable réseau	NON	—
5.6	Structure de boîte aux lettres de type 12	NON	—
6	Attributs	—	—
6.1	Gestion	OUI	—
6.2	Statistiques	OUI	—
6.3	Chiens de garde	OUI	—
6.4	Interface d'informations 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 ports
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	—
8	Diagrammes d'états de protocole FDL de Type 12	—	—
8.1	Présentation des automates DL esclaves	Partielle	Machines obligatoires
8.2	Description de l'automate	—	—
8.2.1	Machine d'état du (PSM)	OUI	—
8.2.2	Machine d'état du gestionnaire PDU (DHSM)	OUI	—
8.2.3	Machine d'état du gestionnaire de synchronisation (SYMSM)	OUI	—
8.2.4	Machine d'état de boîte aux lettres résiliente (RMSM)	Facultatif	Si la boîte aux lettres est prise en charge
8.2.5	Machine d'état SII (SIISM)	OUI	—
8.2.6	Machine d'état MII (MIISM)	OUI	—
8.2.7	Machine d'état DC (DCSM)	Partielle	Horodatage des messages si plus de 2 ports

13.2.2.2 Maître EtherCAT

La couche de données est décrite dans la CEI 61158-3-12:2010 et la CEI 61158-4-12:2010. Les Tableaux 105 et 106 précisent respectivement l'utilisation des services et du protocole inclus dans ce profil. Il revient au maître de sélectionner les services utilisés. Les services de lecture et d'écriture à incréments automatiques sont obligatoires.

Tableau 105 – CP 12/1: Sélection de service DLL

Article	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	—
5	Services de communication	—	—
5.1	Services de lecture	Partielle	Services du demandeur (.req.cnf)
5.2	Services d'écriture	Partielle	Services du demandeur (.req.cnf)
5.3	Services combinés de lecture/écriture	Partielle	Services du demandeur (.req.cnf)
5.4	Services de réseau	NON	—
5.5	Boîte aux lettres	NON	—
6	Interactions locales	—	—
6.1	Lecture locale	OUI	—
6.2	Écriture locale	OUI	—

Tableau 106 – CP 12/1: Sélection de protocole DLL

Article	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 DL PDU	OUI	—
5.4	Structure DL PDU de type 12	OUI	—
5.5	Structure de variable réseau	NON	—
5.6	Structure de boîte aux lettres de type 12	NON	—
6	Attributs	—	—
6.1	Gestion	OUI	—
6.2	Statistiques	OUI	—
6.3	Chiens de garde	OUI	—
6.4	Interface d'informations 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 ports
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 automates DL esclaves	NON	—
8.2	Description de l'automate	—	—
8.2.1	Automate de port (PSM)	NON	—
8.2.2	Automate du gestionnaire PDU (DHSM)	NON	—
8.2.3	Automate du gestionnaire de synchronisation (SYMSM)	NON	—
8.2.4	Automate de boîte aux lettres résiliente (RMSM)	NON	—
8.2.5	Automate SII (SIISM)	NON	—

Article	En-tête	Présence	Contraintes
8.2.6	Automate MII (MIISM)	NON	—
8.2.7	Automate DC (DCSM)	NON	—

13.2.3 Couche d'application

13.2.3.1 Esclave EtherCAT

La couche d'application est décrite dans la CEI 61158-5-12:2010 et la CEI 61158-6-12:2010. Les Tableaux 107 et 108 précisent respectivement l'utilisation des services et du protocole inclus dans ce profil.

Tableau 107 – CP 12/1: Sélection de service AL

Article	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	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	Type de données ASE	OUI	—
6	Spécification du modèle de communication de type 12	—	—
6.1	ASE	—	—
6.1.1	ASE de données de processus	OUI	—
6.1.2	SII ASE	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 108 – CP 12/1: Sélection de protocole AL

Article	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 (ARPM)	—	—
6.4.1	Automate AL	OUI	Pas d'amorce et boîte aux lettres de départ requise
6.4.2	Automate du gestionnaire de boîte aux lettres	Facultatif	—
6.4.3	Automate CoE	NON	—
6.4.4	Automate EoE	NON	—
6.4.5	Automate FoE	NON	—

Article	En-tête	Présence	Contraintes
6.5	Machine de protocole de mise en correspondance DLL (DMPM)	OUI	—

13.2.3.2 Maître EtherCAT

La couche d'application est décrite dans la CEI 61158-5-12:2010 et la CEI 61158-6-12:2010. Les Tableaux 109 et 110 précisent respectivement l'utilisation des services et du protocole inclus dans ce profil.

Tableau 109 – CP 12/1: Sélection de service AL

Article	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	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	Type de données ASE	OUI	—
6	Spécification du modèle de communication de type 12	—	—
6.1	ASE	—	—
6.1.1	ASE de données de processus	OUI	—
6.1.2	SII ASE	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 110 – CP 12/1: Sélection de protocole AL

Article	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 (ARPM)	—	—
6.4.1	Automate AL	NON	—
6.4.2	Automate du gestionnaire de boîte aux lettres	NON	—
6.4.3	Automate CoE	NON	—
6.4.4	Automate EoE	NON	—
6.4.5	Automate FoE	NON	—
6.5	Machine de protocole de mise en correspondance DLL (DMPM)	OUI	—

13.2.4 Sélection d'indicateur de performance

13.2.4.1 Présentation de l'indicateur de performance

Le Tableau 111 présente l'utilisation des indicateurs de performance.

