

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XH

ICS 25.040, 35.100, 35.240.50

ISBN 978-2-8322-1342-1

**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.....	19
0 Introduction	21
0.1 General	21
0.2 Physical layer overview	21
0.3 Document overview	21
0.4 Major physical layer variations specified in this standard	22
1 Scope	25
2 Normative references	25
3 Terms and definitions	28
3.1 Common terms and definitions	28
3.2 Type 1: Terms and definitions	32
3.3 Type 2: Terms and definitions	35
3.4 Type 3: Terms and definitions	38
3.5 Type 4: Terms and definitions	41
3.6 Type 6: <i>This subclause has been removed</i>	42
3.7 Type 8: Terms and definitions	42
3.8 Type 12: Terms and definitions	45
3.9 Type 16: Terms and definitions	46
3.10 Type 18: Terms and definitions	49
4 Symbols and abbreviations	51
4.1 Symbols	51
4.2 Abbreviations	55
5 DLL – PhL interface	62
5.1 General	62
5.2 Type 1: Required services	62
5.3 Type 2: Required services	64
5.4 Type 3: Required services	67
5.5 Type 4: Required services	68
5.6 Type 6: <i>This subclause has been removed</i>	70
5.7 Type 8: Required services	70
5.8 Type 12: Required services	78
5.9 Type 16: Required services	80
5.10 Type 18: Required services	81
6 Systems management – PhL interface	83
6.1 General	83
6.2 Type 1: Systems management – PhL interface	83
6.3 Type 3: Systems management – PhL interface	85
6.4 Type 4: Systems management – PhL interface	91
6.5 Type 6: <i>This subclause has been removed</i>	91
6.6 Type 8: Systems management – PhL interface	91
6.7 Type 12: Systems management – PhL interface	96
6.8 Type 18: Systems management – PhL interface	96
7 DCE independent sublayer (DIS)	97
7.1 General	97
7.2 Type 1: DIS	97
7.3 Type 3: DIS	97

7.4	Type 6: <i>This subclause has been removed</i>	97
7.5	Type 8: DIS	98
7.6	Type 12: DIS	99
8	DTE – DCE interface and MIS-specific functions	99
8.1	General	99
8.2	Type 1: DTE – DCE interface	100
8.3	Type 3: DTE – DCE interface	110
8.4	Type 8: MIS – MDS interface	111
8.5	Type 12: DTE – DCE interface	120
9	Medium dependent sublayer (MDS)	120
9.1	General	120
9.2	Type 1: MDS: Wire and optical media	120
9.3	Type 1: MDS: Radio media	123
9.4	Type 2: MDS: Wire and optical media	123
9.5	Type 3: MDS: Wire and optical media	125
9.6	Type 4: MDS: Wire medium	125
9.7	Type 6: <i>This subclause has been removed</i>	130
9.8	Type 8: MDS: Wire and optical media	130
9.9	Type 12: MDS: Wire media	137
9.10	Type 16: MDS: Optical media	139
9.11	Type 18: MDS: Wire media	140
10	MDS – MAU interface	141
10.1	General	141
10.2	Type 1: MDS – MAU interface: Wire and optical media	141
10.3	Type 1: MDS – MAU interface: Radio signaling	143
10.4	Type 2: MDS – MAU interface: Wire and optical media	143
10.5	Type 3: MDS – MAU interface: Wire and optical media	145
10.6	Type 8: MDS – MAU interface: Wire and optical media	145
10.7	Type 18: MDS – MAU interface: Wire media	147
11	Types 1 and 7: Medium attachment unit: voltage mode, linear-bus-topology 150 Ω twisted-pair wire medium	149
11.1	General	149
11.2	Bit-rate-dependent quantities	149
11.3	Network specifications	150
11.4	MAU transmit circuit specification	152
11.5	MAU receive circuit specification	156
11.6	Jabber inhibit	158
11.7	Power distribution	158
11.8	Medium specifications	161
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	164
12.1	General	164
12.2	Transmitted bit rate	164
12.3	Network specifications	164
12.4	MAU transmit circuit specification	167
12.5	MAU receive circuit specification	170
12.6	Jabber inhibit	171
12.7	Power distribution	171
12.8	Medium specifications	177

12.9	Intrinsic safety	180
12.10	Galvanic isolators	181
13	Type 1: Medium attachment unit: current mode, twisted-pair wire medium	181
13.1	General	181
13.2	Transmitted bit rate	181
13.3	Network specifications	181
13.4	MAU transmit circuit specification	183
13.5	MAU receive circuit specification	185
13.6	Jabber inhibit	187
13.7	Power distribution	188
13.8	Medium specifications	189
14	Type 1: Medium attachment unit: current mode (1 A), twisted-pair wire medium	191
14.1	General	191
14.2	Transmitted bit rate	191
14.3	Network specifications	191
14.4	MAU transmit circuit specification	193
14.5	MAU receive circuit specification	195
14.6	Jabber inhibit	196
14.7	Power distribution	196
14.8	Medium specifications	198
15	Types 1 and 7: Medium attachment unit: dual-fiber optical media	199
15.1	General	199
15.2	Bit-rate-dependent quantities	199
15.3	Network specifications	200
15.4	MAU transmit circuit specifications	201
15.5	MAU receive circuit specifications	202
15.6	Jabber inhibit	203
15.7	Medium specifications	204
16	Type 1: Medium attachment unit: 31,25 kbit/s, single-fiber optical medium	206
16.1	General	206
16.2	Transmitted bit rate	206
16.3	Network specifications	206
16.4	MAU transmit circuit specifications	206
16.5	MAU receive circuit specifications	207
16.6	Jabber inhibit	207
16.7	Medium specifications	208
17	Type 1: Medium attachment unit: radio signaling	210
17.1	General	210
17.2	Transmit signaling rate	210
17.3	Modulation	210
17.4	Network specification	212
17.5	Antennas	216
17.6	Jabber inhibit	216
17.7	Common air interface	217
18	Type 2: Medium attachment unit: 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire medium	221
18.1	General	221
18.2	Transceiver: 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire	221
18.3	Transformer 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire	226

18.4	Connector 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire medium	227
18.5	Topology 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire medium	227
18.6	Taps 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire medium	229
18.7	Trunk 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire medium	231
19	Type 2: Medium attachment unit: 5 Mbit/s, optical medium	232
19.1	General	232
19.2	Transceiver 5 Mbit/s, optical medium	232
19.3	Topology 5 Mbit/s, optical medium	233
19.4	Trunk fiber 5 Mbit/s, optical medium	233
19.5	Trunk connectors 5 Mbit/s, optical medium	234
19.6	Fiber specifications 5 Mbit/s, optical medium	234
20	Type 2: Medium attachment unit: network access port (NAP)	237
20.1	General	237
20.2	Signaling	238
20.3	Transceiver	239
20.4	Connector	239
20.5	Cable	239
21	Type 3: Medium attachment unit: synchronous transmission, 31,25 kbit/s, voltage mode, wire medium	241
21.1	General	241
21.2	Transmitted bit rate	241
21.3	Network specifications	241
21.4	Transmit circuit specification for 31,25 kbit/s voltage-mode MAU	244
21.5	Receive circuit specification for 31,25 kbit/s voltage-mode MAU	247
21.6	Jabber inhibit	247
21.7	Power distribution	248
21.8	Medium specifications	250
21.9	Intrinsic safety	252
21.10	Galvanic Isolators	252
21.11	Coupling elements	252
21.12	Power supply	254
22	Type 3: Medium attachment unit: asynchronous transmission, wire medium	259
22.1	Medium attachment unit for non intrinsic safety	259
22.2	Medium attachment unit for intrinsic safety	264
23	Type 3: Medium attachment unit: asynchronous transmission, optical medium	276
23.1	Characteristic features of optical data transmission	276
23.2	Basic characteristics of an optical data transmission medium	277
23.3	Optical network	277
23.4	Standard optical link	278
23.5	Network structures built from a combination of standard optical links	278
23.6	Bit coding	278
23.7	Optical signal level	278
23.8	Temporal signal distortion	281
23.9	Bit error rate	285
23.10	Connectors for fiber optic cable	285
23.11	Redundancy in optical transmission networks	285
24	Type 4: Medium attachment unit: RS-485	285
24.1	General	285

24.2	Overview of the services	285
24.3	Description of the services	286
24.4	Network.....	286
24.5	Electrical specification.....	286
24.6	Time response	286
24.7	Interface to the transmission medium	286
24.8	Specification of the transmission medium	287
25	Type 4: Medium attachment unit: RS-232	288
25.1	General.....	288
25.2	Overview of the services	288
25.3	Description of the services	288
26	Type 6: <i>This clause has been removed</i>	288
27	Type 8: Medium attachment unit: twisted-pair wire medium	289
27.1	MAU signals	289
27.2	Transmission bit rate dependent quantities.....	289
27.3	Network.....	290
27.4	Electrical specification.....	290
27.5	Time response	290
27.6	Interface to the transmission medium	290
27.7	Specification of the transmission medium.....	291
28	Type 8: Medium attachment unit: optical media	294
28.1	General.....	294
28.2	Transmission bit rate dependent quantities.....	294
28.3	Network topology.....	294
28.4	Transmit circuit specifications	295
28.5	Receive circuit specifications.....	296
28.6	Specification of the transmission medium	297
29	Type 12: Medium attachment unit: electrical medium.....	301
29.1	Electrical characteristics.....	301
29.2	Medium specifications	301
29.3	Transmission method	301
30	Type 16: Medium attachment unit: optical fiber medium at 2, 4, 8 and 16 Mbit/s	303
30.1	Structure of the transmission lines.....	303
30.2	Time performance of bit transmission	303
30.3	Connection to the optical fiber	310
31	Type 18: Medium attachment unit: basic medium.....	317
31.1	General.....	317
31.2	Data signal encoding.....	317
31.3	Signal loading	317
31.4	Signal conveyance requirements	317
31.5	Media	318
31.6	Endpoint and branch trunk cable connectors	320
31.7	Recommended type 18-PhL-B MAU circuitry	320
32	Type 18: Medium attachment unit: powered medium.....	321
32.1	General.....	321
32.2	Data signal encoding.....	321
32.3	Signal loading	321
32.4	Signal conveyance requirements	321

32.5 Media	322
32.6 Endpoint and branch trunk cable connectors	325
32.7 Embedded power distribution	325
32.8 Recommended type 18-PhL-P MAU circuitry	327
Annex A (normative) Type 1: Connector specification	329
A.1 Internal connector for wire medium.....	329
A.2 External connectors for wire medium.....	330
Annex B (informative) Types 1 and 3: Cable specifications and trunk and spur lengths for the 31,25 kbit/s voltage-mode MAU	337
B.1 Cable description and specifications.....	337
B.2 Typical trunk and spur lengths.....	337
Annex C (informative) Types 1 and 7: Optical passive stars.....	339
C.1 Definition.....	339
C.2 Example of attenuations	339
Annex D (informative) Types 1 and 7: Star topology	340
D.1 Examples of topology	340
D.2 Optical power budget	341
D.3 Mixed with wire media	342
Annex E (informative) Type 1: Alternate fibers	344
E.1 Alternate fibers for dual-fiber mode.....	344
E.2 Alternate fibers for single-fiber mode.....	344
Annex F (normative) Type 2: Connector specification	345
F.1 Connector for coaxial wire medium.....	345
F.2 Connector for optical medium.....	345
F.3 Connector for NAP medium.....	346
Annex G (normative) Type 2: Repeater machine sublayers (RM, RRM) and redundant PhLs.....	348
G.1 General.....	348
G.2 Repeater machine (RM) sublayer	348
G.3 Redundant PhL	350
G.4 Ring repeater machine (RRM) sublayer	352
Annex H (informative) Type 2: Reference design examples.....	359
H.1 MAU: 5 Mbit/s, voltage mode, coaxial wire	359
H.2 Network access port (NAP)	363
Annex I (normative) Type 3: Connector specification.....	365
I.1 Connector for synchronous transmission	365
I.2 Connector for asynchronous transmission	366
I.3 Connectors for fiber optic cable	371
Annex J (normative) Type 3: Redundancy of PhL and medium.....	372
Annex K (normative) Type 3: Optical network topology	373
K.1 Signal flow in an optical network	373
Annex L (informative) Type 3: Reference design examples for asynchronous transmission, wire medium, intrinsically safe	382
L.1 Bus termination in the communication device	382
L.2 Bus termination in the connector	382
L.3 External bus termination.....	383
Annex M (normative) Type 8: Connector specification.....	385
M.1 External connectors for wire medium.....	385

