



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Industrial communication networks – Fieldbus specifications –
Part 2: Physical layer specification and service definition**

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 25.040.40; 35.100.20; 35.240.50

ISBN 978-2-8322-6552-9

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

CONTENTS

FOREWORD.....	36
0 INTRODUCTION	38
0.1 General.....	38
0.2 Physical layer overview.....	38
0.3 Document overview.....	38
0.4 Major physical layer variations specified in this document.....	39
0.4.1 Type 1 media	39
0.4.1.1 Type 1: Wire media.....	39
0.4.1.2 Type 1: Optical media	39
0.4.2 Type 2: Coaxial wire and optical media	39
0.4.3 Type 3: Twisted-pair wire and optical media.....	39
0.4.4 Type 4: Wire medium	40
0.4.5 Type 8: Twisted-pair wire and optical media.....	40
0.4.6 Type 12: Wire medium	40
0.4.7 Type 16: optical media	40
0.4.8 Type 18: Media	40
0.4.8.1 Type 18: Basic media.....	40
0.4.8.2 Type 18: Powered media	40
0.4.9 Type 20: Media	41
0.4.10 Type 24: Media	41
0.4.10.1 Type 24: Basic media	41
0.4.10.2 Type 24: Powered media	41
0.4.11 Type 28: Media	41
0.5 Patent declaration.....	41
1 Scope.....	43
2 Normative references	43
3 Terms and definitions	46
3.1 Common terms and definitions.....	46
3.2 Type 1: Terms and definitions	50
3.3 Type 2: Terms and definitions	53
3.4 Type 3: Terms and definitions	57
3.5 Type 4: Terms and definitions	60
3.6 Void.....	61
3.7 Type 8: Terms and definitions	61
3.8 Type 12: Terms and definitions	64
3.9 Type 16: Terms and definitions	64
3.10 Type 18: Terms and definitions	67
3.11 Type 24: Terms and definitions	68
3.12 Type 20: Terms and definitions	70
3.13 Type 28: Terms and definitions	72
4 Symbols and abbreviated terms.....	74
4.1 Symbols.....	74
4.1.1 Type 1: Symbols.....	74
4.1.2 Type 2: Symbols	75
4.1.3 Type 3: Symbols	76
4.1.4 Type 4: Symbols	76
4.1.5 Void.....	76

4.1.6	Type 8: Symbols	76
4.1.7	Type 12: Symbols	77
4.1.8	Type 16: Symbols	77
4.1.9	Type 18: Symbols	77
4.1.10	Type 24: Symbols	78
4.1.11	Type 20: Symbols	78
4.1.12	Type 28: Symbols	78
4.2	Abbreviated terms	79
4.2.1	Type 1: Abbreviations	79
4.2.2	Type 2: Abbreviations	80
4.2.3	Type 3: Abbreviations	80
4.2.4	Type 4: Abbreviations	82
4.2.5	Void	82
4.2.6	Type 8: Abbreviations	82
4.2.7	Type 12: Abbreviations	84
4.2.8	Type 16: Abbreviations	84
4.2.9	Type 18: Abbreviations	84
4.2.10	Type 24: Abbreviations	85
4.2.11	Type 20: Abbreviations	85
4.2.12	Type 28: Abbreviations	85
5	DLL – PhL interface	86
5.1	General	86
5.2	Type 1: Required services	87
5.2.1	Primitives of the PhS	87
5.2.2	Notification of PhS characteristics	88
5.2.3	Transmission of Ph-user-data	89
5.2.4	Reception of Ph-user-data	89
5.3	Type 2: Required services	89
5.3.1	General	89
5.3.2	M_symbols	89
5.3.3	PH-LOCK indication	90
5.3.4	PH-FRAME indication	90
5.3.5	PH-CARRIER indication	90
5.3.6	PH-DATA indication	90
5.3.7	PH-STATUS indication	90
5.3.8	PH-DATA request	91
5.3.9	PH-FRAME request	91
5.3.10	PH-JABBER indication	91
5.3.11	Ph-JABBER-CLEAR request	91
5.3.12	Ph-JABBER-TYPE request	91
5.4	Type 3: Required services	92
5.4.1	Synchronous transmission	92
5.4.2	Asynchronous transmission	92
5.5	Type 4: Required services	93
5.5.1	General	93
5.5.2	Primitives of the PhS	93
5.5.3	Transmission of Ph-user data	94
5.6	Void	94
5.7	Type 8: Required services	95

5.7.1	General	95
5.7.2	Primitives of the PhS	95
5.7.3	Overview of the Interactions	96
5.8	Type 12: Required services.....	102
5.9	Type 16: Required services.....	103
5.9.1	Primitives of the PhS	103
5.9.2	Transmission of Ph-user-data	103
5.9.3	Reception of Ph-user-data	104
5.10	Type 18: Required services.....	104
5.10.1	General	104
5.10.2	Primitives of the PhS	104
5.10.3	Transmission of Ph-user-data	105
5.10.4	Reception of Ph-user-data	105
5.11	Type 24: Required services.....	105
5.11.1	General	105
5.11.2	DL_Symbols	106
5.11.3	PLS_CARRIER indication	106
5.11.4	PLS_SIGNAL indication	106
5.11.5	PLS_DATA_VALID indication.....	106
5.11.6	PLS_DATA indication	106
5.11.7	PLS_DATA request.....	106
5.12	Type 20: Required services.....	106
5.12.1	Facilities of the physical layer services	106
5.12.2	Sequence of primitives	107
5.12.3	PH-START service.....	107
5.12.4	PH-DATA service	108
5.12.5	PH-END service	108
5.13	Type 28: Required services.....	109
5.13.1	General	109
5.13.2	Ph-Param (para, value).....	109
5.13.3	Ph-Data (length, data, status).....	110
5.13.4	Ph-Clock-Sync (command, data, ofdmtiming).....	111
6	Systems management – PhL interface	112
6.1	General.....	112
6.2	Type 1: Systems management – PhL interface.....	112
6.2.1	Required services	112
6.2.2	Service primitive requirements.....	112
6.3	Type 3: Systems management – PhL interface.....	114
6.3.1	Synchronous transmission	114
6.3.2	Asynchronous transmission	114
6.4	Type 4: Systems management – PhL interface.....	119
6.4.1	Required Services	119
6.4.2	Service primitive requirements.....	120
6.5	<i>Void</i>	120
6.6	Type 8: Systems management – PhL interface.....	120
6.6.1	Functionality of the PhL Management	120
6.6.2	PhL-PNM1 Interface	120
6.7	Type 12: Systems management – PhL interface.....	125
6.8	Type 18: Systems management – PhL interface.....	125

6.8.1	General	125
6.8.2	Required services	125
6.8.3	Service primitive requirements	125
6.9	Type 24: Systems management – PhL interface	126
6.10	Type 28: Systems management – PhL interface	126
6.10.1	General	126
6.10.2	PhL related management information table	126
6.10.3	Service primitive	132
7	DCE independent sublayer (DIS)	135
7.1	General	135
7.2	Type 1: DIS	136
7.3	Type 3: DIS	136
7.3.1	Synchronous transmission	136
7.3.2	Asynchronous transmission	136
7.4	<i>Void</i>	136
7.5	Type 8: DIS	136
7.5.1	General	136
7.5.2	Function	136
7.5.3	Serial transmission	136
7.5.4	MDS coupling	137
7.6	Type 12: DIS	138
7.7	Type 28: DIS	138
8	DTE – DCE interface and MIS-specific functions	138
8.1	General	138
8.2	Type 1: DTE – DCE interface	139
8.2.1	Services	139
8.2.2	Signaling interfaces	140
8.3	Type 3: DTE – DCE interface	149
8.3.1	Synchronous transmission	149
8.3.2	Asynchronous transmission	149
8.4	Type 8: MIS – MDS interface	150
8.4.1	General	150
8.4.2	Services	150
8.4.3	Interface signals	151
8.4.4	Converting the services to the interface signals	152
8.5	Type 12: DTE – DCE interface	159
8.6	Type 28: DTE – DCE interface and MIS Specific function	159
8.6.1	General	159
8.6.2	MIS Specific function	159
8.6.3	DTE – DCE interface	166
9	Medium dependent sublayer (MDS)	168
9.1	General	168
9.2	Type 1: MDS: Wire and optical media	168
9.2.1	PhPDU	168
9.2.2	Encoding and decoding	168
9.2.3	Polarity detection	170
9.2.4	Start of frame delimiter	170
9.2.5	End of frame delimiter	170
9.2.6	Preamble	170

9.2.7	Synchronization	171
9.2.8	Post-transmission gap	171
9.2.9	Inter-channel signal skew	171
9.3	Void	171
9.4	Type 2: MDS: Wire and optical media	172
9.4.1	General	172
9.4.2	Clock accuracy	172
9.4.3	Data recovery	172
9.4.4	Data encoding rules.....	172
9.5	Type 3: MDS: Wire and optical media	173
9.5.1	Synchronous transmission	173
9.5.2	Asynchronous transmission	173
9.6	Type 4: MDS: Wire medium	173
9.6.1	Half-duplex	173
9.6.2	Full-duplex.....	175
9.6.3	Full-duplex UDP	177
9.7	Void.....	178
9.8	Type 8: MDS: Wire and optical media	178
9.8.1	Function	178
9.8.2	PhPDU formats.....	179
9.8.3	Idle states.....	183
9.8.4	Reset PhPDU	183
9.8.5	MAU coupling	184
9.9	Type 12: MDS: Wire media	185
9.10	Type 16: MDS: Optical media.....	185
9.10.1	Data encoding rules.....	185
9.10.2	Telegrams and fill characters.....	186
9.11	Type 18: MDS: Wire media	186
9.11.1	Overview	186
9.11.2	Transmission	187
9.11.3	Reception	187
9.12	Type 24: MDS: Twisted-pair wire	187
9.12.1	General	187
9.12.2	Clock accuracy	187
9.12.3	Data recovery	188
9.12.4	Data encoding rules.....	188
9.13	Type 28: MDS: Twisted-pair wire and coaxial media	189
9.13.1	General	189
9.13.2	MDS specification.....	189
10	MDS – MAU interface	196
10.1	General.....	196
10.2	Type 1: MDS – MAU interface: Wire and optical media	197
10.2.1	Services	197
10.2.2	Service specifications	197
10.2.3	Signal characteristics.....	197
10.2.4	Communication mode	198
10.2.5	Timing characteristics.....	198
10.3	Void.....	198
10.4	Type 2: MDS – MAU interface: Wire and optical media	198

10.4.1	MDS – MAU interface: general.....	198
10.4.2	MDS – MAU interface: 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire.....	199
10.4.3	MDS – MAU interface 5 Mbit/s, optical medium.....	199
10.4.4	MDS – MAU interface Network Access Port (NAP).....	200
10.5	Type 3: MDS – MAU interface: Wire and optical media	200
10.5.1	Synchronous transmission	200
10.5.2	Asynchronous transmission	201
10.6	Type 8: MDS – MAU interface: Wire and optical media	201
10.6.1	Overview of the services.....	201
10.6.2	Description of the services.....	201
10.6.3	Time response.....	202
10.6.4	Transmission mode	202
10.7	Type 18: MDS – MAU interface: Wire media	203
10.7.1	General	203
10.7.2	Services	203
10.7.3	Service specifications	203
10.7.4	Signal characteristics.....	203
10.7.5	Communication mode	204
10.7.6	Timing characteristics	204
10.8	Type 24: MDS – MAU interface: Twisted-pair wire medium	204
10.8.1	Overview of service	204
10.8.2	Description of the services.....	204
10.9	Type 28: MDS – MAU interface: Twisted-pair wire and coaxial media	205
10.9.1	General	205
10.9.2	Services	205
10.9.3	Service process.....	206
10.9.4	Service specifications	206
10.9.5	Transmit specifications	207
11	Types 1 and 7: Medium attachment unit: voltage mode, linear-bus-topology 150 Ω twisted-pair wire medium	208
11.1	General.....	208
11.2	Bit-rate-dependent quantities	208
11.3	Network specifications	209
11.3.1	Components	209
11.3.2	Topologies.....	209
11.3.3	Network configuration rules	210
11.3.4	Power distribution rules for network configuration	211
11.4	MAU transmit circuit specification	211
11.4.1	Summary	211
11.4.2	MAU test configuration	212
11.4.3	MAU output level requirements.....	213
11.4.4	MAU output timing requirements.....	214
11.4.5	Signal polarity.....	215
11.5	MAU receive circuit specification.....	216
11.5.1	Summary	216
11.5.2	Input impedance	216
11.5.3	Receiver sensitivity and noise rejection	217
11.5.4	Received bit cell jitter	217
11.5.5	Interference susceptibility and error rates	217

11.6	Jabber inhibit	218
11.7	Power distribution	218
11.7.1	Overview	218
11.7.2	Supply voltage	219
11.7.3	Powered via signal conductors	219
11.7.4	Powered separately from signal conductors	220
11.7.5	Electrical isolation	220
11.8	Medium specifications	221
11.8.1	Connector	221
11.8.2	Standard test cable	221
11.8.3	Coupler	222
11.8.4	Splices	222
11.8.5	Terminator	222
11.8.6	Shielding rules	222
11.8.7	Grounding (earthing) rules	223
11.8.8	Color coding of cables	223
12	Types 1 and 3: Medium attachment unit: 31,25 kbit/s, voltage-mode with low-power option, bus- and tree-topology, 100 Ω wire medium	223
12.1	General	223
12.2	Transmitted bit rate	224
12.3	Network specifications	224
12.3.1	Components	224
12.3.2	Topologies	224
12.3.3	Network configuration rules	225
12.3.4	Power distribution rules for network configuration	226
12.4	MAU transmit circuit specification	227
12.4.1	Summary	227
12.4.2	MAU test configuration	227
12.4.3	MAU output level requirements	227
12.4.4	Output timing requirements	228
12.4.5	Signal polarity	229
12.4.6	Transition from receive to transmit	229
12.5	MAU receive circuit specification	229
12.5.1	Summary	229
12.5.2	Input impedance	230
12.5.3	Receiver sensitivity and noise rejection	230
12.5.4	Received bit cell jitter	230
12.5.5	Interference susceptibility and error rates	230
12.6	Jabber inhibit	231
12.7	Power distribution	231
12.7.1	General	231
12.7.2	Supply voltage	232
12.7.3	Powered via signal conductors	232
12.7.4	Power supply impedance	234
12.7.5	Powered separately from signal conductors	237
12.7.6	Electrical isolation	237
12.8	Medium specifications	237
12.8.1	Connector	237
12.8.2	Standard test cable	237

12.8.3	Coupler.....	238
12.8.4	Splices	239
12.8.5	Terminator	239
12.8.6	Shielding rules.....	240
12.8.7	Grounding (earthing) rules.....	240
12.8.8	Color coding of cables	240
12.9	Intrinsic safety	241
12.9.1	General	241
12.9.2	Intrinsic safety barrier	241
12.9.3	Barrier and terminator placement.....	241
12.10	Galvanic isolators	241
13	Type 1: Medium attachment unit: current mode, twisted-pair wire medium	241
13.1	General.....	241
13.2	Transmitted bit rate.....	242
13.3	Network specifications	242
13.3.1	Components	242
13.3.2	Topologies.....	242
13.3.3	Network configuration rules	242
13.3.4	Power distribution rules for network configuration	244
13.4	MAU transmit circuit specification	244
13.4.1	General	244
13.4.2	Test configuration	245
13.4.3	Output level requirements.....	245
13.4.4	Output timing requirements.....	245
13.5	MAU receive circuit specification.....	246
13.5.1	General	246
13.5.2	Input impedance	247
13.5.3	Receiver sensitivity and noise rejection	247
13.5.4	Received bit cell jitter	247
13.5.5	Interference susceptibility and error rates	247
13.6	Jabber inhibit	248
13.7	Power distribution	248
13.7.1	General	248
13.7.2	Powered via signal conductors	249
13.7.3	Powered separately from signal.....	249
13.7.4	Electrical isolation	249
13.8	Medium specifications.....	250
13.8.1	Connector.....	250
13.8.2	Standard test cable.....	250
13.8.3	Coupler.....	251
13.8.4	Splices	251
13.8.5	Terminator	251
13.8.6	Shielding rules.....	251
13.8.7	Grounding rules.....	252
13.8.8	Color coding of cables	252
14	Type 1: Medium attachment unit: current mode (1 A), twisted-pair wire medium	252
14.1	General.....	252
14.2	Transmitted bit rate.....	252
14.3	Network specifications	252

14.3.1	Components	252
14.3.2	Topologies.....	253
14.3.3	Network configuration rules	253
14.3.4	Power distribution rules for network configuration	255
14.4	MAU transmit circuit specification	255
14.4.1	General	255
14.4.2	Configuration.....	255
14.4.3	Output level requirements.....	256
14.4.4	Output timing requirements.....	256
14.5	MAU receive circuit specification.....	257
14.5.1	General	257
14.5.2	Input impedance	257
14.5.3	Receiver sensitivity and noise rejection	257
14.5.4	Received bit cell jitter	257
14.5.5	Interference susceptibility and error rates	258
14.6	Jabber inhibit	258
14.7	Power distribution	258
14.7.1	General	258
14.7.2	Powered via signal conductors	259
14.7.3	Powered separately from signal.....	260
14.7.4	Electrical isolation	260
14.8	Medium specifications.....	260
14.8.1	Connector.....	260
14.8.2	Standard test cable.....	260
14.8.3	Coupler.....	260
14.8.4	Splices	260
14.8.5	Terminator	260
14.8.6	Shielding rules.....	261
14.8.7	Grounding rules.....	261
14.8.8	Color coding of cables	261
15	Types 1 and 7: Medium attachment unit: dual-fiber optical media	261
15.1	General.....	261
15.2	Bit-rate-dependent quantities	261
15.3	Network specifications	262
15.3.1	Components	262
15.3.2	Topologies.....	262
15.3.3	Network configuration rules	262
15.4	MAU transmit circuit specifications.....	263
15.4.1	Test configuration.....	263
15.4.2	Output level specification.....	263
15.4.3	Output timing specification.....	263
15.5	MAU receive circuit specifications.....	264
15.5.1	General	264
15.5.2	Receiver operating range.....	264
15.5.3	Maximum received bit cell jitter.....	264
15.5.4	Interference susceptibility and error rates	265
15.6	Jabber inhibit	266
15.7	Medium specifications.....	266
15.7.1	Connector.....	266

15.7.2	Standard test fiber	266
15.7.3	Optical passive star	266
15.7.4	Optical active star	266
16	Type 1: Medium attachment unit: 31,25 kbit/s, single-fiber optical medium	268
16.1	General.....	268
16.2	Transmitted bit rate.....	268
16.3	Network specifications	268
16.3.1	Components	268
16.3.2	Topologies.....	268
16.3.3	Network configuration rules	268
16.4	MAU transmit circuit specifications.....	269
16.4.1	Test configuration.....	269
16.4.2	Output level specification.....	269
16.4.3	Output timing specification.....	269
16.5	MAU receive circuit specifications	269
16.5.1	General	269
16.5.2	Receiver operating range.....	269
16.5.3	Maximum received bit cell jitter.....	269
16.5.4	Interference susceptibility and error rates	269
16.6	Jabber inhibit	269
16.7	Medium specifications.....	270
16.7.1	Connector.....	270
16.7.2	Standard test fiber	270
16.7.3	Optical passive star	270
16.7.4	Optical active star.....	270
17	Void.....	271
18	Type 2: Medium attachment unit: 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire medium	271
18.1	General.....	271
18.2	Transceiver: 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire	272
18.3	Transformer 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire	277
18.4	Connector 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire medium	278
18.5	Topology 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire medium	278
18.6	Taps 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire medium.....	280
18.6.1	Description	280
18.6.2	Requirements	280
18.6.3	Spur	282
18.7	Trunk 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire medium	282
18.7.1	Trunk Cable.....	282
18.7.2	Connectors	283
19	Type 2: Medium attachment unit: 5 Mbit/s, optical medium	283
19.1	General.....	283
19.2	Transceiver 5 Mbit/s, optical medium	283
19.3	Topology 5 Mbit/s, optical medium	284
19.4	Trunk fiber 5 Mbit/s, optical medium.....	284
19.5	Trunk connectors 5 Mbit/s, optical medium	285
19.6	Fiber specifications 5 Mbit/s, optical medium	285
20	Type 2: Medium attachment unit: network access port (NAP).....	288
20.1	General.....	288

20.2	Signaling.....	289
20.3	Transceiver.....	290
20.4	Connector.....	290
20.5	Cable.....	290
21	Type 3: Medium attachment unit: synchronous transmission, 31,25 kbit/s, voltage mode, wire medium.....	291
21.1	General.....	291
21.2	Transmitted bit rate.....	292
21.3	Network specifications.....	292
21.3.1	Components.....	292
21.3.2	Topologies.....	293
21.3.3	Network configuration rules.....	293
21.3.4	Power distribution rules for network configuration.....	295
21.4	Transmit circuit specification for 31,25 kbit/s voltage-mode MAU.....	295
21.4.1	Summary.....	295
21.4.2	Test configuration.....	295
21.4.3	Impedance.....	295
21.4.4	Symmetry.....	296
21.4.5	Output level requirements.....	298
21.4.6	Output timing requirements.....	298
21.4.7	Signal polarity.....	298
21.5	Receive circuit specification for 31,25 kbit/s voltage-mode MAU.....	298
21.6	Jabber inhibit.....	298
21.7	Power distribution.....	298
21.7.1	General.....	298
21.7.2	Supply voltage.....	299
21.7.3	Powered via signal conductors.....	299
21.7.4	Electrical isolation.....	300
21.8	Medium specifications.....	301
21.8.1	Connector.....	301
21.8.2	Standard test cable.....	301
21.8.3	Coupler.....	301
21.8.4	Splices.....	301
21.8.5	Terminator.....	301
21.8.6	Shielding rules.....	302
21.8.7	Grounding rules.....	302
21.8.8	Cable colours.....	302
21.9	Intrinsic safety.....	302
21.9.1	General.....	302
21.9.2	Intrinsic safety barrier.....	302
21.9.3	Barrier and terminator placement.....	303
21.10	Galvanic isolators.....	303
21.11	Coupling elements.....	303
21.11.1	General.....	303
21.11.2	MBP-IS repeater.....	303
21.11.3	MBP-IS – RS 485 signal coupler.....	304
21.12	Power supply.....	305
21.12.1	General.....	305
21.12.2	Non-intrinsically safe power supply.....	306

21.12.3	Intrinsically safe power supply	306
21.12.4	Power supply of the category "ib"	307
21.12.5	Power supply in category "ia"	308
21.12.6	Reverse powering	309
22	Type 3: Medium attachment unit: asynchronous transmission, wire medium	309
22.1	Medium attachment unit for non intrinsic safety	309
22.1.1	Characteristics	309
22.1.2	Medium specifications	311
22.1.3	Transmission method	314
22.2	Medium attachment unit for intrinsic safety	315
22.2.1	Characteristics	315
22.2.2	Medium specifications	317
22.2.3	Transmission method	319
22.2.4	Intrinsic safety	323
23	Type 3: Medium attachment unit: asynchronous transmission, optical medium	326
23.1	Characteristic features of optical data transmission	326
23.2	Basic characteristics of an optical data transmission medium	327
23.3	Optical network	327
23.4	Standard optical link	328
23.5	Network structures built from a combination of standard optical links	328
23.6	Bit coding	329
23.7	Optical signal level	329
23.7.1	General	329
23.7.2	Characteristics of optical transmitters	329
23.7.3	Characteristics of optical receivers	331
23.8	Temporal signal distortion	332
23.8.1	General	332
23.8.2	Signal shape at the electrical input of the optical transmitter	332
23.8.3	Signal distortion due to the optical transmitter	332
23.8.4	Signal distortion due to the optical receiver	333
23.8.5	Signal influence due to coupling components	334
23.8.6	Chaining standard optical links	334
23.9	Bit error rate	335
23.10	Connectors for fiber optic cable	335
23.11	Redundancy in optical transmission networks	335
24	Type 4: Medium attachment unit: RS-485	335
24.1	General	335
24.2	Overview of the services	335
24.3	Description of the services	336
24.3.1	Transmit signal (TxS)	336
24.3.2	Transmit enable (TxE)	336
24.3.3	Receive signal (RxS)	336
24.4	Network	336
24.4.1	General	336
24.4.2	Topology	336
24.5	Electrical specification	336
24.6	Time response	336
24.7	Interface to the transmission medium	336
24.8	Specification of the transmission medium	337

24.8.1	Cable connectors.....	337
24.8.2	Cable.....	337
25	Void.....	337
26	Void.....	337
27	Type 8: Medium attachment unit: twisted-pair wire medium	337
27.1	MAU signals.....	337
27.2	Transmission bit rate dependent quantities	338
27.3	Network	338
27.3.1	General	338
27.3.2	Topology	339
27.4	Electrical specification	339
27.5	Time response	339
27.6	Interface to the transmission medium.....	339
27.6.1	General	339
27.6.2	Incoming interface	339
27.6.3	Outgoing interface	340
27.7	Specification of the transmission medium.....	340
27.7.1	Cable connectors.....	340
27.7.2	Cable.....	340
27.7.3	Terminal resistor.....	342
28	Type 8: Medium attachment unit: optical media	342
28.1	General.....	342
28.2	Transmission bit rate dependent quantities	343
28.3	Network topology	343
28.4	Transmit circuit specifications	344
28.4.1	Data encoding rules.....	344
28.4.2	Test configuration	344
28.4.3	Output level specification.....	344
28.4.4	Output timing specification.....	345
28.5	Receive circuit specifications	345
28.5.1	Decoding rules	345
28.5.2	Fiber optic receiver operating range	345
28.5.3	Maximum received bit cell jitter.....	345
28.6	Specification of the transmission medium.....	346
28.6.1	Connector.....	346
28.6.2	Fiber optic cable specification: polymer optical fiber cable	346
28.6.3	Fiber optic cable specification: plastic clad silica fiber cable	348
28.6.4	Standard test fiber	349
29	Type 12: Medium attachment unit: Power combined with Ethernet Physical Layer Device (PHY).....	349
29.1	Electrical characteristics	349
29.1.1	Relationship to the Ethernet architecture	349
29.1.2	General power requirements.....	352
29.1.3	Power sourcing equipment.....	353
29.1.4	Powered device	354
29.1.5	Inrush current and overload protection.....	354
29.1.6	Dynamic change of current	355
29.1.7	Changes related to worst-case droop of transformer	356