Tableau 111 – CP 12/1: Présentation de l'indicateur 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	Le dispositif 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 112 spécifie les dépendances des indicateurs de performance (ligne) issues des indicateurs de performance (colonne).

Tableau 112 – 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 113 présente une page d'indicateurs de performance.

Tableau 113 – 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 ports
Débit RTE	1 – 100 %	—
Largeur de bande non RTE	99 – 0 %	—
Exactitude de synchronisation non périodique	1 – 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 (48).

$$t_D = t_{\text{cycle}} + t_{\text{data}} + t_{\text{cd}} \times l_{\text{tc}} + \sum_{i=1}^{\text{NoS}} t_{\text{pd}}(i) + t_{\text{cpdl}} \quad (48)$$

où

t_D	est le temps de remise;
t_{cycle}	est la durée de cycle ($t_{\text{cycle}} \geq t_{\text{data}}$);
t_{data}	est la durée de transmission de la trame RTE 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 œuvre);
NoS	est le nombre d'esclaves;
t_{cpdl}	est le délai de copie des données à l'intérieur d'un esclave (valeur classique: < 100 ns).

NOTE 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 au dispositif 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

En général, le nombre de stations d'extrémité influence la quantité de données et donc la durée de transmission de la trame de données ainsi que la somme des délais de propagation, et par conséquent le temps de remise calculé dans la Formule (48).

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 (48)).

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 donc le temps de remise (voir (48)).

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 114 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour CP 12/1 pour des systèmes d'automatisation de taille moyenne avec une durée de cycle de 60 μ s.

Tableau 114 – 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 μ s	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 μ s	—
Temps de reprise de redondance	60 μ s	—

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 décrite dans la CEI 61158-3-12:2010 et la CEI 61158-4-12:2010. Les Tableaux 115 et 116 précisent respectivement l'utilisation des services et du protocole inclus dans ce profil.

Tableau 115 – CP 12/2: Sélection de service DLL

Article	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
5	Services de communication	—	—
5.1	Services de lecture	Partielle	Services de réponse (.ind/.rsp)
5.2	Services d'écriture	Partielle	Services de réponse (.ind/.rsp)
5.3	Services combinés de lecture/écriture	Partielle	Services de réponse (.ind/.rsp)
5.4	Services de réseau	NON	—
5.5	Boîte aux lettres	NON	—
6	Interactions locales	—	—
6.1	Lecture locale	OUI	—
6.2	Écriture locale	OUI	—

Tableau 116 – CP 12/2: Sélection de protocole DLL

Article	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 DL PDU	OUI	—
5.4	Structure DL PDU de type 12	OUI	—
5.5	Structure de variable réseau	NON	—
5.6	Structure de boîte aux lettres de type 12	NON	—
6	Attributs	—	—
6.1	Gestion	OUI	—
6.2	Statistiques	OUI	—
6.3	Chiens de garde	OUI	—
6.4	Interface d'informations 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 automates DL esclaves	OUI	—
8.2	Description de l'automate	—	—
8.2.1	Automate de port (PSM)	OUI	—
8.2.2	Automate du gestionnaire PDU (DHSM)	OUI	—
8.2.3	Automate du gestionnaire de synchronisation (SYMSM)	OUI	—
8.2.4	Automate de boîte aux lettres résiliente (RMSM)	OUI	—
8.2.5	Automate SII (SIISM)	OUI	—

Article	En-tête	Présence	Contraintes
8.2.6	Automate MII (MIISM)	OUI	—
8.2.7	Automate DC (DCSM)	OUI	—

13.3.2.2 Maître EtherCAT

La couche de liaison de données est décrite dans la CEI 61158-3-12:2010 et la CEI 61158-4-12:2010. Les Tableaux 117 et 118 précisent respectivement l'utilisation des services et du protocole inclus dans ce profil. Il revient au maître de sélectionner les services utilisés. Les services de lecture et d'écriture à incréments automatiques sont obligatoires.

Tableau 117 – CP 12/2: Sélection de service DLL

Article	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	—
5	Services de communication	—	—
5.1	Services de lecture	Partielle	Services du demandeur (.req/.cnf)
5.2	Services d'écriture	Partielle	Services du demandeur (.req/.cnf)
5.3	Services combinés de lecture/écriture	Partielle	Services du demandeur (.req/.cnf)
5.4	Services de réseau	NON	—
5.5	Boîte aux lettres	NON	—
6	Interactions locales	—	—
6.1	Lecture locale	OUI	—
6.2	Écriture locale	OUI	—

Tableau 118 – CP 12/2: Sélection de protocole DLL

Article	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 DL PDU	OUI	—
5.4	Structure DLPDU de type 12	OUI	—
5.5	Structure de variable réseau	NON	—
5.6	Structure de boîte aux lettres de type 12	NON	—
6	Attributs	—	—
6.1	Gestion	OUI	—
6.2	Statistiques	OUI	—
6.3	Chiens de garde	OUI	—
6.4	Interface d'informations 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	—