M.2 External connectors for fiber optic medium	386
M.3 External connectors for hybrid connectors for IP65 applications	386
Annex N (normative) Type 16: Connector specification	390
Annex O (normative) Type 16: Optical network topology	391
O.1 Topology	391
O.2 Optical power budget	392
Annex P (informative) Type 16: Reference design example.....	396
P.1 Functional principles of the repeater circuit	396
P.2 Attenuation on the transmission line	399
Annex Q (normative) Type 18: Connector specification	400
Q.1 Overview	400
Q.2 Device connector.....	400
Q.3 Flat-cable connector.....	401
Q.4 Round cable connector.....	402
Q.5 Round cable alternate connector	403
Annex R (normative) Type 18: Media cable specifications.....	405
R.1 Type 18-PhL-B cable.....	405
R.2 Type 18-PhL-P cable.....	406
Bibliography.....	409
Figure 1 – General model of physical layer	21
Figure 2 – Mapping between data units across the DLL – PhL interface.....	62
Figure 3 – Data service for asynchronous transmission.....	67
Figure 4 – Interactions for a data sequence of a master: identification cycle	72
Figure 5 – Interactions for a data sequence of a master: data cycle	73
Figure 6 – Interactions for a data sequence of a slave: identification cycle.....	74
Figure 7 – Interactions for a data sequence of a slave: data cycle	75
Figure 8 – Interactions for a check sequence of a master	76
Figure 9 – Interactions for a check sequence of a slave	77
Figure 10 – Reset, Set-value, Get-value	86
Figure 11 – Event service	87
Figure 12 – Interface between PhL and PNM1 in the layer model.....	92
Figure 13 – Reset, Set-value, Get-value PhL services	93
Figure 14 – Event PhL service	93
Figure 15 – Allocation of the interface number	94
Figure 16 – Configuration of a master	98
Figure 17 – Configuration of a slave with an alternative type of transmission	99
Figure 18 – Configuration of a bus coupler with an alternative type of transmission	99
Figure 19 – DTE/DCE sequencing machines.....	104
Figure 20 – State transitions with the ID cycle request service.....	113
Figure 21 – MIS-MDS interface: identification cycle request service.....	114
Figure 22 – MIS-MDS interface: identification cycle request service.....	115
Figure 23 – State transitions with the data cycle request service	115
Figure 24 – MIS-MDS interface: data cycle request service	116
Figure 25 – State transitions with the data sequence classification service	116

Figure 26 – Protocol machine for the message transmission service	117
Figure 27 – Protocol machine for the data sequence identification service	118
Figure 28 – Protocol machine for the message receipt service	119
Figure 29 – Protocol data unit (PhPDU)	120
Figure 30 – PhSDU encoding and decoding	121
Figure 31 – Manchester encoding rules	121
Figure 32 – Preamble and delimiters	123
Figure 33 – Manchester coded symbols	124
Figure 34 – PhPDU format, half duplex	125
Figure 35 – PhPDU format, full duplex	127
Figure 36 – Data sequence PhPDU	131
Figure 37 – Structure of the header in a data sequence PhPDU	131
Figure 38 – Check sequence PhPDU	132
Figure 39 – Structure of a headers in a check sequence PhPDU	132
Figure 40 – Structure of the status PhPDU	133
Figure 41 – Structure of the header in a status PhPDU	133
Figure 42 – Structure of the medium activity status PhPDU	134
Figure 43 – Structure of the header in a medium activity status PhPDU	134
Figure 44 – Reset PhPDU	135
Figure 45 – Configuration of a master	136
Figure 46 – Configuration of a slave	136
Figure 47 – Configuration of a bus coupler	136
Figure 48 – Protocol data unit	137
Figure 49 – PhSDU encoding and decoding	137
Figure 50 – Manchester encoding rules	137
Figure 51 – Example of an NRZI-coded signal	140
Figure 52 – Fill signal	140
Figure 53 – Jitter tolerance	147
Figure 54 – Transmit circuit test configuration	153
Figure 55 – Output waveform	153
Figure 56 – Transmitted and received bit cell jitter (zero crossing point deviation)	154
Figure 57 – Signal polarity	156
Figure 58 – Receiver sensitivity and noise rejection	157
Figure 59 – Power supply ripple and noise	160
Figure 60 – Fieldbus coupler	162
Figure 61 – Transition from receiving to transmitting	169
Figure 62 – Power supply ripple and noise	173
Figure 63 – Test circuit for single-output power supplies	174
Figure 64 – Test circuit for power distribution through an IS barrier	175
Figure 65 – Test circuit for multiple output supplies with signal coupling	176
Figure 66 – Fieldbus coupler	178
Figure 67 – Protection resistors	178
Figure 68 – Test configuration for current-mode MAU	184

Figure 69 – Transmitted and received bit cell jitter (zero crossing point deviation)	185
Figure 70 – Noise test circuit for current-mode MAU	187
Figure 71 – Transmitted and received bit cell jitter (zero crossing point deviation)	195
Figure 72 – Power supply harmonic distortion and noise	197
Figure 73 – Optical wave shape template	202
Figure 74 – Cellular radio topology and reuse of frequencies	214
Figure 75 – Radio segment between wired segments topology	215
Figure 76 – Mixed wired and radio medium fieldbus topology	216
Figure 77 – Components of 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire PhL variant	221
Figure 78 – Coaxial wire MAU block diagram	222
Figure 79 – Coaxial wire MAU transmitter	222
Figure 80 – Coaxial wire MAU receiver operation	223
Figure 81 – Coaxial wire MAU transmit mask	224
Figure 82 – Coaxial wire MAU receive mask	225
Figure 83 – Transformer symbol	226
Figure 84 – 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire topology example	228
Figure 85 – Coaxial wire medium topology limits	228
Figure 86 – Coaxial wire medium tap electrical characteristics	230
Figure 87 – MAU block diagram 5 Mbit/s, optical fiber medium	233
Figure 88 – NAP reference model	237
Figure 89 – Example of transient and permanent nodes	238
Figure 90 – NAP transceiver	239
Figure 91 – NAP cable	240
Figure 92 – Circuit diagram of the principle of measuring impedance	245
Figure 93 – Definition of CMRR	246
Figure 94 – Block circuit diagram of the principle of measuring CMRR	247
Figure 95 – Power supply ripple and noise	249
Figure 96 – Output characteristic curve of a power supply of the category EEx ib	257
Figure 97 – Output characteristic curve of a power supply of the category EEx ia	257
Figure 98 – Repeater in linear bus topology	260
Figure 99 – Repeater in tree topology	261
Figure 100 – Example for a connector with integrated inductance	262
Figure 101 – Interconnecting wiring	263
Figure 102 – Bus terminator	264
Figure 103 – Linear structure of an intrinsically safe segment	265
Figure 104 – Topology example extended by repeaters	266
Figure 105 – Bus terminator	268
Figure 106 – Waveform of the differential voltage	269
Figure 107 – Test set-up for the measurement of the idle level for devices with an integrated termination resistor	271
Figure 108 – Test set-up for the measurement of the idle level for devices with a connectable termination resistor	271
Figure 109 – Test set-up for measurement of the transmission levels	272
Figure 110 – Test set-up for the measurement of the receiving levels	272

Figure 111 – Fieldbus model for intrinsic safety	273
Figure 112 – Communication device model for intrinsic safety	273
Figure 113 – Connection to the optical network.....	276
Figure 114 – Principle structure of optical networking	277
Figure 115 – Definition of the standard optical link.....	278
Figure 116 – Signal template for the optical transmitter	283
Figure 117 – Recommended interface circuit	287
Figure 118 – MAU of an outgoing interface	289
Figure 119 – MAU of an incoming interface.....	289
Figure 120 – Remote bus link	290
Figure 121 – Interface to the transmission medium	290
Figure 122 – Wiring	293
Figure 123 – Terminal resistor network	293
Figure 124 – Fiber optic remote bus cable	294
Figure 125 – Optical fiber remote bus link.....	295
Figure 126 – Optical wave shape template optical MAU.....	296
Figure 127 – Optical transmission line	303
Figure 128 – Optical signal envelope	305
Figure 129 – Display of jitter (J_{noise}).....	306
Figure 130 – Input-output performance of a slave.....	308
Figure 131 – Functions of a master connection.....	311
Figure 132 – Valid transmitting signals during the transition from fill signal to telegram delimiters.....	313
Figure 133 – Valid transmitting signals during the transition from telegram delimiter to fill signal	314
Figure 134 – Functions of a slave connection	315
Figure 135 – Network with two slaves	316
Figure 136 – Minimum interconnecting wiring.....	317
Figure 137 – Dedicated cable topology	318
Figure 138 – T-branch topology	318
Figure 139 – Communication element isolation	320
Figure 140 – Communication element and I/O isolation.....	320
Figure 141 – Minimum interconnecting wiring.....	321
Figure 142 – Flat cable topology	322
Figure 143 – Dedicated cable topology	322
Figure 144 – T-branch topology	323
Figure 145 – Type 18-PhL-P power distribution.....	325
Figure 146 – Type 18-PhL-P power distribution.....	326
Figure 147 – Type 18-PhL-P power supply filtering and protection	327
Figure 148 – Communication element isolation	328
Figure 149 – Communication element and i/o isolation	328
Figure 150 – PhL-P power supply circuit.....	328
Figure A.1 – Internal fieldbus connector.....	329

Figure A.2 – Contact designations for the external connector for harsh industrial environments	331
Figure A.3 – External fieldbus connector keyways, keys, and bayonet pins and grooves	331
Figure A.4 – External fieldbus connector intermateability dimensions	332
Figure A.5 – External fieldbus connector contact arrangement	333
Figure A.6 – Contact designations for the external connector for typical industrial environments	334
Figure A.7 – External fixed (device) side connector for typical industrial environments: dimensions	334
Figure A.8 – External free (cable) side connector for typical industrial environments: dimensions	335
Figure A.9 – Optical connector for typical industrial environments (FC connector)	335
Figure A.10 – Optical connector for typical industrial environments (ST connector)	336
Figure C.1 – Example of an optical passive reflective star	339
Figure C.2 – Example of an optical passive transmissive star	339
Figure D.1 – Example of star topology with 31,25 kbit/s, single fiber mode, optical MAU	340
Figure D.2 – Multi-star topology with an optical MAU	341
Figure D.3 – Example of mixture between wire and optical media for a 31,25 kbit/s bit rate	343
Figure D.4 – Example of mixture between wire and optical media	343
Figure F.1 – Pin connector for short range optical medium	346
Figure F.2 – Crimp ring for short range optical medium	346
Figure G.1 – PhL repeater device reference model	348
Figure G.2 – Reference model for redundancy	351
Figure G.3 – Block diagram showing redundant coaxial medium and NAP	352
Figure G.4 – Block diagram showing ring repeaters	353
Figure G.5 – Segmentation query	354
Figure G.6 – Segmentation response	354
Figure G.7 – Main switch state machine	356
Figure G.8 – Port 1 sees network activity first	357
Figure G.9 – Port 2 sees network activity first	358
Figure H.1 – Coaxial wire MAU RXDATA detector	360
Figure H.2 – Coaxial wire MAU RXCARRIER detection	361
Figure H.3 – Redundant coaxial wire MAU transceiver	361
Figure H.4 – Single channel coaxial wire MAU transceiver	362
Figure H.5 – Coaxial wire medium tap	363
Figure H.6 – Non-isolated NAP transceiver	364
Figure H.7 – Isolated NAP transceiver	364
Figure I.1 – Schematic of the station coupler	365
Figure I.2 – Pin assignment of the male and female connectors IEC 947-5-2 (A coding)	366
Figure I.3 – Connector pinout, front view of male and back view of female respectively	367
Figure I.4 – Connector pinout, front view of female M12 connector	369
Figure I.5 – Connector pinout, front view of male M12 connector	369
Figure I.6 – M12 Tee	370

Figure I.7 – M12 Bus termination	371
Figure J.1 – Redundancy of PhL MAU and Medium	372
Figure K.1 – Optical MAU in a network with echo	373
Figure K.2 – Optical MAU in a network without echo	374
Figure K.3 – Optical MAU with echo via internal electrical feedback of the receive signal	374
Figure K.4 – Optical MAU without echo function	374
Figure K.5 – Optical network with star topology	375
Figure K.6 – Optical network with ring topology	376
Figure K.7 – Optical network with bus topology	376
Figure K.8 – Tree structure built from a combination of star structures	377
Figure K.9 – Application example for an ANSI TIA/EIA-485-A / fiber optic converter	377
Figure L.1 – Bus termination integrated in the communication device	382
Figure L.2 – Bus termination in the connector	383
Figure L.3 – External bus termination	383
Figure M.1 – Outgoing interface 9-position female subminiature D connector at the device	385
Figure M.2 – Incoming interface 9-position male subminiature D connector at the device	385
Figure M.3 – Terminal connector at the device	385
Figure M.4 – Ferrule of an optical F-SMA connector for polymer optical fiber (980/1 000 µm)	386
Figure M.5 – Type 8 fiber optic hybrid connector housing	387
Figure M.6 – Type 8 fiber optic hybrid connector assignment	388
Figure O.1 – Topology	391
Figure O.2 – Structure of a single-core cable (example)	394
Figure O.3 – Optical power levels	395
Figure P.1 – Example of an implemented DPLL	397
Figure P.2 – DPLL status diagram	398
Figure P.3 – DPLL timing	398
Figure Q.1 – PhL-P device connector r-a	400
Figure Q.2 – PhL-P device connector straight	401
Figure Q.3 – PhL-P flat cable connector and terminal cover – body and connector	401
Figure Q.4 – PhL-P flat cable connector and terminal cover – terminal cover	402
Figure Q.5 – Type 18-PhL-P round cable connector body	402
Figure Q.6 – Type 18-PhL-P round cable connector terminal cover	403
Figure Q.7 – Type 18-PhL-P round cable alternate connector and body	403
Figure Q.8 – Type 18-PhL-P round cable alternate connector terminal cover	404
Figure R.1 – PhL-B cable cross section twisted drain	405
Figure R.2 – PhL-B cable cross section non-twisted drain	406
Figure R.3 – PhL-P flat cable cross section - with key	407
Figure R.4 – PhL-P flat cable cross section - without key	407
Figure R.5 – PhL-P flat cable polarity marking	407
Figure R.6 – Round cable – preferred; cross section	408

