



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Industrial networks – Wireless communication network and communication profiles – ISA 100.11a

Réseaux industriels – Réseau de communication sans fil et profils de communication – ISA 100.11a

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE **XH**
CODE PRIX

ICS 25.040; 33.040; 35.100

ISBN 978-2-8322-1874-7

**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.....	31
0 Introduction	33
0.1 General.....	33
0.2 Document structure.....	33
0.3 Potentially relevant patents.....	33
1 Scope.....	35
2 Normative references	35
3 Terms, definitions, abbreviated terms, acronyms, and conventions.....	36
3.1 Terms and definitions.....	36
3.1.1 (N)-layer and other terms and definitions from the open systems interconnection Basic Reference Model	36
3.1.2 Other terms and definitions.....	45
3.1.3 Symbols for symmetric keys, and for asymmetric keys and certificates	63
3.1.4 Terms used to describe device behavior	64
3.2 Abbreviated terms and acronyms	65
3.3 Conventions.....	71
3.3.1 Service interfaces.....	71
3.3.2 Table cells.....	72
3.3.3 Italics.....	72
3.3.4 Bold face	73
3.3.5 Informal declarations of named constants	73
4 Overview	73
4.1 General.....	73
4.2 Interoperability and related issues	73
4.3 Quality of service	74
4.4 Worldwide applicability	74
4.5 Network architecture.....	74
4.5.1 Interfaces	74
4.5.2 Data structures	75
4.5.3 Network description	76
4.5.4 Generic protocol data unit construction.....	77
4.5.5 Abstract data and concrete representations	78
4.6 Network characteristics.....	80
4.6.1 General	80
4.6.2 Scalability.....	80
4.6.3 Extensibility	81
4.6.4 Simple operation	81
4.6.5 Site-license-exempt operation	81
4.6.6 Robustness in the presence of interference, including from other wireless systems	81
4.6.7 Determinism and contention-free media access	81
4.6.8 Self-organizing networking with support for redundancy	82
4.6.9 Internet-protocol-compatible NL.....	82
4.6.10 Coexistence with other radio frequency systems.....	82
4.6.11 Time-slotted assigned-channel D-transactions as the basis for communication	84

4.6.12	Robust and flexible security	86
4.6.13	System management	87
4.6.14	Application process using standard objects	87
4.6.15	Tunneling	87
5	System	87
5.1	General.....	87
5.2	Devices.....	88
5.2.1	General	88
5.2.2	Device interworkability.....	88
5.2.3	Profiles	88
5.2.4	Quality of service.....	88
5.2.5	Device worldwide applicability	88
5.2.6	Device description	89
5.2.7	Device addressing	93
5.2.8	Device phases	93
5.2.9	Device energy sources	95
5.3	Networks	95
5.3.1	General	95
5.3.2	Minimal network.....	95
5.3.3	Basic network topologies supported.....	96
5.3.4	Network configurations	99
5.3.5	Gateway, system manager, and security manager	104
5.4	Protocol suite structure	105
5.5	Data flow	106
5.5.1	General	106
5.5.2	Native communications.....	107
5.5.3	Basic data flow	107
5.5.4	Data flow between I/O devices.....	108
5.5.5	Data flow with legacy I/O device	108
5.5.6	Data flow with backbone.....	112
5.5.7	Data flow between I/O devices via backbone	112
5.5.8	Data flow to a standard-aware control system or device	112
5.6	Time reference.....	113
5.6.1	General	113
5.6.2	Time synchronization.....	114
5.7	Firmware upgrades	114
5.8	Wireless backbones and other infrastructures	114
6	System management role	114
6.1	General.....	114
6.1.1	Overview	114
6.1.2	Components and architecture	115
6.1.3	Management functions.....	116
6.2	DMAP	116
6.2.1	General	116
6.2.2	Architecture of device management.....	117
6.2.3	Definition of management objects	117
6.2.4	Management objects in DMAP.....	117
6.2.5	Communications services provided to device management objects.....	119
6.2.6	Attributes of management objects.....	120

6.2.7	Definitions of management objects in DMAP	121
6.2.8	Functions of device management and layer management	130
6.3	System manager	140
6.3.1	General	140
6.3.2	System management architecture	140
6.3.3	Standard system management object types	141
6.3.4	Security management	142
6.3.5	Addresses and address allocation	143
6.3.6	Firmware upgrade	147
6.3.7	System performance monitoring	148
6.3.8	Device provisioning service	149
6.3.9	Device management services	149
6.3.10	System time services	158
6.3.11	System communication configuration	162
6.3.12	Redundancy management	195
6.3.13	System management protocols	196
6.3.14	Management policies and policy administration	196
6.3.15	Operational interaction with plant operations or maintenance personnel	196
7	Security	196
7.1	General	196
7.2	Security services	197
7.2.1	Overview	197
7.2.2	Keys	198
7.3	PDU security	202
7.3.1	General	202
7.3.2	DPDU security	203
7.3.3	TL security functionality	218
7.4	Joining process	234
7.4.1	General	234
7.4.2	Prerequisites	234
7.4.3	Desired device end state and properties	235
7.4.4	Joining process steps common for symmetric-key and asymmetric-key approaches	235
7.4.5	Symmetric-key joining process	238
7.4.6	Asymmetric-key joining process	248
7.4.7	Joining process and device lifetime failure recovery	264
7.5	Session establishment	266
7.5.1	General	266
7.5.2	Description	266
7.5.3	Application protocol data unit protection using the master key	268
7.5.4	Proxy security management object methods related to the session establishment	268
7.6	Key update	271
7.6.1	General	271
7.6.2	Description	271
7.6.3	Device security management object methods related to T-key update	272
7.6.4	Failure recovery	276
7.7	Functionality of the security manager role	278
7.7.1	Proxy security management object	278