29.1.8	Additional electrical specifications	356
29.2	Medium specifications	357
29.2.1	Connector	357
29.2.2	Wire	357
30	Type 16: Medium attachment unit: optical fiber medium at 2 Mbit/s, 4 Mbit/s, 8 Mbit/s and 16 Mbit/s	357
30.1	Structure of the transmission lines	357
30.2	Time performance of bit transmission	358
30.2.1	Introduction	358
30.2.2	Master and slave in test mode	358
30.2.3	Data rate	360
30.2.4	Input-output performance of the slave	361
30.2.5	Idealized waveform	364
30.3	Connection to the optical fiber	364
30.3.1	Introduction	364
30.3.2	Master connection	365
30.3.3	Slave connection	368
30.3.4	Interactions of the connections	369
31	Type 18: Medium attachment unit: basic medium	370
31.1	General	370
31.2	Data signal encoding	371
31.3	Signal loading	371
31.4	Signal conveyance requirements	371
31.5	Media	371
31.5.1	General	371
31.5.2	Topology	371
31.5.3	Signal cable specifications	373
31.5.4	Media termination	373
31.6	Endpoint and branch trunk cable connectors	373
31.7	Recommended type 18-PhL-B MAU circuitry	373
32	Type 18: Medium attachment unit: powered medium	374
32.1	General	374
32.2	Data signal encoding	375
32.3	Signal loading	375
32.4	Signal conveyance requirements	375
32.5	Media	375
32.5.1	General	375
32.5.2	Topology	375
32.5.3	Topology requirements	377
32.5.4	Signal cable specifications	378
32.5.5	Media termination	378
32.6	Endpoint and branch trunk cable connectors	378
32.6.1	Device connector	378
32.6.2	Flat-cable connector	378
32.6.3	Round cable connector	378
32.6.4	Round cable alternate connector	378
32.6.5	T-branch coupler	379
32.7	Embedded power distribution	379
32.7.1	General	379

32.7.2	Power source	379
32.7.3	Power loading.....	380
32.8	Recommended type 18-PhL-P MAU circuitry.....	381
32.8.1	General	381
32.8.2	Communications element galvanic isolation.....	381
32.8.3	Power	382
33	Type 24: Medium attachment unit: twisted-pair wire medium	383
33.1	General.....	383
33.2	Network	383
33.2.1	Component.....	383
33.2.2	Topology	383
33.3	Electrical specification	384
33.4	Medium specifications.....	384
33.4.1	Connector.....	384
33.4.2	Cable.....	385
33.4.3	Grounding and shielding rules	386
33.4.4	Bus terminator.....	386
33.4.5	Bit coding	387
33.4.6	Transceiver control.....	387
33.4.7	Transformer.....	388
33.4.8	Output level requirement	389
33.4.9	Interface to the transmission medium	389
34	Type 20: Medium attachment unit: FSK medium	391
34.1	Overview.....	391
34.2	PhPDU.....	392
34.2.1	PhPDU structure.....	392
34.2.2	PhPDU transmission.....	392
34.2.3	PhPDU reception.....	393
34.2.4	Preamble length	393
34.3	Device types	393
34.3.1	General	393
34.3.2	Impedance type.....	393
34.3.3	Connection type.....	394
34.3.4	Device parameters.....	396
34.4	Network configuration rules.....	396
34.5	Digital transmitter specification	397
34.5.1	Test configuration	397
34.5.2	Bit rate and modulation.....	398
34.5.3	Amplitude	398
34.5.4	Timing	400
34.5.5	Digital signal spectrum	401
34.6	Digital receiver specification	401
34.7	Analog signaling	403
34.7.1	Analog signal spectrum	403
34.7.2	Interference to digital signal.....	403
34.8	Device impedance	404
34.8.1	High impedance device.....	404
34.8.2	Low impedance device	404
34.8.3	Secondary device	404

34.9	Interference to analog and digital signals	405
34.9.1	Connection or disconnection of secondary device	405
34.9.2	Cyclic connection.....	405
34.9.3	Output during silence.....	405
34.10	Non-communicating devices	406
34.10.1	Network power supply.....	406
34.10.2	Barrier	407
34.10.3	Miscellaneous hardware	409
35	Type 28: Twisted-pair wire and coaxial media.....	410
35.1	Overview.....	410
35.2	Network Topology	410
35.3	Electrical specifications.....	411
35.4	Transmission Medium Interface	411
35.5	Medium.....	412
35.5.1	Cable.....	412
35.5.2	Connector.....	413
35.5.3	Terminal resistor.....	413
Annex A	(normative) Type 1: Connector specification	414
A.1	Internal connector for wire medium	414
A.2	External connectors for wire medium	415
A.2.1	General	415
A.2.2	External connector for harsh industrial environments	415
A.2.3	External connector for typical industrial environments.....	418
A.3	External connectors for optical medium.....	420
A.3.1	General	420
A.3.2	External connector for typical industrial environments.....	420
Annex B	(informative) Types 1 and 3: Cable specifications and trunk and spur lengths for the 31,25 kbit/s voltage-mode MAU	422
B.1	Cable description and specifications	422
B.2	Typical trunk and spur lengths	422
Annex C	(informative) Types 1 and 7: Optical passive stars	424
C.1	Definition	424
C.2	Example of attenuations.....	424
Annex D	(informative) Types 1 and 7: Star topology.....	425
D.1	Examples of topology.....	425
D.2	Optical power budget	426
D.2.1	General	426
D.2.2	Passive star topology (31,25 kbit/s, single fiber mode, optical MAU).....	426
D.2.3	Active star topology (optical MAU)	426
D.3	Mixed with wire media.....	427
Annex E	(informative) Type 1: Alternate fibers	429
E.1	Alternate fibers for dual-fiber mode	429
E.2	Alternate fibers for single-fiber mode	429
Annex F	(normative) Type 2: Connector specification	430
F.1	Connector for coaxial wire medium	430
F.2	Connector for optical medium	430
F.2.1	General requirements	430
F.2.2	Connector for short range optical medium.....	430

F.2.3	Connector for medium and long range optical medium.....	431
F.3	Connector for NAP medium.....	431
Annex G (normative)	Type 2: Repeater machine sublayers (RM, RRM) and redundant PhLs.....	433
G.1	General.....	433
G.2	Repeater machine (RM) sublayer.....	433
G.2.1	Requirements	433
G.2.2	RM sublayer state machine (informative).....	434
G.3	Redundant PhL.....	435
G.4	Ring repeater machine (RRM) sublayer.....	437
G.4.1	Requirements	437
G.4.2	RRM sublayer operation	438
Annex H (informative)	Type 2: Reference design examples.....	444
H.1	MAU: 5 Mbit/s, voltage mode, coaxial wire	444
H.1.1	Transceiver reference design example.....	444
H.1.2	Transformer reference design example.....	447
H.1.3	Tap reference design example.....	447
H.2	Network access port (NAP)	448
Annex I (normative)	Type 3: Connector specification.....	450
I.1	Connector for synchronous transmission.....	450
I.1.1	General	450
I.1.2	Pin assignment of M12 circular connector.....	450
I.1.3	Connection between a tee and a station	451
I.2	Connector for asynchronous transmission.....	451
I.2.1	Connector for non-intrinsic safe asynchronous transmission	451
I.2.2	Connector for intrinsic safe asynchronous transmission.....	452
I.3	Connectors for fiber optic cable	456
I.3.1	Connectors for glass fiber optic cable (850 nm and 1 300 nm wavelength).....	456
I.3.2	Connectors for plastic and glass fiber optic cable (660 nm wavelength).....	456
Annex J (normative)	Type 3: Redundancy of PhL and medium.....	457
Annex K (normative)	Type 3: Optical network topology	458
K.1	Signal flow in an optical network	458
K.2	Connection to a network with echo.....	458
K.3	Connection to a network without echo.....	458
K.4	Optical MAU with echo function.....	459
K.5	Optical MAU without echo function.....	459
K.6	Examples of topology.....	460
K.6.1	General	460
K.6.2	Star topology	460
K.6.3	Ring topology	461
K.6.4	Bus topology.....	461
K.6.5	Tree topology	461
K.6.6	TIA-485-A/ fibre optic converter	462
K.7	Optical power budget	463
K.7.1	General	463
K.7.2	Limiting conditions	463
K.7.3	62,5/125 µm multi-mode glass fiber	464
K.7.4	9/125 µm single mode glass fiber	464

K.7.5	980/1 000 µm multi-mode plastic fiber	465
K.7.6	Multi-mode glass fiber 200/230 µm fiber	466
Annex L (informative)	Type 3: Reference design examples for asynchronous transmission, wire medium, intrinsically safe	467
L.1	Bus termination in the communication device	467
L.2	Bus termination in the connector	467
L.3	External bus termination	468
Annex M (normative)	Type 8: Connector specification	469
M.1	External connectors for wire medium	469
M.1.1	Subminiature D connector pin assignment	469
M.1.2	Terminal connector pin assignment	469
M.2	External connectors for fiber optic medium	470
M.3	External connectors for hybrid connectors for IP65 applications	470
Annex N (normative)	Type 16: Connector specification	474
Annex O (normative)	Type 16: Optical network topology	475
O.1	Topology	475
O.2	Optical power budget	476
O.2.1	Optical signals on the transmission line	476
O.2.2	Transmitter specifications	476
O.2.3	Receiver specifications	477
O.2.4	Fiber optic cable	478
O.2.5	System data of the optical transmission path	478
Annex P (informative)	Type 16: Reference design example	480
P.1	Functional principles of the repeater circuit	480
P.2	Attenuation on the transmission line	483
Annex Q (normative)	Type 18: Connector specification	484
Q.1	Overview	484
Q.2	Device connector	484
Q.3	Flat-cable connector	485
Q.4	Round cable connector	486
Q.5	Round cable alternate connector	487
Annex R (normative)	Type 18: Media cable specifications	489
R.1	Type 18-PhL-B cable	489
R.2	Type 18-PhL-P cable	490
R.2.1	Flat cable	490
R.2.2	Round cable – preferred	491
R.2.3	Round cable – alternate	492
Annex S (normative)	Type 24: Connector specification	493
S.1	Overview	493
S.2	Type 24-1 connector	493
S.2.1	Type 24-1 device connector	493
S.2.2	Type 24-1 cable connector	494
S.3	Type 24-2 connector	495
S.3.1	Type 24-2 device connector	495
S.3.2	Type 24-2 cable connector	495
S.4	Type 24-3 connector	495
S.4.1	Type 24-3 device connector	495
S.4.2	Type 24-3 cable connector	497

Annex T (informative) Type 20: Network topology, cable characteristics and lengths, power distribution through barriers, and shielding and grounding.....	499
T.1 Topology examples.....	499
T.1.1 General.....	499
T.1.2 Point-to-point current input network.....	499
T.1.3 Point-to-point current output network.....	500
T.1.4 Multi-drop network.....	501
T.1.5 Multi-drop network with analog signaling.....	502
T.1.6 Series connected network.....	503
T.2 Cable description and specifications.....	504
T.2.1 General.....	504
T.2.2 Single pair cable length.....	505
T.2.3 Multi-pair cable length.....	518
T.3 Power distribution through barriers.....	518
T.4 Shielding and grounding.....	519
Annex U (informative) Type 24: Media cable specifications and Network topologies twisted-pair wire medium.....	521
U.1 Network.....	521
U.1.1 Component.....	521
U.1.2 Topology.....	521
U.2 Medium specifications.....	522
U.2.1 Cable.....	522
U.2.2 Tap.....	525
U.3 Power source wiring.....	525
U.3.1 Overview.....	525
U.3.2 Power adaptor.....	526
U.3.3 Power supply.....	527
U.3.4 Power load.....	527
U.3.5 MAU circuit supporting the Type 24-3 power supply.....	528
U.3.6 Power voltage drop.....	530
Annex V (informative) Type 28: Example of data subframe allocation.....	533
V.1 Example A.....	533
V.2 Example B.....	534
V.3 Example C.....	535
Annex W (normative) Type 28: RS code generating polynomial.....	536
Bibliography.....	538
Figure 1 – General model of physical layer.....	38
Figure 2 – Mapping between data units across the DLL-PhL interface.....	87
Figure 3 – Data service for asynchronous transmission.....	92
Figure 4 – Interactions for a data sequence of a master: identification cycle.....	97
Figure 5 – Interactions for a data sequence of a master: data cycle.....	98
Figure 6 – Interactions for a data sequence of a slave: identification cycle.....	99
Figure 7 – Interactions for a data sequence of a slave: data cycle.....	100
Figure 8 – Interactions for a check sequence of a master.....	101
Figure 9 – Interactions for a check sequence of a slave.....	102
Figure 10 – Physical layer data service sequences.....	107

Figure 11 – Ph-Param service primitive process	109
Figure 12 – Ph-Data service primitive process	111
Figure 13 – Ph-Clock-Sync service primitive process	112
Figure 14 – Reset, Set-value, Get-value	115
Figure 15 – Event service	115
Figure 16 – Interface between PhL and PNM1 in the layer model.....	120
Figure 17 – Reset, Set-value, Get-value PhL services	121
Figure 18 – Event PhL service	122
Figure 19 – Allocation of the interface number	123
Figure 20 – Resource block information structure	132
Figure 21 – Ph-RESET service primitive process	133
Figure 22 – Ph-SET-VALUE service primitive process.....	133
Figure 23 – Ph-GET-VALUE service primitive process	134
Figure 24 – Ph-EVENT service primitive process	134
Figure 25 – Ph-SYNC service primitive process	135
Figure 26 – Configuration of a master	137
Figure 27 – Configuration of a slave with an alternative type of transmission	137
Figure 28 – Configuration of a bus coupler with an alternative type of transmission	138
Figure 29 – DTE/DCE sequencing machines.....	143
Figure 30 – State transitions with the ID cycle request service.....	152
Figure 31 – MIS-MDS interface: identification cycle request service.....	153
Figure 32 – MIS-MDS interface: identification cycle request service.....	154
Figure 33 – State transitions with the data cycle request service.....	154
Figure 34 – MIS-MDS interface: data cycle request service.....	155
Figure 35 – State transitions with the data sequence classification service	155
Figure 36 – Protocol machine for the message transmission service.....	156
Figure 37 – Protocol machine for the data sequence identification service	157
Figure 38 – Protocol machine for the message receipt service	158
Figure 39 – SF and OFDM symbol	160
Figure 40 – SF structure	161
Figure 41 – carrier mode A and carrier mode B of data subframe.....	162
Figure 42 – OFDM symbol structure of PhL.....	163
Figure 43 – OFDM timing structure	163
Figure 44 – DLPDU and CB	164
Figure 45 – Resource element schematic diagram	164
Figure 46 – DTE-DCE interface signal process	168
Figure 47 – Protocol data unit (PhPDU)	168
Figure 48 – PhSDU encoding and decoding.....	169
Figure 49 – Manchester encoding rules	169
Figure 50 – Preamble and delimiters.....	171
Figure 51 – Manchester coded symbols	173
Figure 52 – PhPDU format, half duplex	173
Figure 53 – PhPDU format, full duplex	176

Figure 54 – Data sequence PhPDU.....	179
Figure 55 – Structure of the header in a data sequence PhPDU.....	179
Figure 56 – Check sequence PhPDU	180
Figure 57 – Structure of a header in a check sequence PhPDU	180
Figure 58 – Structure of the status PhPDU.....	181
Figure 59 – Structure of the header in a status PhPDU	181
Figure 60 – Structure of the medium activity status PhPDU.....	182
Figure 61 – Structure of the header in a medium activity status PhPDU	182
Figure 62 – Reset PhPDU.....	183
Figure 63 – Configuration of a master	184
Figure 64 – Configuration of a slave	185
Figure 65 – Configuration of a bus coupler.....	185
Figure 66 – Example of an NRZI-coded signal	186
Figure 67 – Fill signal	186
Figure 68 – Manchester coded symbols	188
Figure 69 – NRZI coded symbols	189
Figure 70 – PhL channel process.....	190
Figure 71 – Scrambling sequence generation	190
Figure 72 – Convolutional encoder with a code rate of 1/2	192
Figure 73 – Bit deletion process with code rates 2/3 and 3/4.....	193
Figure 74 – Generation of m sequence	194
Figure 75 – OFDM symbol structure diagram	195
Figure 76 – Jitter tolerance	202
Figure 77 – MDS-MAU interface service process diagram.....	206
Figure 78 – Signal spectrum template	207
Figure 79 – Transmit circuit test configuration.....	213
Figure 80 – Output waveform.....	213
Figure 81 – Transmitted and received bit cell jitter (zero crossing point deviation)	214
Figure 82 – Signal polarity	216
Figure 83 – Receiver sensitivity and noise rejection.....	217
Figure 84 – Power supply ripple and noise.....	220
Figure 85 – Fieldbus coupler.....	222
Figure 86 – Transition from receiving to transmitting.....	229
Figure 87 – Power supply ripple and noise.....	233
Figure 88 – Test circuit for single-output power supplies.....	234
Figure 89 – Test circuit for power distribution through an IS barrier	235
Figure 90 – Test circuit for multiple output supplies with signal coupling	236
Figure 91 – Fieldbus coupler.....	238
Figure 92 – Protection resistors	239
Figure 93 – Test configuration for current-mode MAU	245
Figure 94 – Transmitted and received bit cell jitter (zero crossing point deviation)	246
Figure 95 – Noise test circuit for current-mode MAU	248
Figure 96 – Transmitted and received bit cell jitter (zero crossing point deviation)	256

Figure 97 – Power supply harmonic distortion and noise	259
Figure 98 – Optical wave shape template	264
Figure 99 – Components of 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire PhL variant	272
Figure 100 – Coaxial wire MAU block diagram	272
Figure 101 – Coaxial wire MAU transmitter	273
Figure 102 – Coaxial wire MAU receiver operation	274
Figure 103 – Coaxial wire MAU transmit mask	275
Figure 104 – Coaxial wire MAU receive mask	276
Figure 105 – Transformer symbol	277
Figure 106 – 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire topology example	279
Figure 107 – Coaxial wire medium topology limits	279
Figure 108 – Coaxial wire medium tap electrical characteristics	281
Figure 109 – MAU block diagram 5 Mbit/s, optical fiber medium	284
Figure 110 – NAP reference model	288
Figure 111 – Example of transient and permanent nodes	289
Figure 112 – NAP transceiver	290
Figure 113 – NAP cable	291
Figure 114 – Circuit diagram of the principle of measuring impedance	296
Figure 115 – Definition of CMRR	297
Figure 116 – Block circuit diagram of the principle of measuring CMRR	297
Figure 117 – Power supply ripple and noise	300
Figure 118 – Output characteristic curve of a power supply of the category EEx ib	308
Figure 119 – Output characteristic curve of a power supply of the category EEx ia	308
Figure 120 – Repeater in linear bus topology	311
Figure 121 – Repeater in tree topology	311
Figure 122 – Example for a connector with integrated inductance	313
Figure 123 – Interconnecting wiring	313
Figure 124 – Bus terminator	314
Figure 125 – Linear structure of an intrinsically safe segment	316
Figure 126 – Topology example extended by repeaters	317
Figure 127 – Bus terminator	319
Figure 128 – Waveform of the differential voltage	320
Figure 129 – Test set-up for the measurement of the idle level for devices with an integrated termination resistor	322
Figure 130 – Test set-up for the measurement of the idle level for devices with a connectable termination resistor	322
Figure 131 – Test set-up for measurement of the transmission levels	323
Figure 132 – Test set-up for the measurement of the receiving levels	323
Figure 133 – Fieldbus model for intrinsic safety	324
Figure 134 – Communication device model for intrinsic safety	324
Figure 135 – Connection to the optical network	327
Figure 136 – Principle structure of optical networking	328
Figure 137 – Definition of the standard optical link	328
Figure 138 – Signal template for the optical transmitter	333

Figure 139 – Recommended interface circuit	337
Figure 140 – MAU of an outgoing interface	338
Figure 141 – MAU of an incoming interface.....	338
Figure 142 – Remote bus link	339
Figure 143 – Interface to the transmission medium	339
Figure 144 – Wiring	342
Figure 145 – Terminal resistor network	342
Figure 146 – Fiber optic remote bus cable	343
Figure 147 – Optical fiber remote bus link.....	343
Figure 148 – Optical wave shape template optical MAU	345
Figure 149 – Combining Ethernet and Power	350
Figure 150 – Interaction between PSE and multiple PD	351
Figure 151 – 2PP power sourcing equipment (PSE) relationship to the physical interface circuitry and the ISO/IEC/IEEE 8802-3 model.....	351
Figure 152 – 2PP powered device (PD) relationship to the physical interface circuitry and the ISO/IEC/IEEE 8802-3 model.....	352
Figure 153 – Interaction between Port, MDI and PI	352
Figure 154 – Inrush current limits above nominal current	355
Figure 155 – Optical transmission line	357
Figure 156 – Optical signal envelope	360
Figure 157 – Display of jitter (J_{noise}).....	360
Figure 158 – Input-output performance of a slave	362
Figure 159 – Functions of a master connection	365
Figure 160 – Valid transmitting signals during the transition from fill signal to telegram delimiters.....	367
Figure 161 – Valid transmitting signals during the transition from telegram delimiter to fill signal	368
Figure 162 – Functions of a slave connection	369
Figure 163 – Network with two slaves	370
Figure 164 – Minimum interconnecting wiring.....	371
Figure 165 – Dedicated cable topology	372
Figure 166 – T-branch topology	372
Figure 167 – Communication element isolation	374
Figure 168 – Communication element and I/O isolation.....	374
Figure 169 – Minimum interconnecting wiring.....	375
Figure 170 – Flat cable topology	376
Figure 171 – Dedicated cable topology	376
Figure 172 – T-branch topology	377
Figure 173 – Type 18-PhL-P power distribution.....	379
Figure 174 – Type 18-PhL-P power distribution.....	379
Figure 175 – Type 18-PhL-P power supply filtering and protection.....	381
Figure 176 – Communication element isolation	382
Figure 177 – Communication element and i/o isolation.....	382
Figure 178 – PhL-P power supply circuit	382

Figure 179 – Expanded Type 24-1 network using repeater.....	384
Figure 180 – Connector with inductor.....	385
Figure 181 – Type 24-1 Cable structure.....	385
Figure 182 – Type 24-1 Interconnecting wiring.....	386
Figure 183 – Type 24-1 Bus terminator.....	387
Figure 184 – Eye pattern for Type 24-1.....	388
Figure 185 – Eye pattern for Type 24-3.....	388
Figure 186 – Type 24-1 Transformer symbol.....	389
Figure 187 – Type 24-1 Recommended MAU circuit.....	390
Figure 188 – Type 24-3 Recommended MAU circuit for upstream port.....	390
Figure 189 – Type 24-3 Recommended MAU circuit for downstream port.....	391
Figure 190 – Phase-continuous Frequency-Shift-Keying.....	391
Figure 191 – PhPDU Structure.....	392
Figure 192 – Character format.....	393
Figure 193 – Transmit test configuration.....	397
Figure 194 – Transmit waveform.....	399
Figure 195 – Carrier start time.....	400
Figure 196 – Carrier stop time.....	401
Figure 197 – Carrier decay time.....	401
Figure 198 – Digital signal spectrum.....	401
Figure 199 – Digital receiver interference.....	402
Figure 200 – Analog signal spectrum.....	403
Figure 201 – Output during silence.....	406
Figure 202 – Network power supply ripple.....	406
Figure 203 – Barrier test circuit A.....	408
Figure 204 – Barrier test circuit B.....	408
Figure 205 – Barrier test circuit C.....	409
Figure 206 – Network topology of Type 28.....	411
Figure 207 – Connector of the shielded twisted pair.....	413
Figure 208 – Terminal resistor.....	413
Figure A.1 – Internal fieldbus connector.....	414
Figure A.2 – Contact designations for the external connector for harsh industrial environments.....	416
Figure A.3 – External fieldbus connector keyways, keys, and bayonet pins and grooves.....	416
Figure A.4 – External fieldbus connector intermateability dimensions.....	417
Figure A.5 – External fieldbus connector contact arrangement.....	418
Figure A.6 – Contact designations for the external connector for typical industrial environments.....	419
Figure A.7 – External fixed (device) side connector for typical industrial environments: dimensions.....	419
Figure A.8 – External free (cable) side connector for typical industrial environments: dimensions.....	420
Figure A.9 – Optical connector for typical industrial environments (FC connector).....	421
Figure A.10 – Optical connector for typical industrial environments (ST connector).....	421