Figure R.7 – Round cable – alternate; cross-section	408
Table 1 – Data encoding rules	65
Table 2 – Ph-STATUS indication truth table	66
Table 3 – Jabber indications	66
Table 4 – Parameter names and values for Ph-SET-VALUE request	84
Table 5 – Parameter names for Ph-EVENT indication	85
Table 6 – Summary of Ph-management services and primitives	86
Table 7 – Reset primitives and parameters	87
Table 8 – Values of PhM-Status for the Reset service	87
Table 9 – Set value primitives and parameters	88
Table 10 – Mandatory PhE-variables	88
Table 11 – Permissible values of PhE-variables	88
Table 12 – Values of PhM-Status for the set-value service	89
Table 13 – Get value primitives and parameters	89
Table 14 – Current values of PhE-variables	89
Table 15 – Values of PhM-Status for the get value service	90
Table 16 – Event primitive and parameters	90
Table 17 – New values of PhE-variables	90
Table 18 – Parameter names and values for management	91
Table 19 – PH-RESET	93
Table 20 – Ph-SET-VALUE	93
Table 21 – PhL variables	94
Table 22 – Ph-GET-VALUE	95
Table 23 – Ph-EVENT	95
Table 24 – PhL events	96
Table 25 – Parameter names and values for Ph-SET-VALUE request	97
Table 26 – Signals at DTE – DCE interface	101
Table 27 – Signal levels for an exposed DTE – DCE interface	102
Table 28 – MDS bus reset	112
Table 29 – Signals at the MIS-MDS interface	112
Table 30 – Manchester encoding rules	121
Table 31 – MDS timing characteristics	124
Table 32 – MDS data encoding rules	124
Table 33 – SL bit and TxSL signal assignment	131
Table 34 – SL bit and RxSL signal assignment	131
Table 35 – SL bit and TxSL signal assignment	132
Table 36 – SL bit and RxSL signal assignment	133
Table 37 – SL bit and TxSL signal assignment	133
Table 38 – SL bit and RxSL signal assignment	133
Table 39 – Coding and decoding rules	134
Table 40 – Decoding rules for the idle states	135
Table 41 – Coding rules for the reset PhPDU	135

Table 42 – Decoding rules of the reset PhPDU	135
Table 43 – Manchester encoding rules	138
Table 44 – Minimum services at MDS – MAU interface	141
Table 45 – Signal levels for an exposed MDS – MAU interface	142
Table 46 – MDS-MAU interface definitions: 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire	143
Table 47 – MDS-MAU interface 5 Mbit/s, optical fiber medium	144
Table 48 – Services of the MDS-MAU interface.....	146
Table 49 – Minimum services at MAU interface.....	147
Table 50 – Signal levels for an exposed MAU interface.....	148
Table 51 – Bit-rate-dependent quantities of voltage-mode networks.....	149
Table 52 – MAU transmit level specification summary.....	152
Table 53 – MAU transmit timing specification summary for 31,25 kbit/s operation.....	152
Table 54 – MAU transmit timing specification summary for ≥ 1 Mbit/s operation.....	152
Table 55 – MAU receive circuit specification summary.....	156
Table 56 – Network powered device characteristics	159
Table 57 – Network power supply requirements	159
Table 58 – Test cable attenuation limits.....	161
Table 59 – Recommended color coding of cables in North America.....	163
Table 60 – MAU transmit level specification summary.....	167
Table 61 – MAU transmit timing specification summary.....	167
Table 62 – MAU receive circuit specification summary.....	170
Table 63 – Network powered device characteristics	172
Table 64 – Network power supply requirements.....	172
Table 65 – Type 3 cable color specification.....	180
Table 66 – MAU transmit level specification summary.....	183
Table 67 – MAU transmit timing specification summary.....	184
Table 68 – Receive circuit specification summary	186
Table 69 – Network power supply requirements	188
Table 70 – Transmit level specification summary for current-mode MAU.....	194
Table 71 – Transmit timing specification summary for current-mode MAU.....	194
Table 72 – Receive circuit specification summary for current-mode MAU.....	196
Table 73 – Network power supply requirements	197
Table 74 – Bit-rate-dependent quantities of high-speed (≥ 1 Mbit/s) dual-fiber networks	200
Table 75 – Transmit level and spectral specification summary	201
Table 76 – Transmit timing specification summary	201
Table 77 – Receive circuit specification summary	202
Table 78 – Transmit and receive level and spectral specifications for an optical active star 205	
Table 79 – Timing characteristics of an optical active star.....	206
Table 80 – Transmit level and spectral specification summary	207
Table 81 – Transmit and receive level and spectral specifications for an optical active star.....	209
Table 82 – Interfering frequencies for testing receiver performance	219
Table 83 – Transmit control line definitions 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire	222

Table 84 – Receiver data output definitions: 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire.....	223
Table 85 – Receiver carrier output definitions: 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire.....	223
Table 86 – Coaxial wire medium interface – transmit specifications	224
Table 87 – Coaxial wire medium interface – receive.....	225
Table 88 – Coaxial wire medium interface – general	226
Table 89 – 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire transformer electrical specifications	227
Table 90 – Coaxial spur cable specifications.....	231
Table 91 – Coaxial trunk cable specifications.....	231
Table 92 – Transmit control line definitions 5 Mbit/s, optical fiber medium	233
Table 93 – Fiber medium interface 5,0 Mbit/s, optical	233
Table 94 – Fiber signal specification 5 Mbit/s, optical medium, short range.....	234
Table 95 – Fiber signal specification 5 Mbit/s, optical medium, medium range	235
Table 96 – Fiber signal specification 5 Mbit/s, optical medium, long range.....	236
Table 97 – NAP requirements	238
Table 98 – Mixing devices from different categories.....	242
Table 99 – Input Impedances of bus interfaces and power supplies	245
Table 100 – Required CMRR	247
Table 101 – Network powered device characteristics for the 31,25 kbit/s voltage-mode MAU	248
Table 102 – Network power supply requirements for the 31,25 kbit/s voltage-mode MAU	248
Table 103 – Electrical characteristics of fieldbus interfaces	253
Table 104 – Electrical characteristics of power supplies.....	255
Figure 96 – Output characteristic curve of a power supply of the category EEx ib	257
Figure 97 – Output characteristic curve of a power supply of the category EEx ia	257
Table 105 – Characteristics for non intrinsic safety	259
Table 106 – Characteristics using repeaters	260
Table 107 – Cable specifications	262
Table 108 – Maximum cable length for the different transmission speeds	262
Table 109 – Characteristics for intrinsic safety.....	265
Table 110 – Cable specification (function- and safety-related)	267
Table 111 – Maximum cable length for the different transmission speeds	267
Table 112 – Electrical characteristics of the intrinsically safe interface	270
Table 113 – Maximum safety values	275
Table 114 – Characteristic features	276
Table 115 – Characteristics of optical transmitters for multi-mode glass fiber.....	279
Table 116 – Characteristics of optical transmitters for single-mode glass fiber.....	279
Table 117 – Characteristics of optical transmitters for plastic fiber	280
Table 118 – Characteristics of optical transmitters for 200/230 µm glass fiber	280
Table 119 – Characteristics of optical receivers for multi-mode glass fiber.....	281
Table 120 – Characteristics of optical receivers for single-mode glass fiber	281
Table 121 – Characteristics of optical receivers for plastic fiber	281
Table 122 – Characteristics of optical receivers for 200/230 µm glass fiber.....	281

Table 123 – Permissible signal distortion at the electrical input of the optical transmitter	282
Table 124 – Permissible signal distortion due to the optical transmitter	283
Table 125 – Permissible signal distortion due to the optical receiver	284
Table 126 – Permissible signal influence due to internal electronic circuits of a coupling component	284
Table 127 – Maximum chaining of standard optical links without retiming	285
Table 128 – Services of the MDS-MAU interface, RS-485, Type 4	286
Table 129 – Services of the MDS-MAU interface, RS-232, Type 4	288
Table 130 – Bit rate dependent quantities twisted pair wire medium MAU	289
Table 131 – Incoming interface signals	291
Table 132 – Outgoing interface signals	291
Table 133 – Remote bus cable characteristics	292
Table 134 – Bit rate dependent quantities optical MAU	294
Table 135 – Remote bus fiber optic cable length	295
Table 136 – Encoding rules	295
Table 137 – Transmit level and spectral specification summary for an optical MAU	296
Table 138 – Optical MAU receive circuit specification summary	297
Table 139 – Specification of the fiber optic waveguide	297
Table 140 – Specification of the single fiber	298
Table 141 – Specification of the cable sheath and mechanical properties of the cable	298
Table 142 – Recommended further material properties of the cable	298
Table 143 – Specification of the fiber optic waveguide	299
Table 144 – Specification of the single fiber	299
Table 145 – Specification of the cable sheath and mechanical properties of the cable	300
Table 146 – Specification of the standard test fiber for an optical MAU	300
Table 147 – Transmission rate support	306
Table 148 – Transmission data parameters	307
Table 149 – Possible slave input signals	309
Table 150 – Possible slave output signals	309
Table 151 – Valid slave output signals	310
Table 152 – Specifications of the clock adjustment times	310
Table 153 – Optical signal delay in a slave	310
Table 154 – Basic functions of the connection	311
Table 155 – Pass-through topology limits	319
Table 156 – T-branch topology limits	319
Table 157 – Terminating resistor requirements	319
Table 158 – Pass-through topology limits	323
Table 159 – T-branch topology limits	324
Table 160 – Terminating resistor requirements – flat cable	324
Table 161 – Terminating resistor requirements – round cable	324
Table 162 – 24 V Power supply specifications	326
Table 163 – 24V Power consumption specifications	326
Table A.1 – Internal connector dimensions	329

Table A.2 – Contact assignments for the external connector for harsh industrial environments	330
Table A.3 – Contact assignments for the external connector for typical industrial environments	334
Table A.4 – Fixed (device) side connector dimensions	334
Table A.5 – Free (cable) side connector dimensions	335
Table A.6 – Connector dimensions	336
Table B.1 – Typical cable specifications	337
Table B.2 – Recommended maximum spur lengths versus number of communication elements	338
Table C.1 – Optical passive star specification summary: example	339
Table D.1 – Passive star topology	342
Table D.2 – Active star topology	342
Table E.1 – Alternate fibers for dual-fiber mode	344
Table E.2 – Alternate fibers for single-fiber mode	344
Table F.1 – Connector requirements	345
Table F.2 – NAP connector pin definition	347
Table H.1 – 5 Mbit/s, voltage-mode, coaxial wire receiver output definitions	360
Table H.2 – Coaxial wire medium toroid specification	363
Table I.1 – Contact assignments for the external connector for harsh industrial environments	365
Table I.2 – Contact designations	367
Table I.3 – Contact designations	368
Table I.4 – Contact designations	368
Table K.1 – Example of a link budget calculation for 62,5/125 μm multi-mode glass fiber	380
Table K.2 – Example of a link budget calculation for 9/125 μm single mode glass fiber	380
Table K.3 – Example of a link budget calculation for 980/1 000 μm multi-mode plastic fiber	381
Table K.4 – Example of a level budget calculation for 200/230 μm multi-mode glass fiber	381
Table M.1 – Pin assignment of the 9-position subminiature D connector	385
Table M.2 – Pin assignment of the terminal connector	386
Table M.3 – Type 8 fiber optic hybrid connector dimensions	389
Table O.1 – Transmitter specifications	393
Table O.2 – Receiver specifications	393
Table O.3 – Cable specifications (example)	394
Table O.4 – System data of the optical transmission line at 650 nm	395
Table R.1 – PhL-B cable specifications	405
Table R.2 – PhL-P flat cable specifications	406
Table R.3 – PhL-P round cable specifications - preferred	407
Table R.4 – PhL-P round cable specifications – alternate	408

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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.

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

IEC draws attention to the fact that it is claimed that compliance with this standard may involve the use of patents as follows, where the [xx] notation indicates the holder of the patent right:

Type 2 (subclauses 5.3, 9.3, 10.3, Clauses 17 through 20, Annex F through Annex H):

5,396,197 [AB] Network Node TAP

IEC takes no position concerning the evidence, validity and scope of these patent rights.

The holders of these patent rights have assured IEC that they are willing to negotiate licences under reasonable and non-discriminatory terms and conditions with applicants throughout the world. In this respect, the statement of the holders of these patent rights are registered with IEC. Information may be obtained from:

[AB]: Rockwell Technologies, LLC
Allen-Bradley Co, LLC
1201 So. Second Street
Milwaukee, WI 53204
USA
Attention: Intellectual Property Dept.

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

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

This fourth edition cancels and replaces IEC 61158-2:2003. This edition of this part constitutes a minor revision. This publication, together with its companion parts for Type 16, also partially replaces IEC 61491:2002 which is at present being revised. IEC 61491 will be issued as a technical report.

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

- a) deletion of the former Type 6 fieldbus for lack of market relevance;
- b) addition of new fieldbus types;
- c) generalization of the seldom-used Type 1 radio to a more useful form.

This bilingual version (2014-04) corresponds to the monolingual English version, published in 2007-12.

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

FDIS	Report on voting
65C/472/FDIS	65C/483/RVD

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

The French version of this standard has not been voted upon. This publication has been drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2.

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

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

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

The 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 website.

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

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/TR 61158-1.

0.2 Physical layer overview

The primary aim of this standard 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 standard comprises physical layer specifications corresponding to many of the different DL-Layer protocol Types specified in IEC 61158-4-1 to IEC 61158-4-18.

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

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

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 standard to select interoperating sets of provisions. Refer to the IEC 61784 series for standardized communication profiles based on the IEC 61158 series.