7.7.2	Authorization of network devices and generation or derivation of initial master keys	279
7.7.3	Interaction with device security management objects	279
7.7.4	Management of operational keys	279
7.8	Security policies.....	280
7.8.1	Definition of security policy	280
7.8.2	Policy extent.....	280
7.8.3	Unconstrained security policy choices	281
7.8.4	Policy structures	281
7.9	Security functions available to the AL	283
7.9.1	Parameters on transport service requests that relate to security	283
7.9.2	Direct access to cryptographic primitives	284
7.9.3	Symmetric-key cryptography.....	285
7.10	Security statistics collection, threat detection, and reporting	286
7.11	DSMO functionality	287
7.11.1	General	287
7.11.2	DSMO attributes	287
7.11.3	KeyDescriptor.....	288
7.11.4	DSMO alerts	293
8	Physical layer	294
8.1	General.....	294
8.2	Default physical layer.....	295
8.2.1	General requirements	295
8.2.2	Additional requirements of IEEE 802.15.4.....	295
8.2.3	Exceptions to the IEEE 802.15.4 physical layer	296
9	Data-link layer	296
9.1	General.....	296
9.1.1	Overview	296
9.1.2	Coexistence strategies in the DL	297
9.1.3	Allocation of digital bandwidth	297
9.1.4	Structure of the DPDU	298
9.1.5	The DL and the IEEE 802.15.4 MAC	298
9.1.6	Routes and graphs	299
9.1.7	Slotted-channel-hopping, slow-channel-hopping, and timeslots	306
9.1.8	Superframes	317
9.1.9	DL time keeping.....	329
9.1.10	D-subnet addressing.....	348
9.1.11	DL management service	349
9.1.12	Relationship between DLE and DSC	351
9.1.13	DLE neighbor discovery	352
9.1.14	Neighbor discovery and joining – DL considerations	355
9.1.15	Radio link control and quality measurement.....	360
9.1.16	DLE roles and options	365
9.1.17	DLE energy considerations	365
9.2	DDSAP	366
9.2.1	General	366
9.2.2	DD-DATA.request	366
9.2.3	DD-DATA.confirm	368
9.2.4	DD-DATA.indication	368

9.3	Data DPDU and ACK/NAK DPDU	369
9.3.1	General	369
9.3.2	Octet and bit ordering	370
9.3.3	Media access control headers	371
9.3.4	MAC acknowledgment DPDU	378
9.3.5	DL auxiliary subheader	381
9.4	DL management information base	396
9.4.1	General	396
9.4.2	DL management object attributes	396
9.4.3	DLMO attributes (indexed OctetStrings)	416
9.5	DLE methods	445
9.5.1	Method for synchronized cutover of DLE attributes	445
9.5.2	Methods to access indexed OctetString attributes	445
9.6	DL alerts	447
9.6.1	DL_Connectivity alert	447
9.6.2	NeighborDiscovery alert	449
10	Network layer	450
10.1	General	450
10.2	NL functionality overview	450
10.2.1	General	450
10.2.2	Addressing	451
10.2.3	Address translation	451
10.2.4	Network protocol data unit headers	453
10.2.5	Fragmentation and reassembly	453
10.2.6	Routing	456
10.2.7	Routing examples	462
10.3	NLE data services	470
10.3.1	General	470
10.3.2	N-DATA.request	471
10.3.3	N-DATA.confirm	472
10.3.4	N-DATA.indication	472
10.4	NL management object	473
10.4.1	NL management information base	473
10.4.2	Structured management information bases	477
10.4.3	NL management object methods	478
10.5	NPDU formats	481
10.5.1	General	481
10.5.2	Basic header format for NL	483
10.5.3	Contract-enabled network header format	484
10.5.4	Full header (IPv6) format	486
10.5.5	Fragmentation header format	488
11	Transport layer	489
11.1	General	489
11.2	TLE reference model	490
11.3	Transport security entity	490
11.3.1	General	490
11.3.2	Securing the TL	490
11.4	Transport data entity	491
11.4.1	General	491

11.4.2	UDP over IPv6.....	492
11.4.3	UDP header transmission and compression.....	492
11.4.4	TSAPs and UDP ports	495
11.4.5	Good network citizenship.....	496
11.5	TPDU encoding.....	496
11.5.1	General	496
11.5.2	Header compression – User datagram protocol encoding	496
11.5.3	TPDU security header.....	498
11.6	TL model	498
11.6.1	General	498
11.6.2	Data services.....	498
12	Application layer.....	507
12.1	General.....	507
12.2	Energy considerations	508
12.3	Legacy control system considerations.....	508
12.4	Overview of object-oriented modeling	509
12.4.1	General	509
12.4.2	Object-to-object communication concept.....	509
12.4.3	AL structure.....	510
12.4.4	UAP structure	510
12.5	Object model	511
12.6	Object attribute model.....	512
12.6.1	General	512
12.6.2	Attributes of standard objects	513
12.6.3	Attribute classification.....	513
12.6.4	Attribute accessibility.....	514
12.7	Method model	514
12.8	Alert model	515
12.9	Alarm state model.....	515
12.10	Event state model.....	516
12.10.1	General	516
12.10.2	State table and transitions	516
12.11	Alert reporting.....	517
12.11.1	General	517
12.11.2	Alert types	517
12.11.3	Alert report information	518
12.11.4	Alarm state recovery.....	519
12.12	Communication interaction model	519
12.12.1	General	519
12.12.2	Buffered unidirectional publication communication.....	519
12.12.3	Queued unidirectional communication	520
12.12.4	Queued bidirectional communication	520
12.12.5	Communication service contract	528
12.13	AL addressing.....	529
12.13.1	General	529
12.13.2	Object addressing.....	529
12.13.3	Object attribute addressing.....	530
12.13.4	Object attribute addressing.....	530
12.13.5	Object method addressing	532

12.14	Management objects	532
12.15	User objects.....	533
12.15.1	General	533
12.15.2	Industry-independent objects	533
12.16	Data types	566
12.16.1	Basic data types	566
12.16.2	Derived atomic data types	566
12.16.3	Industry-independent standard data structures	566
12.17	Application services provided by application sublayer	573
12.17.1	General	573
12.17.2	Publish/subscribe application communication model	574
12.17.3	Scheduled periodic buffered communication	575
12.17.4	Client/server interactions	580
12.17.5	Unscheduled acyclic queued unidirectional messages (source/sink)	596
12.17.6	Client/server and source/sink commonalities	603
12.18	AL flow use of lower layer services	609
12.18.1	General	609
12.18.2	AL use of TDSAPs	609
12.18.3	Mapping AL service primitives to TL service primitives	609
12.19	AL management.....	610
12.19.1	General	610
12.19.2	Application sublayer handling of malformed application protocol data units	610
12.19.3	Application sublayer management object attributes.....	611
12.19.4	Application sublayer management object methods.....	613
12.19.5	Application sublayer management object alerts	614
12.19.6	DMAP services invoked by application sublayer.....	615
12.19.7	Process industries standard objects.....	616
12.19.8	Factory automation industries profile	627
12.20	Process control industry standard data structures	628
12.20.1	General	628
12.20.2	Status for analog information	628
12.20.3	Value and status for analog information	629
12.20.4	Value and status for binary information.....	629
12.20.5	Process control mode	630
12.20.6	Scaling	631
12.21	Additional tables	631
12.21.1	Process control profile standard objects	631
12.21.2	Services	632
12.22	Coding	632
12.22.1	General	632
12.22.2	Coding rules for application protocol data units.....	632
12.22.3	Coding of application data	646
12.22.4	Time-related data types	653
12.23	Syntax	656
12.23.1	Application protocol data unit.....	656
12.23.2	Alert reports and acknowledgments	663
12.23.3	Service feedback code	665
12.23.4	Read, write, and execute	667