Figure C.1 – Example of an optical passive reflective star.....	424
Figure C.2 – Example of an optical passive transmissive star.....	424
Figure D.1 – Example of star topology with 31,25 kbit/s, single fiber mode, optical MAU.....	425
Figure D.2 – Multi-star topology with an optical MAU	425
Figure D.3 – Example of mixture between wire and optical media for 31,25 kbit/s	427
Figure D.4 – Example of mixture between wire and optical media	428
Figure F.1 – Pin connector for short range optical medium.....	431
Figure F.2 – Crimp ring for short range optical medium.....	431
Figure G.1 – PhL repeater device reference model	433
Figure G.2 – Reference model for redundancy.....	436
Figure G.3 – Block diagram showing redundant coaxial medium and NAP	437
Figure G.4 – Block diagram showing ring repeaters	437
Figure G.5 – Segmentation query	439
Figure G.6 – Segmentation response	439
Figure G.7 – Main switch state machine.....	441
Figure G.8 – Port 1 sees network activity first.....	442
Figure G.9 – Port 2 sees network activity first.....	443
Figure H.1 – Coaxial wire MAU RXDATA detector	445
Figure H.2 – Coaxial wire MAU RXCARRIER detection.....	446
Figure H.3 – Redundant coaxial wire MAU transceiver	446
Figure H.4 – Single channel coaxial wire MAU transceiver.....	447
Figure H.5 – Coaxial wire medium tap.....	448
Figure H.6 – Non-isolated NAP transceiver	449
Figure H.7 – Isolated NAP transceiver	449
Figure I.1 – Schematic of the station coupler	450
Figure I.2 – Pin assignment of the male and female connectors IEC 60947-5-2 (A coding)	451
Figure I.3 – Connector pinout, front view of male and back view of female respectively	452
Figure I.4 – Connector pinout, front view of female M12 connector	454
Figure I.5 – Connector pinout, front view of male M12 connector	454
Figure I.6 – M12 Tee.....	455
Figure I.7 – M12 Bus termination	456
Figure J.1 – Redundancy of PhL MAU and Medium.....	457
Figure K.1 – Optical MAU in a network with echo	458
Figure K.2 – Optical MAU in a network without echo	459
Figure K.3 – Optical MAU with echo via internal electrical feedback of the receive signal.....	459
Figure K.4 – Optical MAU without echo function.....	460
Figure K.5 – Optical network with star topology.....	460
Figure K.6 – Optical network with ring topology.....	461
Figure K.7 – Optical network with bus topology.....	461
Figure K.8 – Tree structure built from a combination of star structures.....	462
Figure K.9 – Application example for a TIA-485-A / fiber optic converter	462
Figure L.1 – Bus termination integrated in the communication device	467

Figure L.2 – Bus termination in the connector	468
Figure L.3 – External bus termination.....	468
Figure M.1 – Outgoing interface 9-position female subminiature D connector at the device.....	469
Figure M.2 – Incoming interface 9-position male subminiature D connector at the device.....	469
Figure M.3 – Terminal connector at the device.....	469
Figure M.4 – Ferrule of an optical F-SMA connector for polymer optical fiber (980/1 000 µm)	470
Figure M.5 – Type 8 fiber optic hybrid connector housing	471
Figure M.6 – Type 8 fiber optic hybrid connector assignment.....	472
Figure O.1 – Topology	475
Figure O.2 – Structure of a single-core cable (example).....	478
Figure O.3 – Optical power levels	479
Figure P.1 – Example of an implemented DPLL	481
Figure P.2 – DPLL status diagram	482
Figure P.3 – DPLL timing.....	482
Figure Q.1 – PhL-P device connector r-a	484
Figure Q.2 – PhL-P device connector straight.....	485
Figure Q.3 – PhL-P flat cable connector and terminal cover - body and connector	485
Figure Q.4 – PhL-P flat cable connector and terminal cover - terminal cover.....	486
Figure Q.5 – Type 18-PhL-P round cable connector body	486
Figure Q.6 – Type 18-PhL-P round cable connector terminal cover.....	487
Figure Q.7 – Type 18-PhL-P round cable alternate connector and body.....	487
Figure Q.8 – Type 18-PhL-P round cable alternate connector terminal cover	488
Figure R.1 – PhL-B cable cross-section twisted drain.....	489
Figure R.2 – PhL-B cable cross-section non-twisted drain.....	490
Figure R.3 – PhL-P flat cable cross section – with key	491
Figure R.4 – PhL-P flat cable cross section – without key	491
Figure R.5 – PhL-P flat cable polarity marking	491
Figure R.6 – Round cable – preferred; cross section.....	492
Figure R.7 – Round cable – alternate; cross-section	492
Figure S.1 – Type 24-1 device connector dimensions (1 row).....	493
Figure S.2 – Type 24-1 device connector dimensions (2 rows).....	494
Figure S.3 – Type 24-1 cable connector dimensions	494
Figure S.4 – Type 24-3 device 6 pin connector (surface mount type) dimensions	495
Figure S.5 – Type 24-3 device 6 pin connector (through-hole mount type) dimensions.....	495
Figure S.6 – Type 24-3 device 6 pin connector (upright through-hole mount type) dimensions	496
Figure S.7 – Type 24-3 device 8 pin male connector dimensions	496
Figure S.8 – Type 24-3 ejector dimensions for device 8 pin male connector.....	497
Figure S.9 – Type 24-3 device 8 pin female connector dimensions	497
Figure S.10 – Type 24-3 cable 6 pin male connector dimensions	498
Figure S.11 – Type 24-3 cable 6 pin female connector dimensions	498

Figure S.12 – Type 24-3 cable 8 pin male connector dimensions	498
Figure S.13 – Type 24-3 cable 8 pin female connector dimensions	498
Figure T.1 – Point-to-point current input network	499
Figure T.2 – Point-to-point current output network	500
Figure T.3 – Multi-drop network	501
Figure T.4 – Multi-drop network with analog signaling	502
Figure T.5 – Series connected network 1	503
Figure T.6 – Series connected network 2	504
Figure T.7 – Cable length for single slave device network	506
Figure T.8 – Cable capacitance for $C_{cbl}/R_{cbl}=1\ 000$	507
Figure T.9 – Cable capacitance for $C_{cbl}/R_{cbl}=2\ 000$	507
Figure T.10 – Cable capacitance for $C_{cbl}/R_{cbl}=5\ 000$	508
Figure T.11 – Cable capacitance for $C_{cbl}/R_{cbl}=10\ 000$	508
Figure T.12 – Cable capacitance for $C_{cbl}/R_{cbl}=1\ 000$, 100 Ω series resistance	509
Figure T.13 – Cable capacitance for $C_{cbl}/R_{cbl}=1\ 000$, 200 Ω series resistance	509
Figure T.14 – Cable capacitance for $C_{cbl}/R_{cbl}=1\ 000$, 300 Ω series resistance	510
Figure T.15 – Cable capacitance for $C_{cbl}/R_{cbl}=1\ 000$, 400 Ω series resistance	510
Figure T.16 – Cable capacitance for $C_{cbl}/R_{cbl}=2\ 000$, 100 Ω series resistance	511
Figure T.17 – Cable capacitance for $C_{cbl}/R_{cbl}=2\ 000$, 200 Ω series resistance	511
Figure T.18 – Cable capacitance for $C_{cbl}/R_{cbl}=2\ 000$, 300 Ω series resistance	512
Figure T.19 – Cable capacitance for $C_{cbl}/R_{cbl}=2\ 000$, 400 Ω series resistance	512
Figure T.20 – Cable capacitance for $C_{cbl}/R_{cbl}=5\ 000$, 100 Ω series resistance	513
Figure T.21 – Cable capacitance for $C_{cbl}/R_{cbl}=5\ 000$, 200 Ω series resistance	513
Figure T.22 – Cable capacitance for $C_{cbl}/R_{cbl}=5\ 000$, 300 Ω series resistance	514
Figure T.23 – Cable capacitance for $C_{cbl}/R_{cbl}=5\ 000$, 400 Ω series resistance	514
Figure T.24 – Cable capacitance for $C_{cbl}/R_{cbl}=10\ 000$, 100 Ω series resistance	515
Figure T.25 – Cable capacitance for $C_{cbl}/R_{cbl}=10\ 000$, 200 Ω series resistance	515
Figure T.26 – Cable capacitance for $C_{cbl}/R_{cbl}=10\ 000$, 300 Ω series resistance	516
Figure T.27 – Cable capacitance for $C_{cbl}/R_{cbl}=10\ 000$, 400 Ω series resistance	516
Figure T.28 – Network power supply connections	519
Figure T.29 – Grounding and shielding	520
Figure U.1 – Type 24-3 network with linear connection	521
Figure U.2 – Type 24-3 network with T-branch connection	521
Figure U.3 – Type 24-3 network with a combination of linear connections and T-branch connections	522
Figure U.4 – Type 24-3 network with point-to-point connection	522
Figure U.5 – Type 24-3 6-conductor cable structure	522
Figure U.6 – Type 24-3 8-conductor cable structure	523
Figure U.7 – Type 24-3 Interconnecting wiring	524
Figure U.8 – Tap for two branches	525

Figure U.9 – Power supply from C1 master	525
Figure U.10 – Power supply from power adaptor	526
Figure U.11 – Connection of external power to devices	526
Figure U.12 – Power adaptor block diagram.....	527
Figure U.13 – MAU circuit for the power adaptor.....	528
Figure U.14 – MAU circuit for the external power device for upstream port	529
Figure U.15 – MAU circuit for the external power device for downstream port	530
Figure U.16 – Voltage drop calculation model for a linear connection.....	531
Figure U.17 – Power voltage drop model for a T-branch connection.....	532
Figure V.1 – Resource allocation example A	533
Figure V.2 – Resource allocation example B	534
Figure V.3 – Resource allocation example C.....	535
Table 1 – Data encoding rules	90
Table 2 – Ph-STATUS indication truth table	91
Table 3 – Jabber indications	91
Table 4 – Primitives and parameters in DLL-PhL interface	105
Table 5 – PH-START primitives and parameters	108
Table 6 – PH-DATA primitives and parameters.....	108
Table 7 – Ph-Param service primitives and parameters.....	109
Table 8 – Ph-Param service primitive parameter	109
Table 9 – Ph-Data service primitives and parameters	110
Table 10 – Ph-Data service primitive parameter.....	110
Table 11 – Ph-Clock-Sync service primitives and parameters	111
Table 12 – Ph-Clock-Sync service primitive parameter.....	111
Table 13 – Parameter names and values for Ph-SET-VALUE request.....	113
Table 14 – Parameter names for Ph-EVENT indication	113
Table 15 – Summary of Ph-management services and primitives	115
Table 16 – Reset primitives and parameters	116
Table 17 – Values of PhM-Status for the Reset service.....	116
Table 18 – Set value primitives and parameters	117
Table 19 – Mandatory PhE-variables	117
Table 20 – Permissible values of PhE-variables	117
Table 21 – Values of PhM-Status for the set-value service.....	118
Table 22 – Get value primitives and parameters	118
Table 23 – Current values of PhE-variables	118
Table 24 – Values of PhM-Status for the get value service.....	119
Table 25 – Event primitive and parameters	119
Table 26 – New values of PhE-variables	119
Table 27 – Parameter names and values for management	120
Table 28 – PH-RESET	122
Table 29 – Ph-SET-VALUE.....	122
Table 30 – PhL variables	123

Table 31 – Ph-GET-VALUE	124
Table 32 – Ph-EVENT	125
Table 33 – PhL events	125
Table 34 – Parameter names and values for Ph-SET-VALUE request.....	126
Table 35 – Physical device configuration information table	127
Table 36 – System configuration related information table	128
Table 37 – PhL synchronization management information table	129
Table 38 – Physical communication resource management information table.....	130
Table 39 – Ph-RESET primitives and parameters.....	132
Table 40 – Ph-RESET service primitive parameter description.....	132
Table 41 – Ph-SET-VALUE primitives and parameters	133
Table 42 – Ph-SET-VALUE primitive parameter status.....	133
Table 43 – Ph-GET-VALUE service primitives and parameters.....	134
Table 44 – Ph-EVENT service primitive and parameters	134
Table 45 – Ph-SYNC service primitives and parameters	135
Table 46 – Signals at DTE-DCE interface	140
Table 47 – Signal levels for an exposed DTE-DCE interface	141
Table 48 – MDS bus reset.....	151
Table 49 – Signals at the MIS-MDS interface.....	151
Table 50 – TMs and corresponding parameters	165
Table 51 – Working mode under carrier mode A	166
Table 52 – Working mode under carrier mode B	166
Table 53 – Manchester encoding rules.....	169
Table 54 – MDS timing characteristics	172
Table 55 – MDS data encoding rules	172
Table 56 – SL bit and TxSL signal assignment.....	179
Table 57 – SL bit and RxSL signal assignment	180
Table 58 – SL bit and TxSL signal assignment.....	181
Table 59 – SL bit and RxSL signal assignment	181
Table 60 – SL bit and TxSL signal assignment.....	181
Table 61 – SL bit and RxSL signal assignment	182
Table 62 – Coding and decoding rules	182
Table 63 – Decoding rules for the idle states	183
Table 64 – Coding rules for the reset PhPDU.....	184
Table 65 – Decoding rules of the reset PhPDU	184
Table 66 – Type 24-1 MDS timing characteristics	187
Table 67 – Type 24-3 Manchester coding MDS timing characteristics	187
Table 68 – Type 24-3 NRZI coding MDS timing characteristics	188
Table 69 – MDS data encoding rules of Manchester coding	188
Table 70 – MDS data encoding rules of NRZI coding	189
Table 71 – RS code mode.....	192
Table 72 – Convolutional code mode	192
Table 73 – Bit interleaving parameters.....	194

Table 74 – OFDM configuration parameters	195
Table 75 – Modulation Coding Scheme in carrier mode A	196
Table 76 – Modulation Coding Scheme in carrier mode B	196
Table 77 – Minimum services at MDS-MAU interface	197
Table 78 – Signal levels for an exposed MDS-MAU interface	198
Table 79 – MDS-MAU interface definitions: 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire	199
Table 80 – MDS-MAU interface 5 Mbit/s, optical fiber medium	200
Table 81 – Services of the MDS-MAU interface.....	201
Table 82 – Minimum services at MAU interface.....	203
Table 83 – Signal levels for an exposed MAU interface.....	204
Table 84 – Minimum services of the MDS-MAU interface	204
Table 85 – Signal levels for an exposed MDS-MAU interface ($V_{DD}=5\text{ V}$)	205
Table 86 – Minimum services at MDS-MAU interface	206
Table 87 – Allowable constellation diagram errors in different modulation modes.....	208
Table 88 – System transmission parameters.....	208
Table 89 – Bit-rate-dependent quantities of voltage-mode networks.....	209
Table 90 – MAU transmit level specification summary.....	212
Table 91 – MAU transmit timing specification summary for 31,25 kbit/s operation	212
Table 92 – MAU transmit timing specification summary for ≥ 1 Mbit/s operation	212
Table 93 – MAU receive circuit specification summary	216
Table 94 – Network powered device characteristics	219
Table 95 – Network power supply requirements	219
Table 96 – Test cable attenuation limits	221
Table 97 – Recommended color coding of cables in North America	223
Table 98 – MAU transmit level specification summary.....	227
Table 99 – MAU transmit timing specification summary.....	227
Table 100 – MAU receive circuit specification summary	230
Table 101 – Network powered device characteristics	232
Table 102 – Network power supply requirements	232
Table 103 – Type 3 cable color specification.....	241
Table 104 – MAU transmit level specification summary.....	244
Table 105 – MAU transmit timing specification summary.....	244
Table 106 – Receive circuit specification summary	246
Table 107 – Network power supply requirements	249
Table 108 – Transmit level specification summary for current-mode MAU	255
Table 109 – Transmit timing specification summary for current-mode MAU	255
Table 110 – Receive circuit specification summary for current-mode MAU	257
Table 111 – Network power supply requirements	258
Table 112 – Bit-rate-dependent quantities of high-speed (≥ 1 Mbit/s) dual-fiber networks	261
Table 113 – Transmit level and spectral specification summary	263
Table 114 – Transmit timing specification summary	263
Table 115 – Receive circuit specification summary	264

Table 116 – Transmit and receive level and spectral specifications for an optical active star	267
Table 117 – Timing characteristics of an optical active star	268
Table 118 – Transmit level and spectral specification summary	269
Table 119 – Transmit and receive level and spectral specifications for an optical active star	271
Table 120 – Transmit control line definitions 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire	273
Table 121 – Receiver data output definitions: 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire	274
Table 122 – Receiver carrier output definitions: 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire	274
Table 123 – Coaxial wire medium interface – transmit specifications	275
Table 124 – Coaxial wire medium interface – receive	276
Table 125 – Coaxial wire medium interface – general	277
Table 126 – 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire transformer electrical specifications	278
Table 127 – Coaxial spur cable specifications	282
Table 128 – Coaxial trunk cable specifications	282
Table 129 – Transmit control line definitions 5 Mbit/s, optical fiber medium	284
Table 130 – Fiber medium interface 5,0 Mbit/s, optical	284
Table 131 – Fiber signal specification 5 Mbit/s, optical medium, short range	285
Table 132 – Fiber signal specification 5 Mbit/s, optical medium, medium range	286
Table 133 – Fiber signal specification 5 Mbit/s, optical medium, long range	287
Table 134 – NAP requirements	289
Table 135 – Mixing devices from different categories	292
Table 136 – Input Impedances of bus interfaces and power supplies	295
Table 137 – Required CMRR	298
Table 138 – Network powered device characteristics for the 31,25 kbit/s voltage-mode MAU	298
Table 139 – Network power supply requirements for the 31,25 kbit/s voltage-mode MAU	299
Table 140 – Electrical characteristics of fieldbus interfaces	304
Table 141 – Electrical characteristics of power supplies	306
Table 142 – Characteristics for non intrinsic safety	310
Table 143 – Characteristics using repeaters	310
Table 144 – Cable specifications	312
Table 145 – Maximum cable length for the different transmission speeds	312
Table 146 – Characteristics for intrinsic safety	315
Table 147 – Cable specification (function- and safety-related)	318
Table 148 – Maximum cable length for the different transmission speeds	318
Table 149 – Electrical characteristics of the intrinsically safe interface	321
Table 150 – Maximum safety values	325
Table 151 – Characteristic features	326
Table 152 – Characteristics of optical transmitters for multi-mode glass fiber	329
Table 153 – Characteristics of optical transmitters for single-mode glass fiber	330
Table 154 – Characteristics of optical transmitters for plastic fiber	330
Table 155 – Characteristics of optical transmitters for 200/230 µm glass fiber	330

Table 156 – Characteristics of optical receivers for multi-mode glass fiber	331
Table 157 – Characteristics of optical receivers for single-mode glass fiber	331
Table 158 – Characteristics of optical receivers for plastic fiber	331
Table 159 – Characteristics of optical receivers for 200/230 µm glass fiber.....	332
Table 160 – Permissible signal distortion at the electrical input of the optical transmitter	332
Table 161 – Permissible signal distortion due to the optical transmitter.....	333
Table 162 – Permissible signal distortion due to the optical receiver.....	334
Table 163 – Permissible signal influence due to internal electronic circuits of a coupling component.....	334
Table 164 – Maximum chaining of standard optical links without retiming	335
Table 165 – Services of the MDS-MAU interface, RS-485, Type 4	336
Table 166 – Bit rate dependent quantities twisted pair wire medium MAU	338
Table 167 – Incoming interface signals	340
Table 168 – Outgoing interface signals	340
Table 169 – Remote bus cable characteristics	341
Table 170 – Bit rate dependent quantities optical MAU	343
Table 171 – Remote bus fiber optic cable length.....	344
Table 172 – Encoding rules	344
Table 173 – Transmit level and spectral specification summary for an optical MAU.....	344
Table 174 – Optical MAU receive circuit specification summary	346
Table 175 – Specification of the fiber optic waveguide	346
Table 176 – Specification of the single fiber.....	347
Table 177 – Specification of the cable sheath and mechanical properties of the cable	347
Table 178 – Recommended further material properties of the cable	347
Table 179 – Specification of the fiber optic waveguide	348
Table 180 – Specification of the single fiber.....	348
Table 181 – Specification of the cable sheath and mechanical properties of the cable	349
Table 182 – Specification of the standard test fiber for an optical MAU	349
Table 183 – Power requirements for PSE, PI and PD.....	353
Table 184 – Additional requirements for PSE.....	353
Table 185 – Additional requirements for PD	354
Table 186 – Power requirements for PSE, PI and PD.....	355
Table 187 – Power requirements for PD dynamic change of current.....	356
Table 188 – Transmission rate support	361
Table 189 – Transmission data parameters.....	361
Table 190 – Possible slave input signals.....	363
Table 191 – Possible slave output signals.....	363
Table 192 – Valid slave output signals	364
Table 193 – Specifications of the clock adjustment times	364
Table 194 – Optical signal delay in a slave	364
Table 195 – Basic functions of the connection	365
Table 196 – Pass-through topology limits.....	372
Table 197 – T-branch topology limits	373

Table 198 – Terminating resistor requirements	373
Table 199 – Pass-through topology limits.....	377
Table 200 – T-branch topology limits	377
Table 201 – Terminating resistor requirements – flat cable	378
Table 202 – Terminating resistor requirements – round cable	378
Table 203 – 24 V power supply specifications.....	380
Table 204 – 24 V power consumption specifications	380
Table 205 – MAU summary.....	383
Table 206 – Type 24-1 Cable specification.....	386
Table 207 – Transmitter specification.....	387
Table 208 – Receiver specification	387
Table 209 – Pulse width for Type 24-3	388
Table 210 – Type 24-1 Specification of transformer	389
Table 211 – Device parameters	396
Table 212 – Transmit amplitude limits.....	399
Table 213 – Digital receiver specifications	402
Table 214 – High impedance device characteristics	404
Table 215 – Low impedance device characteristics.....	404
Table 216 – Secondary device characteristics.....	405
Table 217 – Network power supply characteristics	406
Table 218 – Barrier characteristics.....	407
Table 219 – Miscellaneous hardware required characteristics	409
Table 220 – Miscellaneous hardware recommended characteristics.....	410
Table 221 – Transmission medium interface	411
Table A.1 – Internal connector dimensions.....	414
Table A.2 – Contact assignments for the external connector for harsh industrial environments	415
Table A.3 – Contact assignments for the external connector for typical industrial environments	419
Table A.4 – Fixed (device) side connector dimensions	419
Table A.5 – Free (cable) side connector dimensions	420
Table A.6 – Connector dimensions.....	421
Table B.1 – Typical cable specifications.....	422
Table B.2 – Recommended maximum spur lengths versus number of communication elements.....	423
Table C.1 – Optical passive star specification summary: example	424
Table D.1 – Passive star topology.....	426
Table D.2 – Active star topology	427
Table E.1 – Alternate fibers for dual-fiber mode	429
Table E.2 – Alternate fibers for single-fiber mode	429
Table F.1 – Connector requirements	430
Table F.2 – NAP connector pin definition	432
Table H.1 – 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire receiver output definitions	445
Table H.2 – Coaxial wire medium toroid specification.....	447

Table I.1 – Contact assignments for the external connector for harsh industrial environments	450
Table I.2 – Contact designations 9-pin sub-D connector	452
Table I.3 – Contact designations	453
Table I.4 – Contact designations 4-pin M-12	453
Table K.1 – Example link budget calculation for 62,5/125 µm multi-mode glass fiber	464
Table K.2 – Example link budget calculation for 9/125 µm single mode glass fiber	465
Table K.3 – Example link budget calculation for 980/1 000 µm multi-mode plastic fiber	465
Table K.4 – Example level budget calculation for 200/230 µm multi-mode glass fiber	466
Table M.1 – Pin assignment of the 9-position subminiature D connector	469
Table M.2 – Pin assignment of the terminal connector	470
Table M.3 – Type 8 fiber optic hybrid connector dimensions	473
Table O.1 – Transmitter specifications	477
Table O.2 – Receiver specifications	478
Table O.3 – Cable specifications (example)	478
Table O.4 – System data of the optical transmission line at 650 nm	479
Table R.1 – PhL-B cable specifications	489
Table R.2 – PhL-P flat cable specifications	490
Table R.3 – PhL-P round cable specifications – preferred	491
Table R.4 – PhL-P round cable specifications – alternate	492
Table T.1 – Device and cable parameters	505
Table U.1 – Type 24-3 6-conductor cable specification	523
Table U.2 – Type 24-3 8-conductor cable specification	524
Table U.3 – Specification of supply power	527
Table U.4 – Classification of power load	527
Table U.5 – Specification of power load	528
Table W.1 – RS code (255, 247) generating polynomial	536
Table W.2 – RS code (255, 239) generating polynomial	536
Table W.3 – RS code (255, 223) generating polynomial	537

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS – FIELDBUS SPECIFICATIONS –

Part 2: Physical layer specification and service definition

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

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

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

IEC 61158-2 has been prepared by subcommittee 65C: Industrial networks, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement, control and automation. It is an International Standard.

This seventh edition cancels and replaces the sixth edition published in 2014. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) Type 12 added power option to 100BASE-TX in Clause 29;
- b) enhanced Type 24 specification in Clause 33, Annex S and Annex U;
- c) new Type 28 specification;
- d) LVDS wire medium up to 100 Mbit/s of Type 12 is removed.

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

Draft	Report on voting
65C/1200/FDIS	65C/1241/RVD

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

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

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

NOTE 2 Slight variances from the directives have been allowed by the IEC Central Office to provide continuity of subclause numbering with prior editions.

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

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

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

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document 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.

0 INTRODUCTION

0.1 General

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

0.2 Physical layer overview

The primary aim of this document is to provide a set of rules for communication expressed in terms of the procedures to be carried out by peer Ph-entities at the time of communication.

The physical layer receives data units from the data-link Layer, encodes them, if necessary by adding communications framing information, and transmits the resulting physical signals to the transmission medium at one node. Signals are then received at one or more other node(s), decoded, if necessary by removing the communications framing information, before the data units are passed to the data-link Layer of the receiving device.

0.3 Document overview

This document comprises physical layer specifications corresponding to many of the different DL-Layer protocol Types specified in IEC 61158 series.

NOTE 1 The protocol Type numbers used are consistent throughout the IEC 61158 series.