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

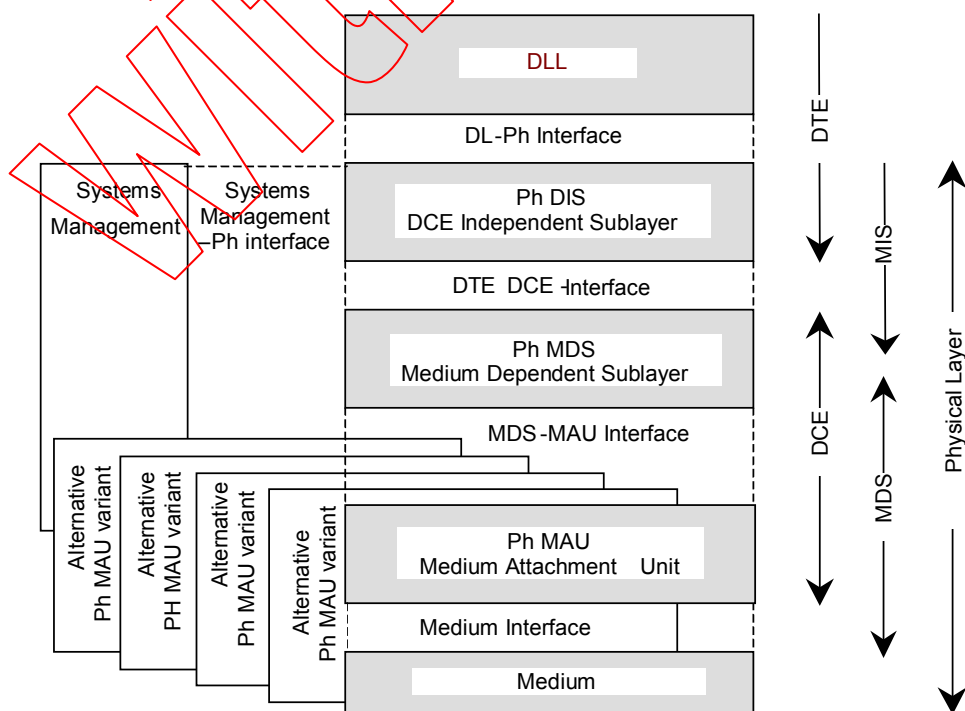


Figure 1 – General model of physical layer

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 standard

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 standard 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.

0.4.1.3 Type 1: Radio media

The Type 1 radio medium specification provides a generalized FSK/PSK radio capability at arbitrary bit rates.

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, ANSI TIA/EIA-485-A;

c) optical fiber medium, up to 12 Mbit/s.

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;
- RS-232 wire medium up to 230,4 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:

- LVDS wire medium up 100 Mbit/s.

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.

Withdrawn

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 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 referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-731, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 731: Optical fibre communication*

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

IEC 60079-14, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 14: Electrical installations in hazardous areas (other than mines)*

IEC 60079-25, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 25: Intrinsically safe systems*

IEC 60096-1, *Radio-frequency cables – Part 1: General requirements and measuring methods*

IEC 60169-8, *Radio-frequency connectors – Part 8: RF coaxial connectors with inner diameter of outer conductor 6,5 mm (0,256 in) with bayonet lock – Characteristic impedance 50 ohms (Type BNC)*

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

IEC 60189-1:1986, *Low-frequency cables and wires with PVC insulation and PVC sheath – Part 1: General test and measuring methods*¹

¹ There exists a new edition of this publication (2007).

IEC 60255-22-1:1988, *Electrical relays – Part 22-1: Electrical disturbance tests for measuring relays and protection equipment – 1 MHz burst disturbance tests*²

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

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

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

IEC 60603-7, *Connectors for frequencies below 3 MHz for use with printed boards – Part 7: Detail specification for connectors, 8-way, including fixed and free connectors with common mating features, with assessed quality*

IEC 60760, *Flat, quick-connect terminations*

IEC 60793 (all parts), *Optical fibres*

IEC 60794-1-2, *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 60874-10-1, *Connectors for optical fibres and cables – Part 10-1: Detail specification for fiber optic connector type BFOC/2,5 terminated to multimode fibre type A1*

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

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

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

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

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

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

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

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*

² There exists a new edition of this publication (2007).

ISO/IEC 7498 (all parts), *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 8802-3, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications*

ISO/IEC 9314-1, *Information processing systems – Fibre distributed data interface (FDDI) Part 1: Token ring physical layer protocol (PHY)*

ISO/IEC 10731, *Information technology – Open Systems Interconnection – Basic reference model – Conventions for the definition of OSI services*

ANSI TIA/EIA-232-F, *Interface Between Data Terminal Equipment and Data Circuit – Terminating Equipment Employing Serial Binary Data Interchange*

ANSI TIA/EIA-422-B, *Electrical Characteristics of Balanced Voltage Digital Interface Circuits*

ANSI TIA/EIA-485-A, *Electrical Characteristics of Generators and Receivers for Use in Balanced Digital Multipoint Systems*

ANSI TIA/EIA-644-A, *Electrical Characteristics of Low Voltage Differential Signaling (LVDS) Interface Circuits*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	428
0 Introduction	431
0.1 Généralités.....	431
0.2 Aperçu de la Couche Physique.....	431
0.3 Aperçu des documents	431
0.4 Principales variantes de couche physique spécifiées dans la présente norme	433
1 Domaine d'application	435
2 Références normatives.....	435
3 Termes et définitions	437
3.1 Termes et définitions communs	437
3.2 Type 1: Termes et définitions	442
3.3 Type 2: Termes et définitions	445
3.4 Type 3: Termes et définitions	449
3.5 Type 4: Termes et définitions	451
3.6 Type 6: <i>Ce paragraphe a été retiré</i>	452
3.7 Type 8: Termes et définitions	453
3.8 Type 12: Termes et définitions	455
3.9 Type 16: Termes et définitions	457
3.10 Type 18: Termes et définitions	459
4 Symboles et abréviations.....	461
4.1 Symboles	461
4.2 Abréviations	465
5 Interface DLL-PhL.....	471
5.1 Généralités.....	471
5.2 Type 1: Services exigés	473
5.3 Type 2: Services exigés	475
5.4 Type 3: Services exigés	477
5.5 Type 4: Services exigés	479
5.6 Type 6: <i>Ce paragraphe a été retiré</i>	480
5.7 Type 8: Services exigés	480
5.8 Type 12: Services exigés	492
5.9 Type 16: Services exigés	494
5.10 Type 18: Services exigés	495
6 Interface Gestion systèmes – PhL	497
6.1 Généralités.....	497
6.2 Type 1: Interface Gestion systèmes – PhL.....	497
6.3 Type 3: Interface Gestion systèmes – PhL.....	499
6.4 Type 4: Interface Gestion systèmes – PhL.....	505
6.5 Type 6: <i>Ce paragraphe a été retiré</i>	505
6.6 Type 8: Interface Gestion systèmes – PhL.....	505
6.7 Type 12: Interface Gestion systèmes – PhL.....	510
6.8 Type 18: Interface Gestion systèmes – PhL.....	511
7 Sous-couche indépendante du DCE (DIS)	511
7.1 Généralités.....	511
7.2 Type 1: DIS	512
7.3 Type 3: DIS	512

7.4	Type 6: <i>Ce paragraphe a été retiré</i>	512
7.5	Type 8: DIS	512
7.6	Type 12: DIS	514
8	Interface ETDD – DCE et fonctions spécifiques à la MIS	515
8.1	Généralités	515
8.2	Type 1: Interface ETDD – DCE	515
8.3	Type 3: Interface ETDD-DCE	527
8.4	Type 8: Interface MIS — MDS	527
8.5	Type 12: Interface ETDD-DCE	539
9	Sous-couche dépendante du support (MDS)	539
9.1	Généralités	539
9.2	Type 1: MDS: Supports câblés et optiques	539
9.3	Type 1: MDS: Supports radioélectriques	543
9.4	Type 2: MDS: Supports câblés et optiques	543
9.5	Type 3: MDS: Supports câblés et optiques	544
9.6	Type 4: MDS: Support câblé	544
9.7	Type 6: <i>Ce paragraphe a été retiré</i>	550
9.8	Type 8: MDS: Supports câblés et optiques	550
9.9	Type 12: MDS: Supports câblés	558
9.10	Type 16: MDS: Supports optiques	561
9.11	Type 18: MDS: Supports câblés	563
10	Interface MDS-MAU	564
10.1	Généralités	564
10.2	Type 1: Interface MDS-MAU: Supports câblés et optiques	564
10.3	Type 1: Interface MDS-MAU: Signalisation radioélectrique	566
10.4	Type 2: Interface MDS-MAU: Supports câblés et optiques	566
10.5	Type 3: Interface MDS-MAU: Supports câblés et optiques	568
10.6	Type 8: Interface MDS-MAU: Supports câblés et optiques	568
10.7	Type 18: Interface MDS-MAU: Supports câblés	570
11	Types 1 et 7: Unité de liaison au Support: mode tension, topologie de bus linéaire, support câblé à paire torsadée 150 Ω	572
11.1	Généralités	572
11.2	Grandeurs dépendantes du débit binaire	572
11.3	Spécifications du réseau	573
11.4	Spécification du circuit d'émission de la MAU	576
11.5	Spécification du circuit de réception de la MAU	581
11.6	Inhibition du bavardage	584
11.7	Distribution de l'alimentation	584
11.8	Spécifications du support	587
12	Types 1 et 3: Unité de liaison au Support: 31,25 kbit/s, mode tension avec option basse puissance, topologie bus et arborescente, support câblé 100 Ω	590
12.1	Généralités	590
12.2	Débit binaire d'émission	591
12.3	Spécifications du réseau	591
12.4	Spécification du circuit d'émission de la MAU	593
12.5	Spécification du circuit de réception de la MAU	596
12.6	Inhibition du bavardage	598
12.7	Distribution de l'alimentation	599
12.8	Spécifications du support	607

12.9	Sécurité intrinsèque	610
12.10	Sectionneurs galvaniques.....	611
13	Type 1: Unité de liaison au Support: mode courant, support câblé à paire torsadée.....	611
13.1	Généralités.....	611
13.2	Débit binaire d'émission	611
13.3	Spécifications du réseau	612
13.4	Spécification du circuit d'émission de la MAU	614
13.5	Spécification du circuit de réception de la MAU	617
13.6	Inhibition du bavardage	619
13.7	Distribution de l'alimentation.....	620
13.8	Spécifications du support	621
14	Type 1: Unité de liaison au Support: mode courant (1 A), support câblé à paire torsadée	624
14.1	Généralités.....	624
14.2	Débit binaire d'émission	624
14.3	Spécifications du réseau	624
14.4	Spécification du circuit d'émission de la MAU	627
14.5	Spécification du circuit de réception de la MAU	629
14.6	Inhibition du bavardage	630
14.7	Distribution de l'alimentation.....	630
14.8	Spécifications du support	632
15	Types 1 et 7: Unité de liaison au Support: supports à fibre optique double	633
15.1	Généralités.....	633
15.2	Grandeurs dépendantes du débit binaire	634
15.3	Spécifications du réseau	634
15.4	Spécifications du circuit d'émission de la MAU	635
15.5	Spécifications du circuit de réception de la MAU	637
15.6	Inhibition du bavardage	638
15.7	Spécifications du support	638
16	Type 1: Unité de liaison au Support: support optique monofibre 31,25 kbit/s,	641
16.1	Généralités.....	641
16.2	Débit binaire d'émission	641
16.3	Spécifications du réseau	641
16.4	Spécifications du circuit d'émission de la MAU	641
16.5	Spécifications du circuit de réception de la MAU	642
16.6	Inhibition du bavardage	642
16.7	Spécifications du support	642
17	Type 1: Unité de liaison au Support: signalisation radioélectrique.....	644
17.1	Généralités.....	644
17.2	Vitesse de signalisation en émission	644
17.3	Modulation	645
17.4	Spécification du réseau	647
17.5	Antennes.....	652
17.6	Inhibition du bavardage	652
17.7	Interface radioélectrique commune.....	652
18	Type 2: Unité de liaison au Support: Support à câble coaxial de 5 Mbit/s, en mode tension	655
18.1	Généralités.....	655
18.2	Emetteur-récepteur: support à câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension	657

18.3	Transformateur pour support à câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension	663
18.4	Connecteur de support à câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension	664
18.5	Topologie pour un support à câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension	664
18.6	Prises pour un support à câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension	666
18.7	Ligne principale pour un support à câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension.....	668
19	Type 2: Unité de liaison au Support: support optique 5 Mbit/s.....	669
19.1	Généralités.....	669
19.2	Emetteur-récepteur de support optique de 5 Mbit/s,	669
19.3	Topologie de support optique de 5 Mbit/s	670
19.4	Support à fibre optique de ligne principale de 5 Mbit/s.....	671
19.5	Connecteurs de ligne principale de support à fibre optique de 5 Mbit/s.....	671
19.6	Spécifications de fibre optique de support de 5 Mbit/s	671
20	Type 2: Unité de liaison au Support: Port d'accès au réseau (NAP).....	674
20.1	Généralités.....	674
20.2	Signalisation	675
20.3	Emetteur-récepteur	676
20.4	Connecteur	677
20.5	Câble	677
21	Type 3: Unité de liaison au Support: Transmission synchrone, 31,25 kbit/s, mode tension, support câblé	678
21.1	Généralités.....	678
21.2	Débit binaire d'émission	679
21.3	Spécifications du réseau	679
21.4	Spécification du circuit d'émission pour la MAU 31,25 kbit/s en mode tension	682
21.5	Spécification du circuit de réception pour la MAU 31,25 kbit/s en mode tension	686
21.6	Inhibition du bavardage.....	686
21.7	Distribution de l'alimentation.....	686
21.8	Spécifications du support.....	689
21.9	Sécurité intrinsèque	691
21.10	Sectionneurs galvaniques.....	691
21.11	Éléments de couplage.....	692
21.12	Alimentation	694
22	Type 3: Unité de liaison au Support: transmission asynchrone, support câblé	699
22.1	Unité de liaison au Support non IS	699
22.2	Unité de liaison au support de sécurité intrinsèque.....	705
23	Type 3: Unité de liaison au support: transmission asynchrone, support optique	717
23.1	Caractéristiques techniques de transmission de données sur fibre optique.....	717
23.2	Caractéristiques de base d'un support de transmission de données sur fibre optique.....	719
23.3	Réseau optique	719
23.4	Liaison optique normalisée.....	720
23.5	Structures de réseaux construits à partir d'une combinaison de liaisons optiques normalisées	721
23.6	Codage binaire.....	721
23.7	Niveau de signal optique	721
23.8	Distorsion temporelle des signaux	724
23.9	Taux d'erreurs sur les bits	728
23.10	Connecteurs pour câble à fibre optique	728