12.23.5	Tunnel	667
12.23.6	End of contained module	668
12.24	Detailed coding examples (informative).....	668
12.24.1	Read	668
12.24.2	Tunnel	668
13	Provisioning.....	669
13.1	General.....	669
13.2	Terms and definitions for devices with various roles or states	669
13.3	Provisioning procedures.....	671
13.4	Pre-installed symmetric keys	671
13.5	Provisioning using out-of-band mechanisms	672
13.6	Provisioning networks	672
13.6.1	General	672
13.6.2	Provisioning over-the-air using asymmetric cryptography.....	673
13.6.3	Provisioning over-the-air using an open symmetric join key	674
13.7	State transition diagrams	675
13.8	Device management application protocol objects used during provisioning	679
13.9	Management objects.....	682
13.9.1	Device provisioning object	682
13.9.2	Device provisioning object methods and alerts	687
13.10	Device provisioning service object	688
13.10.1	Device provisioning service object attributes	688
13.10.2	Device provisioning service object structured attributes	692
13.10.3	Device provisioning service object methods.....	694
13.10.4	Device provisioning service object alerts	695
13.10.5	Summary of attributes that can be provisioned	696
13.11	Provisioning functions (informative)	696
13.11.1	General	696
13.11.2	Examples of provisioning methods.....	697
Annex A (informative)	User layer/application profiles	700
A.1	Overview	700
A.2	User layer	700
A.3	Application profile	700
Annex B (normative)	Communication role profiles	702
B.1	Overview	702
B.1.1	General	702
B.1.2	Purpose.....	702
B.1.3	System size.....	702
B.1.4	Abbreviations and special symbols	702
B.1.5	Role profiles	702
B.2	System	703
B.3	System manager.....	703
B.4	Security manager.....	704
B.5	Physical layer	705
B.6	Data-link layer	705
B.6.1	General	705
B.6.2	Role profiles	706
B.7	Network layer.....	710
B.8	Transport layer	711

B.9	Application layer	711
B.10	Provisioning	712
B.11	Gateway (informative)	712
Annex C (informative) Background information		714
C.1	Industrial needs	714
C.2	Usage classes	714
C.2.1	General	714
C.2.2	Class examples	715
C.2.3	Other uploading and downloading alarms (human or automated action)	716
C.3	The Open Systems Interconnection Basic Reference Model	716
C.3.1	Overview	716
C.3.2	Application layer	717
C.3.3	Transport layer	718
C.3.4	Network layer	718
C.3.5	Data-link layer	718
C.3.6	Physical layer	718
Annex D (normative) Configuration defaults		720
D.1	General	720
D.2	System management	720
D.3	Security	721
D.4	Data-link layer	721
D.5	Network layer	723
D.6	Transport layer	723
D.7	Application layer	723
D.8	Provisioning	725
D.9	Gateway (informative)	726
Annex E (informative) Use of backbone networks		727
E.1	General	727
E.2	Recommended characteristics	727
E.3	Internet protocol backbones	727
E.3.1	Methods of IPv6 protocol data unit transmission	727
E.3.2	Backbone router peer device discovery	728
E.3.3	Security	728
Annex F (normative) Basic security concepts – Notation and representation		730
F.1	Strings and string operations	730
F.2	Integers, octets, and their representation	730
F.3	Entities	730
Annex G (informative) Using certificate chains for over-the-air provisioning		731
Annex H (normative) Security building blocks		732
H.1	Symmetric key cryptographic building blocks	732
H.1.1	Overview	732
H.1.2	Symmetric key domain parameters	732
H.1.3	Block cipher	732
H.1.4	Mode of operation	732
H.1.5	Cryptographic hash function	732
H.1.6	Keyed hash function for message authentication	732
H.1.7	Specialized keyed hash function for message authentication	733
H.1.8	Challenge domain parameters	733

H.2	Asymmetric-key cryptographic building blocks	733
H.2.1	General	733
H.2.2	Elliptic curve domain parameters	733
H.2.3	Elliptic curve point representation	733
H.2.4	Elliptic curve public-key pair	733
H.3	Keying information	733
H.3.1	General	733
H.3.2	Elliptic curve cryptography implicit certificates	734
H.3.3	Elliptic curve cryptography manual certificates.....	734
H.3.4	Additional information	735
H.4	Key agreement schemes.....	735
H.4.1	Symmetric-key key agreement scheme	735
H.4.2	Asymmetric-key key agreement scheme	735
H.5	Keying information schemes	735
H.5.1	Implicit certificate scheme	735
H.5.2	Manual certificate scheme	736
H.6	Challenge domain parameter generation and validation	736
H.6.1	Overview	736
H.6.2	Challenge domain parameter generation	736
H.6.3	Challenge domain parameter verification	736
H.7	Challenge validation primitive	737
H.8	Secret key generation (SKG) primitive	737
H.9	Block-cipher-based cryptographic hash function	738
H.10	Elliptic curve cryptography manual certificate scheme.....	739
H.10.1	Overview	739
H.10.2	Elliptic curve cryptography manual certificate generation transformation.....	740
H.10.3	Elliptic curve cryptography manual certificate processing transformation	740
Annex I (informative)	Definition templates	742
I.1	Object type template	742
I.2	Standard object attributes template.....	742
I.3	Standard object methods	743
I.4	Standard object alert reporting template	744
I.5	Data structure definition.....	745
Annex J (informative)	Operations on attributes.....	747
J.1	Operations on attributes.....	747
J.1.1	General	747
J.1.2	Attribute classification.....	747
J.1.3	Retrieving, setting, and resetting attributes.....	747
J.1.4	Retrieving and setting structured attributes.....	748
J.1.5	Resetting structured attribute values.....	750
J.1.6	Deleting structured attribute values	750
J.2	Synchronized cutover	751
Annex K (normative)	Standard object types	752
Annex L (informative)	Standard data types	757
Annex M (normative)	Identification of tunneled legacy fieldbus protocols	759
Annex N (informative)	Tunneling and native object mapping	760
N.1	Overview	760
N.2	Tunneling.....	760