NOTE 2 Specifications for Types 1, 2, 3, 4, 8, 12, 16, 18, 20, 24 and 28 are included. Type 7 uses Type 1 specifications. The other Types do not use any of the specifications given in this document.

NOTE 3 For ease of reference, Type numbers are given in clause names. This means that the specification given therein applies to this Type, but does not exclude its use for other Types.

NOTE 4 It is up to the user of this document to select interoperating sets of provisions. Refer to the IEC 61784-1 series or the IEC 61784-2 series for standardized communication profiles based on the IEC 61158 series.

A general model of the physical layer is shown in Figure 1.

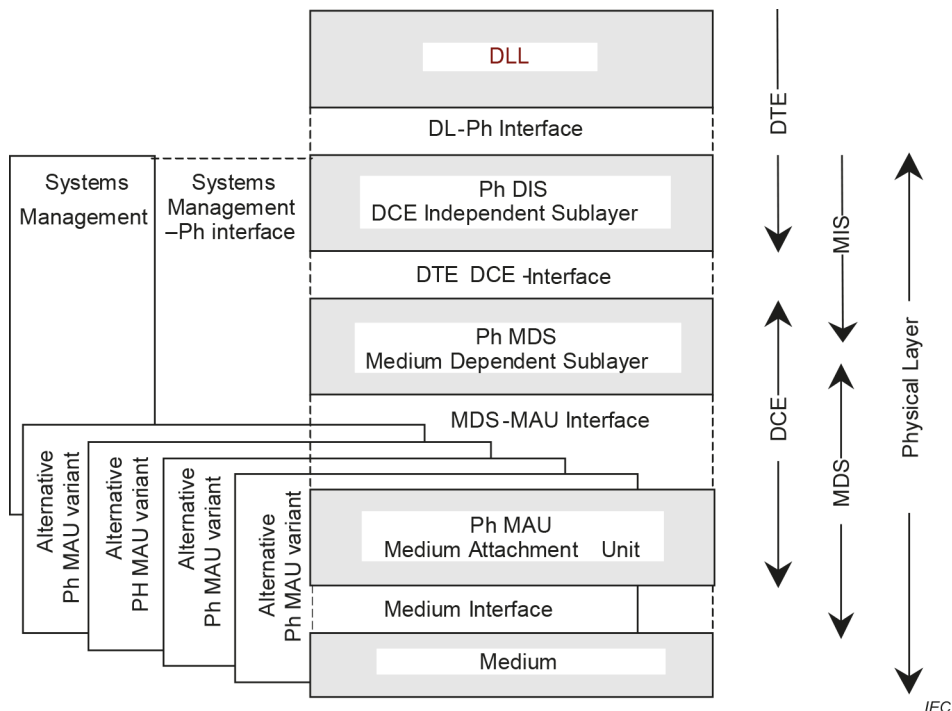


Figure 1 – General model of physical layer

NOTE 5 The protocol types use a subset of the structure elements.

NOTE 6 Since Type 8 uses a more complex DIS than the other types, it uses the term MIS to differentiate.

The common characteristics for all variants and types are as follows:

- digital data transmission;
- no separate clock transmission;
- either half-duplex communication (bi-directional but in only one direction at a time) or full-duplex communication.

0.4 Major physical layer variations specified in this document

0.4.1 Type 1 media

0.4.1.1 Type 1: Wire media

For twisted-pair wire media, Type 1 specifies two modes of coupling and different signaling speeds as follows:

- a) voltage mode (parallel coupling), 150 Ω , data rates from 31,25 kbit/s to 25 Mbit/s;
- b) voltage mode (parallel coupling), 100 Ω , 31,25 kbit/s;
- c) current mode (serial coupling), 1,0 Mbit/s including two current options.

The voltage mode variations may be implemented with inductive coupling using transformers. This is not mandatory if the isolation requirements of this document are met by other means.

The Type 1 twisted-pair (or untwisted-pair) wire medium physical layer provides the options:

- no power via the bus conductors; not intrinsically safe;
- power via the bus conductors; not intrinsically safe;
- no power via the bus conductors; intrinsically safe;
- power via the bus conductors; intrinsically safe.

0.4.1.2 Type 1: Optical media

The major variations of the Type 1 optic fiber media are as follows:

- dual fiber mode, data rates from 31,25 kbit/s to 25 Mbit/s;
- single fiber mode, 31,25 kbit/s.

0.4.2 Type 2: Coaxial wire and optical media

Type 2 specifies the following variants:

- coaxial copper wire medium, 5 Mbit/s;
- optical fiber medium, 5 Mbit/s;
- network access port (NAP), a point-to-point temporary attachment mechanism that can be used for programming, configuration, diagnostics or other purposes;
- repeater machine sublayers (RM, RRM) and redundant physical layers.

0.4.3 Type 3: Twisted-pair wire and optical media

Type 3 specifies the following synchronous transmission:

- a) twisted-pair wire medium, 31,25 kbit/s, voltage mode (parallel coupling) with the options:
 - power via the bus conductors: not intrinsically safe;
 - power via the bus conductors: intrinsically safe;

and the following asynchronous transmission variants:

- b) twisted-pair wire medium, up to 12 Mbit/s, TIA-485-A;
- c) optical fiber medium, up to 12 Mbit/s, with fiber type A4a of IEC 60793-2-40 and fiber type A3c of IEC 60793-2-30.

0.4.4 Type 4: Wire medium

Type 4 specifies wire media with the following characteristics:

- RS-485 wire medium up to 76,8 kbit/s;

0.4.5 Type 8: Twisted-pair wire and optical media

The physical layer also allows transmitting data units that have been received through a medium access by the transmission medium directly through another medium access and its transmission protocol to another device.

Type 8 specifies the following variants:

- twisted-pair wire medium, up to 16 Mbit/s;
- optical fiber medium, up to 16 Mbit/s.

The general characteristics of these transmission media are as follows:

- full-duplex transmission;
- non-return-to-zero (NRZ) coding.

The wire media type provides the following options:

- no power supply via the bus cable, not intrinsically safe;
- power supply via the bus cable and on additional conductors, not intrinsically safe.

0.4.6 Type 12: Wire medium

Type 12 specifies wire media with the following characteristics:

- two pair of wires carrying two separate power supply channels combined with signal transmission.

0.4.7 Type 16: optical media

Type 16 specifies a synchronous transmission using optical fiber medium, at 2 Mbit/s, 4 Mbit/s, 8 Mbit/s and 16 Mbit/s.

0.4.8 Type 18: Media

0.4.8.1 Type 18: Basic media

The Type 18-PhL-B specifies a balanced transmission signal over a shielded 3-core twisted cable. Communication data rates as high as 10 Mbit/s and transmission distances as great as 1,2 km are specified.

0.4.8.2 Type 18: Powered media

The Type 18-PhL-P specifies a balanced transmission signal over a 4-core unshielded cable in both flat and round configurations with conductors specified for communications signal and network-embedded power distribution. Communication data rates as high as 2,5 Mbit/s and transmission distances as great as 500 m are specified.

0.4.9 Type 20: Media

Type 20 uses binary phase continuous Frequency Shift Keying (FSK). A relatively high frequency current is superimposed on a low-frequency analog current, which is usually in 4 mA to 20 mA range. The digital signal and analog signal share the same medium, but differ in frequency contents. The communicating devices signal with either current or voltage, and all signaling appear as voltage when sensed across low impedance. Thus, digital signaling is an extension of conventional analog signaling.

The physical layer commonly uses twisted pair copper cable as its medium and provides solely digital or simultaneous digital and analog communication to distances of at least 1 500 m (ca. 5 000 feet). Maximum communication distances vary depending on network construction and environmental conditions.

0.4.10 Type 24: Media

0.4.10.1 Type 24: Basic media

Type 24 specifies twisted-pair wire medium. The general characteristics of this transmission medium are as follows:

- TIA-485-A bus interface with galvanic isolation using transformer;
- up to 10 Mbit/s;
- half-duplex transmission;
- Manchester coding.

0.4.10.2 Type 24: Powered media

The powered media type provides the following options:

- TIA-485-A bus interface without galvanic isolation using transformer;
- up to 32 Mbit/s;
- half-duplex transmission;
- Manchester coding or NRZI coding;
- power via the bus conductors.

0.4.11 Type 28: Media

Type 28 uses Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) technology. The frequency subcarrier ranges from 1,536 MHz to 32,256 MHz. The transmission distances are up to 500 m on a single bus. The analog signal shall be delivered on the medium that connected to each device in network.

Type 28 specifies the following synchronous transmission:

- a) twisted-pair wire medium, up to 100 Mbit/s;
- b) coaxial wire medium, up to 100 Mbit/s.

The general characteristics of these transmission media are as follows:

- a) full-duplex transmission;
- b) OFDM coding.

0.5

Patent declaration

The International Electrotechnical Commission (IEC) draws attention to the fact that it is claimed that compliance with this document may involve the use of a patent. IEC takes no position concerning the evidence, validity, and scope of this patent right.

The holder of this patent right has assured IEC that s/he is willing to negotiate licences under reasonable and non-discriminatory terms and conditions with applicants throughout the world. In this respect, the statement of the holder of this patent right is registered with IEC. Information may be obtained from the patent database available at <http://patents.iec.ch>.

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

INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS – FIELDBUS SPECIFICATIONS –

Part 2: Physical layer specification and service definition

1 Scope

This part of IEC 61158 specifies the requirements for fieldbus component parts. It also specifies the media and network configuration requirements necessary to ensure agreed levels of

- a) data integrity before data-link layer error checking;
- b) interoperability between devices at the physical layer.

The fieldbus physical layer conforms to layer 1 of the OSI 7-layer model as defined by ISO/IEC 7498 with the exception that, for some types, frame delimiters are in the physical layer while for other types they are in the data-link layer.

2 Normative references

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

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

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <<http://www.electropedia.org>>)

IEC 60079-11, *Explosive atmospheres – Part 11: Equipment protection by intrinsic safety "i"*

IEC 60079-14:2007¹, *Explosive atmospheres – Part 14: Electrical installations design, selection and erection*

IEC 60079-25, *Explosive atmospheres – Part 25: Intrinsically safe electrical systems*

IEC 60169-17, *Radio-frequency connectors – Part 17: R.F. coaxial connectors with inner diameter of outer conductor 6,5 mm (0,256 in) with screw coupling – Characteristic impedance 50 ohms (Type TNC)*

IEC 60189-1:2018, *Low-frequency cables and wires with PVC insulation and PVC sheath – Part 1: General test and measuring methods*

IEC 60255-22-1:1988², *Electrical relays – Part 22-1: Electrical disturbance tests for measuring relays and protection equipment – Section 1: 1 MHz burst disturbance tests*

¹ A 2013 edition exists but the listed edition applies.

² This publication was withdrawn.

IEC 60364-4-41, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-5-54, *Low voltage electrical installations – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements and protective conductors*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60603-7-4, *Connectors for electronic equipment – Part 7-4: Detail specification for 8-way, unshielded, free and fixed connectors, for data transmissions with frequencies up to 250 MHz*

IEC 60754-2, *Test on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 2: Determination of acidity (by pH measurement) and conductivity*

IEC 60793 (all parts), *Optical fibres*

IEC 60793-2:2019, *Optical fibres – Part 2: Product specifications – General*

IEC 60793-2-30:2015, *Optical fibres – Part 2-30: Product specifications – Sectional specification for category A3 multimode fibres*

IEC 60793-2-40:2021, *Optical fibres – Part 2-40: Product specifications – Sectional specification for category A4 multimode fibres*

IEC 60794-1-2:2003³, *Optical fibre cables – Part 1-2: Generic specification – Basic optical cable test procedures*

IEC 60807-3, *Rectangular connectors for frequencies below 3 MHz – Part 3: Detail specification for a range of connectors with trapezoidal shaped metal shells and round contacts – Removable crimp contact types with closed crimp barrels, rear insertion/rear extraction*

IEC 60811-403, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 403: Miscellaneous tests – Ozone resistance test on cross-linked compounds*

IEC 60811-404:2012, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 404: Miscellaneous tests – Mineral oil immersion tests for sheaths*

IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61076-2-114:2020, *Connectors for electrical and electronic equipment – Product requirements – Part 2-114: Circular connectors – Detail specification for connectors with M8 screw- locking with power contacts and signal contacts for data transmission up to 100 MHz*

IEC 61131-2:2017, *Industrial-process measurement and control – Programmable controllers – Part 2: Equipment requirements and tests*

³ There exists a new edition of IEC 60794-1-2 (2021). Cross-references to 2003 version is described in informative Annex A.

IEC 61158-2:2023 © IEC:2023

– 45 –

IEC 61156-1:2007, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 1: Generic specification*

IEC 61158-3-20:2023, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-20: Data-link layer service definition – Type 20 elements*

IEC 61158-4-2:2023, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-2: Data-link protocol specification – Type 2 elements*

IEC 61158-4-3:2019, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-3: Data-link protocol specification – Type 3 elements*

IEC 61169-8:2007, *Radio-frequency connectors – Part 8: Sectional specification – RF coaxial connectors with inner diameter of outer conductor 6,5 mm (0,256 in) with bayonet lock – Characteristic impedance 50 Ω (type BNC)*

IEC 61210:2010, *Connecting devices – Flat quick-connect terminations for electrical copper conductors – Safety requirements*

IEC 61754-2, *Fibre optic connector interfaces – Part 2: Type BFOC/2,5 connector family*

IEC 61754-13, *Fibre optic connector interfaces – Part 13: Type FC-PC connector*

IEC 61754-22, *Fibre optic connector interfaces – Part 22: Type F-SMA connector family*

IEC 63171, *Connectors for electrical and electronic equipment – Shielded or unshielded free and fixed connectors for balanced single-pair data transmission with current carrying capacity – General requirements and tests*

ISO/IEC 7498 (all parts), *Information technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model*

ISO/IEC 7498-1:1994, *Information technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model: The Basic Model*

ISO/IEC 8482, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Twisted pair multipoint interconnections*

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

ISO 9314-1, *Information processing systems – Fibre Distributed Data Interface (FDDI) Part 1: Token Ring Physical Layer Protocol (PHY)*

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

ISO 4892-1, *Plastics – Methods of exposure to laboratory light sources – Part 1: General guidance*

TIA-422-B:1994, *Electrical Characteristics of Balanced Voltage Digital Interface Circuits*

TIA-485-A:1998, *Electrical Characteristics of Generators and Receivers for Use in Balanced Digital Multipoint Systems*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	576
0 Introduction	578
0.1 Généralités	578
0.2 Vue d'ensemble de la couche physique	578
0.3 Vue d'ensemble des documents	578
0.4 Principales variantes de couche physique spécifiées dans le présent document	579
0.4.1 Support de Type 1	579
0.4.1.1 Type 1: Support câblé	579
0.4.1.2 Type 1: Supports optiques	579
0.4.2 Type 2: Supports à câble coaxial et optique	579
0.4.3 Type 3: Supports câblés et optiques à paire torsadée	580
0.4.4 Type 4: Support câblé	580
0.4.5 Type 8: Supports câblés et optiques à paire torsadée	580
0.4.6 Type 12: Support câblé	580
0.4.7 Type 16: Supports optiques	580
0.4.8 Type 18: Supports	580
0.4.8.1 Type 18: Supports basiques	580
0.4.8.2 Type 18: Supports alimentés	581
0.4.9 Type 20: Supports	581
0.4.10 Type 24: Supports	581
0.4.10.1 Type 24: Supports basiques	581
0.4.10.2 Type 24: Supports alimentés	581
0.4.11 Type 28: Supports	582
0.5 Déclaration de droits de propriété	582
1 Domaine d'application	583
2 Références normatives	583
3 Termes et définitions	586
3.1 Termes et définitions communs	586
3.2 Type 1: Termes et définitions	591
3.3 Type 2: Termes et définitions	594
3.4 Type 3: Termes et définitions	597
3.5 Type 4: Termes et définitions	600
3.6 Vide	601
3.7 Type 8: Termes et définitions	602
3.8 Type 12: Termes et définitions	605
3.9 Type 16: Termes et définitions	605
3.10 Type 18: Termes et définitions	608
3.11 Type 24: Termes et définitions	609
3.12 Type 20: Termes et définitions	611
3.13 Type 28: Termes et définitions	613
4 Symboles et abréviations	615
4.1 Symboles	615
4.1.1 Type 1: Symboles	615
4.1.2 Type 2: Symboles	616
4.1.3 Type 3: Symboles	617
4.1.4 Type 4: Symboles	617

4.1.5	Vide.....	617
4.1.6	Type 8: Symboles.....	617
4.1.7	Type 12: Symboles.....	618
4.1.8	Type 16: Symboles.....	618
4.1.9	Type 18: Symboles.....	618
4.1.10	Type 24: Symboles.....	619
4.1.11	Type 20: Symboles.....	619
4.1.12	Type 28: Symboles.....	620
4.2	Abréviations.....	620
4.2.1	Type 1: Abréviations.....	620
4.2.2	Type 2: Abréviations.....	621
4.2.3	Type 3: Abréviations.....	622
4.2.4	Type 4: Abréviations.....	624
4.2.5	Vide.....	624
4.2.6	Type 8: Abréviations.....	624
4.2.7	Type 12: Abréviations.....	626
4.2.8	Type 16: Abréviations.....	626
4.2.9	Type 18: Abréviations.....	626
4.2.10	Type 24: Abréviations.....	627
4.2.11	Type 20: Abréviations.....	627
4.2.12	Type 28: Abréviations.....	627
5	Interface DLL – PhL.....	628
5.1	Généralités.....	628
5.2	Type 1: Services exigés.....	629
5.2.1	Primitives du PhS.....	629
5.2.2	Notification de PhS-characteristics.....	631
5.2.3	Transmission des Ph user-data.....	631
5.2.4	Réception des Ph user-data.....	631
5.3	Type 2: Services exigés.....	631
5.3.1	Généralités.....	631
5.3.2	M_symbols.....	632
5.3.3	Indication de PH-LOCK.....	632
5.3.4	Indication de PH-FRAME.....	632
5.3.5	Indication de PH-CARRIER.....	632
5.3.6	Indication de PH-DATA.....	632
5.3.7	Indication de PH-STATUS.....	633
5.3.8	Demande de PH-DATA.....	633
5.3.9	Demande de PH-FRAME.....	633
5.3.10	Indication de PH-JABBER.....	633
5.3.11	Demande de Ph-JABBER-CLEAR.....	633
5.3.12	Demande de Ph-JABBER-TYPE.....	633
5.4	Type 3: Services exigés.....	634
5.4.1	Transmission synchrone.....	634
5.4.2	Transmission asynchrone.....	634
5.5	Type 4: Services exigés.....	635
5.5.1	Généralités.....	635
5.5.2	Primitives du PhS.....	635
5.5.3	Transmission des données Ph-user.....	637
5.6	Vide.....	637

5.7	Type 8: Services exigés	637
5.7.1	Généralités	637
5.7.2	Primitives du PhS	638
5.7.3	Vue d'ensemble des interactions	639
5.8	Type 12: Services exigés	645
5.9	Type 16: Services exigés	646
5.9.1	Primitives du PhS	646
5.9.2	Transmission des Ph user-data.....	646
5.9.3	Réception des Ph user-data.....	647
5.10	Type 18: Services exigés	647
5.10.1	Généralités	647
5.10.2	Primitives du PhS	647
5.10.3	Transmission des Ph user-data.....	648
5.10.4	Réception des Ph user-data.....	648
5.11	Type 24: Services exigés	649
5.11.1	Généralités	649
5.11.2	DL_Symbols	649
5.11.3	Indication PLS_CARRIER.....	649
5.11.4	Indication PLS_SIGNAL.....	649
5.11.5	Indication PLS_DATA_VALID	649
5.11.6	Indication PLS_DATA	650
5.11.7	Demande PLS_DATA	650
5.12	Type 20: Services exigés	650
5.12.1	Fonctionnalités des services de la couche physique	650
5.12.2	Séquence de primitives	650
5.12.3	Service de PH-START	651
5.12.4	Service de PH-DATA.....	652
5.12.5	Service de PH-END.....	652
5.13	Type 28: Services exigés	653
5.13.1	Généralités	653
5.13.2	Ph-Param (para, value).....	653
5.13.3	Ph-Data (length, data, status).....	654
5.13.4	Ph-Clock-Sync (command, data, ofdmtiming).....	655
6	Gestion des systèmes – Interface PhL.....	656
6.1	Généralités	656
6.2	Type 1: Gestion des systèmes – Interface PhL.....	656
6.2.1	Services exigés	656
6.2.2	Exigences relatives aux primitives de service	656
6.3	Type 3: Gestion des systèmes – Interface PhL.....	658
6.3.1	Transmission synchrone	658
6.3.2	Transmission asynchrone	658
6.4	Type 4: Gestion des systèmes – Interface PhL.....	664
6.4.1	Services exigés	664
6.4.2	Exigences relatives aux primitives de service	664
6.5	<i>Vide</i>	664
6.6	Type 8: Gestion des systèmes – Interface PhL.....	664
6.6.1	Fonctionnalité de la PhL Management	664
6.6.2	Interface PhL-PNM1	665
6.7	Type 12: Gestion des systèmes – Interface PhL.....	669

6.8	Type 18: Gestion des systèmes – Interface PhL.....	669
6.8.1	Généralités.....	669
6.8.2	Services exigés.....	670
6.8.3	Exigences relatives aux primitives de service.....	670
6.9	Type 24: Gestion des systèmes – Interface PhL.....	670
6.10	Type 28: Gestion des systèmes – Interface PhL.....	670
6.10.1	Généralités.....	670
6.10.2	Tableau d'informations de gestion relatives à PhL.....	671
6.10.3	Primitive de service.....	678
7	Sous-couche indépendante du DCE (DIS).....	681
7.1	Généralités.....	681
7.2	Type 1: DIS.....	681
7.3	Type 3: DIS.....	681
7.3.1	Transmission synchrone.....	681
7.3.2	Transmission asynchrone.....	681
7.4	<i>Vide</i>	682
7.5	Type 8: DIS.....	682
7.5.1	Généralités.....	682
7.5.2	Fonction.....	682
7.5.3	Transmission série.....	682
7.5.4	Couplage MDS.....	682
7.6	Type 12: DIS.....	683
7.7	Type 28: DIS.....	684
8	Interface ETTD – DCE et fonctions MIS-specific.....	684
8.1	Généralités.....	684
8.2	Type 1: Interface ETTD – DCE.....	684
8.2.1	Services.....	684
8.2.2	Interfaces de signalisation.....	686
8.3	Type 3: Interface ETTD – DCE.....	697
8.3.1	Transmission synchrone.....	697
8.3.2	Transmission asynchrone.....	697
8.4	Type 8: Interface MIS – MDS.....	697
8.4.1	Généralités.....	697
8.4.2	Services.....	697
8.4.3	Signaux d'interface.....	698
8.4.4	Conversion des services en signaux d'interface.....	699
8.5	Type 12: Interface ETTD – DCE.....	707
8.6	Type 28: Interface ETTD – DCE et fonction spécifique à la MIS.....	707
8.6.1	Généralités.....	707
8.6.2	Fonction spécifique à la MIS.....	708
8.6.3	Interface ETTD – DCE.....	714
9	Sous-couche dépendante du support (MDS).....	716
9.1	Généralités.....	716
9.2	Type 1: MDS: Supports câblés et optiques.....	716
9.2.1	PhPDU.....	716
9.2.2	Codage et décodage.....	716
9.2.3	Détection de polarité.....	718
9.2.4	Délimiteur de début de trame.....	718
9.2.5	Délimiteur de fin de trame.....	718

9.2.6	Préambule	718
9.2.7	Synchronisation	719
9.2.8	Intervalle post-émission	719
9.2.9	Dérive du signal entre canaux.....	719
9.3	Vide	720
9.4	Type 2: MDS: Supports câblés et optiques.....	720
9.4.1	Généralités	720
9.4.2	Exactitude d'horloge	720
9.4.3	Régénération de données.....	720
9.4.4	Règles de codage de données.....	720
9.5	Type 3: MDS: Supports câblés et optiques.....	721
9.5.1	Transmission synchrone	721
9.5.2	Transmission asynchrone	721
9.6	Type 4: MDS: Support câblé	721
9.6.1	Semi-duplex	721
9.6.2	Bidirectionnelle simultanée	724
9.6.3	UDP bidirectionnel simultané.....	726
9.7	Vide	727
9.8	Type 8: MDS: Supports câblés et optiques.....	727
9.8.1	Fonction	727
9.8.2	Formats de PhPDU.....	728
9.8.3	États de repos	732
9.8.4	PhPDU de réinitialisation	733
9.8.5	Couplage des MAU	734
9.9	Type 12: MDS: Support câblé	735
9.10	Type 16: MDS: Supports optiques.....	735
9.10.1	Règles de codage de données.....	735
9.10.2	Télégrammes et caractères de remplissage.....	736
9.11	Type 18: MDS: Supports câblés	736
9.11.1	Vue d'ensemble	736
9.11.2	Transmission.....	736
9.11.3	Réception	737
9.12	Type 24: MDS: Câble à paire torsadée.....	737
9.12.1	Généralités	737
9.12.2	Exactitude d'horloge	737
9.12.3	Régénération de données.....	738
9.12.4	Règles de codage de données.....	738
9.13	Type 28: MDS: Supports câblés et coaxiaux à paire torsadée	739
9.13.1	Généralités	739
9.13.2	Spécification de la MDS.....	740
10	Interface MDS – MAU	747
10.1	Généralités	747
10.2	Type 1: Interface MDS – MAU: Supports câblés et optiques.....	747
10.2.1	Services	747
10.2.2	Spécifications de services	748
10.2.3	Caractéristiques des signaux.....	748
10.2.4	Mode de communication	749
10.2.5	Caractéristiques de temporisation.....	749
10.3	Vide	749