23.11	Redondance dans des réseaux de transmission optique.....	728
24	Type 4: Unité de liaison au support: RS-485.....	728
24.1	Généralités.....	728
24.2	Aperçu des services.....	728
24.3	Description des services.....	729
24.4	Réseau.....	729
24.5	Spécification électrique.....	729
24.6	Réponse temporelle.....	729
24.7	Interface avec le support de transmission.....	729
24.8	Spécification du support de transmission.....	730
25	Type 4: Unité de liaison au support: RS-232.....	730
25.1	Généralités.....	730
25.2	Aperçu des services.....	730
25.3	Description des services.....	731
26	Type 6: <i>Cet article a été retiré</i>	731
27	Type 8: Unité de liaison au support: support câblé à paire torsadée.....	731
27.1	Signaux de MAU.....	731
27.2	Grandeurs dépendantes du débit binaire de transmission.....	732
27.3	Réseau.....	732
27.4	Spécification électrique.....	733
27.5	Réponse temporelle.....	733
27.6	Interface avec le support de transmission.....	733
27.7	Spécification du support de transmission.....	734
28	Type 8: Unité de liaison au support: supports optiques.....	736
28.1	Généralités.....	736
28.2	Grandeurs dépendantes du débit binaire de transmission.....	737
28.3	Topologie du réseau.....	737
28.4	Spécifications du circuit d'émission.....	738
28.5	Spécifications du circuit de réception.....	740
28.6	Spécification du support de transmission.....	740
29	Type 12: Unité de liaison au support: support électrique.....	744
29.1	Caractéristiques électriques.....	744
29.2	Spécifications du support.....	744
29.3	Méthode de transmission.....	745
30	Type 16: Unité de liaison au support: support à fibre optique de 2, 4, 8 et 16 Mbit/s.....	745
30.1	Structure des lignes d'émission.....	745
30.2	Caractéristiques de durée de la transmission binaire.....	746
30.3	Connexion à la fibre optique.....	754
31	Type 18: Unité de liaison au support: Support de base.....	760
31.1	Généralités.....	760
31.2	Codage du signal de données.....	760
31.3	Chargement du signal.....	760
31.4	Exigences d'acheminement du signal.....	761
31.5	Supports.....	761
31.6	Connecteurs de câbles de dérivation et de points d'extrémité.....	764
31.7	Circuits recommandés de MAU de PhL-B de Type 18.....	764
32	Type 18: Unité de liaison au support: Support alimenté.....	765
32.1	Généralités.....	765

32.2	Codage du signal de données	766
32.3	Chargement du signal	766
32.4	Exigences d'acheminement du signal	766
32.5	Supports	766
32.6	Connecteurs de câbles de dérivation et de point d'extrémité	770
32.7	Distribution de l'alimentation intégrée	770
32.8	Circuits recommandés de MAU de PhL-P de Type 18	773
Annexe A (normative)	Type 1: Spécification des connecteurs	776
A.1	Connecteur interne pour support câblé	776
A.2	Connecteurs externes pour support câblé	777
Annexe B (informative)	Types 1 et 3: Spécifications du câblage – longueurs de lignes principales et de lignes secondaires pour la MAU de 31,25 kbit/s en mode tension	788
B.1	Description et spécification du câblage	788
B.2	Longueurs de lignes principales et de lignes secondaires typiques	788
Annexe C (informative)	Types 1 et 7: Etoiles passives optiques	790
C.1	Définition	790
C.2	Exemples d'affaiblissements	791
Annexe D (informative)	Types 1 et 7: Topologie en étoile	792
D.1	Exemples de topologie	792
D.2	Bilan de puissance optique	793
D.3	Mixte, avec supports câblés	794
Annexe E (informative)	Type 1: Autres fibres	796
E.1	Variantes de fibres en mode fibre double	796
E.2	Variantes de fibres en mode monofibre	796
Annexe F (normative)	Type 2: Spécification des connecteurs	797
F.1	Connecteur pour support à câble coaxial	797
F.2	Connecteur pour support optique	797
F.3	Connecteur pour support NAP	798
Annexe G (normative)	Type 2: Sous-couches de machine répéteur (RM, RRM) et PhL redondantes	800
G.1	Généralités	800
G.2	Sous-couche RM (machine répéteur)	800
G.3	PhL redondante	803
G.4	Sous-couche RRM (Machine répéteur d'anneau)	804
Annexe H (informative)	Type 2: Exemples de conceptions de référence	815
H.1	MAU: support à câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension	815
H.2	Port d'accès au réseau (NAP)	819
Annexe I (normative)	Type 3: Spécification des connecteurs	821
I.1	Connecteur pour transmission synchrone	821
I.2	Connecteur pour transmission asynchrone	822
I.3	Connecteurs pour câble à fibre optique	828
Annexe J (normative)	Type 3: Redondance de PhL et support	829
Annexe K (normative)	Type 3: Topologie de réseau optique	830
K.1	Flux de signaux dans un réseau optique	830
Annexe L (informative)	Type 3: Exemples de modèles de référence pour une transmission asynchrone, sur support câblé de sécurité intrinsèque	840
L.1	Terminaison de bus intégrée au dispositif de communication	840
L.2	Terminaison de bus intégrée dans le connecteur	840

L.3	Terminaison de bus externe	841
Annexe M (normative)	Type 8: Spécification des connecteurs	843
M.1	Connecteurs externes pour support câblé.....	843
M.2	Connecteurs externes pour support à fibre optique.....	844
M.3	Connecteurs externes hybrides utilisés dans des applications IP65.....	845
Annexe N (normative)	Type 16: Spécification des connecteurs	848
Annexe O (normative)	Type 16: Topologie de réseau optique	849
O.1	Topologie	849
O.2	Bilan de puissance optique.....	850
Annexe P (informative)	Type 16: Exemple de modèle de référence.....	855
P.1	Principes fonctionnels du circuit répéteur	855
P.2	Affaiblissement sur la ligne d'émission	858
Annexe Q (normative)	Type 18: Spécification des connecteurs	860
Q.1	Aperçu général.....	860
Q.2	Connecteur de dispositif	860
Q.3	Connecteur de câble plat.....	861
Q.4	Connecteur de câble rond	863
Q.5	Variante de connecteur de câble rond	864
Annexe R (normative)	Type 18: Spécifications du câblage des supports	866
R.1	Câble de PhL-B de type 18.....	866
R.2	Câble PhL-P de type 18	867
Bibliographie.....		872
Figure 1 –	Modèle général de couche physique	432
Figure 2 –	Mise en correspondance entre unités de données sur l'interface DLL-PhL	472
Figure 3 –	Service de données pour transmission asynchrone	478
Figure 4 –	Interactions pour une séquence de données de maître: cycle d'identification	484
Figure 5 –	Interactions pour une séquence de données de maître: cycle de données.....	485
Figure 6 –	Interactions pour une séquence de données d'esclave: cycle d'identification.....	487
Figure 7 –	Interactions pour une séquence de données d'esclave: cycle de données	488
Figure 8 –	Interactions pour une séquence de contrôle de maître	490
Figure 9 –	Interactions pour une séquence de contrôle d'esclave.....	492
Figure 10 –	Réinitialiser, Etablir valeur, Obtenir valeur	501
Figure 11 –	Service d'événements	501
Figure 12 –	Interface entre PhL et PNM1 dans le modèle en couches	506
Figure 13 –	Services Réinitialiser, Etablir valeur, Obtenir valeur de PhL	507
Figure 14 –	Service d'événements PhL	507
Figure 15 –	Attribution du numéro d'interface.....	509
Figure 16 –	Configuration d'un maître	513
Figure 17 –	Configuration d'un esclave avec un type alternatif d'émission	514
Figure 18 –	Configuration d'un coupleur de bus avec un type alternatif d'émission.....	514
Figure 19 –	Machines de séquençement ETTD/DCE	521
Figure 20 –	Transitions d'état avec le service de demande de cycle d'identification	530
Figure 21 –	Interface MIS-MDS: service de demande de cycle d'identification	531
Figure 22 –	Interface MIS-MDS: service de demande de cycle d'identification	532

Figure 23 – Transitions d'état du service de demande de cycle de données.....	532
Figure 24 – Interface MIS-MDS: service de demande de cycle de données.....	533
Figure 25 – Transitions d'état du service de classification de séquences de données	534
Figure 26 – Machine protocolaire du service d'émission de messages	535
Figure 27 – Machine protocolaire du service d'identification de séquences de données	536
Figure 28 – Machine protocolaire du service de réception de messages	537
Figure 29 – Unité de données de protocole (PhPDU)	539
Figure 30 – Codage et décodage des PhSDU	540
Figure 31 – Règles de codage Manchester	540
Figure 32 – Préambule et délimiteurs	542
Figure 33 – Symboles codés Manchester	544
Figure 34 – Format d'une PhPDU – semi-duplex	545
Figure 35 – Format d'une PhPDU – duplex intégral	547
Figure 36 – PhPDU de séquence de données	551
Figure 37 – Structure de l'en-tête dans une PhPDU de séquence de données	551
Figure 38 – PhPDU de séquence de contrôle	552
Figure 39 – Structure de l'en-tête dans une PhPDU de séquence de contrôle	552
Figure 40 – Structure de la PhPDU d'état	553
Figure 41 – Structure de l'en-tête dans une PhPDU d'état	553
Figure 42 – Structure de la PhPDU d'état d'activité du support	554
Figure 43 – Structure de l'en-tête d'une PhPDU d'état d'activité du support	554
Figure 44 – PhPDU de réinitialisation	556
Figure 45 – Configuration d'un maître	557
Figure 46 – Configuration d'un esclave	557
Figure 47 – Configuration d'un coupleur de bus	558
Figure 48 – Unité de données de protocole	558
Figure 49 – Codage et décodage des PhSDU	559
Figure 50 – Règles de codage Manchester	559
Figure 51 – Exemple de signal codé en NRZI	562
Figure 52 – Signal de remplissage	563
Figure 53 – Tolérance à l'instabilité (gigue)	570
Figure 54 – Configuration d'essai du circuit d'émission	577
Figure 55 – Forme d'onde de sortie	578
Figure 56 – Instabilité de bit élémentaire émis et reçu (écart du point de passage par zéro)	579
Figure 57 – Polarité du signal	581
Figure 58 – Sensibilité du récepteur et suppression du bruit	582
Figure 59 – Ondulation et bruit de l'alimentation	586
Figure 60 – Coupleur de bus de terrain	588
Figure 61 – Transition de la réception à l'émission	596
Figure 62 – Ondulation et bruit de l'alimentation	601
Figure 63 – Circuit d'essai pour des alimentations à sortie unique	602
Figure 64 – Circuit d'essai pour distribution de l'alimentation par l'intermédiaire d'une barrière IS	603

Figure 65 – Circuit d'essai pour des alimentations à sorties multiples avec couplage du signal.....	605
Figure 66 – Coupleur de bus de terrain	608
Figure 67 – Résistances de protection	608
Figure 68 – Configuration d'essai d'une MAU en mode courant.....	615
Figure 69 – Instabilité de bit élémentaire émis et reçu (écart du point de passage par zéro).....	617
Figure 70 – Circuit d'essai du bruit d'une MAU en mode courant.....	619
Figure 71 – Instabilité de bit élémentaire émis et reçu (écart du point de passage par zéro).....	628
Figure 72 – Taux d'harmoniques et bruit de l'alimentation	631
Figure 73 – Modèle de forme d'onde optique	637
Figure 74 – Topologie de radiocommunication cellulaire et réutilisation de fréquences	649
Figure 75 – Topologie de segment de radiocommunication entre des segments câblés	650
Figure 76 – Topologie de bus de terrain mixte à supports câblés et radioélectriques	651
Figure 77 – Composantes de la variante de PhL à câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension.....	657
Figure 78 – Synoptique de MAU à câble coaxial	657
Figure 79 – Emetteur-récepteur de MAU à câble coaxial.....	658
Figure 80 – Fonctionnement du récepteur avec MAU à câble coaxial	659
Figure 81 – Masque d'émission de MAU à câble coaxial	661
Figure 82 – Masque de réception de MAU à câble coaxial	662
Figure 83- Schéma du transformateur	663
Figure 84 – Exemple de topologie de câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension	665
Figure 85 – Limites de topologie d'un support à câble coaxial	666
Figure 86 – Caractéristiques électriques d'une prise de support à câble coaxial	667
Figure 87 – Synoptique de MAU, support à fibre optique de 5 Mbit/s	670
Figure 88 – Modèle de référence NAP	674
Figure 89 – Exemples de nœuds transitoires et permanents	675
Figure 90 – Emetteur-récepteur NAP	677
Figure 91 – Câble de NAP	678
Figure 92 – Schéma de principe de la mesure de l'impédance	684
Figure 93 – Définition du CMRR.....	685
Figure 94 – Schéma de principe de mesure du CMRR	685
Figure 95 – Ondulation et bruit de l'alimentation	688
Figure 96 – Courbe de sortie caractéristique d'une alimentation de catégorie EEx ib	697
Figure 97 – Courbe de sortie caractéristique d'une alimentation de catégorie EEx ia	698
Figure 98 – Répéteur en topologie en bus linéaire	700
Figure 99 – Répéteur en topologie arborescente.....	701
Figure 100 – Exemple d'un connecteur avec inductance intégrée	703
Figure 101 – Câblage d'interconnexion	703
Figure 102 – Terminateur de bus	704
Figure 103 – Structure linéaire d'un segment de sécurité intrinsèque	706
Figure 104 – Exemple de topologie étendue par des répéteurs	708