N.3	Foreign protocol application communication.....	760
N.4	Native object mapping	761
N.5	Tunneling and native object mapping tradeoffs	761
Annex O (informative) Generic protocol translation		762
O.1	Overview	762
O.2	Publish	762
O.3	Subscribe	763
O.4	Client.....	764
O.5	Server.....	765
Annex P (informative) Exemplary GIAP adaptations for this standard.....		766
P.1	General.....	766
P.2	Parameters	766
P.3	Session.....	766
P.4	Lease	766
P.5	Device list report.....	767
P.6	Topology report	767
P.7	Schedule report	767
P.8	Device health report.....	767
P.9	Neighbor health report	767
P.10	Network health report.....	767
P.11	Time	767
P.12	Client/server	767
P.12.1	General	767
P.12.2	Native access	767
P.12.3	Foreign access	768
P.13	Publish/subscribe.....	768
P.13.1	General	768
P.13.2	Native access	768
P.13.3	Foreign access	769
P.14	Bulk transfer	769
P.15	Alert.....	769
P.16	Gateway configuration	770
P.17	Device configuration	770
Annex Q (informative) Exemplary GIAP adaptations for IEC 62591		771
Q.1	General.....	771
Q.1.1	Overview	771
Q.1.2	Reference.....	771
Q.1.3	Addressing	771
Q.1.4	Stack interface	771
Q.1.5	Tunneling	772
Q.1.6	Entities	772
Q.1.7	Delayed response.....	772
Q.2	Parameters	772
Q.3	Session.....	772
Q.4	Lease	773
Q.5	Device list report.....	773
Q.6	Topology report	773
Q.7	Schedule report	774
Q.8	Device health report.....	774

Q.9	Neighbor health report	775
Q.10	Network health report.....	775
Q.11	Time	776
Q.12	Client/server	776
Q.13	Publish/subscribe.....	777
Q.13.1	General	777
Q.13.2	Lease establishment.....	777
Q.13.3	Buffering.....	778
Q.14	Bulk transfer	778
Q.15	Alert.....	778
Q.16	Gateway configuration	779
Q.17	Device configuration	779
Annex R (informative)	Host system interface to standard-compliant devices via a gateway.....	780
R.1	Background	780
R.1.1	Host system integration reference model	780
R.1.2	Asset management tools	780
R.1.3	Configuration tools	780
R.1.4	Distributed control system	781
R.1.5	Gateway	781
R.2	Device application data integration with host systems	781
R.2.1	General	781
R.2.2	Native protocol integration via mapping	781
R.2.3	Legacy device protocol integration via tunneling	781
R.3	Host system configuration tool	781
R.3.1	General	781
R.3.2	Host configuration using electronic device description language	781
R.3.3	Host configuration using field device tool/device type manager.....	782
R.4	Field device/distributed control systems integration	783
R.4.1	General	783
R.4.2	Foundation Fieldbus High Speed Ethernet.....	783
R.4.3	Modbus	783
R.4.4	Open connectivity for industrial automation	783
R.5	Gateway	784
R.5.1	General	784
R.5.2	Devices supported.....	784
R.5.3	Data subscription.....	784
R.5.4	Data publication.....	784
R.5.5	Client/server access	784
R.5.6	Alerts reception	784
R.6	Asset management application support.....	784
R.6.1	General	784
R.6.2	Field device tool / device type manager	785
R.6.3	HART	785
R.6.4	OPC	785
Annex S (informative)	Symmetric-key operation test vectors	786
S.1	DPDU samples	786
S.1.1	General	786
S.1.2	DPDU with expected DMIC32	786

S.1.3	DPDU with expected ENC-DMIC32	786
S.2	TPDU samples	787
S.2.1	General	787
S.2.2	TPDU with expected ENC-TMIC-32:	787
S.2.3	TPDU with expected TMIC-32:.....	787
Annex T (informative)	Data-link and network headers for join requests	789
T.1	Overview	789
T.2	MAC header (MHR)	789
T.3	DL header (DHR)	789
T.4	NL header.....	790
Annex U (informative)	Gateway role.....	791
U.1	General.....	791
U.1.1	Overview	791
U.1.2	Notional gateway protocol suite diagrams for native devices and adapters	792
U.1.3	Gateway scenarios	792
U.1.4	Basic gateway model.....	794
U.2	Notional GIAP	795
U.2.1	Summary of interfaces and primitives	795
U.2.2	Sequence of primitives	798
U.2.3	Detailed description of parameters	803
U.2.4	Detailed description of interfaces.....	805
U.3	Example uses of WISN standard services and objects	839
U.3.1	Tunneling	839
U.3.2	Bulk transfer	852
U.3.3	Alerts.....	853
U.3.4	Native publish/subscribe and client/server access	855
U.3.5	Time management.....	856
U.3.6	Security	857
U.3.7	Configuration.....	857
U.3.8	Provisioning and joining.....	858
Annex V (informative)	Compliance with ETSI EN 300 328 v1.8.1	859
Bibliography.....		863
Figure 1 – Standard-compliant network		76
Figure 2 – Typical single-layer PDU without fragmenting or blocking.....		77
Figure 3 – Full multi-layer PDU structure used by this standard		77
Figure 4 – Physical devices versus roles		90
Figure 5 – Notional representation of device phases		94
Figure 6 – Simple star topology		96
Figure 7 – Simple hub-and-spoke topology		97
Figure 8 – Mesh topology.....		98
Figure 9 – Simple star-mesh topology.....		99
Figure 10 – Example where network and D-subnet overlap		100
Figure 11 – Example where network and D-subnet differ.....		101
Figure 12 – Network with multiple gateways.....		102
Figure 13 – Basic network with backup gateway		103

Figure 14 – Network with backbone	104
Figure 15 – Network with backbone – Device roles	105
Figure 16 – Reference model used by this standard.....	106
Figure 17 – Basic data flow.....	107
Figure 18 – Data flow between I/O devices	108
Figure 19 – Data flow with legacy I/O device.....	109
Figure 20 – Data flow with backbone-resident device.....	110
Figure 21 – Data flow between I/O devices via backbone subnet	111
Figure 22 – Data flow to standard-aware control system	112
Figure 23 – Management architecture	115
Figure 24 – DMAP	118
Figure 25 – Example of management SAP flow through standard protocol suite.....	120
Figure 26 – System manager architecture concept.....	141
Figure 27 – UAP-system manager interaction during contract establishment.....	163
Figure 28 – Contract-related interaction between DMO and SCO	166
Figure 29 – Contract source, destination, and intermediate devices	179
Figure 30 – Contract establishment example.....	188
Figure 31 – Contract ID usage in source	189
Figure 32 – Contract termination.....	193
Figure 33 – Contract modification with immediate effect.....	195
Figure 34 – Examples of DPDU and TPDU scope	197
Figure 35 – Keys and associated lifetimes	199
Figure 36 – Key lifetimes	201
Figure 37 – DPDU structure	204
Figure 38 – DLE and DLS processing for a D-transaction initiator	205
Figure 39 – Received DPDU – DLE and DSC	207
Figure 40 – TPDU structure and protected coverage.....	219
Figure 41 – TMIC parameters	220
Figure 42 – TL and TSC interaction, outgoing TPDU.....	221
Figure 43 – TL and TSC interaction, incoming TPDU	222
Figure 44 – Example: Overview of the symmetric-key joining process	239
Figure 45 – Example: Overview of the symmetric-key joining process of a backbone device.....	240
Figure 46 – Asymmetric-key-authenticated key agreement scheme.....	250
Figure 47 – Example: Overview of the asymmetric-key joining process for a device with a DL.....	253
Figure 48 – Example: Overview of the asymmetric-key joining process of a backbone device.....	254
Figure 49 – Device state transitions for joining process and device lifetime	266
Figure 50 – High-level example of session establishment	267
Figure 51 – Key update protocol overview.....	272
Figure 52 – Device key establishment and key update state transition	278
Figure 53 – DL protocol suite and PhPDU/DPDU structure.....	298
Figure 54 – Graph routing example	301