10.4	Type 2: Interface MDS – MAU: Supports câblés et optiques.....	749
10.4.1	Interface MDS-MAU: Généralités	749
10.4.2	Interface MDS – MAU: Câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension	750
10.4.3	Support optique 5 Mbit/s d'interface MDS – MAU.....	751
10.4.4	Port d'accès au réseau (NAP) de l'interface MDS – MAU.....	752
10.5	Type 3: Interface MDS – MAU: Supports câblés et optiques.....	752
10.5.1	Transmission synchrone	752
10.5.2	Transmission asynchrone	752
10.6	Type 8: Interface MDS – MAU: Supports câblés et optiques.....	752
10.6.1	Vue d'ensemble des services.....	752
10.6.2	Description des services	752
10.6.3	Réponse temporelle.....	753
10.6.4	Mode de transmission.....	754
10.7	Type 18: Interface MDS – MAU: Supports câblés	754
10.7.1	Généralités	754
10.7.2	Services	754
10.7.3	Spécifications de services	754
10.7.4	Caractéristiques des signaux.....	755
10.7.5	Mode de communication	755
10.7.6	Caractéristiques de temporisation.....	755
10.8	Type 24: Interface MDS – MAU: Support câblé à paire torsadée	756
10.8.1	Vue d'ensemble du service	756
10.8.2	Description des services	756
10.9	Type 28: Interface MDS – MAU: Supports câblés et coaxiaux à paire torsadée	757
10.9.1	Généralités	757
10.9.2	Services	757
10.9.3	Processus du service.....	757
	Le MDS de la PhL met en œuvre le codage et la modulation en fonction d'OFDM et gère le signal numérique vers l'interface MDS-MAU pour transmettre le signal. L'interface inclut un émetteur et un récepteur. Au niveau de l'émetteur, le signal numérique est converti en signal analogique par le module N/A. Après filtrage, amplification de gain et amplification de puissance, le signal analogique est transmis au support, puis envoyé au réseau. Au niveau du récepteur, le signal analogique est récupéré vers le signal numérique correspondant par le module A/N après amplification à faible bruit, amplification de puissance et filtrage. Ensuite, le signal numérique est transmis au MDS pour un traitement supplémentaire (démodulation et décodage, par exemple).....	758
10.9.4	Spécifications de services	758
10.9.5	Spécifications de transmission.....	758
	Le Tableau 88 présente les spécifications de paramètres pour différents taux de transmission.	760
11	Type 1 et Type 7: Unité de liaison au support: mode tension, topologie de bus linéaire, support câblé à paire torsadée 150 Ω.....	760
11.1	Généralités	760
11.2	Grandeurs dépendantes du débit binaire.....	760
11.3	Spécifications du réseau	761
11.3.1	Composants	761
11.3.2	Topologies.....	762
11.3.3	Règles de configuration du réseau.....	762
11.3.4	Règles de distribution de l'alimentation pour la configuration du réseau.....	764

11.4	Spécification du circuit de transmission de la MAU	764
11.4.1	Récapitulatif	764
11.4.2	Configuration d'essai de la MAU	765
11.4.3	Exigences de niveau de sortie de la MAU	766
11.4.4	Exigences de temporisation des sorties de la MAU	767
11.4.5	Polarité du signal	768
11.5	Spécification du circuit de réception de la MAU	769
11.5.1	Récapitulatif	769
11.5.2	Impédance d'entrée	770
11.5.3	Sensibilité du récepteur et suppression du bruit	770
11.5.4	Instabilité de bit élémentaire reçu	770
11.5.5	Susceptibilité au brouillage et taux d'erreurs	771
11.6	Inhibition du bavardage	772
11.7	Distribution de l'alimentation	772
11.7.1	Vue d'ensemble	772
11.7.2	Tension d'alimentation	773
11.7.3	Alimentation par l'intermédiaire de conducteurs de signaux	773
11.7.4	Alimentation séparée à partir des conducteurs de signaux	774
11.7.5	Isolation électrique	774
11.8	Spécifications du support	775
11.8.1	Connecteur	775
11.8.2	Câble d'essai normalisé	775
11.8.3	Coupleur	776
11.8.4	Épissures	776
11.8.5	Terminateur	777
11.8.6	Règles de blindage	777
11.8.7	Règles de mise à la masse (mise à la terre)	777
11.8.8	Code de couleur des câbles	778
12	Type 1 et Type 3: Unité de liaison au support: 31,25 kbit/s, mode tension avec option basse puissance, topologie bus et arborescente, support câblé 100 Ω	778
12.1	Généralités	778
12.2	Débit binaire de transmission	779
12.3	Spécifications du réseau	779
12.3.1	Composants	779
12.3.2	Topologies	779
12.3.3	Règles de configuration du réseau	779
12.3.4	Règles de distribution de l'alimentation pour la configuration du réseau	782
12.4	Spécification du circuit de transmission de la MAU	782
12.4.1	Récapitulatif	782
12.4.2	Configuration d'essai de la MAU	782
12.4.3	Exigences de niveau de sortie de la MAU	783
12.4.4	Exigences de temporisation des sorties	784
12.4.5	Polarité du signal	784
12.4.6	Transition de la réception à l'émission	784
12.5	Spécification du circuit de réception de la MAU	785
12.5.1	Récapitulatif	785
12.5.2	Impédance d'entrée	786
12.5.3	Sensibilité du récepteur et suppression du bruit	786
12.5.4	Instabilité de bit élémentaire reçu	786

12.5.5	Susceptibilité au brouillage et taux d'erreurs.....	786
12.6	Inhibition du bavardage.....	787
12.7	Distribution de l'alimentation	788
12.7.1	Généralités.....	788
12.7.2	Tension d'alimentation.....	789
12.7.3	Alimentation par l'intermédiaire de conducteurs de signaux.....	789
12.7.4	Impédance d'alimentation.....	790
12.7.5	Alimentation séparée à partir des conducteurs de signaux.....	794
12.7.6	Isolation électrique.....	794
12.8	Spécifications du support.....	794
12.8.1	Connecteur.....	794
12.8.2	Câble d'essai normalisé.....	795
12.8.3	Coupleur.....	795
12.8.4	Épissures.....	796
12.8.5	Termineur.....	796
12.8.6	Règles de blindage.....	797
12.8.7	Règles de mise à la masse (mise à la terre).....	797
12.8.8	Code de couleur des câbles.....	798
12.9	Sécurité intrinsèque.....	798
12.9.1	Généralités.....	798
12.9.2	Barrière de sécurité intrinsèque.....	798
12.9.3	Mise en place de barrières et de terminateurs.....	799
12.10	Sectionneurs galvaniques.....	799
13	Type 1: Unité de liaison au support: mode courant, support câblé à paire torsadée.....	799
13.1	Généralités.....	799
13.2	Débit binaire de transmission.....	799
13.3	Spécifications du réseau.....	799
13.3.1	Composants.....	799
13.3.2	Topologies.....	800
13.3.3	Règles de configuration du réseau.....	800
13.3.4	Règles de distribution de l'alimentation pour la configuration du réseau.....	802
13.4	Spécification du circuit de transmission de la MAU.....	802
13.4.1	Généralités.....	802
13.4.2	Configuration d'essai.....	803
13.4.3	Exigences de niveau de sortie.....	803
13.4.4	Exigences de temporisation des sorties.....	804
13.5	Spécification du circuit de réception de la MAU.....	805
13.5.1	Généralités.....	805
13.5.2	Impédance d'entrée.....	805
13.5.3	Sensibilité du récepteur et suppression du bruit.....	805
13.5.4	Instabilité de bit élémentaire reçu.....	805
13.5.5	Susceptibilité au brouillage et taux d'erreurs.....	806
13.6	Inhibition du bavardage.....	807
13.7	Distribution de l'alimentation.....	807
13.7.1	Généralités.....	807
13.7.2	Alimentation par l'intermédiaire de conducteurs de signaux.....	808
13.7.3	Alimentation séparée du signal.....	808
13.7.4	Isolation électrique.....	809
13.8	Spécifications du support.....	809

13.8.1	Connecteur	809
13.8.2	Câble d'essai normalisé	810
13.8.3	Coupleur	810
13.8.4	Épissures	810
13.8.5	Terminateur	811
13.8.6	Règles de blindage	811
13.8.7	Règles de mise à la masse	811
13.8.8	Code de couleur des câbles	812
14	Type 1: Unité de liaison au support: mode courant (1 A), support câblé à paire torsadée	812
14.1	Généralités	812
14.2	Débit binaire de transmission	812
14.3	Spécifications du réseau	812
14.3.1	Composants	812
14.3.2	Topologies	813
14.3.3	Règles de configuration du réseau	813
14.3.4	Règles de distribution de l'alimentation pour la configuration du réseau	815
14.4	Spécification du circuit de transmission de la MAU	815
14.4.1	Généralités	815
14.4.2	Configuration	816
14.4.3	Exigences de niveau de sortie	816
14.4.4	Exigences de temporisation des sorties	817
14.5	Spécification du circuit de réception de la MAU	817
14.5.1	Généralités	817
14.5.2	Impédance d'entrée	818
14.5.3	Sensibilité du récepteur et suppression du bruit	818
14.5.4	Instabilité de bit élémentaire reçu	818
14.5.5	Susceptibilité au brouillage et taux d'erreurs	818
14.6	Inhibition du bavardage	819
14.7	Distribution de l'alimentation	819
14.7.1	Généralités	819
14.7.2	Alimentation par l'intermédiaire de conducteurs de signaux	820
14.7.3	Alimentation séparée du signal	821
14.7.4	Isolation électrique	821
14.8	Spécifications du support	821
14.8.1	Connecteur	821
14.8.2	Câble d'essai normalisé	821
14.8.3	Coupleur	821
14.8.4	Épissures	821
14.8.5	Terminateur	821
14.8.6	Règles de blindage	822
14.8.7	Règles de mise à la masse	822
14.8.8	Code de couleur des câbles	822
15	Type 1 et Type 7: Unité de liaison au support: supports à fibre optique double	822
15.1	Généralités	822
15.2	Grandeurs dépendantes du débit binaire	822
15.3	Spécifications du réseau	823
15.3.1	Composants	823
15.3.2	Topologies	823

15.3.3	Règles de configuration du réseau.....	823
15.4	Spécifications du circuit de transmission de la MAU.....	824
15.4.1	Configuration d'essai	824
15.4.2	Spécification du niveau de sortie	824
15.4.3	Spécification de temporisation des sorties	825
15.5	Spécifications du circuit de réception de la MAU.....	826
15.5.1	Généralités.....	826
15.5.2	Domaine de fonctionnement du récepteur.....	826
15.5.3	Instabilité maximale de bit élémentaire reçu	826
15.5.4	Susceptibilité au brouillage et taux d'erreurs.....	826
15.6	Inhibition du bavardage.....	827
15.7	Spécifications du support.....	828
15.7.1	Connecteur.....	828
15.7.2	Fibre d'essai normalisée.....	828
15.7.3	Étoile passive optique.....	828
15.7.4	Étoile active optique	828
16	Type 1: Unité de liaison au support: support optique monofibre 31,25 kbit/s	830
16.1	Généralités	830
16.2	Débit binaire de transmission.....	830
16.3	Spécifications du réseau.....	830
16.3.1	Composants	830
16.3.2	Topologies.....	830
16.3.3	Règles de configuration du réseau.....	830
16.4	Spécifications du circuit de transmission de la MAU.....	831
16.4.1	Configuration d'essai	831
16.4.2	Spécification du niveau de sortie	831
16.4.3	Spécification de temporisation des sorties	831
16.5	Spécifications du circuit de réception de la MAU.....	831
16.5.1	Généralités.....	831
16.5.2	Domaine de fonctionnement du récepteur.....	831
16.5.3	Instabilité maximale de bit élémentaire reçu	831
16.5.4	Susceptibilité au brouillage et taux d'erreurs.....	831
16.6	Inhibition du bavardage.....	832
16.7	Spécifications du support.....	832
16.7.1	Connecteur.....	832
16.7.2	Fibre d'essai normalisée.....	832
16.7.3	Étoile passive optique.....	832
16.7.4	Étoile active optique	832
17	Vide.....	833
18	Type 2: Unité de liaison au support: Support à câble coaxial, de 5 Mbit/s, en mode tension	833
18.1	Généralités	833
18.2	Émetteur-récepteur: Câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension	834
18.3	Transformateur pour câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension	840
18.4	Connecteur de support à câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension.....	840
18.5	Topologie pour un support à câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension	841
18.6	Prises pour un support à câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension	842
18.6.1	Description	842
18.6.2	Exigences.....	842

18.6.3	Ligne secondaire	844
18.7	Ligne principale pour un support à câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension.....	844
18.7.1	Câble de ligne principale	844
18.7.2	Connecteurs	845
19	Type 2: Unité de liaison au support: support optique de 5 Mbit/s	845
19.1	Généralités	845
19.2	Émetteur-récepteur de support optique de 5 Mbit/s	845
19.3	Topologie de support optique de 5 Mbit/s.....	846
19.4	Fibre optique de ligne principale de support de 5 Mbit/s.....	847
19.5	Connecteurs de ligne principale de support à fibre optique de 5 Mbit/s	847
19.6	Spécifications de fibre optique de support de 5 Mbit/s.....	847
20	Type 2: Unité de liaison au support: port d'accès au réseau (NAP).....	849
20.1	Généralités	849
20.2	Signalisation	851
20.3	Émetteur-récepteur	852
20.4	Connecteur	853
20.5	Câble	853
21	Type 3: Unité de liaison au support: Transmission synchrone, 31,25 kbit/s, mode tension, support câblé	854
21.1	Généralités	854
21.2	Débit binaire de transmission.....	854
21.3	Spécifications du réseau	854
21.3.1	Composants	854
21.3.2	Topologies.....	855
21.3.3	Règles de configuration du réseau.....	856
21.3.4	Règles de distribution de l'alimentation pour la configuration du réseau.....	858
21.4	Spécification du circuit de transmission pour la MAU 31,25 kbit/s en mode tension.....	858
21.4.1	Récapitulatif	858
21.4.2	Configuration d'essai	858
21.4.3	Impédance.....	858
21.4.4	Symétrie	860
21.4.5	Exigences de niveau de sortie	861
21.4.6	Exigences de temporisation des sorties	861
21.4.7	Polarité du signal.....	861
21.5	Spécification du circuit de réception pour la MAU 31,25 kbit/s en mode tension.....	861
21.6	Inhibition du bavardage.....	861
21.7	Distribution de l'alimentation	861
21.7.1	Généralités	861
21.7.2	Tension d'alimentation.....	862
21.7.3	Alimentation par l'intermédiaire de conducteurs de signaux	863
21.7.4	Isolation électrique	864
21.8	Spécifications du support.....	864
21.8.1	Connecteur.....	864
21.8.2	Câble d'essai normalisé.....	864
21.8.3	Coupleur.....	865
21.8.4	Épissures	865

21.8.5	Termineur	865
21.8.6	Règles de blindage	865
21.8.7	Règles de mise à la masse	866
21.8.8	Couleurs du câblage	866
21.9	Sécurité intrinsèque	866
21.9.1	Généralités	866
21.9.2	Barrière de sécurité intrinsèque	866
21.9.3	Mise en place de barrières et de terminateurs	867
21.10	Sectionneurs galvaniques	867
21.11	Éléments de couplage	867
21.11.1	Généralités	867
21.11.2	Répéteur MBP-IS	867
21.11.3	Coupleur de signaux MBP-IS – RS 485	869
21.12	Alimentation	869
21.12.1	Généralités	869
21.12.2	Alimentation non de sécurité intrinsèque	870
21.12.3	Alimentation de sécurité intrinsèque	870
21.12.4	Alimentation de catégorie "ib"	871
21.12.5	Alimentation de catégorie "ia"	872
21.12.6	Retour de puissance	873
22	Type 3: Unité de liaison au support: transmission asynchrone, support câblé	873
22.1	Unité de liaison au support non IS	873
22.1.1	Caractéristiques	873
22.1.2	Spécifications du support	876
22.1.3	Méthode de transmission	879
22.2	Unité de liaison au support de sécurité intrinsèque	879
22.2.1	Caractéristiques	879
22.2.2	Spécifications du support	881
22.2.3	Méthode de transmission	883
22.2.4	Sécurité intrinsèque	887
23	Type 3: Unité de liaison au support: transmission asynchrone, support optique	891
23.1	Caractéristiques techniques de la transmission de données sur fibre optique	891
23.2	Caractéristiques de base d'un support de transmission de données sur fibre optique	892
23.3	Réseau optique	892
23.4	Liaison optique normalisée	893
23.5	Structures de réseaux construites à partir d'une combinaison de liaisons optiques normalisées	893
23.6	Codage binaire	893
23.7	Niveau de signal optique	894
23.7.1	Généralités	894
23.7.2	Caractéristiques des émetteurs optiques	894
23.7.3	Caractéristiques des récepteurs optiques	896
23.8	Distorsion temporelle des signaux	897
23.8.1	Généralités	897
23.8.2	Forme de signal à l'entrée électrique de l'émetteur optique	897
23.8.3	Distorsion de signal due à l'émetteur optique	898
23.8.4	Distorsion du signal due au récepteur optique	899
23.8.5	Influence des éléments de couplage sur le signal	899

23.8.6	Chaînage de liaisons optiques normalisées	899
23.9	Taux d'erreurs sur les bits.....	900
23.10	Connecteurs pour câble à fibre optique.....	900
23.11	Redondance dans des réseaux de transmission optique	900
24	Type 4: Unité de liaison au support: RS-485.....	900
24.1	Généralités	900
24.2	Vue d'ensemble des services.....	901
24.3	Description des services	901
24.3.1	Signal de transmission (TxS).....	901
24.3.2	Activation de la transmission (TxE).....	901
24.3.3	Signal de réception (RxS).....	901
24.4	Réseau.....	901
24.4.1	Généralités.....	901
24.4.2	Topologie	901
24.5	Spécification électrique.....	901
24.6	Réponse temporelle.....	902
24.7	Interface avec le support de transmission	902
24.8	Spécification du support de transmission	902
24.8.1	Connecteurs de câble	902
24.8.2	Câble.....	902
25	Vide.....	902
26	Vide.....	902
27	Type 8: Unité de liaison au support: support câblé à paire torsadée	903
27.1	Signaux de MAU	903
27.2	Grandeurs dépendantes du débit binaire de transmission	903
27.3	Réseau	904
27.3.1	Généralités.....	904
27.3.2	Topologie	904
27.4	Spécification électrique.....	904
27.5	Réponse temporelle.....	904
27.6	Interface avec le support de transmission	904
27.6.1	Généralités.....	904
27.6.2	Interface d'arrivée.....	905
27.6.3	Interface de départ	905
27.7	Spécification du support de transmission	905
27.7.1	Connecteurs de câble	905
27.7.2	Câble.....	905
27.7.3	Résistance terminale	907
28	Type 8: Unité de liaison au support: Supports optiques	907
28.1	Généralités	907
28.2	Grandeurs dépendantes du débit binaire de transmission	908
28.3	Topologie du réseau	908
28.4	Spécifications du circuit de transmission.....	909
28.4.1	Règles de codage de données.....	909
28.4.2	Configuration d'essai	909
28.4.3	Spécification du niveau de sortie	909
28.4.4	Spécification de temporisation des sorties	910
28.5	Spécifications du circuit de réception.....	910

28.5.1	Règles de décodage	910
28.5.2	Domaine de fonctionnement du récepteur à fibre optique.....	911
28.5.3	Instabilité maximale de bit élémentaire reçu	911
28.6	Spécification du support de transmission	911
28.6.1	Connecteur	911
28.6.2	Spécification du câble à fibre optique: câble à fibre optique polymère.....	911
28.6.3	Spécification du câble à fibre optique: câble à fibre de silice gainée de plastique.....	913
28.6.4	Fibre d'essai normalisée	914
29	Type 12: Unité de liaison au support: Puissance combinée à un appareil de couche physique Ethernet (PHY)	915
29.1	Caractéristiques électriques	915
29.1.1	Relations avec l'architecture Ethernet.....	915
29.1.2	Exigences générales de puissance	918
29.1.3	Équipement de source de puissance.....	918
29.1.4	Appareil alimenté.....	919
29.1.5	Protection contre le courant d'appel et les surcharges	920
29.1.6	Variation dynamique du courant.....	921
29.1.7	Variations liées au statisme le plus défavorable d'un transformateur.....	922
29.1.8	Spécifications électriques supplémentaires.....	922
29.2	Spécifications du support	923
29.2.1	Connecteur	923
29.2.2	Conducteur.....	923
30	Type 16: Unité de liaison au support: support à fibre optique de 2 Mbit/s, 4 Mbit/s, 8 Mbit/s et 16 Mbit/s.....	923
30.1	Structure des lignes de transmission.....	923
30.2	Caractéristiques de durée de la transmission binaire	924
30.2.1	Introduction	924
30.2.2	Maître et esclave en mode d'essai	924
30.2.3	Débit de données	926
30.2.4	Caractéristiques d'entrée-sortie de l'esclave	927
30.2.5	Forme d'onde théorique	931
30.3	Connexion à la fibre optique	931
30.3.1	Introduction	931
30.3.2	Connexion du maître	931
30.3.3	Connexion de l'esclave	935
30.3.4	Interactions des connexions	936
31	Type 18: Unité de liaison au support: support de base.....	937
31.1	Généralités	937
31.2	Codage du signal de données	938
31.3	Chargement du signal	938
31.4	Exigences d'acheminement du signal.....	938
31.5	Supports	938
31.5.1	Généralités	938
31.5.2	Topologie	939
31.5.3	Spécifications du câblage de signaux	940
31.5.4	Terminaison de supports	940
31.6	Connecteurs de câbles de dérivation et de point d'extrémité.....	941
31.7	Circuits recommandés de MAU de PhL-B de Type 18	941

32	Type 18: Unité de liaison au support: support alimenté	942
32.1	Généralités	942
32.2	Codage du signal de données	942
32.3	Chargement du signal	943
32.4	Exigences d'acheminement du signal	943
32.5	Supports	943
32.5.1	Généralités	943
32.5.2	Topologie	943
32.5.3	Exigences de la topologie	945
32.5.4	Spécifications du câblage de signaux	946
32.5.5	Terminaison de supports	946
32.6	Connecteurs de câbles de dérivation et de point d'extrémité	947
32.6.1	Connecteur d'appareil	947
32.6.2	Connecteur de câble plat	947
32.6.3	Connecteur de câble rond	947
32.6.4	Variante de connecteur de câble rond	947
32.6.5	Coupleur de dérivation en T	947
32.7	Distribution de l'alimentation intégrée	947
32.7.1	Généralités	947
32.7.2	Source d'alimentation	948
32.7.3	Charge d'alimentation	949
32.8	Circuits recommandés de MAU de PhL-P de Type 18	950
32.8.1	Généralités	950
32.8.2	Isolation galvanique de l'élément de communication	950
32.8.3	Puissance	951
33	Type 24: Unité de liaison au support: support câblé à paire torsadée	952
33.1	Généralités	952
33.2	Réseau	952
33.2.1	Composant	952
33.2.2	Topologie	952
33.3	Spécification électrique	953
33.4	Spécifications du support	953
33.4.1	Connecteur	953
33.4.2	Câble	954
33.4.3	Règles de mise à la masse et de blindage	955
33.4.4	Terminateur de bus	956
33.4.5	Codage binaire	956
33.4.6	Commande de l'émetteur-récepteur	956
33.4.7	Transformateur	958
33.4.8	Exigence de niveau de sortie	958
33.4.9	Interface avec le support de transmission	959
34	Type 20: Unité de liaison au support: Support FSK	961
34.1	Vue d'ensemble	961
34.2	PhPDU	962
34.2.1	Structure de la PhPDU	962
34.2.2	Transmission de PhPDU	962
34.2.3	Réception de PhPDU	963
34.2.4	Longueur de préambule	963
34.3	Types d'appareils	964

34.3.1	Généralités	964
34.3.2	Type d'impédance	964
34.3.3	Type de connexion	965
34.3.4	Paramètres de l'appareil	967
34.4	Règles de configuration du réseau	967
34.5	Spécifications de l'émetteur numérique	968
34.5.1	Configuration d'essai	968
34.5.2	Débit binaire et modulation	969
34.5.3	Amplitude	969
34.5.4	Temporisation.....	971
34.5.5	Spectre de signal numérique	972
34.6	Spécifications du récepteur numérique	972
34.7	Signalisation analogique	974
34.7.1	Spectre de signal analogique.....	974
34.7.2	Interférences par rapport au signal numérique	974
34.8	Impédance de l'appareil	975
34.8.1	Appareil à haute impédance	975
34.8.2	Appareil à faible impédance.....	975
34.8.3	Appareil secondaire	976
34.9	Interférences par rapport aux signaux analogiques et numériques	976
34.9.1	Connexion ou déconnexion des appareils secondaires	976
34.9.2	Connexion cyclique.....	977
34.9.3	Sortie pendant le silence	977
34.10	Appareils ne communiquant pas	977
34.10.1	Alimentation réseau	977
34.10.2	Barrière	978
34.10.3	Matériel divers.....	980
35	Type 28: Supports câblés et coaxiaux à paire torsadée	981
35.1	Vue d'ensemble	981
35.2	Topologie du réseau	981
35.3	Spécifications électriques	982
35.4	Interface du support de transmission	982
35.5	Support.....	983
35.5.1	Câble.....	983
35.5.2	Connecteur.....	984
35.5.3	Résistance terminale	984
Annexe A (normative) Type 1: Spécifications des connecteurs.....		985
A.1	Connecteur interne pour support câblé	985
A.2	Connecteurs externes pour support câblé	986
A.2.1	Généralités	986
A.2.2	Connecteur externe pour environnements industriels rigoureux	986
A.2.3	Connecteur externe pour environnements industriels typiques	991
A.3	Connecteurs externes pour support optique	993
A.3.1	Généralités	993
A.3.2	Connecteur externe pour environnements industriels typiques	993
Annexe B (informative) Types 1 et 3: Spécification du câblage et longueurs de lignes principales et de lignes secondaires pour la MAU de 31,25 kbit/s en mode tension		995
B.1	Description et spécifications du câblage	995
B.2	Longueurs de lignes principales et de lignes secondaires typiques	996