Figure 105 – Termineur de bus	710
Figure 106 – Forme d'onde de la tension différentielle	711
Figure 107 – Montage d'essai pour la mesure du niveau au repos de dispositifs à résistance de terminaison intégrée	713
Figure 108 – Montage d'essai pour la mesure du niveau au repos de dispositifs à résistance de terminaison raccordable	713
Figure 109 – Montage d'essai pour la mesure des niveaux d'émission	714
Figure 110 – Montage d'essai pour la mesure du niveau de réception	714
Figure 111 – Modèle de bus de terrain de sécurité intrinsèque	715
Figure 112 – Modèle de dispositif de communication de sécurité intrinsèque	716
Figure 113 – Connexion au réseau optique	719
Figure 114 – Structure de principe d'un réseau optique	720
Figure 115 – Définition d'une liaison optique normalisée	721
Figure 116 – Modèle de signal pour l'émetteur optique	726
Figure 117 – Circuit d'interface recommandé	730
Figure 118 – MAU d'une interface de départ	732
Figure 119 – MAU d'une interface d'arrivée	732
Figure 120 – Liaison de bus distant	733
Figure 121 – Interface avec le support de transmission	733
Figure 122 – Câblage	736
Figure 123 – Réseau de résistances terminales	736
Figure 124 – Câble de bus distant à fibre optique	737
Figure 125 – Liaison de bus distant à fibre optique	737
Figure 126 – Modèle de forme d'onde optique pour une MAU à fibre optique	739
Figure 127 – Ligne d'émission optique	746
Figure 128 – Enveloppe de signal optique	748
Figure 129 – Affichage de l'instabilité (J_{noise})	749
Figure 130 – Caractéristiques d'entrée/sortie d'un esclave	751
Figure 131 – Fonctions de connexion d'un maître	755
Figure 132 – Signaux de transmission valides pendant les transitions de signal de remplissage à délimiteurs de message	757
Figure 133 – Signaux de transmission valides pendant les transitions de délimiteurs de télégramme à signal de remplissage	757
Figure 134 – Fonctions de connexion d'un esclave	758
Figure 135 – Réseau avec deux esclaves	760
Figure 136 – Câblage minimal d'interconnexion	761
Figure 137 – Topologie de câble dédié	762
Figure 138 – Topologie en T	762
Figure 139 – Isolation des éléments de communication	764
Figure 140 – Isolation des éléments E/S et de communication	765
Figure 141 – Câblage minimal d'interconnexion	766
Figure 142 – Topologie de câble plat	767
Figure 143 – Topologie de câble dédié	768
Figure 144 – Topologie en T	768

Figure 145 – Distribution de l'alimentation de PhL-P de Type 18.....	771
Figure 146 – Distribution de l'alimentation de PhL-P de Type 18.....	772
Figure 147 – Filtrage et protection de l'alimentation de PhL-P de Type 18	773
Figure 148 – Isolation des éléments de communication	774
Figure 149 – Isolation des éléments E/S et de communication	775
Figure 150 – Circuit d'alimentation de PhL-P	775
Figure A.1 – Connecteur interne de bus de terrain	776
Figure A.2 – Désignations des contacts du connecteur externe pour environnements industriels rigoureux	778
Figure A.3 – Rampes, clavettes, ergots et rainures de connecteur externe de bus de terrain.....	780
Figure A.4 – Dimensions d'accouplabilité de connecteur externe de bus de terrain.....	783
Figure A.5 – Disposition des contacts de connecteur externe de bus de terrain	784
Figure A.6 – Désignation des contacts de connecteur externe pour des environnements industriels typiques	784
Figure A.7 – Connecteur externe du côté fixe (dispositif) pour des environnements industriels typiques: dimensions	785
Figure A.8 – Connecteur externe du côté libre (câble) pour des environnements industriels typiques: dimensions	785
Figure A.9 – Connecteur optique pour des environnements industriels typiques (connecteur FC).....	786
Figure A.10 – Connecteur optique pour des environnements industriels typiques (connecteur ST).....	787
Figure C.1 – Exemple d'étoile passive optique réfléchive.....	790
Figure C.2 – Exemple d'étoile passive optique transmissive.....	790
Figure D.1 – Exemple de topologie en étoile avec une MAU à fibre optique de 31,25 kbit/s en mode monofibre.....	792
Figure D.2 – Topologie multi-étoile avec une MAU à fibre optique	793
Figure D.3 – Exemple de combinaison de supports câblé et optique pour un débit binaire de 31,25 kbit/s	795
Figure D.4 – Exemple de combinaison de supports câblé et optique	795
Figure F.1 – Connecteur à broches pour support optique de courte portée	798
Figure F.2 – Fût à sertir pour support optique de courte portée.....	798
Figure G.1 – Modèle de référence de dispositif répéteur PhL	801
Figure G.2 – Modèle de référence pour la redondance.....	803
Figure G.3 – Synoptique illustrant le support coaxial redondant et le NAP	804
Figure G.4 – Synoptique illustrant les répéteurs d'anneau.....	805
Figure G.5 – Requête de segmentation.....	806
Figure G.6 – Réponse de segmentation	806
Figure G.7 – Diagramme d'états du commutateur principal	810
Figure G.8 – Le port 1 voit l'activité du réseau en premier	812
Figure G.9 – Le port 2 voit l'activité du réseau en premier	814
Figure H.1 – Détecteur RxData de MAU à câble coaxial.....	816
Figure H.2 – Détection RxCARRIER de MAU à câble coaxial	817
Figure H.3 – Emetteur-récepteur redondant de MAU à câble coaxial.....	817
Figure H.4 – Emetteur-récepteur à un seul canal de MAU à câble coaxial.....	818

Figure H.5 – Prise de support à câble coaxial	819
Figure H.6 – Émetteur-récepteur NAP non isolé	820
Figure H.7 – Émetteur-récepteur NAP isolé	820
Figure I.1 – Schéma du coupleur de station	821
Figure I.2 – Affectation des contacts des connecteurs mâles et femelles CEI 947-5-2 (codage A)	822
Figure I.3 – Configuration des contacts de connecteurs, vue de face du connecteur mâle et vue arrière du connecteur femelle, respectivement	823
Figure I.4 – Configuration des contacts du connecteur, vue de face du connecteur M12 femelle	825
Figure I.5 – Configuration des contacts du connecteur, vue de face du connecteur M12 mâle	826
Figure I.6 – Coupleur en T M12	827
Figure I.7 – Terminaison de bus M12	828
Figure J.1 – Redondance de PhL et support	829
Figure K.1 – MAU à fibre optique dans un réseau avec écho	830
Figure K.2 – MAU à fibre optique dans un réseau sans écho	831
Figure K.3 – MAU à fibre optique avec écho renvoyé par retour électrique interne du signal de réception	831
Figure K.4 – MAU à fibre optique sans fonction d'écho	832
Figure K.5 – Réseau optique à topologie en étoile	832
Figure K.6 – Réseau optique à topologie annulaire	833
Figure K.7 – Réseau optique à topologie en bus	833
Figure K.8 – Structure arborescente construite à partir d'une combinaison de structures en étoile	834
Figure K.9 – Exemple d'application d'un convertisseur à fibre optique de la norme TIA/EIA-485-A de l'ANSI	835
Figure L.1 – Terminaison de bus intégrée au dispositif de communication	840
Figure L.2 – Terminaison de bus intégrée dans le connecteur	841
Figure L.3 – Terminaison de bus externe	841
Figure M.1 – Connecteur subminiature D femelle à 9 contacts, interface de départ du côté dispositif	843
Figure M.2 – Connecteur subminiature D mâle à 9 contacts, interface d'arrivée du côté dispositif	843
Figure M.3 – Connecteur terminal du côté dispositif	844
Figure M.4 – Férule d'un connecteur optique F-SMA pour fibre optique polymère (980/1 000 µm)	844
Figure M.5 – Boîtier de connecteur hybride à fibre optique de type 8	845
Figure M.6 – Affectation des contacts de connecteur hybride à fibre optique de type 8	846
Figure O.1 – Topologie	850
Figure O.2 – Structure d'un câble unipolaire (exemple)	852
Figure O.3 – Niveaux de puissance optique	854
Figure P.1 – Exemple d'application d'une DPLL	856
Figure P.2 – Diagramme d'états de boucle DPLL	857
Figure P.3 – Synchronisation de boucle DPLL	858
Figure Q.1 – Connecteur de dispositif PhL-P monté en angle droit	860

Figure Q.2 – Connecteur de dispositif PhL-P monté directement.....	861
Figure Q.3 – Connecteur de câble plat PhL-P et capot de borne – corps et connecteur	862
Figure Q.4 – Connecteur de câble plat PhL-P – capot de borne	862
Figure Q.5 – Corps de connecteur de câble rond de PhL-P de Type 18	863
Figure Q.6 – Capot de borne de connecteur de câble rond de PhL-P de Type 18.....	864
Figure Q.7 – Corps et variante de connecteur de câble rond de PhL-P de Type 18	864
Figure Q.8 – Capot de borne de variante de connecteur de câble rond de PhL-P de Type 18	865
Figure R.1 – Section transversale de câble PhL-B – Ligne d'évacuation torsadée	867
Figure R.2 – Section transversale de câble PhL-B – Ligne d'évacuation non torsadée	867
Figure R.3 – Section transversale de câble plat PhL-P – avec clé.....	868
Figure R.4 – Section transversale de câble plat PhL-P – sans clé.....	868
Figure R.5 – Marquage de la polarité de câble plat de PhL-P.....	869
Figure R.6 – Câble rond – préférentiel; Section.....	870
Figure R.7 – Câble rond – variante; Section.....	871
Tableau 1 – Règles de codage des données.....	475
Tableau 2 – Tableau de vérité de l'indication d'Etat Ph	476
Tableau 3 – Indications de bavardage.....	477
Tableau 4 – Noms et valeurs de paramètres pour la demande Ph-SET-VALUE	498
Tableau 5 – Noms de paramètres pour l'indication Ph-EVENT	499
Tableau 6 – Récapitulatif des services et primitives de gestion Ph.....	500
Tableau 7 – Primitives et paramètres "Réinitialiser".....	501
Tableau 8 – Valeurs d'Etat PhM pour le service de réinitialisation.....	502
Tableau 9 – Primitives et paramètres "Etablir valeur"	502
Tableau 10 – Variables PhE obligatoires.....	502
Tableau 11 – Valeurs admissibles des variables PhE.....	503
Tableau 12 – Valeurs d'Etat PhM pour le service Etablir valeur.....	503
Tableau 13 – Primitives et paramètres Obtenir valeur	503
Tableau 14 – Valeurs courantes des variables PhE	504
Tableau 15 – Valeurs d'Etat PhM pour le service Obtenir valeur	504
Tableau 16 – Primitive et paramètres "Evénement"	504
Tableau 17 – Nouvelles valeurs des variables PhE	505
Tableau 18 – Noms et valeurs de paramètres de gestion	505
Tableau 19 – PH-RESET	508
Tableau 20 – Ph-SET-VALUE.....	508
Tableau 21 – Variables PhL	508
Tableau 22 – Ph-GET-VALUE	510
Tableau 23 – Ph-EVENT.....	510
Tableau 24 – Evénements PhL	510
Tableau 25 – Noms et valeurs de paramètres pour la demande Ph-SET-VALUE	511
Tableau 26 – Signaux à l'interface ETDD-DCE.....	517
Tableau 27 – Niveaux de signaux pour une interface ETDD-DCE exposée.....	517

Tableau 28 – Réinitialisation du bus MDS	528
Tableau 29 – Signaux à l'interface MIS-MDS	529
Tableau 30 – Règles de codage Manchester.....	540
Tableau 31 – Caractéristiques temporelles de la MDS	543
Tableau 32 – Règles de codage des données MDS	544
Tableau 33 – Attribution du bit SL et du signal TxSL	551
Tableau 34 – Attribution du bit SL et du signal RxSL.....	552
Tableau 35 – Attribution du bit SL et du signal TxSL	553
Tableau 36 – Attribution du bit SL et du signal RxSL.....	553
Tableau 37 – Attribution du bit SL et du signal TxSL	554
Tableau 38 – Attribution du bit SL et du signal RxSL.....	554
Tableau 39 – Règles de codage et de décodage.....	555
Tableau 40 – Règles de décodage pour les états de repos	555
Tableau 41 – Règles de codage de la PhpDU de réinitialisation	556
Tableau 42 – Règles de décodage de la PhpDU de réinitialisation.....	556
Tableau 43 – Règles de codage Manchester.....	559
Tableau 44 – Ensemble minimal de services à l'interface MDS-MAU	564
Tableau 45 – Niveaux de signaux pour une interface MDS-MAU exposée.....	565
Tableau 46 – Définitions de l'interface MDS-MAU: support à câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension	566
Tableau 47 – Support à fibre optique 5 Mbit/s d'interface MDS-MAU.....	567
Tableau 48 – Services de l'interface MDS-MAU	569
Tableau 49 – Ensemble minimal de services à l'interface MAU	571
Tableau 50 – Niveaux de signaux pour une interface MAU exposée.....	572
Tableau 51 – Grandeurs dépendantes du débit binaire de réseaux en mode tension	573
Tableau 52 – Récapitulatif de la spécification du niveau d'émission de la MAU	576
Tableau 53 – Récapitulatif de la spécification de la synchronisation de l'émission de la MAU pour un fonctionnement à 31,25 kbit/s	576
Tableau 54 – Récapitulatif de la spécification de la synchronisation de l'émission de la MAU pour un fonctionnement à ≥ 1 Mbit/s.....	576
Tableau 55 – Récapitulatif de la spécification du circuit de réception de la MAU	582
Tableau 56 – Caractéristiques des dispositifs alimentés par le réseau	584
Tableau 57 – Exigences d'alimentation réseau.....	584
Tableau 58 – Limites d'affaiblissement du câble d'essai.....	588
Tableau 59 – Code de couleur recommandé pour les câbles en Amérique du Nord	590
Tableau 60 – Récapitulatif de la spécification du niveau d'émission de la MAU	594
Tableau 61 – Récapitulatif de la spécification de synchronisation d'émission de la MAU	594
Tableau 62 – Récapitulatif de la spécification du circuit de réception de la MAU	597
Tableau 63 – Caractéristiques des dispositifs alimentés par le réseau	599
Tableau 64 – Exigences d'alimentation réseau.....	599
Tableau 65 – Spécification des couleurs de câbles pour le Type 3.....	610
Tableau 66 – Récapitulatif de la spécification du niveau d'émission de la MAU	614
Tableau 67 – Récapitulatif de la spécification de synchronisation d'émission de la MAU	615
Tableau 68 – Récapitulatif de la spécification du circuit de réception	617