Figure 55 – Inbound and outbound graphs	303
Figure 56 – Slotted-channel-hopping	307
Figure 57 – Slow-channel-hopping	308
Figure 58 – Hybrid operation.....	308
Figure 59 – Radio spectrum usage	309
Figure 60 – Predefined channel-hopping-pattern1	311
Figure 61 – Two groups of DLEs with different channel-hopping-pattern-offsets.....	312
Figure 62 – Interleaved channel-hopping-pattern1 with sixteen different channel-hopping-pattern-offsets	313
Figure 63 – Example timeslot allocation for slotted-channel-hopping.....	314
Figure 64 – Example timeslot allocation for slow-channel-hopping	315
Figure 65 – Hybrid mode with slotted-channel-hopping and slow-channel-hopping.....	316
Figure 66 – Combining slow-channel-hopping and slotted-channel-hopping	316
Figure 67 – Example of a three-timeslot superframe and how it repeats.....	317
Figure 68 – Superframes and links.....	317
Figure 69 – Multiple superframes with aligned timeslots.....	318
Figure 70 – Example superframe for slotted-channel-hopping	322
Figure 71 – Example superframe for slow-channel-hopping	323
Figure 72 – Components of a slow-channel-hopping superframe.....	323
Figure 73 – Example configuration for avoiding collisions among routers	324
Figure 74 – Hybrid configuration	325
Figure 75 – Timeslot allocation and message queue	327
Figure 76 – 250 ms alignment intervals.....	330
Figure 77 – Timeslot durations and timing.....	331
Figure 78 – Clock source acknowledges receipt of a Data DPDU	336
Figure 79 – Transaction timing attributes	338
Figure 80 – Dedicated and shared transaction timeslots	339
Figure 81 – Unicast transaction	340
Figure 82 – PDU wait time (PWT)	343
Figure 83 – Duocast support in the standard.....	344
Figure 84 – Duocast transaction	345
Figure 85 – Shared timeslots with active CSMA/CA	346
Figure 86 – Transaction during slow-channel-hopping periods	347
Figure 87 – DL management SAP flow through standard protocol suite.....	350
Figure 88 – PhPDU and DPDU structure.....	369
Figure 89 – Typical ACK/NAK DPDU layout	378
Figure 90 – Relationship among DLMO indexed attributes	416
Figure 91 – Address translation process	453
Figure 92 – Fragmentation process.....	455
Figure 93 – Reassembly process	456
Figure 94 – Processing of an NSDU received from a TLE	458
Figure 95 – Processing of a received NPDU	459
Figure 96 – Processing of a NPDU received by a NLE from the backbone	461

Figure 97 – Delivery of a received NPDU at its final destination NLE	462
Figure 98 – Routing from a field device direct to a field-connected gateway without backbone routing	463
Figure 99 – Protocol suite diagram for routing from a field device direct to a field-connected gateway without backbone routing	464
Figure 100 – Routing an NPDU from a field device to a gateway via a backbone router	465
Figure 101 – Protocol suite diagram for routing an APDU from a field device to a gateway via a backbone router	466
Figure 102 – Routing from a field device on one D-subnet to another field device on a different D-subnet	467
Figure 103 – Protocol suite diagram for routing from an I/O device on one D-subnet to another I/O device on a different D-subnet.....	468
Figure 104 – Example of routing over an Ethernet backbone network	469
Figure 105 – Example of routing over a fieldbus backbone network	470
Figure 106 – Distinguishing between NPDU header formats	482
Figure 107 – TLE reference model.....	490
Figure 108 – UDP pseudo-header for IPv6.....	492
Figure 109 – TPDU structure	496
Figure 110 – User application objects in a UAP	510
Figure 111 – Alarm state model	516
Figure 112 – Event model	517
Figure 113 – A successful example of multiple outstanding requests, with response concatenation	521
Figure 114 – An example of multiple outstanding unordered requests, with second write request initially unsuccessful	523
Figure 115 – An example of multiple outstanding ordered requests, with second write request initially unsuccessful	524
Figure 116 – Send window example 1, with current send window smaller than maximum send window	526
Figure 117 – Send window example 2, with current send window the same size as maximum send window, and non-zero usable send window width	526
Figure 118 – Send window example 3, with current send window the same size as maximum send window, and usable send window width of zero	527
Figure 119 – General addressing model.....	529
Figure 120 – UAP management object state diagram.....	536
Figure 121 – Alert report reception state diagram	538
Figure 122 – Alert-reporting example	538
Figure 123 – UploadDownload object download state diagram	555
Figure 124 – UploadDownload object upload state diagram	555
Figure 125 – Publish sequence of service primitives	576
Figure 126 – Client/server model two-part interactions.....	581
Figure 127 – Client/server model four-part interactions: Successful delivery	581
Figure 128 – Client/server model four-part interactions: Request delivery failure	582
Figure 129 – Client/server model four-part interactions: Response delivery failure.....	582
Figure 130 – AlertReport and AlertAcknowledge, delivery success.....	597
Figure 131 – AlertReport, delivery failure.....	597