Annexe C (informative) Types 1 et 7: Étoiles passives optiques.....	997
C.1 Définition	997
C.2 Exemples d'affaiblissement.....	997
Annexe D (informative) Types 1 et 7: Topologie en étoile	998
D.1 Exemples de topologie.....	998
D.2 Bilan de puissance optique	999
D.2.1 Généralités.....	999
D.2.2 Topologie en étoile passive (MAU à fibre optique de 31,25 kbit/s, en mode monofibre)	1000
D.2.3 Topologie en étoile active (MAU à fibre optique).....	1000
D.3 Mixte, avec supports câblés.....	1001
Annexe E (informative) Type 1: Autres fibres	1002
E.1 Variantes de fibres en mode fibre double	1002
E.2 Variantes de fibres en mode monofibre	1002
Annexe F (normative) Type 2: Spécification des connecteurs	1003
F.1 Connecteur pour support à câble coaxial	1003
F.2 Connecteur pour support optique	1003
F.2.1 Exigences générales	1003
F.2.2 Connecteur pour support optique de courte portée	1003
F.2.3 Connecteur pour support optique de moyenne et longue portée.....	1004
F.3 Connecteur pour support NAP	1004
Annexe G (normative) Type 2: Sous-couches de machine répéteur (RM, RRM) et PhL redondantes	1006
G.1 Généralités	1006
G.2 Sous-couche RM (machine répéteur)	1006
G.2.1 Exigences.....	1006
G.2.2 Diagramme d'états de sous-couche RM (informative)	1008
G.3 PhL redondante	1009
G.4 Sous-couche RRM (machine répéteur d'anneau).....	1010
G.4.1 Exigences.....	1010
G.4.2 Fonctionnement de la sous-couche RRM.....	1011
Annexe H (informative) Type 2: Exemples de conceptions de référence.....	1018
H.1 MAU: support à câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension.....	1018
H.1.1 Exemple de modèle de référence d'un émetteur-récepteur	1018
H.1.2 Exemple de modèle de référence d'un transformateur	1021
H.1.3 Exemple de modèle de référence d'une prise.....	1021
H.2 Port d'accès au réseau (NAP)	1022
Annexe I (normative) Type 3: Spécification des connecteurs.....	1024
I.1 Connecteur pour transmission synchrone.....	1024
I.1.1 Généralités.....	1024
I.1.2 Affectation des broches d'un connecteur circulaire M12.....	1024
I.1.3 Connexion entre un coupleur en T et une station	1025
I.2 Connecteur pour transmission asynchrone.....	1025
I.2.1 Connecteur pour transmission asynchrone sans sécurité intrinsèque.....	1025
I.2.2 Connecteur pour transmission asynchrone de sécurité intrinsèque	1026
I.3 Connecteurs pour câble à fibre optique.....	1030
I.3.1 Connecteurs pour câble à fibre optique de verre (longueur d'onde de 850 nm et 1 300 nm).....	1030

1.3.2	Connecteurs pour câble à fibre optique en matière plastique et de verre (longueur d'onde de 660 nm)	1030
Annexe J (normative)	Type 3: Redondance de PhL et support	1031
Annexe K (normative)	Type 3: Topologie de réseau optique.....	1032
K.1	Flux de signaux dans un réseau optique	1032
K.2	Connexion à un réseau avec écho	1032
K.3	Connexion à un réseau sans écho	1033
K.4	MAU à fibre optique avec fonction d'écho	1033
K.5	MAU à fibre optique sans fonction d'écho	1034
K.6	Exemples de topologie	1034
K.6.1	Généralités	1034
K.6.2	Topologie en étoile	1034
K.6.3	Topologie en anneau	1035
K.6.4	Topologie en bus	1036
K.6.5	Topologie arborescente	1036
K.6.6	Convertisseur à fibre optique selon la norme TIA-485-A	1036
K.7	Bilan de puissance optique	1037
K.7.1	Généralités	1037
K.7.2	Conditions restrictives	1037
K.7.3	Fibre de verre multimodale 62,5/125 µm	1039
K.7.4	Fibre de verre unimodale 9/125 µm	1039
K.7.5	Fibre plastique multimodale 980/1 000 µm.....	1040
K.7.6	Fibre de verre multimodale 200/230 µm	1041
Annexe L (informative)	Type 3: Exemples de modèles de référence pour une transmission asynchrone, sur support câblé de sécurité intrinsèque	1042
L.1	Terminaison de bus dans l'appareil de communication	1042
L.2	Terminaison de bus dans le connecteur	1042
L.3	Terminaison de bus externe	1043
Annexe M (normative)	Type 8: Spécification des connecteurs	1044
M.1	Connecteurs externes pour support câblé	1044
M.1.1	Affectation des broches du connecteur subminiature D	1044
M.1.2	Affectation des broches du connecteur de borne	1044
M.2	Connecteurs externes pour support à fibre optique	1045
M.3	Connecteurs externes hybrides utilisés dans des applications IP65	1045
Annexe N (normative)	Type 16: Spécification des connecteurs	1049
Annexe O (normative)	Type 16: Topologie de réseau optique	1050
O.1	Topologie.....	1050
O.2	Bilan de puissance optique	1051
O.2.1	Signaux optiques sur la ligne de transmission.....	1051
O.2.2	Spécifications de l'émetteur	1051
O.2.3	Spécifications du récepteur	1052
O.2.4	Câble à fibre optique	1053
O.2.5	Données système relatives au trajet de transmission optique	1053
Annexe P (informative)	Type 16: Exemple de modèle de référence.....	1055
P.1	Principes fonctionnels du circuit répéteur.....	1055
P.2	Affaiblissement sur la ligne de transmission.....	1058
Annexe Q (normative)	Type 18: Spécification des connecteurs	1059
Q.1	Vue d'ensemble	1059

Q.2	Connecteur d'appareil	1059
Q.3	Connecteur de câble plat	1060
Q.4	Connecteur de câble rond	1061
Q.5	Variante de connecteur de câble rond	1062
Annexe R (normative) Type 18: Spécifications du câblage des supports		1064
R.1	Câble de PhL-B de Type 18	1064
R.2	Câble PhL-P de Type 18	1065
R.2.1	Câble plat	1065
R.2.2	Câble rond – préférentiel	1066
R.2.3	Câble rond – variante	1067
Annexe S (normative) Type 24: Spécification des connecteurs		1068
S.1	Vue d'ensemble	1068
S.2	Connecteur de Type 24-1	1068
S.2.1	Connecteur d'appareil de Type 24-1	1068
S.2.2	Connecteur de câble de Type 24-1	1069
S.3	Connecteur de Type 24-2	1070
S.3.1	Connecteur d'appareil de Type 24-2	1070
S.3.2	Connecteur de câble de Type 24-2	1070
S.4	Connecteur de Type 24-3	1070
S.4.1	Connecteur d'appareil de Type 24-3	1070
S.4.2	Connecteur de câble de Type 24-3	1072
Annexe T (informative) Type 20: Topologie du réseau, caractéristiques et longueurs de câbles, distribution de l'alimentation par l'intermédiaire de barrières, blindage et mise à la terre		1074
T.1	Exemples de topologie	1074
T.1.1	Généralités	1074
T.1.2	Réseau d'entrée courant point à point	1074
T.1.3	Réseau de sortie courant point à point	1075
T.1.4	Réseau multipoints	1076
T.1.5	Réseau multipoints avec signalisation analogique	1077
T.1.6	Réseau connecté en série	1078
T.2	Description et spécifications du câblage	1079
T.2.1	Généralités	1079
T.2.2	Longueur de câble à paire simple	1080
T.2.3	Longueur de câble à paire multiple	1093
T.3	Distribution de l'alimentation par l'intermédiaire de barrières	1093
T.4	Blindage et mise à la terre	1094
Annexe U (informative) Type 24: Spécifications des câbles de support et support câblé à paire torsadée des topologies de réseau		1096
U.1	Réseau	1096
U.1.1	Composant	1096
U.1.2	Topologie	1096
U.2	Spécifications du support	1097
U.2.1	Câble	1097
U.2.2	Prise	1100
U.3	Câblage de la source d'alimentation	1100
U.3.1	Vue d'ensemble	1100
U.3.2	Adaptateur de puissance	1101
U.3.3	Alimentation	1102

U.3.4	Charge de puissance	1102
U.3.5	Circuit de la MAU prenant en charge l'alimentation de Type 24-3	1103
U.3.6	Chute de tension d'alimentation	1105
Annexe V (informative) Type 28: Exemple d'affectation de sous-trame de données		1108
V.1	Exemple A	1108
V.2	Exemple B	1109
V.3	Exemple C	1110
Annexe W (normative) Type 28: Polynôme de génération de code RS		1111
Bibliographie.....		1113
Figure 1 – Modèle général de couche physique		578
Figure 2 – Mapping entre unités de données sur l'interface DLL – PhL		629
Figure 3 – Service de données pour transmission asynchrone		634
Figure 4 – Interactions pour une séquence de données de maître: cycle d'identification		640
Figure 5 – Interactions pour une séquence de données de maître: cycle de données.....		641
Figure 6 – Interactions pour une séquence de données d'esclave: cycle d'identification.....		642
Figure 7 – Interactions pour une séquence de données d'esclave: cycle de données		643
Figure 8 – Interactions pour une séquence de contrôle de maître		644
Figure 9 – Interactions pour une séquence de contrôle d'esclave.....		645
Figure 10 – Séquences de service de données de la couche physique		651
Figure 11 – Processus de la primitive de service Ph-Param.....		653
Figure 12 – Processus de la primitive de service Ph-Data.....		655
Figure 13 – Processus de la primitive du service Ph-Clock-Sync.....		656
Figure 14 – Réinitialiser, Établir valeur, Obtenir valeur		660
Figure 15 – Service d'événements		660
Figure 16 – Interface entre PhL et PNM1 dans le modèle en couches		665
Figure 17 – Services Réinitialiser, Établir valeur, Obtenir valeur PhL		666
Figure 18 – Service d'événements PhL		666
Figure 19 – Attribution du numéro d'interface.....		667
Figure 20 – Structure des informations de bloc de ressources		677
Figure 21 – Processus de la primitive de service Ph-RESET.....		678
Figure 22 – Processus de la primitive de service Ph-SET-VALUE		679
Figure 23 – Processus de la primitive de service Ph-GET-VALUE.....		679
Figure 24 – Processus de la primitive de service Ph-EVENT.....		680
Figure 25 – Processus de la primitive de service Ph-SYNC.....		681
Figure 26 – Configuration d'un maître		683
Figure 27 – Configuration d'un esclave avec un type de transmission alternatif		683
Figure 28 – Configuration d'un coupleur de bus avec un type de transmission alternatif		683
Figure 29 – Machines de séquençement ETTD/DCE		690
Figure 30 – Transitions d'état avec le service de demande de cycle d'identification		700
Figure 31 – Interface MIS-MDS: service de demande de cycle d'identification		700
Figure 32 – Interface MIS-MDS: service de demande de cycle d'identification		701
Figure 33 – Transitions d'état du service de demande de cycle de données.....		702
Figure 34 – Interface MIS-MDS: service de demande de cycle de données.....		702

Figure 35 – Transitions d'état du service de classification de séquences de données	703
Figure 36 – Machine de protocole du service de transmission de messages	704
Figure 37 – Machine de protocole du service d'identification de séquences de données	705
Figure 38 – Machine de protocole du service de réception de messages	706
Figure 39 – SF et symbole OFDM	708
Figure 40 – Structure SF	709
Figure 41 – Mode de porteuse A et mode de porteuse B de la sous-trame de données	710
Figure 42 – Structure de symbole OFDM de la PhL	711
Figure 43 – Structure de temporisation OFDM	711
Figure 44 – DLPDU et CB	712
Figure 45 – Schéma de l'élément de ressource	712
Figure 46 – Processus du signal d'interface ETTD-DCE	716
Figure 47 – Unité de données de protocole (PhPDU)	716
Figure 48 – Codage et décodage PhSDU	717
Figure 49 – Règles de codage Manchester	717
Figure 50 – Préambule et délimiteurs	719
Figure 51 – Symboles codés Manchester	721
Figure 52 – Format d'une PhPDU, semi-duplex	722
Figure 53 – Format d'une PhPDU, bidirectionnelle simultanée	724
Figure 54 – PhPDU de séquence de données	728
Figure 55 – Structure de l'en-tête dans une PhPDU de séquence de données	729
Figure 56 – PhPDU de séquence de contrôle	729
Figure 57 – Structure de l'en-tête dans une PhPDU de séquence de contrôle	730
Figure 58 – Structure de la PhPDU d'état	730
Figure 59 – Structure de l'en-tête dans une PhPDU d'état	731
Figure 60 – Structure de la PhPDU d'état d'activité du support	732
Figure 61 – Structure de l'en-tête d'une PhPDU d'état d'activité du support	732
Figure 62 – PhPDU de réinitialisation	733
Figure 63 – Configuration d'un maître	734
Figure 64 – Configuration d'un esclave	734
Figure 65 – Configuration d'un coupleur de bus	735
Figure 66 – Exemple de signal codé en NRZI	735
Figure 67 – Signal de remplissage	736
Figure 68 – Symboles codés Manchester	739
Figure 69 – Symboles codés NRZI	739
Figure 70 – Processus de canal PhL	740
Figure 71 – Génération de la séquence de brouillage	741
Figure 72 – Codeur convolutif avec taux de code de 1/2	743
Figure 73 – Processus de suppression de bit avec les taux de code 2/3 et 3/4	743
Figure 74 – Génération de la séquence m	745
Figure 75 – Schéma d'une structure de symbole OFDM	746
Figure 76 – Tolérance à l'instabilité (gigue)	754
Figure 77 – Diagramme du processus de service de l'interface MDS-MAU	757

Figure 78 – Modèle de spectre de signal.....	759
Figure 79 – Configuration d'essai du circuit de transmission	766
Figure 80 – Forme d'onde de sortie	766
Figure 81 – Instabilité de bit élémentaire transmis et reçu (écart du point de passage par zéro).....	767
Figure 82 – Polarité du signal	769
Figure 83 – Sensibilité du récepteur et suppression du bruit	770
Figure 84 – Ondulation et bruit de l'alimentation	774
Figure 85 – Coupleur de bus de terrain	776
Figure 86 – Transition de la réception à l'émission.....	785
Figure 87 – Ondulation et bruit de l'alimentation	789
Figure 88 – Circuit d'essai pour des alimentations à sortie unique	790
Figure 89 – Circuit d'essai pour distribution de l'alimentation par l'intermédiaire d'une barrière IS	792
Figure 90 – Circuit d'essai pour des alimentations à sorties multiples avec couplage du signal.....	793
Figure 91 – Coupleur de bus de terrain	795
Figure 92 – Résistances de protection	796
Figure 93 – Configuration d'essai d'une MAU en mode courant.....	803
Figure 94 – Instabilité de bit élémentaire transmis et reçu (écart du point de passage par zéro).....	804
Figure 95 – Circuit d'essai du bruit d'une MAU en mode courant.....	806
Figure 96 – Instabilité de bit élémentaire transmis et reçu (écart du point de passage par zéro).....	817
Figure 97 – Distorsion harmonique et bruit de l'alimentation	820
Figure 98 – Modèle de forme d'onde optique	825
Figure 99 – Composantes de la variante de PhL à câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension.....	834
Figure 100 – Diagramme de bloc de MAU à câble coaxial.....	834
Figure 101 – Émetteur de MAU à câble coaxial.....	835
Figure 102 – Fonctionnement du récepteur avec MAU à câble coaxial	836
Figure 103 – Masque de transmission de MAU à câble coaxial	838
Figure 104 – Masque de réception de MAU à câble coaxial	839
Figure 105 – Schéma du transformateur	840
Figure 106 – Exemple de topologie de câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension	841
Figure 107 – Limites de topologie d'un support à câble coaxial	842
Figure 108 – Caractéristiques électriques d'une prise de support à câble coaxial.....	843
Figure 109 – Diagramme de MAU 5 Mbit/s, support à fibre optique	846
Figure 110 – Modèle de référence NAP	850
Figure 111 – Exemples de nœuds transitoires et permanents	851
Figure 112 – Émetteur-récepteur NAP	853
Figure 113 – Câble de NAP	853
Figure 114 – Schéma de principe de la mesure de l'impédance	859
Figure 115 – Définition du CMRR.....	860
Figure 116 – Schéma de principe de mesure du CMRR	860

Figure 117 – Ondulation et bruit de l'alimentation	863
Figure 118 – Courbe de sortie caractéristique d'une alimentation de catégorie EEx ib	872
Figure 119 – Courbe de sortie caractéristique d'une alimentation de catégorie EEx ia	872
Figure 120 – Répéteur en topologie en bus linéaire	875
Figure 121 – Répéteur en topologie arborescente	875
Figure 122 – Exemple d'un connecteur avec inductance intégrée	877
Figure 123 – Câblage d'interconnexion	877
Figure 124 – Termineur de bus	878
Figure 125 – Structure linéaire d'un segment de sécurité intrinsèque	880
Figure 126 – Exemple de topologie étendue par des répéteurs	881
Figure 127 – Termineur de bus	883
Figure 128 – Forme d'onde de la tension différentielle	884
Figure 129 – Montage d'essai pour le mesurage du niveau de repos d'appareils à résistance de terminaison intégrée	886
Figure 130 – Montage d'essai pour le mesurage du niveau de repos d'appareils à résistance de terminaison raccordable	886
Figure 131 – Montage d'essai pour le mesurage des niveaux de transmission	887
Figure 132 – Montage d'essai pour le mesurage des niveaux de réception	887
Figure 133 – Modèle de bus de terrain de sécurité intrinsèque	888
Figure 134 – Modèle d'appareil de communication de sécurité intrinsèque	889
Figure 135 – Connexion au réseau optique	891
Figure 136 – Structure de principe d'un réseau optique	892
Figure 137 – Définition de la liaison optique normalisée	893
Figure 138 – Modèle de signal pour l'émetteur optique	898
Figure 139 – Circuit d'interface recommandé	902
Figure 140 – MAU d'une interface de départ	903
Figure 141 – MAU d'une interface d'arrivée	903
Figure 142 – Liaison de bus distant	904
Figure 143 – Interface avec le support de transmission	904
Figure 144 – Câblage	907
Figure 145 – Réseau de résistances terminales	907
Figure 146 – Câble de bus distant à fibre optique	908
Figure 147 – Liaison de bus distant à fibre optique	908
Figure 148 – Modèle de forme d'onde optique pour une MAU à fibre optique	910
Figure 149 – Combinaison Ethernet/Puissance	916
Figure 150 – Interaction entre un PSE et plusieurs PD	916
Figure 151 – Relation de l'équipement de source de puissance (PSE) 2PP avec les circuits d'interface physique et le modèle ISO/IEC/IEEE 8802-3	917
Figure 152 – Relation de l'appareil alimenté (PD) 2PP avec les circuits d'interface physique et le modèle ISO/IEC/IEEE 8802-3	917
Figure 153 – Interaction entre Accès, MDI et PI	918
Figure 154 – Limites de courant d'appel au-dessus du courant nominal	921
Figure 155 – Ligne de transmission optique	923
Figure 156 – Enveloppe de signal optique	926

Figure 157 – Affichage de l'instabilité (J_{noise})	926
Figure 158 – Caractéristiques d'entrée/sortie d'un esclave.....	928
Figure 159 – Fonctions de connexion d'un maître	932
Figure 160 – Signaux de transmission valides pendant les transitions de signal de remplissage à délimiteurs de message.....	934
Figure 161 – Signaux de transmission valides pendant la transition de délimiteur de télégramme à signal de remplissage	935
Figure 162 – Fonctions de connexion d'un esclave	936
Figure 163 – Réseau avec deux esclaves	937
Figure 164 – Câblage minimal d'interconnexion	938
Figure 165 – Topologie de câble spécifique	939
Figure 166 – Topologie en T	939
Figure 167 – Isolation des éléments de communication	941
Figure 168 – Isolation des éléments E/S et de communication	942
Figure 169 – Câblage minimal d'interconnexion	943
Figure 170 – Topologie de câble plat	944
Figure 171 – Topologie de câble spécifique	944
Figure 172 – Topologie en T	945
Figure 173 – Distribution de l'alimentation de PhL-P de Type 18.....	947
Figure 174 – Distribution de l'alimentation de PhL-P de Type 18.....	948
Figure 175 – Filtrage et protection de l'alimentation de PhL-P de Type 18	950
Figure 176 – Isolation de l'élément de communication	951
Figure 177 – Isolation de l'élément de communication et isolation E/S.....	951
Figure 178 – Circuit d'alimentation de PhL-P	951
Figure 179 – Réseau élargi de Type 24-1 qui utilise un répéteur.....	953
Figure 180 – Connecteur avec inducteur.....	954
Figure 181 – Structure de câble de Type 24-1	954
Figure 182 – Câblage d'interconnexion de Type 24-1.....	955
Figure 183 – Terminateur de bus de Type 24-1	956
Figure 184 – Diagramme en œil pour le Type 24-1.....	957
Figure 185 – Diagramme en œil pour le Type 24-3.....	957
Figure 186 – Symbole de transformateur de Type 24-1	958
Figure 187 – Circuit recommandé de la MAU de Type 24-1.....	959
Figure 188 – Circuit recommandé de la MAU de Type 24-3 pour l'accès en amont.....	960
Figure 189 – Circuit recommandé de la MAU de Type 24-3 pour l'accès en aval.....	961
Figure 190 – Modulation par déplacement de fréquence à phase continue.....	962
Figure 191 – Structure de la PhPDU	962
Figure 192 – Format de caractère	963
Figure 193 – Configuration de l'essai de transmission.....	969
Figure 194 – Forme d'onde de transmission.....	970
Figure 195 – Temps de démarrage de la porteuse	971
Figure 196 – Temps d'arrêt de la porteuse.....	972
972	
Figure 197 – Temps de décroissance de la porteuse	972

Figure 198 – Spectre de signal numérique	972
Figure 199 – Interférences du récepteur numérique	973
Figure 200 – Spectre de signal analogique	974
Figure 201 – Sortie pendant le silence	977
Figure 202 – Ondulation de l'alimentation réseau.....	978
Figure 203 – Circuit d'essai de barrière A	979
Figure 204 – Circuit d'essai de barrière B	979
.....	980
Figure 205 – Circuit d'essai de barrière C	980
Figure 206 – Topologie du réseau de Type 28	982
Figure 207 – Connecteur de la paire torsadée blindée	984
Figure 208 – Résistance terminale.....	984
Figure A.1 – Connecteur de bus de terrain interne	985
Figure A.2 – Désignation des contacts du connecteur externe pour environnements industriels rigoureux	987
Figure A.3 – Rampes, clavettes, ergots et rainures de connecteur externe de bus de terrain.....	987
Figure A.4 – Dimensions d'accouplabilité de connecteur externe de bus de terrain	990
Figure A.5 – Disposition des contacts du connecteur externe de bus de terrain	990
Figure A.6 – Désignation des contacts du connecteur externe pour environnements industriels typiques	991
Figure A.7 – Connecteur externe du côté fixe (appareil) pour environnements industriels typiques: dimensions	992
Figure A.8 – Connecteur externe du côté libre (câble) pour environnements industriels typiques: dimensions	992
Figure A.9 – Connecteur optique pour environnements industriels typiques (connecteur FC).....	993
Figure A.10 – Connecteur optique pour environnements industriels typiques (connecteur ST).....	994
Figure C.1 – Exemple d'étoile passive optique réfléchive.....	997
Figure C.2 – Exemple d'étoile passive optique transmissive.....	997
Figure D.1 – Exemple de topologie en étoile avec une MAU à fibre optique de 31,25 kbit/s en mode monofibre	998
Figure D.2 – Topologie multiétoile avec une MAU à fibre optique.....	999
Figure D.3 – Exemple de combinaison de supports câblé et optique pour un débit binaire de 31,25 kbit/s.....	1001
Figure D.4 – Exemple de combinaison de supports câblé et optique	1001
Figure F.1 – Connecteur à broches pour support optique de courte portée	1004
Figure F.2 – Fût à sertir pour support optique de courte portée.....	1004
Figure G.1 – Modèle de référence d'appareil répéteur PhL	1007
Figure G.2 – Modèle de référence pour la redondance.....	1009
Figure G.3 – Diagramme présentant le support coaxial redondant et le NAP.....	1010
Figure G.4 – Diagramme présentant les répéteurs d'anneau.....	1011
Figure G.5 – Requête de segmentation.....	1012
Figure G.6 – Réponse de segmentation	1012
Figure G.7 – Diagramme d'états du commutateur principal	1015