Tableau 69 – Exigences d'alimentation réseau.....	620
Tableau 70 – Récapitulatif de la spécification du niveau d'émission de la MAU en mode courant	627
Tableau 71 – Récapitulatif de la spécification de la synchronisation de l'émission de la MAU en mode courant	627
Tableau 72 – Récapitulatif de la spécification du circuit de réception de la MAU en mode courant.....	629
Tableau 73 – Exigences d'alimentation réseau.....	630
Tableau 74 – Grandeurs dépendantes du débit binaire de réseaux à fibre optique double à grande vitesse (≥ 1 Mbit/s)	634
Tableau 75 – Récapitulatif de la spécification du niveau d'émission et des caractéristiques spectrales	635
Tableau 76 – Récapitulatif de la spécification de synchronisation d'émission	636
Tableau 77 – Récapitulatif de la spécification du circuit de réception	637
Tableau 78 – Spécifications du niveau d'émission et de réception et des caractéristiques spectrales d'une étoile active optique	640
Tableau 79 – Caractéristiques de synchronisation d'une étoile active optique.....	640
Tableau 80 – Récapitulatif de la spécification du niveau d'émission et des caractéristiques spectrales	642
Tableau 81 – Spécifications du niveau d'émission et de réception et des caractéristiques spectrales d'une étoile active optique	644
Tableau 82 – Fréquences perturbatrices pour les essais de performances des récepteurs	655
Tableau 83 – Définition des lignes de commande d'émission – support à câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension	658
Tableau 84 – Définitions des sorties de données du récepteur: support à câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension	659
Tableau 85 – Définitions des sorties de porteuses du récepteur: support à câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension	660
Tableau 86 – Interface du support à câble coaxial – Spécifications d'émission	660
Tableau 87 – Interface du support à câble coaxial – Réception	662
Tableau 88 – Interface du support à câble coaxial – Aspects généraux.....	663
Tableau 89 – Spécifications électriques de transformateur pour support à câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension	664
Tableau 90 – Spécifications du câble coaxial de ligne secondaire.....	668
Tableau 91 – Spécifications du câble coaxial de ligne principale.....	668
Tableau 92 – Définitions des lignes de commande d'émission – support à fibre optique de 5 Mbit/s.....	670
Tableau 93 – Interface de support à fibre optique de 5,0 Mbit/s	670
Tableau 94 – Spécification des signaux de support à fibre optique de 5 Mbit/s de courte portée	671
Tableau 95 – Spécification des signaux de support à fibre optique de 5 Mbit/s de moyenne portée.....	672
Tableau 96 – Spécification des signaux de support à fibre optique de 5 Mbit/s de longue portée.....	673
Tableau 97 – Exigences du NAP	676
Tableau 98 – Combinaison de dispositifs de différentes catégories.....	680
Tableau 99 – Impédances d'entrée des interfaces de bus et des alimentations	683

Tableau 100 – CMRR exigé	686
Tableau 101 – Caractéristiques des dispositifs alimentés par le réseau pour la MAU de 31,25 kbit/s en mode tension	687
Tableau 102 – Exigences d'alimentation réseau pour la MAU de 31,25 kbit/s en mode tension.....	687
Tableau 103 – Caractéristiques électriques des interfaces de bus de terrain	693
Tableau 104 – Caractéristiques électriques des alimentations	695
Tableau 105 – Caractéristiques de MAU non de sécurité intrinsèque	699
Tableau 106 – Caractéristiques avec utilisation de répéteurs.....	700
Tableau 107 – Spécifications du câblage	702
Tableau 108 – Longueur maximale du câble pour les différentes vitesses d'émission	702
Tableau 109 – Caractéristiques de sécurité intrinsèque	705
Tableau 110 – Spécification du câble (liée à la fonction et à la sécurité).....	708
Tableau 111 – Longueur maximale du câble pour les différentes vitesses d'émission	709
Tableau 112 – Caractéristiques électriques de l'interface de sécurité intrinsèque	712
Tableau 113 – Valeurs maximales de sécurité	716
Tableau 114 – Caractéristiques techniques.....	718
Tableau 115 – Caractéristiques des émetteurs optiques pour fibre silice multimodale.....	722
Tableau 116 – Caractéristiques des émetteurs optiques pour fibre silice unimodale.....	722
Tableau 117 – Caractéristiques des émetteurs optiques pour fibre plastique	723
Tableau 118- Caractéristiques des émetteurs optiques pour fibre silice 200/230 μm	723
Tableau 119 – Caractéristiques des récepteurs optiques pour fibre silice multimodale.....	724
Tableau 120 – Caractéristiques des récepteurs optiques pour fibre silice unimodale.....	724
Tableau 121 – Caractéristiques des récepteurs optiques pour fibre plastique	724
Tableau 122 – Caractéristiques des récepteurs optiques pour fibre silice 200/230 μm	724
Tableau 123 – Distorsion de signal admissible à l'entrée électrique de l'émetteur optique	725
Tableau 124 – Distorsion de signal admissible due à l'émetteur optique	727
Tableau 125 – Distorsion de signal admissible due au récepteur optique	727
Tableau 126 – Influence admissible des circuits électroniques internes d'un élément de couplage sur le signal.....	727
Tableau 127 – Possibilité de chaînage maximale de liaisons optiques normalisées sans resynchronisation	728
Tableau 128 – Services de l'interface MDS-MAU, RS-485, de Type 4	729
Tableau 129 – Services de l'interface MDS-MAU, RS-232, de Type 4	731
Tableau 130 – Grandeurs dépendantes du débit binaire pour une MAU de support câblé à paire torsadée	732
Tableau 131 – Signaux d'interface d'arrivée.....	734
Tableau 132 – Signaux d'interface de départ	734
Tableau 133 – Caractéristiques du câble de bus distant	735
Tableau 134 – Grandeurs dépendantes du débit binaire de MAU à fibre optique.....	737
Tableau 135 – Longueur du câble à fibre optique de bus distant.....	738
Tableau 136 – Règles de codage.....	738
Tableau 137 – Récapitulatif des spécifications de niveau d'émission et de caractéristiques spectrales d'une MAU à fibre optique	739

Tableau 138 – Récapitulatif de la spécification du circuit de réception de MAU à fibre optique	740
Tableau 139 – Spécification du guide d'onde à fibre optique	741
Tableau 140 – Spécification d'une monofibre	741
Tableau 141 – Spécification de la gaine de câble et propriétés mécaniques du câble	742
Tableau 142 – Autres propriétés supplémentaires recommandées du matériau du câble	742
Tableau 143 – Spécification du guide d'onde à fibre optique	743
Tableau 144 – Spécification d'une monofibre	743
Tableau 145 – Spécification de la gaine de câble et propriétés mécaniques du câble	743
Tableau 146 – Spécification de la fibre d'essai normalisée pour une MAU à fibre optique	744
Tableau 147 – Prise en charge de la vitesse d'émission	749
Tableau 148 – Paramètres des données de transmission.....	750
Tableau 149 – Signaux d'entrée possibles de l'esclave	752
Tableau 150 – Signaux de sortie possibles de l'esclave	752
Tableau 151 – Signaux de sortie valides de l'esclave.....	753
Tableau 152 – Spécifications des temps de réglage de l'horloge.....	753
Tableau 153 – Retard du signal optique dans un esclave.....	753
Tableau 154 – Fonctions de base de la connexion.....	754
Tableau 155 – Limites de la topologie de transfert.....	763
Tableau 156 – Limites de la topologie en T.....	763
Tableau 157 – Exigences applicables aux résistances de terminaison	764
Tableau 158 – Limites de la topologie de transfert.....	768
Tableau 159 – Limites de la topologie en T.....	769
Tableau 160 – Exigences applicables aux résistances de terminaison – câble plat	770
Tableau 161 – Exigences applicables aux résistances de terminaison – câble rond	770
Tableau 162 – Spécification de l'alimentation en 24 V.....	772
Tableau 163 – Spécifications de consommation d'énergie de l'alimentation en 24 V	772
Tableau A.1 – Dimensions du connecteur interne	776
Tableau A.2 – Affectation des contacts du connecteur externe pour environnements industriels rigoureux	777
Tableau A.3 – Affectation des contacts de connecteur externe pour des environnements industriels typiques	784
Tableau A.4 – Dimensions du connecteur du côté fixe (dispositif)	785
Tableau A.5 – Dimensions du connecteur du côté libre (câble)	785
Tableau A.6 – Dimensions du connecteur	786
Tableau B.1 – Spécifications de câbles typiques.....	788
Tableau B.2 – Longueurs maximales de ligne secondaire recommandées en fonction du nombre d'éléments de communication.....	789
Tableau C.1 – Récapitulatif de spécification d'une étoile passive optique: Exemple	791
Tableau D.1 – Topologie en étoile passive.....	794
Tableau D.2 – Topologie en étoile active	794
Tableau E.1 – Variantes de fibre en mode fibre double	796
Tableau E.2 – Variantes de fibres en mode monofibre	796
Tableau F.1 – Exigences applicables au connecteur	797

Tableau F.2 – Définition des contacts du connecteur NAP	799
Tableau H.1 – Définition des sorties du récepteur à câble coaxial de 5 Mbit/s en mode tension.....	816
Tableau H.2 – Spécification de tore bobiné de support à câble coaxial	819
Tableau I.1 – Affectation des contacts du connecteur externe pour environnements industriels rigoureux	821
Tableau I.2 – Désignation des contacts.....	823
Tableau I.3 – Désignation des contacts.....	824
Tableau I.4 – Désignation des contacts.....	825
Tableau K.1 – Exemple de calcul de bilan de liaison pour une fibre silice multimodale 62,5/125 μm	837
Tableau K.2 – Exemple de calcul de bilan de liaison pour une fibre silice unimodale 9/125 μm	838
Tableau K.3 – Exemple de calcul de bilan de liaison pour une fibre plastique multimodale 980/1 000 μm	838
Tableau K.4 – Exemple de calcul de bilan de niveau pour une fibre silice multimodale 200/230 μm	839
Tableau M.1 – Affectation des contacts du connecteur subminiature D à 9 contacts	843
Tableau M.2 – Affectation des contacts du connecteur terminal.....	844
Tableau M.3 – Dimensions de connecteur hybride à fibre optique de type 8.....	847
Tableau O.1 – Spécifications de l'émetteur	851
Tableau O.2 – Spécifications du récepteur.....	852
Tableau O.3 – Spécifications des câbles (exemple)	852
Tableau O.4 – Données système de la ligne d'émission optique à 650 nm	853
Tableau R.1 – Spécifications du câblage de PhL-B	866
Tableau R.2 – Spécifications du câble plat de PhL-P	867
Tableau R.3 – Spécifications du câble rond de PhL-P – type préférentiel.....	869
Tableau R.4 – Spécifications du câble rond de PhL-P – variante.....	870

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**RÉSEAUX DE COMMUNICATIONS INDUSTRIELS –
SPÉCIFICATIONS DES BUS DE TERRAIN –****Partie 2: Spécification de couche physique et définition des services**

AVANT-PROPOS

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

NOTE L'utilisation de certains des types de protocoles est restreinte par les détenteurs des droits de propriété intellectuelle correspondants. Quoi qu'il en soit, l'engagement pris par les détenteurs, quant à une diffusion limitée desdits droits de propriété intellectuelle, permet d'utiliser un type particulier de protocole de Couche Liaison de données avec des protocoles de Couche Physique et de Couche Application dans les combinaisons de types explicitement spécifiées dans la série de normes CEI 61784. L'utilisation des divers types de protocoles dans d'autres combinaisons peut nécessiter l'autorisation de leurs détenteurs de droits de propriété intellectuelle respectifs.

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) attire l'attention sur le fait qu'il est déclaré que la conformité à la présente norme peut impliquer l'utilisation des brevets suivants, où la notation [xx] indique le détenteur du droit de propriété intellectuelle:

Type 2 (indiqués en 5.3, 9.3, 10.3, dans les Articles 17 à 20, et de l'Annexe F à l'Annexe H):

5,396,197 [AB] Network Node TAP (Prise de station réseau)

La CEI ne prend pas position eu égard à la preuve, la validité et la portée de ces droits de propriété.