Figure 132 – AlertReport, acknowledgment failure	598
Figure 133 – Concatenated response for multiple outstanding write requests (no message loss)	605
Figure 134 – Management and handling of malformed APDUs received from device X	611
Figure 135 – The provisioning network.....	673
Figure 136 – State transition diagrams outlining provisioning steps during a device lifecycle	675
Figure 137 – State transition diagram showing various paths to joining a secured network.....	678
Figure 138 – Provisioning objects and interactions	680
Figure C.1 – OSI Basic Reference Model.....	716
Figure O.1 – Generic protocol translation publish diagram	762
Figure O.2 – Generic protocol translation subscribe diagram	763
Figure O.3 – Generic protocol translation client/server transmission diagram.....	764
Figure O.4 – Generic protocol translation client/server reception diagram.....	765
Figure R.1 – Host integration reference model	780
Figure R.2 – Configuration using an electronic device definition.....	782
Figure R.3 – Configuration using FDT/DTM approach	783
Figure U.1 – Gateway scenarios	793
Figure U.2 – Basic gateway model.....	794
Figure U.3 – Internal sequence of primitives for session interface.....	798
Figure U.4 – Internal sequence of primitives for lease management interface	798
Figure U.5 – Internal sequence of primitives for system report interfaces.....	799
Figure U.6 – Internal sequence of primitives for time interface	799
Figure U.7 – Internal sequence of primitives for client/server interface initiated from gateway to an adapter device	800
Figure U.8 – Internal sequence of primitives for publish interface initiated from gateway to an adapter device	800
Figure U.9 – Internal sequence of primitives for subscribe interface initiated from an adapter device	801
Figure U.10 – Internal sequence of primitives for publisher timer initiated from gateway to an adapter device	801
Figure U.11 – Internal sequence of primitives for subscriber timers initiated from an adapter device	801
Figure U.12 – Internal sequence of primitives for the bulk transfer interface	802
Figure U.13 – Internal sequence of primitives for the alert subscription interface	802
Figure U.14 – Internal sequence of primitives for the alert notification interface	803
Figure U.15 – Internal sequence of primitives for gateway management interfaces	803
Figure U.16 – Tunnel object model	839
Figure U.17 – Distributed tunnel endpoints	840
Figure U.18 – Multicast, broadcast, and one-to-many messaging.....	841
Figure U.19 – Tunnel object buffering	842
Figure U.20 – Publish/subscribe publisher CoSt flowchart.....	845
Figure U.21 – Publish/subscribe publisher periodic flowchart.....	845
Figure U.22 – Publish/subscribe subscriber common periodic and CoSt flowchart.....	846
Figure U.23 – Network address mappings.....	847

Figure U.24 – Connection_Info usage in protocol translation.....	848
Figure U.25 – Transaction_Info usage in protocol translation.....	849
Figure U.26 – Interworkable tunneling mechanism overview diagram.....	850
Figure U.27 – Bulk transfer model.....	853
Figure U.28 – Alert model.....	854
Figure U.29 – Alert cascading.....	855
Figure U.30 – Native publish/subscribe and client/server access.....	856
Table 1 – Standard management object types in DMAP.....	118
Table 2 – Metadata_attribute data structure.....	121
Table 3 – Alert types for communication diagnostic category.....	123
Table 4 – Alert types for security alert category.....	123
Table 5 – Alert types for device diagnostic alert category.....	123
Table 6 – Alert types for process alert category.....	123
Table 7 – ARMO attributes (1 of 3).....	125
Table 8 – ARMO alerts.....	128
Table 9 – Alarm_Recovery method.....	129
Table 10 – DMO attributes (1 of 8).....	131
Table 11 – DMO alerts.....	139
Table 12 – System management object types.....	142
Table 13 – DSO attributes.....	144
Table 14 – Address_Translation_Row data structure.....	145
Table 15 – Read_Address_Row method.....	145
Table 16 – Input argument usage for Read_Address_Row method.....	147
Table 17 – Output argument usage for Read_Address_Row method.....	147
Table 18 – Attributes of SMO in system manager.....	149
Table 19 – Proxy_System_Manager_Join method.....	151
Table 20 – Proxy_System_Manager_Contract method.....	153
Table 21 – Effect of different join commands on attribute sets.....	155
Table 22 – Attributes of DMSO in the system manager.....	155
Table 23 – System_Manager_Join method.....	156
Table 24 – System_Manager_Contract method.....	158
Table 25 – Attributes of STSO in the system manager.....	162
Table 26 – Attributes of SCO in the system manager.....	165
Table 27 – SCO method for contract establishment, modification, or renewal (1 of 8).....	169
Table 28 – Input argument usage for SCO method for contract establishment, modification, or renewal.....	177
Table 29 – Output argument usage for SCO method for contract establishment, modification, or renewal.....	178
Table 30 – Contract_Data data structure (1 of 3).....	181
Table 31 – New_Device_Contract_Response data structure (1 of 2).....	185
Table 32 – SCO method for contract termination, deactivation and reactivation.....	191
Table 33 – DMO method to notify of contract termination.....	192
Table 34 – DMO method to notify of contract modification.....	194

Table 35 – Security levels.....	202
Table 36 – Structure of the security control field	202
Table 37 – Sec.DpduPrep.Request elements	208
Table 38 – Sec.DpduPrep.Response elements	209
Table 39 – Sec.DAckCheck.Request elements.....	209
Table 40 – Sec.DAckCheck.Response elements	210
Table 41 – Sec.DInitialCheck.Request elements	211
Table 42 – Sec.DInitialCheck.Response elements	212
Table 43 – Sec.DAckPrep.Request elements	213
Table 44 – Sec.DAckPrep.Response elements	214
Table 45 – Structure of the WISN DPDU nonce	215
Table 46 – Structure of the 32-bit truncated TAI time used in the D-nonce	215
Table 47 – TSC pseudo-header structure.....	220
Table 48 – Sec.TpduOutCheck.Request elements	223
Table 49 – Sec.TpduOutCheck.Response elements.....	223
Table 50 – Sec.TpduSecure.Request elements.....	224
Table 51 – Sec. TpduSecure.Response elements	225
Table 52 – Sec.TpduInCheck.Request elements	226
Table 53 – Sec.TpduInCheck.Response elements	227
Table 54 – Sec.TpduVerify.Request elements.....	228
Table 55 – Sec.TpduVerify.Response elements	229
Table 56 – Structure of TL security header	229
Table 57 – Structure of the TPDU nonce.....	230
Table 58 – Structure of 32-bit truncated nominal TAI time used in the T-nonce	230
Table 59 – Proxy_Security_Sym_Join method	242
Table 60 – Security_Sym_Join method	243
Table 61 – Security_Confirm method	243
Table 62 – Security_Sym_Join_Request data structure.....	244
Table 63 – Security_Sym_Join_Response data structure	245
Table 64 – Structure of compressed security level field.....	246
Table 65 – Master key security level	247
Table 66 – Security_Sym_Confirm data structure.....	247
Table 67 – Implicit certificate format	249
Table 68 – Usage_serial_number structure	249
Table 69 – Proxy_Security_Pub_Join method	256
Table 70 – Security_Pub_Join method	257
Table 71 – Proxy_Security_Pub_Confirm method	258
Table 72 – Security_Pub_Confirm method	258
Table 73 – Network_Information_Confirmation method	259
Table 74 – Format of asymmetric join request internal structure	260
Table 75 – Format of the protocol control field	260
Table 76 – Format of asymmetric join response internal structure.....	261
Table 77 – Format of first join confirmation internal structure	262