Figure G.8 – L'accès 1 voit l'activité du réseau en premier.....	1016
Figure G.9 – L'accès 2 voit l'activité du réseau en premier.....	1017
Figure H.1 – Détecteur RXDATA de MAU à câble coaxial.....	1019
Figure H.2 – Détection RXCARRIER de MAU à câble coaxial.....	1020
Figure H.3 – Émetteur-récepteur redondant de MAU à câble coaxial.....	1020
Figure H.4 – Émetteur-récepteur à un seul canal de MAU à câble coaxial.....	1021
Figure H.5 – Prise de support à câble coaxial.....	1022
Figure H.6 – Émetteur-récepteur NAP non isolé.....	1023
Figure H.7 – Émetteur-récepteur NAP isolé.....	1023
Figure I.1 – Schéma du coupleur de station.....	1024
Figure I.2 – Affectation des broches des connecteurs mâles et femelles IEC 60947-5-2 (codage A).....	1025
Figure I.3 – Configuration des broches de connecteurs, vue de face du connecteur mâle et vue arrière du connecteur femelle, respectivement.....	1026
Figure I.4 – Configuration des broches du connecteur, vue de face du connecteur M12 femelle.....	1028
Figure I.5 – Configuration des broches du connecteur, vue de face du connecteur M12 mâle.....	1028
Figure I.6 – Coupleur en T M12.....	1029
Figure I.7 – Terminaison de bus M12.....	1030
Figure J.1 – Redondance de MAU et support de PhL.....	1031
Légende:.....	1032
Figure K.1 – MAU à fibre optique dans un réseau avec écho.....	1032
Légende:.....	1033
Figure K.2 – MAU à fibre optique dans un réseau sans écho.....	1033
Légende:.....	1033
Figure K.3 – MAU à fibre optique avec écho renvoyé par retour électrique interne du signal de réception.....	1033
Légende:.....	1034
Figure K.4 – MAU à fibre optique sans fonction d'écho.....	1034
Légende:.....	1034
Figure K.5 – Réseau optique à topologie en étoile.....	1034
Légende:.....	1035
Figure K.6 – Réseau optique à topologie en anneau.....	1035
Légende:.....	1036
Figure K.7 – Réseau optique à topologie en bus.....	1036
Légende:.....	1036
Figure K.8 – Structure arborescente construite à partir d'une combinaison de structures en étoile.....	1036
Légende:.....	1037
Figure K.9 – Exemple d'application d'un convertisseur à fibre optique selon la norme TIA-485-A.....	1037
Figure L.1 – Terminaison de bus intégrée à l'appareil de communication.....	1042
Figure L.2 – Terminaison de bus dans le connecteur.....	1043
Figure L.3 – Terminaison de bus externe.....	1043

Figure M.1 – Connecteur subminiature D femelle à 9 broches, interface de départ du côté appareil.....	1044
Figure M.2 – Connecteur subminiature D mâle à 9 broches, interface d'arrivée du côté appareil	1044
Figure M.3 – Connecteur de borne du côté appareil.....	1044
Figure M.4 – Férule d'un connecteur optique F-SMA pour fibre optique polymère (980/1 000 µm)	1045
Figure M.5 – Boîtier de connecteur hybride à fibre optique de type 8.....	1046
Figure M.6 – Affectation des broches de connecteur hybride à fibre optique de type 8.....	1047
Figure O.1 – Topologie	1050
Figure O.2 – Structure d'un câble unipolaire (exemple).....	1053
Figure O.3 – Niveaux de puissance optique	1054
Figure P.1 – Exemple d'application d'une DPLL	1056
Figure P.2 – Diagrammes d'états de boucle DPLL	1057
Figure P.3 – Temporisation de boucle DPLL	1057
Figure Q.1 – Connecteur d'appareil PhL-P monté en angle droit.....	1059
Figure Q.2 – Connecteur d'appareil PhL-P monté directement	1060
Figure Q.3 – Connecteur de câble plat PhL-P et capot de borne – corps et connecteur	1060
Figure Q.4 – Connecteur de câble plat PhL-P et capot de borne – capot de borne	1061
Figure Q.5 – Corps de connecteur de câble rond de PhL-P de Type 18	1061
Figure Q.6 – Capot de borne de connecteur de câble rond de PhL-P de Type18.....	1062
Figure Q.7 – Variante de corps et connecteur de câble rond PhL-P de Type 18	1062
Figure Q.8 – Capot de borne de variante de connecteur de câble rond de PhL-P de Type 18	1063
Figure R.1 – Section transversale de câble PhL-B – Ligne d'évacuation torsadée	1064
Figure R.2 – Section transversale de câble PhL-B – Ligne d'évacuation non torsadée	1065
Figure R.3 – Section de câble plat PhL-P – avec clé.....	1066
Figure R.4 – Section de câble plat PhL-P – sans clé.....	1066
Figure R.5 – Marquage de la polarité de câble plat de PhL-P.....	1066
Figure R.6 – Câble rond – préférentiel; section	1067
Figure R.7 – Câble rond – variante; section	1067
Figure S.1 – Dimensions du connecteur d'appareil de type 24-1 (1 ligne)	1068
Figure S.2 – Dimensions du connecteur d'appareil de Type 24-1 (2 lignes).....	1069
Figure S.3 – Dimensions du connecteur de câble de Type 24-1	1069
Figure S.4 – Dimensions du connecteur d'appareil à 6 broches de Type 24-3 (montage en surface)	1070
Figure S.5 – Dimensions du connecteur d'appareil à 6 broches de Type 24-3 (montage par trous traversants).....	1071
Figure S.6 – Dimensions du connecteur d'appareil à 6 broches de Type 24-3 (montage par trous traversants en armoire)	1071
Figure S.7 – Dimensions du connecteur d'appareil à 8 broches mâles de Type 24-3.....	1071
Figure S.8 – Dimensions de l'éjecteur pour connecteur d'appareil à 8 broches mâles de Type 24-3	1072
Figure S.9 – Dimensions du connecteur d'appareil à 8 broches femelles de Type 24-3	1072
Figure S.10 – Dimensions du connecteur de câble à 6 broches mâles de Type 24-3.....	1073
Figure S.11 – Dimensions du connecteur de câble à 6 broches femelles de Type 24-3	1073

Figure S.12 – Dimensions du connecteur de câble à 8 broches mâles de Type 24-3.....	1073
Figure S.13 – Dimensions du connecteur de câble à 8 broches femelles de Type 24-3.....	1073
Figure T.1 – Réseau d'entrée courant point à point.....	1074
.....	1075
Figure T.2 – Réseau de sortie courant point à point.....	1075
.....	1076
Figure T.3 – Réseau multipoints	1076
Figure T.4 – Réseau multipoints avec signalisation analogique.....	1077
Figure T.5 – Réseau 1 connecté en série.....	1078
Figure T.6 – Réseau 2 connecté en série.....	1079
Figure T.7 – Longueur de câble pour un réseau unique d'appareils esclaves	1081
Figure T.8 – Capacité de câble pour $C_{cbl}/R_{cbl} = 1\ 000$	1082
Figure T.9 – Capacité de câble pour $C_{cbl}/R_{cbl} = 2\ 000$	1082
Figure T.10 – Capacité de câble pour $C_{cbl}/R_{cbl} = 5\ 000$	1083
Figure T.11 – Capacité de câble pour $C_{cbl}/R_{cbl} = 10\ 000$	1083
Figure T.12 – Capacité de câble pour $C_{cbl}/R_{cbl} = 1\ 000$, résistance série de $100\ \Omega$	1084
Figure T.13 – Capacité de câble pour $C_{cbl}/R_{cbl} = 1\ 000$, résistance série de $200\ \Omega$	1084
Figure T.14 – Capacité de câble pour $C_{cbl}/R_{cbl} = 1\ 000$, résistance série de $300\ \Omega$	1085
Figure T.15 – Capacité de câble pour $C_{cbl}/R_{cbl} = 1\ 000$, résistance série de $400\ \Omega$	1085
Figure T.16 – Capacité de câble pour $C_{cbl}/R_{cbl} = 2\ 000$, résistance série de $100\ \Omega$	1086
Figure T.17 – Capacité de câble pour $C_{cbl}/R_{cbl} = 2\ 000$, résistance série de $200\ \Omega$	1086
Figure T.18 – Capacité de câble pour $C_{cbl}/R_{cbl} = 2\ 000$, résistance série de $300\ \Omega$	1087
Figure T.19 – Capacité de câble pour $C_{cbl}/R_{cbl} = 2\ 000$, résistance série de $400\ \Omega$	1087
Figure T.20 – Capacité de câble pour $C_{cbl}/R_{cbl} = 5\ 000$, résistance série de $100\ \Omega$	1088
Figure T.21 – Capacité de câble pour $C_{cbl}/R_{cbl} = 5\ 000$, résistance série de $200\ \Omega$	1088
Figure T.22 – Capacité de câble pour $C_{cbl}/R_{cbl} = 5\ 000$, résistance série de $300\ \Omega$	1089
Figure T.23 – Capacité de câble pour $C_{cbl}/R_{cbl} = 5\ 000$, résistance série de $400\ \Omega$	1089
Figure T.24 – Capacité de câble pour $C_{cbl}/R_{cbl} = 10\ 000$, résistance série de $100\ \Omega$	1090
Figure T.25 – Capacité de câble pour $C_{cbl}/R_{cbl} = 10\ 000$, résistance série de $200\ \Omega$	1090
Figure T.26 – Capacité de câble pour $C_{cbl}/R_{cbl} = 10\ 000$, résistance série de $300\ \Omega$	1091
Figure T.27 – Capacité de câble pour $C_{cbl}/R_{cbl} = 10\ 000$, résistance série de $400\ \Omega$	1091
.....	1094
Figure T.28 – Connexions d'alimentation réseau.....	1094
Figure T.29 – Mise à la terre et blindage.....	1095
Figure U.1 – Réseau de Type 24-3 avec connexion linéaire.....	1096
Figure U.2 – Réseau de Type 24-3 avec connexion en T.....	1096
Figure U.3 – Réseau de Type 24-3 avec une combinaison de connexions linéaires et de connexions en T.....	1097
Figure U.4 – Réseau de Type 24-3 avec connexion point à point.....	1097
Figure U.5 – Structure de câble à 6 conducteurs de Type 24-3.....	1097

Figure U.6 – Structure de câble à 8 conducteurs de Type 24-3	1098
Figure U.7 – Câblage d'interconnexion de Type 24-3	1099
Figure U.8 – Prise pour deux dérivations	1100
Figure U.9 – Alimentation à partir du maître C1	1100
Figure U.10 – Alimentation à partir de l'adaptateur de puissance	1101
Figure U.11 – Connexion d'une alimentation externe aux appareils.....	1101
Figure U.12 – Diagramme d'adaptateur de puissance	1102
Figure U.13 – Circuit de la MAU pour l'adaptateur de puissance	1103
Figure U.14 – Circuit de la MAU de l'appareil d'alimentation externe pour l'accès en amont	1104
Figure U.15 – Circuit de la MAU de l'appareil d'alimentation externe pour l'accès en aval 1105	
Figure U.16 – Modèle de calcul de chute de tension pour une connexion linéaire	1106
Figure U.17 – Modèle de chute de tension d'alimentation pour une connexion en T	1107
Figure V.1 – Exemple A d'affectation de ressources	1108
Figure V.2 – Exemple B d'affectation de ressources	1109
Figure V.3 – Exemple C d'affectation de ressources	1110
Tableau 1 – Règles de codage de données.....	632
Tableau 2 – Tableau de vérité de l'indication de -STATUS	633
Tableau 3 – Indications de Jabber	634
Tableau 4 – Primitives et paramètres dans l'interface DLL-PhL.....	649
Tableau 5 – Primitives et paramètres de PH-START.....	651
Tableau 6 – Primitives et paramètres de PH-DATA	652
Tableau 7 – Primitives et paramètres du service Ph-Param	653
Tableau 8 – Paramètre de primitive du service Ph-Param	653
Tableau 9 – Primitives et paramètres du service Ph-Data	654
Tableau 10 – Paramètre de primitive du service Ph-Data	654
Tableau 11 – Primitives et paramètres du service Ph-Clock-Sync	655
Tableau 12 – Paramètre de primitive du service Ph-Clock-Sync.....	655
Tableau 13 – Noms et valeurs de paramètres pour la demande de Ph-SET-VALUE	657
Tableau 14 – Noms de paramètres pour l'indication de Ph-EVENT	658
Tableau 15 – Résumé des primitives et des services de Ph-management	659
Tableau 16 – Primitives et paramètres Réinitialiser.....	660
Tableau 17 – Valeurs de PhM-Status pour le service Réinitialiser	660
Tableau 18 – Primitives et paramètres Établir valeur	661
Tableau 19 – Variables PhE obligatoires.....	661
Tableau 20 – Valeurs admissibles des PhE-variables	662
Tableau 21 – Valeurs de PhM-Status pour le service Établir valeur.....	662
Tableau 22 – Primitives et paramètres Obtenir valeur	662
Tableau 23 – Valeurs actuelles des PhE-variables.....	663
Tableau 24 – Valeurs de PhM-Status pour le service Obtenir valeur	663
Tableau 25 – Primitive et paramètres Événement	663
Tableau 26 – Nouvelles valeurs des PhE-variables	664

Tableau 27 – Noms des paramètres et valeurs de gestion	664
Tableau 28 – PH-RESET	666
Tableau 29 – Ph-SET-VALUE.....	667
Tableau 30 – Variables PhL	667
Tableau 31 – Ph-GET-VALUE	669
Tableau 32 – Ph-EVENT.....	669
Tableau 33 – Événements PhL	669
Tableau 34 – Noms et valeurs de paramètres pour la demande de Ph-SET-VALUE	670
Tableau 35 – Tableau d'informations physiques relatives à la configuration de l'appareil.....	672
Tableau 36 – Tableau d'informations relatives à la configuration du système.....	673
Tableau 37 – Tableau d'informations relatives à la gestion de la synchronisation PhL	675
Tableau 38 – Tableau d'informations relatives à la gestion des ressources de communication physiques.....	676
Tableau 39 – Primitives et paramètres de Ph-RESET	678
Tableau 40 – Description du paramètre de primitive de service Ph-RESET	678
Tableau 41 – Primitives et paramètres de Ph-SET-VALUE.....	678
Tableau 42 – État du paramètre de primitive Ph-SET-VALUE	679
Tableau 43 – Primitives et paramètres du service Ph-GET-VALUE	679
Tableau 44 – Primitive et paramètres du service Ph-EVENT	680
Tableau 45 – Primitives et paramètres du service Ph-SYNC	680
Tableau 46 – Signaux à l'interface ETTD – DCE	686
Tableau 47 – Niveaux de signaux pour une interface ETTD – DCE exposée	687
Tableau 48 – Réinitialisation du bus MDS	698
Tableau 49 – Signaux à l'interface MIS-MDS	699
Tableau 50 – Modes de transmission et paramètres correspondants.....	713
Tableau 51 – Mode de fonctionnement en mode de porteuse A	714
Tableau 52 – Mode de fonctionnement en mode de porteuse B	714
Tableau 53 – Règles de codage Manchester.....	717
Tableau 54 – Caractéristiques temporelles de la MDS	720
Tableau 55 – Règles de codage des données MDS	721
Tableau 56 – Attribution du bit SL et du signal TxSL.....	729
Tableau 57 – Attribution du bit SL et du signal RxSL.....	729
Tableau 58 – Attribution du bit SL et du signal TxSL.....	730
Tableau 59 – Attribution du bit SL et du signal RxSL.....	730
Tableau 60 – Attribution du bit SL et du signal TxSL.....	731
Tableau 61 – Attribution du bit SL et du signal RxSL.....	731
Tableau 62 – Règles de codage et de décodage.....	732
Tableau 63 – Règles de décodage pour les états de repos	733
Tableau 64 – Règles de codage de la PhPDU de réinitialisation	733
Tableau 65 – Règles de décodage de la PhPDU de réinitialisation.....	733
Tableau 66 – Caractéristiques temporelles de la MDS de Type 24-1.....	737
Tableau 67 – Caractéristiques temporelles de la MDS de codage de Manchester de Type 24-3	737

Tableau 68 – Caractéristiques temporelles de la MDS de codage NRZI de Type 24-3.....	738
Tableau 69 – Règles de codage des données MDS du codage de Manchester	738
Tableau 70 – Règles de codage des données MDS du codage de NRZI	739
Tableau 71 – Mode de code RS	742
Tableau 72 – Mode de code convolutif.....	742
Tableau 73 – Paramètres d'entrelacement de bits.....	744
Tableau 74 – Paramètres de configuration OFDM.....	745
Tableau 75 – Schéma de codage de modulation dans le mode de porteuse A.....	746
Tableau 76 – Schéma de codage de modulation dans le mode de porteuse B.....	747
Tableau 77 – Ensemble minimal de services à l'interface MDS – MAU.....	747
Tableau 78 – Niveaux de signaux pour une interface MDS – MAU exposée	749
Tableau 79 – Définitions de l'interface MDS-MAU: Câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension.....	750
Tableau 80 – Support à fibre optique 5 Mbit/s d'interface MDS – MAU.....	751
Tableau 81 – Services de l'interface MDS-MAU	752
Tableau 82 – Ensemble minimal de services à l'interface MAU	754
Tableau 83 – Niveaux de signaux pour une interface MAU exposée.....	755
Tableau 84 – Services minimaux de l'interface MDS-MAU	756
Tableau 85 – Niveaux de signaux pour une interface MDS – MAU exposée ($V_{DD}=5V$)	756
Tableau 86 – Ensemble minimal de services à l'interface MDS – MAU.....	757
Tableau 87 – Erreurs admissibles du diagramme de constellation dans différents modes de modulation.....	759
Tableau 88 – Paramètres de transmission du système.....	760
Tableau 89 – Grandeurs dépendantes du débit binaire de réseaux en mode tension	761
Tableau 90 – Récapitulatif de la spécification du niveau de transmission de la MAU.....	764
Tableau 91 – Récapitulatif de la spécification de temporisation de transmission de la MAU pour un fonctionnement à 31,25 kbit/s.....	765
Tableau 92 – Récapitulatif de la spécification de temporisation de transmission de la MAU pour un fonctionnement ≥ 1 Mbit/s.....	765
Tableau 93 – Récapitulatif de la spécification du circuit de réception de la MAU	769
Tableau 94 – Caractéristiques des appareils alimentés par le réseau	772
Tableau 95 – Exigences d'alimentation réseau.....	772
Tableau 96 – Limites d'affaiblissement du câble d'essai.....	776
Tableau 97 – Code de couleur recommandé pour les câbles en Amérique du Nord.....	778
Tableau 98 – Récapitulatif de la spécification du niveau de transmission de la MAU.....	782
Tableau 99 – Récapitulatif de la spécification de temporisation de transmission de la MAU	782
Tableau 100 – Récapitulatif de la spécification du circuit de réception de la MAU	785
Tableau 101 – Caractéristiques des appareils alimentés par le réseau	788
Tableau 102 – Exigences d'alimentation réseau.....	788
Tableau 103 – Spécification des couleurs de câbles pour le Type 3.....	798
Tableau 104 – Récapitulatif de la spécification du niveau de transmission de la MAU.....	802
Tableau 105 – Récapitulatif de la spécification de temporisation de transmission de la MAU	802
Tableau 106 – Récapitulatif de la spécification du circuit de réception	805

Tableau 107 – Exigences d'alimentation réseau.....	808
Tableau 108 – Récapitulatif de la spécification du niveau de transmission de la MAU en mode courant.....	815
Tableau 109 – Récapitulatif de la spécification de temporisation de la transmission de la MAU en mode courant.....	816
Tableau 110 – Récapitulatif de la spécification du circuit de réception de la MAU en mode courant.....	818
Tableau 111 – Exigences d'alimentation réseau.....	819
Tableau 112 – Grandeurs dépendantes du débit binaire de réseaux à fibre optique double à grande vitesse (≥ 1 Mbit/s)	823
Tableau 113 – Récapitulatif de la spécification du niveau de transmission et des caractéristiques spectrales	825
Tableau 114 – Récapitulatif de la spécification de temporisation de transmission	825
Tableau 115 – Récapitulatif de la spécification du circuit de réception	826
Tableau 116 – Spécifications du niveau de transmission et de réception et des caractéristiques spectrales d'une étoile active optique	829
Tableau 118 – Récapitulatif de la spécification du niveau de transmission et des caractéristiques spectrales	831
Tableau 119 – Spécifications du niveau de transmission et de réception et des caractéristiques spectrales d'une étoile active optique	833
Tableau 120 – Définition des lignes de commande de transmission – Câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension	835
Tableau 121 – Définitions des sorties de données du récepteur: Câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension	836
Tableau 122 – Définitions des sorties de porteuses du récepteur: Câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension	836
Tableau 123 – Interface du support à câble coaxial – Spécifications de transmission.....	837
Tableau 124 – Interface du support à câble coaxial – Réception	838
Tableau 125 – Interface du support à câble coaxial – Aspects généraux.....	839
Tableau 126 – Spécifications électriques du transformateur à câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension	840
Tableau 127 – Spécifications du câble coaxial de ligne secondaire.....	844
Tableau 128 – Spécifications du câble coaxial de ligne principale.....	844
Tableau 129 – Définitions des lignes de commande de transmission, support à fibre optique de 5 Mbit/s	846
Tableau 130 – Interface de support à fibre optique de 5,0 Mbit/s	846
Tableau 131 – Spécification des signaux de support à fibre optique de 5 Mbit/s, de courte portée	847
Tableau 132 – Spécification des signaux de support à fibre optique de 5 Mbit/s, de moyenne portée	848
Tableau 133 – Spécification des signaux de support à fibre optique de 5 Mbit/s, de longue portée.....	849
Tableau 134 – Exigences du NAP	852
Tableau 135 – Combinaison d'appareils de différentes catégories	855
Tableau 136 – Impédances d'entrée des interfaces de bus et des alimentations	858
Tableau 137 – CMRR exigé	861
Tableau 138 – Caractéristiques des appareils alimentés par le réseau pour la MAU de 31,25 kbit/s en mode tension	862

Tableau 139 – Exigences d'alimentation réseau pour la MAU de 31,25 kbit/s en mode tension.....	862
Tableau 140 – Caractéristiques électriques des interfaces de bus de terrain	868
Tableau 141 – Caractéristiques électriques des alimentations	870
Tableau 142 – Caractéristiques non de sécurité intrinsèque	874
Tableau 143 – Caractéristiques avec utilisation de répéteurs.....	874
Tableau 144 – Spécifications du câble.....	876
Tableau 145 – Longueur maximale du câble pour les différentes vitesses de transmission	876
Tableau 146 – Caractéristiques de sécurité intrinsèque	879
Tableau 147 – Spécification du câble (liée à la fonction et à la sécurité).....	882
Tableau 148 – Longueur maximale du câble pour les différentes vitesses de transmission	882
Tableau 149 – Caractéristiques électriques de l'interface de sécurité intrinsèque	885
Tableau 150 – Valeurs maximales de sécurité	890
Tableau 151 – Caractéristiques techniques.....	891
Tableau 152 – Caractéristiques des émetteurs optiques pour fibre de verre multimodale	894
Tableau 153 – Caractéristiques des émetteurs optiques pour de verre unimodale.....	895
Tableau 154 – Caractéristiques des émetteurs optiques pour fibre plastique	895
Tableau 155 – Caractéristiques des émetteurs optiques pour fibre de verre 200/230 µm	895
Tableau 156 – Caractéristiques des récepteurs optiques pour fibre de verre multimodale	896
Tableau 157 – Caractéristiques des récepteurs optiques pour fibre de verre unimodale.....	896
Tableau 158 – Caractéristiques des récepteurs optiques pour fibre plastique	897
Tableau 159 – Caractéristiques des récepteurs optiques pour fibre de verre 200/230 µm.....	897
Tableau 160 – Distorsion de signal admissible à l'entrée électrique de l'émetteur optique	898
Tableau 161 – Distorsion de signal admissible due à l'émetteur optique	899
Tableau 162 – Distorsion de signal admissible due au récepteur optique.....	899
Tableau 163 – Influence admissible des circuits électroniques internes d'un élément de couplage sur le signal	899
Tableau 164 – Chaînage maximal de liaisons optiques normalisées sans resynchronisation.....	900
Tableau 165 – Services de l'interface MDS-MAU, RS-485, de Type 4	901
Tableau 166 – Grandeurs dépendantes du débit binaire pour une MAU de support câblé à paire torsadée	903
Tableau 167 – Signaux d'interface d'arrivée.....	905
Tableau 168 – Signaux d'interface de départ	905
Tableau 169 – Caractéristiques du câble de bus distant.....	906
Tableau 170 – Grandeurs dépendantes du débit binaire de MAU à fibre optique.....	908
Tableau 171 – Longueur du câble à fibre optique de bus distant.....	909
Tableau 172 – Règles de codage.....	909
Tableau 173 – Récapitulatif des spécifications de niveau de transmission et de caractéristiques spectrales d'une MAU à fibre optique	910

Tableau 174 – Récapitulatif de la spécification du circuit de réception de MAU à fibre optique	911
Tableau 175 – Spécification du guide d'onde à fibre optique	912
Tableau 176 – Spécification d'une monofibre	912
Tableau 177 – Spécification de la gaine de câble et propriétés mécaniques du câble	912
Tableau 178 – Propriétés supplémentaires recommandées du matériau du câble	913
Tableau 179 – Spécification du guide d'onde à fibre optique	913
Tableau 180 – Spécification d'une monofibre	914
Tableau 181 – Spécification de la gaine de câble et propriétés mécaniques du câble	914
Tableau 182 – Spécification de la fibre d'essai normalisée pour une MAU à fibre optique	915
Tableau 183 – Exigences de puissance pour PSE, PI et PD	918
Tableau 184 – Exigences supplémentaires relatives au PSE	919
Tableau 185 – Exigences supplémentaires relatives au PD	920
Tableau 186 – Exigences de puissance pour PSE, PI et PD	921
Tableau 187 – Exigences de puissance relatives à la variation dynamique du courant du PD	921
Tableau 188 – Prise en charge de la vitesse de transmission	927
Tableau 189 – Paramètres des données de transmission	927
Tableau 190 – Signaux d'entrée possibles de l'esclave	929
Tableau 191 – Signaux de sortie possibles de l'esclave	930
Tableau 192 – Signaux de sortie valides de l'esclave	930
Tableau 193 – Spécifications des temps de réglage de l'horloge	930
Tableau 194 – Retard du signal optique dans un esclave	931
Tableau 195 – Fonctions de base de la connexion	931
Tableau 196 – Limites de la topologie de transfert	940
Tableau 197 – Limites de la topologie en T	940
Tableau 198 – Exigences applicables aux résistances de terminaison	941
Tableau 199 – Limites de la topologie de transfert	945
Tableau 200 – Limites de la topologie en T	946
Tableau 201 – Exigences applicables aux résistances de terminaison – câble plat	946
Tableau 202 – Exigences applicables aux résistances de terminaison – câble rond	947
Tableau 203 – Spécification de l'alimentation en 24 V	948
Tableau 204 – Spécifications de consommation d'énergie de l'alimentation en 24 V	949
Tableau 205 – Récapitulatif de la MAU	952
Tableau 206 – Spécification de câble de Type 24-1	955
Tableau 207 – Spécifications de l'émetteur	956
Tableau 208 – Spécifications du récepteur	957
Tableau 209 – Largeur d'impulsion pour le Type 24-3	957
Tableau 210 – Spécification de transformateur de Type 24-1	958
Tableau 211 – Paramètres de l'appareil	967
Tableau 212 – Limites d'amplitude de transmission	970
Tableau 213 – Spécifications du récepteur numérique	973
Tableau 214 – Caractéristiques des appareils à haute impédance	975