Le détenteur de ce droit de propriété a donné l'assurance à la CEI qu'il consent à négocier des licences avec des demandeurs du monde entier, en des termes et à des conditions raisonnables et non discriminatoires. A ce propos, la déclaration du détenteur de ce droit de propriété est enregistrée à la CEI. Des informations peuvent être obtenues auprès de:

[AB]: Rockwell Technologies, LLC
Allen-Bradley Co, LLC
1201 So. Second Street
Milwaukee, WI 53204
Etats-Unis
Attention: Service de la propriété intellectuelle

L'attention est par ailleurs attirée sur le fait que certains des éléments de la présente norme peuvent faire l'objet de droits de propriété autres que ceux mentionnés ci-dessus. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme Internationale CEI 61158-2 a été établie par le sous-comité 65C: Réseaux de communications industriels, du comité d'études 65 de la CEI: Mesure, commande et automation dans les processus industriels.

Cette quatrième édition annule et remplace la CEI 61158-2:2003. L'édition de la présente partie en constitue une révision mineure. Cette publication, associée à ses parties correspondantes pour le Type 16, remplace également en partie la CEI 61491:2002 qui est actuellement en cours de révision. La CEI 61491 sera publiée en tant que rapport technique.

Cette édition inclut les modifications techniques significatives suivantes par rapport à la précédente édition:

- a) suppression de l'ancien bus de terrain de Type 6 du fait de son manque de pertinence pour le marché;
- b) ajout de nouveaux types de bus de terrain;
- c) généralisation du Type 1 support radioélectrique rarement utilisé, sous une forme plus utile.

La présente version bilingue (2014-04) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2007-12.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 65C/472/FDIS et 65C/483/RVD.

Le rapport de vote 65C/483/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

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

NOTE De légères variations par rapport aux directives ont été autorisées par le Bureau Central de la CEI pour assurer la continuité de la numérotation des paragraphes des éditions précédentes.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

La liste de toutes les parties de la série CEI 61158, publiée sous le titre général *Réseaux de communications industriels – Spécifications de bus de terrain*, est disponible sur le site Web de la CEI.

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

Withdrawn

0 Introduction

0.1 Généralités

Cette partie de la CEI 61158 fait partie d'une série élaborée pour faciliter l'interconnexion des composants de systèmes d'automatisation. Elle est apparentée à d'autres normes dans cet ensemble, comme défini par le modèle de référence de bus de terrain "à trois couches" décrit dans la CEI/TR 61158-1.

0.2 Aperçu de la couche physique

Le principal objectif de la présente norme est de fournir un ensemble de règles de communication exprimées en termes 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 de liaison de données, les code si nécessaire en ajoutant des 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 si nécessaire en retirant les informations de trame de communication avant que les unités de données ne soient passées à la couche de liaison de données du dispositif de réception.

0.3 Aperçu des documents

La présente norme est constituée de spécifications de couche physique correspondant à de nombreux types de protocoles de couche physique spécifiés dans les CEI 61158-4-1 à CEI 61158-4-18.

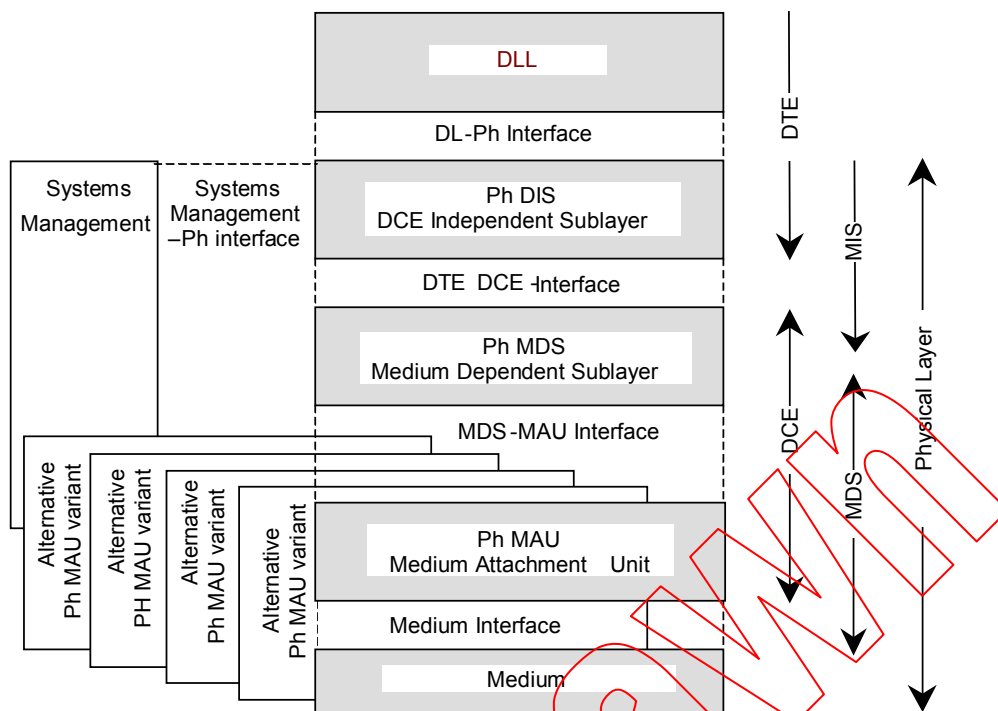
NOTE 1 La numérotation des types de protocoles utilisés est homogène dans l'ensemble de la série CEI 61158.

NOTE 2 Les spécifications des Types 1, 2, 3, 4, 8 et 16 sont incluses. Le Type 7 utilise des spécifications de Type 1. Les autres types n'utilisent aucune des spécifications présentées dans la présente norme.

NOTE 3 Pour faciliter le renvoi aux textes correspondants, les numéros de type sont indiqués dans le titre des articles/paragraphes. 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 Les ensembles de dispositions d'inter-fonctionnement sont du ressort de l'utilisateur de la présente norme. Pour plus d'informations sur les profils de communication normalisés fondés sur la série CEI 61158, se reporter à la série CEI 61784.

Un modèle général de la couche physique est illustré en Figure 1.



Légende

Anglais	Français
DL-Ph interface	Interface DL – Ph
Systems management	Gestion systèmes
Systems management – Ph interface	Interface Gestion systèmes – Ph
Ph DIS DCE Independent Sublayer	DIS de Ph: Sous-couche indépendante du DCE
DTE-DCE Interface	Interface ETDD – DCE
Ph MDS Medium dependent sublayer	MDS de Ph: Sous-couche dépendante du support
MDS – MAU interface	Interface MDS – MAU
Alternative Ph MAU variant	Variante de MAU de Ph
Ph – MAU Medium Attachment Unit	MAU de Ph: Unité de liaison au support
Medium interface	Interface de support
Medium	Support
DCE DTE	ETTD DCE
Physical Layer	Couche physique

Figure 1 – Modèle général de couche physique

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

NOTE 6 Etant 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 d'émission d'horloge séparée;
- communication soit en semi-duplex (bidirectionnelle mais dans un sens à la fois) soit en duplex intégral.

0.4 Principales variantes de couche physique spécifiées dans la présente norme

0.4.1 Support de Type 1

0.4.1.1 Type 1: Supports câblés

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

- a) mode tension (couplage parallèle), 150 Ω , débit binaire 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 oeuvre avec un couplage inductif en utilisant des transformateurs. Ceci n'est pas obligatoire si les exigences d'isolation de la présente norme sont satisfaites par d'autres moyens.

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

- pas d'alimentation par l'intermédiaire des conducteurs de bus; non de sécurité intrinsèque;
- alimentation par l'intermédiaire des conducteurs de bus; non de sécurité intrinsèque;
- pas d'alimentation par l'intermédiaire des conducteurs de bus; de sécurité intrinsèque;
- alimentation par l'intermédiaire des conducteurs de bus; de 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, débit binaire de 31,25 kbit/s à 25 Mbit/s;
- mode monofibre, 31,25 kbit/s.

0.4.1.3 Type 1: Supports radioélectriques

La spécification des supports radioélectriques de Type 1 inclut une capacité radioélectrique FSK/PSK généralisée à des débits binaires arbitraires.

0.4.2 Type 2: Supports à câble coaxial et optiques

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 programmation, configuration, diagnostic ou à d'autres fins;
- sous-couches machine répéteur (RM, RRM) et couches physiques redondantes.

0.4.3 Type 3: Supports câblés à paire torsadée et optiques

Le Type 3 spécifie les émissions synchrones suivantes:

- 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: non de sécurité intrinsèque;
 - alimentation par l'intermédiaire des conducteurs de bus: sécurité intrinsèque;

ainsi que les variantes d'émission asynchrone suivantes:

- b) support câblé à paire torsadée, jusqu'à 12 Mbit/s, norme TIA/EIA-485-A de l'ANSI;
- c) support à fibre optique, jusqu'à 12 Mbit/s.

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;
- support câblé RS-232, jusqu'à 230,4 kbit/s.

0.4.5 Type 8: Supports câblés à paire torsadée et optiques

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

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:

- émission en duplex intégral;
- codage NRZ(non-retour à zéro).

Les types de supports câblés disposent des options suivantes:

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

0.4.6 Type 12: Supports câblés

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

- Support câblé LVDS jusqu'à 100 Mbit/s.

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 d'émission équilibré sur un câble torsadé blindé à 3 conducteurs. Il est spécifié des débits binaires pouvant atteindre 10 Mbit/s et des distances d'émission allant jusqu'à 1,2 km.

0.4.8.2 Type 18: Supports alimentés

Le Type 18-PhL-P spécifie un signal d'émission équilibré 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 allant jusqu'à 2,5 Mbit/s et des distances d'émission allant jusqu'à 500 m.

RÉSEAUX DE COMMUNICATIONS INDUSTRIELS – SPÉCIFICATIONS DES BUS DE TERRAIN –

Partie 2: Spécification de couche physique et définition des services

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61158 spécifie les exigences applicables aux composants de bus de terrain. Elle spécifie également les exigences de configuration des supports et des réseaux requises pour garantir les niveaux convenus de

- a) intégrité des données avant vérification d'erreur de la couche de liaison de données;
- b) interopérabilité entre dispositifs 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 que définie dans l'ISO 7498, à l'exception du fait que, pour certains types, les délimiteurs de trame se trouvent dans la couche physique tandis que pour d'autres types, ils se trouvent dans la couche de liaison de données.

2 Références normatives

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

CEI 60050-731, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 731: Télécommunications par fibres optiques*

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

CEI 60079-14, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 14: Installations électriques dans les emplacements dangereux (autres que les mines)*

CEI 60079-25, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 25: Systèmes de sécurité intrinsèque*

CEI 60096-1, *Câbles pour fréquences radioélectriques – Partie 1: Prescriptions générales et méthodes de mesure*

CEI 60169-8, *Connecteurs pour fréquences radioélectriques – Partie 8: 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 ohms (Type BNC)*

CEI 60169-17, *Connecteurs pour fréquences radioélectriques – Partie 17: Connecteurs coaxiaux pour fréquences radioélectriques avec diamètre intérieur du condenseur extérieur de 6,5 mm (0,256 in) à verrouillage à vis – Impédance caractéristique 50 ohms (Type TNC)*

IEC 60189-1:1986, *Low-frequency cables and wires with PVC insulation and PVC sheath – Part 1: General test and measuring methods* ¹, (disponible en anglais seulement)

CEI 60255-22-1:1988 *Relais de mesure et dispositifs de protection – Partie 22-1: Essais d'influence électrique – Essais d'immunité à l'onde oscillatoire amortie 1 MHz* ²

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

CEI 60364-5-54, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-54: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques – Mises à la terre, conducteurs de protection et conducteurs d'équipotentialité de protection*

CEI 60529: *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60603-7, *Connecteurs pour fréquences inférieures à 3 MHz pour utilisation avec cartes imprimées – Partie 7: Spécification particulière pour connecteurs à 8 voies, comprenant des embases et des fiches ayant des caractéristiques d'accouplement communes, avec assurance de la qualité*

CEI 60760, *Bornes plates à connexion rapide*

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

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

CEI 60807-3, *Connecteurs rectangulaires pour 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 60874-10-1, *Connectors for optical fibres and cables – Part 10-1: Detail specification for fiber optic connector type BFOC/2,5 terminated to multimode fibre type A1* (disponible en anglais seulement)

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

CEI 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* (Publication fondamentale en CEM)

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

IEC 61131-2, *Programmable controllers – Part 2: Equipment requirements and tests* (disponible en anglais seulement)

¹ Il existe une nouvelle édition de cette publication (2007).

² Il existe une nouvelle édition de cette publication (2007).

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

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

IEC 61158-4-3, *Industrial communication network – Fieldbus specifications – Part 4-3: Data-link layer protocol specification – Type 3 elements* (disponible en anglais seulement)

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

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

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

ISO/CEI 7498 (toutes les parties), *Technologies de l'information – Modèle de référence de base pour l'interconnexion de systèmes ouverts (OSI) : Le Modèle de base*

ISO/CEI 8482, *Technologies de l'information – Télécommunications et échange d'informations entre systèmes – Interconnexions multipoints par paire torsadée*

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

ISO/IEC 9314-1, *Information processing systems – Fibre distributed data interface (FDDI) Part 1: Token ring physical layer protocol (PHY)* (disponible en anglais seulement)

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

ANSI TIA/EIA-232-F, *Interface Between Data Terminal Equipment and Data Circuit – Terminating Equipment Employing Serial Binary Data Interchange*

ANSI TIA/EIA-422-B, *Electrical Characteristics of Balanced Voltage Digital Interface Circuits*

ANSI TIA/EIA-485-A, *Electrical Characteristics of Generators and Receivers for Use in Balanced Digital Multipoint Systems*

ANSI TIA/EIA-644-A, *Electrical Characteristics of Low Voltage Differential Signaling (LVDS) Interface Circuits*