Table 78 – Format of join confirmation response internal structure.....	263
Table 79 – Joining process and device lifetime state machine	265
Table 80 – Security_New_Session method	268
Table 81 – Security_New_Session_Request data structure.....	269
Table 82 – Security_New_Session_Response data structure	270
Table 83 – New_Key method	273
Table 84 – Security_Key_and_Policies data structure	274
Table 85 – Security_Key_Update_Status data structure.....	276
Table 86 – T-key and D-key state transition	277
Table 87 – Attributes of PSMO in the system manager	278
Table 88 – Structure of policy field.....	281
Table 89 – Key_Type	281
Table 90 – Key_Usage.....	282
Table 91 – Granularity	282
Table 92 – DSMO attributes.....	287
Table 93 – KeyDescriptor.....	289
Table 94 – T-keyLookupData OctetString fields	290
Table 95 – Delete key method	291
Table 96 – Key_Policy_Update method.....	292
Table 97 – DSMO alerts.....	294
Table 98 – Timing requirements.....	295
Table 99 – Graph table on ND20.....	301
Table 100 – Graph table on ND21.....	301
Table 101 – Approximating nominal timing with 32 KiHz clock	332
Table 102 – DL_Config_Info structure.....	358
Table 103 – CountryCode	364
Table 104 – DD-DATA.request parameters	367
Table 105 – DD-DATA.confirm parameters.....	368
Table 106 – Value set for status parameter.....	368
Table 107 – DD-DATA.indication parameters	368
Table 108 – ExtDLUInt, one-octet variant.....	371
Table 109 – ExtDLUInt, two-octet variant	371
Table 110 – Data DPDU MHR.....	372
Table 111 – Data DPDU DHDR.....	374
Table 112 – Data DPDU DMXHR	374
Table 113 – DROUT structure, compressed variant	375
Table 114 – DROUT structure, uncompressed variant.....	376
Table 115 – DADDR structure.....	377
Table 116 – ACK/NAK DPDU MHR	378
Table 117 – ACK/NAK DPDU DHR	379
Table 118 – ACK/NAK DPDU DHDR	380
Table 119 – Advertisement DAUX structure	381
Table 120 – Advertisement selections elements.....	382

Table 121 – Advertisement selections.....	383
Table 122 – Advertisement time synchronization elements	383
Table 123 – Advertisement time synchronization structure	383
Table 124 – Join superframe information subfields	385
Table 125 – Join superframe information structure.....	385
Table 126 – Superframe derived from advertisement	386
Table 127 – Join information elements.....	387
Table 128 – Join information structure	387
Table 129 – Defaults for links created from advertisements	388
Table 130 – dlmo.Neighbor entry created from advertisements	389
Table 131 – dlmo.Graph entry created from advertisements.....	389
Table 132 – dlmo.Route entry created from advertisements	390
Table 133 – Solicitation header subfields.....	392
Table 134 – Solicitation header structure	393
Table 135 – Solicitation DAUX fields.....	393
Table 136 – Solicitation DAUX structure	393
Table 137 – Activate link DAUX fields	395
Table 138 – Activate link DAUX structure.....	395
Table 139 – Report received signal quality DAUX fields	395
Table 140 – Report received signal quality DAUX structure	396
Table 141 – DLMO attributes (1 of 7).....	396
Table 142 – D-subnet filter octets	406
Table 143 – dlmo.TaiAdjust OctetString fields.....	406
Table 144 – dlmo.TaiAdjust OctetString structure	407
Table 145 – dlmo.EnergyDesign OctetString fields.....	407
Table 146 – dlmo.EnergyDesign OctetString structure	407
Table 147 – dlmo.DeviceCapability OctetString fields	408
Table 148 – dlmo.DeviceCapability OctetString structure	408
Table 149 – dlmo.DiscoveryAlert fields	410
Table 150 – dlmo.DiscoveryAlert structure	410
Table 151 – dlmo.Candidates OctetString fields.....	411
Table 152 – dlmo.Candidates structure.....	412
Table 153 – dlmo.SmoothFactors OctetString fields.....	413
Table 154 – dlmo.SmoothFactors structure	413
Table 155 – dlmo.QueuePriority fields	414
Table 156 – dlmo.QueuePriority structure	414
Table 157 – dlmo.ChannelDiag fields.....	415
Table 158 – dlmo.ChannelDiag structure	416
Table 159 – dlmo.Ch fields	418
Table 160 – dlmo.Ch structure	418
Table 161 – Transaction receiver template fields	421
Table 162 – Transaction receiver template structure.....	421
Table 163 – Transaction initiator template fields	422

Table 164 – Transaction initiator template structure	422
Table 165 – Default transaction responder template, used during joining process	423
Table 166 – Default transaction initiator template, used during joining process	423
Table 167 – Default transaction responder template, used during joining process	424
Table 168 – dlmo.Neighbor fields	426
Table 169 – dlmo.Neighbor structure	427
Table 170 – ExtendGraph fields	428
Table 171 – ExtGraph structure	428
Table 172 – dlmo.NeighborDiagReset fields	429
Table 173 – dlmo.NeighborDiagReset structure	429
Table 174 – dlmo.Superframe fields	430
Table 175 – dlmo.Superframe structure	431
Table 176 – dlmo.Superframeldle fields	435
Table 177 – dlmo.Superframeldle structure	435
Table 178 – dlmo.Graph	436
Table 179 – dlmo.Graph structure	436
Table 180 – dlmo.Link fields	437
Table 181 – dlmo.Link structure	438
Table 182 – dlmo.Link[].Type structure	439
Table 183 – Allowed dlmo.Link[].Type combinations	440
Table 184 – Values for dlmo.Link[].Schedule	441
Table 185 – dlmo.Route fields	441
Table 186 – dlmo.Route structure	442
Table 187 – dlmo.NeighborDiag fields	443
Table 188 – Diagnostic summary OctetString fields	443
Table 189 – Diagnostic summary OctetString structure	444
Table 190 – Diagnostic ClockDetail OctetString fields	444
Table 191 – Diagnostic ClockDetail OctetString structure	445
Table 192 – Read_Row method	446
Table 193 – Write_Row method	446
Table 194 – Write_Row_Now method	447
Table 195 – dlmo.AlertPolicy fields	448
Table 196 – dlmo.AlertPolicy OctetString structure	448
Table 197 – DL_Connectivity alert	449
Table 198 – DL_Connectivity alert OctetString	449
Table 199 – NeighborDiscovery alert	450
Table 200 – Link-local address structure	451
Table 201 – Address translation table (ATT)	452
Table 202 – Example of a routing table	457
Table 203 – N-DATA.request elements	471
Table 204 – N-DATA.confirm elements	472
Table 205 – N-DATA.indication elements	473
Table 206 – NLMO attributes (1 of 3)	474