Tableau 215 – Caractéristiques des appareils à faible impédance	975
Tableau 216 – Caractéristiques des appareils secondaires	976
Tableau 217 – Caractéristiques d'alimentation du réseau	977
Tableau 218 – Caractéristiques de la barrière.....	979
Tableau 219 – Caractéristiques exigées du matériel divers	980
Tableau 220 – Caractéristiques recommandées du matériel divers	981
Tableau 221 – Interface du support de transmission	982
Tableau A.1 – Dimensions de connecteur interne	985
Tableau A.2 – Affectation des contacts du connecteur externe pour environnements industriels rigoureux	986
Tableau A.3 – Affectation des contacts du connecteur externe pour environnements industriels typiques	991
Tableau A.4 – Dimensions du connecteur du côté fixe (appareil)	992
Tableau A.5 – Dimensions du connecteur du côté libre (câble)	992
Tableau A.6 – Dimensions de connecteur	993
Tableau B.1 – Spécifications de câbles typiques	995
Tableau B.2 – Longueurs maximales de ligne secondaire recommandées en fonction du nombre d'éléments de communication.....	996
Tableau C.1 – Récapitulatif de spécifications d'une étoile passive optique: exemple.....	997
Tableau D.1 – Topologie en étoile passive.....	1000
Tableau D.2 – Topologie en étoile active	1000
Tableau E.1 – Variantes de fibres en mode fibre double	1002
Tableau E.2 – Variantes de fibres en mode monofibre	1002
Tableau F.1 – Exigences des connecteurs	1003
Tableau F.2 – Définition des broches du connecteur NAP.....	1005
Tableau H.1 – Définitions des sorties du récepteur à câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension.....	1019
Tableau H.2 – Spécifications de tore bobiné de support à câble coaxial.....	1021
Tableau I.1 – Affectation des contacts du connecteur externe pour environnements industriels rigoureux	1024
Tableau I.2 – Désignations des contacts du connecteur sub-D à 9 broches	1026
Tableau I.3 – Désignations des contacts	1027
Tableau I.4 – Désignations des contacts M-12 à 4 broches.....	1027
Tableau K.1 – Exemple de calcul de bilan de liaison pour une fibre de verre multimodale 62,5/125 µm.....	1039
Tableau K.2 – Exemple de calcul de bilan de liaison pour une fibre de verre unimodale 9/125 µm	1040
Tableau K.3 – Exemple de calcul de bilan de liaison pour une fibre plastique multimodale 980/1 000 µm.....	1040
Tableau K.4 – Exemple de calcul de bilan de niveau pour une fibre de verre multimodale 200/230 µm.....	1041
Tableau M.1 – Affectation des broches du connecteur subminiature D à 9 broches.....	1044
Tableau M.2 – Affectation des broches du connecteur de borne.....	1045
Tableau M.3 – Dimensions de connecteur hybride à fibre optique de type 8.....	1048
Tableau O.1 – Spécifications de l'émetteur	1052
Tableau O.2 – Spécifications du récepteur.....	1053

Tableau O.3 – Spécifications des câbles (exemple)	1053
Tableau O.4 – Données système de la ligne de transmission optique à 650 nm	1054
Tableau R.1 – Spécifications du câblage de PhL-B	1064
Tableau R.2 – Spécifications du câble plat de PhL-P	1065
Tableau R.3 – Spécifications du câble rond de PhL-P – type préférentiel.....	1066
Tableau R.4 – Spécifications du câble rond de PhL-P – variante.....	1067
Tableau T.1 – Paramètres d'appareils et de câbles.....	1080
Tableau U.1 – Spécification de câble à 6 conducteurs de Type 24-3.....	1098
Tableau U.2 – Spécification de câble à 8 conducteurs de Type 24-3.....	1099
Tableau U.3 – Spécification de l'alimentation.....	1102
Tableau U.4 – Classification de la charge de puissance.....	1102
Tableau U. 5 – Spécification de la charge de puissance.....	1103
Tableau W.1 – Polynôme de génération de code RS (255, 247).....	1111
Tableau W.2 – Polynôme de génération de code RS (255, 239).....	1111
Tableau W.3 – Polynôme de génération de code RS (255, 223).....	1112

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RÉSEAUX DE COMMUNICATION INDUSTRIELS – SPÉCIFICATIONS DES BUS DE TERRAIN –

Partie 2: Spécification et définition des services de la couche physique

AVANT-PROPOS

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

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

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

L'IEC 61158-2 a été établie par le sous-comité 65C: Réseaux industriels, du comité d'études 65 de l'IEC: Mesure, commande et automation dans les processus industriels. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette septième édition annule et remplace la sixième édition parue en 2014. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) option de puissance Type 12 ajoutée à 100BASE-TX dans l'Article 29;
- b) spécification Type 24 améliorée dans l'Article 33, l'Annexe S et l'Annexe U;
- c) nouvelle spécification Type 28;
- d) support câblé LVDS jusqu'à 100 Mbit/s du type 12 supprimé.

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

Projet	Rapport de vote
65C/1200/FDIS	65C/1241/RVD

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

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

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

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

NOTE 2 De légères variations par rapport aux directives ont été autorisées par le Bureau Central de l'IEC pour assurer la continuité de la numérotation des paragraphes dans les éditions précédentes.

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

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

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

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

0 Introduction

0.1 Généralités

La présente partie de l'IEC 61158 constitue une partie d'une série produite pour faciliter l'interconnexion de composants d'un système d'automatisation. Elle est liée à d'autres normes de la série telle qu'elle est définie par le modèle de référence des bus de terrain "à trois couches" décrit dans le rapport IEC 61158-1.

0.2 Vue d'ensemble de la couche physique

Le principal objectif du présent document est de fournir un ensemble de règles de communication exprimées en matière de procédures à appliquer par les entités Ph homologues au cours de la communication.

La couche physique reçoit des unités de données de la couche liaison de données, les code au besoin par l'ajout d'informations de trame de communication et transmet les signaux physiques résultants au support de transmission à un nœud donné. Les signaux sont ensuite reçus à un ou plusieurs autres nœuds, décodés au besoin par la suppression des informations de trame de communication avant que les unités de données ne soient transférées à la couche liaison de données de l'appareil de réception.

0.3 Vue d'ensemble des documents

Le présent document est constitué de spécifications de couche physique qui correspondent à de nombreux types de protocoles de couche physique spécifiés dans la série IEC 61158.

NOTE 1 La numérotation des types de protocoles utilisés est homogène dans l'ensemble de la série IEC 61158.

NOTE 2 Les spécifications des Types 1, 2, 3, 4, 8, 12, 16, 18, 20, 24 et 28 sont incluses. Le Type 7 utilise des spécifications de Type 1. Les autres Types n'utilisent aucune des spécifications objet du présent document.

NOTE 3 Pour faciliter le renvoi aux textes correspondants, les numéros de Type sont indiqués dans le titre des articles. En d'autres termes, la spécification donnée dans ledit article/paragraphe s'applique à ce type, ce qui n'exclut pas son utilisation pour d'autres Types.

NOTE 4 Le choix des ensembles de dispositions d'interfonctionnement relève de l'utilisateur du présent document. Pour les profils de communication normalisés fondés sur la série IEC 61158, se reporter à la série IEC 61784-1 ou à la série IEC 61784-2.

Un modèle général de la couche physique est représenté à la Figure 1.

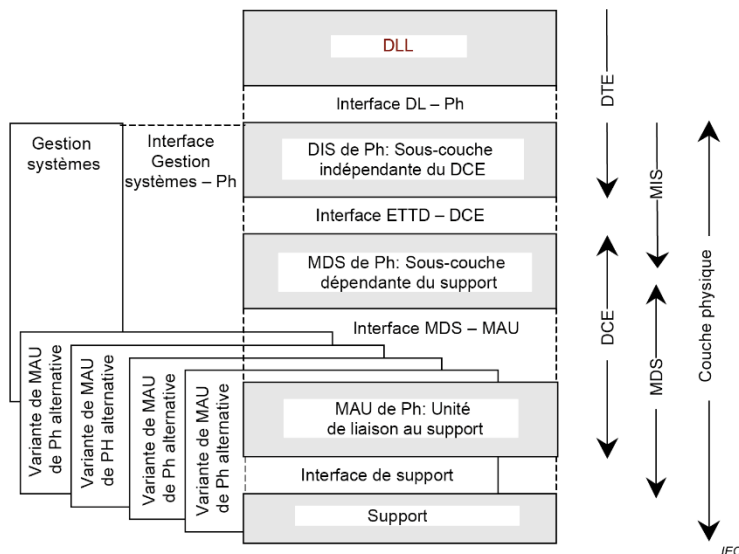


Figure 1 – Modèle général de couche physique

NOTE 5 Les types de protocoles utilisent un sous-ensemble des éléments de structure.

NOTE 6 Étant donné que le Type 8 utilise un DIS plus complexe que celui des autres types, le terme MIS est employé pour le différencier.

Les caractéristiques communes de tous les types et variantes sont les suivantes:

- émission numérique de données;
- pas de transmission d'horloge séparée;
- communication soit en semi-duplex (bidirectionnelle, mais uniquement dans un sens à la fois) soit en transmission bidirectionnelle simultanée.

0.4 Principales variantes de couche physique spécifiées dans le présent document

0.4.1 Support de Type 1

0.4.1.1 Type 1: Support câblé

Pour les supports câblés à paire torsadée, le Type 1 spécifie deux modes de couplage et différentes vitesses de signalisation comme suit:

- a) mode tension (couplage parallèle), 150 Ω , débits binaires de 31,25 kbit/s à 25 Mbit/s;
- b) mode tension (couplage parallèle), 100 Ω , 31,25 kbit/s;
- c) mode courant (couplage série), 1,0 Mbit/s comprenant deux options de courant.

Les variantes en mode tension peuvent être mises en œuvre avec un couplage inductif en utilisant des transformateurs. Cela n'est pas obligatoire si les exigences d'isolation du présent document sont satisfaites par d'autres moyens.

La couche physique à support câblé de Type 1 (paire torsadée ou non) comporte les options suivantes:

- pas d'alimentation par l'intermédiaire des conducteurs de bus; pas de sécurité intrinsèque;
- alimentation par l'intermédiaire des conducteurs de bus; pas de sécurité intrinsèque;
- pas d'alimentation par l'intermédiaire des conducteurs de bus; sécurité intrinsèque;
- alimentation par l'intermédiaire des conducteurs de bus; sécurité intrinsèque.

0.4.1.2 Type 1: Supports optiques

Les principales variantes du support en fibre optique de Type 1 sont les suivantes:

- fibre optique double, débits binaires de 31,25 kbit/s à 25 Mbit/s;
- mode monofibre, 31,25 kbit/s.

0.4.2 Type 2: Supports à câble coaxial et optique

Le Type 2 spécifie les variantes suivantes:

- support à câble cuivre coaxial, 5 Mbit/s;
- support à fibre optique, 5 Mbit/s;
- port d'accès au réseau (NAP), un mécanisme de liaison temporaire point à point qui peut être utilisé pour la programmation, la configuration, le diagnostic ou à d'autres fins;
- sous-couches machine répéteur (RM, RRM) et couches physiques redondantes.

0.4.3 Type 3: Supports câblés et optiques à paire torsadée

Le Type 3 spécifie la transmission synchrone suivante:

- a) support câblé à paire torsadée, 31,25 kbit/s, mode tension (couplage parallèle) avec les options suivantes:
 - alimentation par l'intermédiaire des conducteurs de bus; pas de sécurité intrinsèque;
 - alimentation par l'intermédiaire des conducteurs de bus: sécurité intrinsèque;
- ainsi que les variantes de transmission asynchrone suivantes:
- b) support câblé à paire torsadée, jusqu'à 12 Mbit/s;
 - c) support à fibre optique, jusqu'à 12 Mbit/s, avec type A4a de l'IEC 60793-2-40 et type A3c de l'IEC 60793-2-30.

0.4.4 Type 4: Support câblé

Le Type 4 spécifie des supports câblés ayant les caractéristiques suivantes:

- support câblé RS-485, jusqu'à 76,8 kbit/s.

0.4.5 Type 8: Supports câblés et optiques à paire torsadée

La couche physique permet également l'émission d'unités de données reçues par l'intermédiaire d'un accès au support par le support de transmission directement à travers un autre accès au support et son protocole de transmission vers un autre appareil.

Le Type 8 spécifie les variantes suivantes:

- support câblé à paire torsadée, jusqu'à 16 Mbit/s;
- support à fibre optique, jusqu'à 16 Mbit/s.

Les caractéristiques générales de ces supports de transmission sont les suivantes:

- transmission bidirectionnelle simultanée;
- Codage NRZ (non-return-to-ZÉRO – non retour à zéro).

Les types de supports câblés comportent les options suivantes:

- pas d'alimentation par l'intermédiaire du câble de bus, pas de sécurité intrinsèque;
- alimentation par l'intermédiaire du câble de bus et sur des conducteurs supplémentaires, pas de sécurité intrinsèque.

0.4.6 Type 12: Support câblé

Le Type 12 spécifie des supports câblés ayant les caractéristiques suivantes:

- deux paires de câbles qui acheminent deux canaux d'alimentation distincts combinés à une transmission de signal.

0.4.7 Type 16: Supports optiques

Le Type 16 spécifie une transmission synchrone utilisant un support à fibre optique, à 2 Mbit/s, 4 Mbit/s, 8 Mbit/s et 16 Mbit/s.

0.4.8 Type 18: Supports

0.4.8.1 Type 18: Supports basiques

Le Type 18-PhL-B spécifie un signal de transmission équilibrée sur un câble torsadé blindé à 3 conducteurs. Il est spécifié des débits binaires pouvant atteindre 10 Mbit/s et des distances de transmission allant jusqu'à 1,2 km.

0.4.8.2 Type 18: Supports alimentés

Le Type 18-PhL-P spécifie un signal de transmission équilibrée sur un câble non blindé à 4 conducteurs, à profil plat ou rond dont les conducteurs sont conçus pour le signal de communications et la distribution d'une alimentation intégrée au réseau. Il est spécifié des débits binaires pouvant atteindre 2,5 Mbit/s et des distances de transmission allant jusqu'à 500 m.

0.4.9 Type 20: Supports

Le Type 20 utilise la modulation par déplacement de fréquence (FSK – *Frequency Shift Keying*) continue de phase binaire. Un courant à fréquence relativement élevée est superposé à un courant analogique à basse fréquence, qui se situe habituellement dans une plage comprise entre 4 mA et 20 mA. Les signaux numérique et analogique partagent le même support, mais diffèrent en matière de contenu fréquentiel. Les appareils de communication envoient un signal soit avec le courant, soit avec la tension, et toutes les signalisations apparaissent en tant que tension lorsqu'elles sont détectées à basse impédance. Par conséquent, la signalisation numérique est une extension de la signalisation analogique conventionnelle.

La couche physique utilise généralement un câble en cuivre à paire torsadée en tant que support et fournit uniquement une communication numérique ou une communication numérique et analogique simultanée à des distances d'au moins 1 500 m (environ 5 000 pieds). Les distances de communication maximales varient en fonction de la construction du réseau et des conditions environnementales.

0.4.10 Type 24: Supports

0.4.10.1 Type 24: Supports basiques

Le Type 24 spécifie un support câblé à paire torsadée. Les caractéristiques générales de ce support de transmission sont les suivantes:

- L'interface de bus TIA-485-A avec isolation galvanique utilisant un transformateur;
- jusqu'à 10 Mbit/s;
- transmission semi-duplex;
- codage de Manchester.

0.4.10.2 Type 24: Supports alimentés

Les types de supports alimentés comportent les options suivantes:

- L'interface de bus TIA-485-A sans isolation galvanique utilisant un transformateur;
- jusqu'à 32 Mbit/s;
- transmission semi-duplex;
- codage de Manchester ou codage NRZI;
- alimentation par l'intermédiaire des conducteurs de bus.

0.4.11 Type 28: Supports

Le Type 28 utilise la technologie OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing – *multiplexage par répartition orthogonale de fréquence*). Les plages de sous-porteuses de fréquence sont comprises entre 1,536 MHz et 32,256 MHz. Les distances de transmission atteignent 500 m sur un seul bus. Le signal analogique doit être délivré sur le support connecté à chaque dispositif du réseau.

Le Type 28 spécifie la transmission synchrone suivante:

- a) support câblé à paire torsadée, jusqu'à 100 Mbit/s;
- b) support câblé coaxial jusqu'à A 100 Mbit/s.

Les caractéristiques générales de ces supports de transmission sont les suivantes:

- a) transmission bidirectionnelle simultanée;
- b) codage OFDM

0.5 Déclaration de droits de propriété

La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) attire l'attention sur le fait qu'il est déclaré que la conformité aux dispositions du présent document peut impliquer l'utilisation d'un brevet. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à la portée de ces droits de propriété.

Le détenteur de ces droits de propriété a donné l'assurance à l'IEC qu'il consent à négocier des licences avec des demandeurs du monde entier, à des termes et conditions raisonnables et non discriminatoires. À ce propos, la déclaration du détenteur des droits de propriété est enregistrée à l'IEC. Des informations peuvent être obtenues dans la base de données des brevets à l'adresse: <http://patents.iec.ch>.

L'attention est d'autre part attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété autres que ceux de la base de données des brevets. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

RÉSEAUX DE COMMUNICATION INDUSTRIELS – SPÉCIFICATIONS DES BUS DE TERRAIN –

Partie 2: Spécification et définition des services de la couche physique

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61158 spécifie les exigences applicables aux composants de bus de terrain. Elle spécifie également les exigences de configuration des supports et des réseaux nécessaires pour assurer des niveaux convenus

- a) d'intégrité des données avant toute vérification d'erreur de la couche liaison de données;
- b) d'interopérabilité entre appareils au niveau de la couche physique.

La couche physique des bus de terrain est conforme à la couche 1 du modèle OSI à 7 couches, telle qu'elle est définie dans l'ISO/IEC 7498, à l'exception du fait que, pour certains types, les délimiteurs de trame se situent dans la couche physique, tandis que pour d'autres types, ils se situent dans la couche liaison de données.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Électrotechnique International* (disponible à l'adresse <<http://www.electropedia.org>>)

IEC 60079-11, *Atmosphères explosives – Partie 11: Protection de l'équipement par sécurité intrinsèque "i"*

IEC 60079-14:2007¹, *Atmosphères explosives – Partie 14: Conception, sélection et construction des installations électriques*

IEC 60079-25, *Atmosphères explosives – Partie 25: Systèmes électriques de sécurité intrinsèque*

IEC 60169-17, *Connecteurs pour fréquences radioélectriques – Dix-septième partie: Connecteurs coaxiaux pour fréquences radioélectriques avec diamètre intérieur du conducteur extérieur de 6,5 mm (0,256 in) à verrouillage à vis – Impédance caractéristique 50 ohms (type TNC)*

IEC 60189-1:2018, *Low-frequency cables and wires with PVC insulation and PVC sheath – Part 1: General test and measuring methods* (disponible en anglais seulement)

¹ Il existe une édition 2013, mais l'édition citée s'applique.

IEC 60255-22-1:1988², *Relais électriques – Partie 22-1: Essais d'influence électrique concernant les relais de mesure et appareils de protection – Section 1: Essais à l'onde oscillatoire amortie à 1 Mhz*

IEC 60364-4-41, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

IEC 60364-5-54, *Installations électriques à basse tension – Partie 5-54: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Installations de mise à la terre et conducteurs de protection*

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60603-7-4, *Connecteurs pour équipements électroniques – Partie 7-4: Spécification particulière pour les fiches et les embases non blindées à 8 voies pour la transmission de données à des fréquences jusqu'à 250 MHz*

IEC 60754-2, *Essai sur les gaz émis lors de la combustion des matériaux prélevés sur câbles – Partie 2: Détermination de la conductivité et de l'acidité (par mesure du pH)*

IEC 60793 (toutes les parties), *Fibres optiques*

IEC 60793-2:2019, *Fibres optiques – Partie 2: Spécifications de produits – Généralités*

IEC 60793-2-30:2015, *Fibres optiques – Partie 2-30: Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres multimodales de catégorie A3*

IEC 60793-2-40:2021, *Fibres optiques – Partie 2-40: Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres multimodales de catégorie A4*

IEC 60794-1-2:200³, *Câbles à fibres optiques – Part 1-2: Spécification générique – Procédures de base applicables aux essais des câbles optiques*

IEC 60807-3, *Connecteurs rectangulaires utilisés aux fréquences inférieures à 3 MHz – Partie 3: Spécification particulière pour une gamme de connecteurs ayant les boîtiers métalliques de forme trapézoïdale et les contacts ronds – Types de contacts à sertir démontables avec fûts fermés, à insérer et à extraire par l'arrière de l'isolant*

IEC 60811-403, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 403: Essais divers – Essai de résistance à l'ozone sur les mélanges réticulés*

IEC 60811-404:2012, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 404: Essais divers – Essais de résistance à l'huile minérale pour les gaines*

IEC 61000-4-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

IEC 61000-4-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

² Cette publication a été supprimée.

³ Il existe une nouvelle édition de l'IEC 60794-1-2 (2021). Les références croisées à la version de 2003 sont décrites à l'Annexe informative A.

IEC 61000-4-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves*

IEC 61076-2-114:2020, *Connecteurs pour équipements électriques et électroniques – Exigences de produit – Partie 2-114: Connecteurs circulaires – Spécification particulière pour les connecteurs avec verrouillage à vis M8 avec contacts de puissance et contact de signaux pour transmission de données jusqu'à 100 MHz*

IEC 61131-2:2017, *Mesurage et contrôle des processus industriels – Automates programmables – Partie 2: Exigences et essais des équipements*

IEC 61156-1:2007, *Câbles multiconducteurs à paires symétriques et quarts pour transmissions numériques – Partie 1: Spécification générique*

IEC 61158-3-20:2023, *Réseaux de communication industriels – Spécifications de bus de terrain – Partie 3-20: Définition des services de la couche liaison de données – Éléments de type 20*

IEC 61158-4-2:2023, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 4-2: Spécification du protocole de la couche liaison de données – Éléments de type 2*

IEC 61158-4-3:2019, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 4-3: Spécification du protocole de la couche liaison de données – Éléments de type 3*

IEC 61169-8:2007, *Connecteurs pour fréquences radioélectriques – Partie 8: Spécification intermédiaire – Connecteurs coaxiaux pour fréquences radioélectriques avec diamètre intérieur du conducteur extérieur de 6,5 mm (0,256 in) à verrouillage à baïonnette – Impédance caractéristique 50 Ω (type BNC)*

IEC 61210:2010, *Dispositifs de connexion – Bornes plates à connexion rapide pour conducteurs électriques en cuivre – Exigences de sécurité*

IEC 61754-2, *Interfaces de connecteurs pour fibres optiques – Partie 2: Famille de connecteurs de type BFOC/2,5*

IEC 61754-13, *Interfaces de connecteurs pour fibres optiques – Partie 13: Connecteurs de type FC-PC*

IEC 61754-22, *Interfaces de connecteurs pour fibres optiques – Partie 22: Famille de connecteurs de type F-SMA*

IEC 63171, *Connecteurs pour équipements électriques et électroniques – Fiches et embases écrantées ou non écrantées pour transmission de données sur une seule paire symétrique avec courant admissible – Exigences générales et essais.*

ISO/IEC 7498 (toutes les parties), *Technologies de l'information – Interconnexion de systèmes ouverts (OSI) – Modèle de référence de base*

ISO/IEC 7498-1:1994, *Technologies de l'information – Interconnexion de systèmes ouverts (OSI) – Modèle de référence de base: Le modèle de base*

ISO/IEC 8482, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Twisted pair multipoint interconnections (disponible en anglais seulement)*

ISO/IEC/IEEE 8802-3:2021, *Telecommunications and information exchange between systems – Requirements for local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Standard for Ethernet (disponible en anglais seulement)*

ISO 9314-1, *Systèmes de traitement de l'information – Interface de données distribuées sur fibre (FDDI) – Partie 1: Protocole de la couche physique de l'anneau à jeton*

ISO/IEC 10731:1994, *Technologies de l'information – Interconnexion de systèmes ouverts (OSI) – Modèle de Référence de Base – Conventions pour la définition des services OSI*

ISO 4892-1, *Plastiques – Méthodes d'exposition à des sources lumineuses de laboratoire – Partie 1: Lignes directrices générales*

TIA-422-B:1994, *Electrical Characteristics of Balanced Voltage Digital Interface Circuits*

TIA-485-A:1998, *Electrical Characteristics of Generators and Receivers for Use in Balanced Digital Multipoint Systems*