Table 207 – Contract table structure	477
Table 208 – Route table elements.....	478
Table 209 – Address translation table structure	478
Table 210 – NLMO structured MIB manipulation methods	480
Table 211 – Alert to indicate dropped PDU/PDU error.....	481
Table 212 – Common header patterns	483
Table 213 – Basic NL header format	483
Table 214 – Contract-enabled NL header format.....	485
Table 215 – 6LoWPAN_IPHC encoding format.....	485
Table 216 – IPv6 NL header format	486
Table 217 – Full NL header in the DL.....	487
Table 218 – NL header format for fragmented NPDU's	488
Table 219 – Format of first fragment header	488
Table 220 – Format of second and subsequent fragment headers.....	489
Table 221 – UDP header encoding	493
Table 222 – UDP 6LoWPAN_NHC-for-UDP encoding octet.....	497
Table 223 – Optimal UDP header encoding.....	497
Table 224 – UDP header encoding with checksum and compressed port numbers.....	498
Table 225 – T-DATA.request elements.....	499
Table 226 – T-DATA.confirm elements	500
Table 227 – T-DATA.confirm status codes	500
Table 228 – T-DATA.indication elements	501
Table 229 – TLMO attributes (1 of 2)	502
Table 230 – TL management object methods – Reset.....	504
Table 231 – TL management object methods – Halt.....	504
Table 232 – TL management object methods – PortRangeInfo.....	505
Table 233 – TL management object methods – GetPortInfo	505
Table 234 – TL management object methods – GetNextPortInfo	506
Table 235 – TL management object alert types – Illegal use of port.....	506
Table 236 – TL management object alert types – TPDU received on unregistered port	507
Table 237 – TL management object alert types – TPDU does not match security policies	507
Table 238 – State table for alarm transitions	515
Table 239 – State table for event transitions	516
Table 240 – UAP management object attributes (1 of 2)	534
Table 241 – State table for UAP management object	536
Table 242 – UAP management object methods	536
Table 243 – Alert-receiving object attributes	537
Table 244 – State table for handling an AlertReport reception.....	538
Table 245 – AlertReceiving object methods	539
Table 246 – UploadDownload object attributes (1 of 4).....	540
Table 247 – UploadDownload object methods.....	545
Table 248 – UploadDownload object StartDownload method.....	546

Table 249 – UploadDownload object DownloadData method	547
Table 250 – UploadDownload object EndDownload method	549
Table 251 – UploadDownload object StartUpload method	550
Table 252 – UploadDownload object UploadData method	551
Table 253 – UploadDownload object EndUpload method	552
Table 254 – Download state table for unicast operation mode (1 of 2)	553
Table 255 – Upload state table for unicast operation mode (1 of 2).....	556
Table 256 – Concentrator object attributes (1 of 2)	558
Table 257 – Concentrator object methods	559
Table 258 – Dispersion object attributes (1 of 2).....	560
Table 259 – Dispersion object methods	561
Table 260 – Tunnel object attributes (1 of 3).....	562
Table 261 – Tunnel object methods	564
Table 262 – Interface object attributes	565
Table 263 – Interface object methods	565
Table 264 – Data type: ObjectAttributeIndexAndSize	567
Table 265 – Data type: Communication association endpoint (1 of 2).....	568
Table 266 – Data type: Communication contract data	570
Table 267 – Data type: Alert communication endpoint.....	571
Table 268 – Data type: Tunnel endpoint.....	571
Table 269 – Data type: Alert report descriptor.....	572
Table 270 – Data type: Process control alarm report descriptor for analog with single reference condition	572
Table 271 – Data type: ObjectIDandType.....	573
Table 272 – Data type: UnscheduledCorrespondent.....	573
Table 273 – AL services	574
Table 274 – Publish service	578
Table 275 – Read service	584
Table 276 – Write service	589
Table 277 – Execute service	593
Table 278 – AlertReport service.....	599
Table 279 – AlertAcknowledge service.....	602
Table 280 – Tunnel service.....	606
Table 281 – Application flow characteristics.....	609
Table 282 – AL service primitive to TL service primitive mapping.....	610
Table 283 – ASLMO attributes (1 of 2).....	612
Table 284 – Application sublayer management object methods.....	613
Table 285 – Reset method	614
Table 286 – ASLMO alerts	615
Table 287 – Analog input object attributes	618
Table 288 – Analog input object methods.....	619
Table 289 – Analog input alerts	620
Table 290 – Analog output attributes (1 of 2)	621

Table 291 – Analog output object methods	622
Table 292 – Analog output alerts	623
Table 293 – Binary input object attributes	624
Table 294 – Binary input object methods	625
Table 295 – Binary input alerts	625
Table 296 – Binary output attributes	626
Table 297 – Binary output object methods	627
Table 298 – Binary output alerts	627
Table 299 – Status octet	629
Table 300 – Data type: Process control value and status for analog value	629
Table 301 – Data type: Process control value and status for binary value	630
Table 302 – Data type: Process control mode	630
Table 303 – Data type: Process control mode bitstring.....	630
Table 304 – Data type: Process control scaling.....	631
Table 305 – Process control standard objects.....	631
Table 306 – Services	632
Table 307 – Application messaging format.....	632
Table 308 – Concatenated APDUs in a single TSDU.....	633
Table 309 – Object addressing	633
Table 310 – Four-bit addressing mode APDU header construction.....	634
Table 311 – Eight-bit addressing mode APDU header construction	634
Table 312 – Sixteen-bit addressing mode APDU header construction	634
Table 313 – Inferred addressing use case example	635
Table 314 – Inferred addressing mode APDU header construction.....	635
Table 315 – Six-bit attribute identifier, not indexed	636
Table 316 – Six-bit attribute identifier, singly indexed, with 7-bit index.....	636
Table 317 – Six-bit attribute identifier, singly indexed, with 15-bit index.....	636
Table 318 – Six-bit attribute identifier, doubly indexed, with two 7-bit indices.....	637
Table 319 – Six-bit attribute identifier, doubly indexed, with two 15-bit indices.....	637
Table 320 – Six-bit attribute identifier, doubly indexed, with first index seven bits long and second index fifteen bits long.....	637
Table 321 – Six-bit attribute bit attribute identifier, doubly indexed, with first index fifteen bits long and second index seven bits long.....	637
Table 322 – Twelve-bit attribute identifier, not indexed	638
Table 323 – Twelve-bit attribute identifier, singly indexed with 7-bit index.....	638
Table 324 – Twelve-bit attribute identifier, singly indexed with 15-bit index.....	638
Table 325 – Twelve-bit attribute identifier, doubly indexed with two 7-bit indices.....	638
Table 326 – Twelve-bit attribute identifier, doubly indexed with two 15-bit indices.....	639
Table 327 – Twelve-bit attribute identifier, doubly indexed with first index 7 bits long and second index 15 bits long.....	639
Table 328 – Twelve-bit attribute identifier, doubly indexed with the first index 15 bits long and the second index 7 bits long	639
Table 329 – Twelve-bit attribute identifier, reserved form	639
Table 330 – Coding rules for read service request	640

Table 331 – Coding rules for read service response with 7-bit size field.....	640
Table 332 – Coding rules for read service response with 15-bit size field.....	640
Table 333 – Coding rules for write service request with 7-bit size field.....	641
Table 334 – Coding rules for write service request with 15-bit size field.....	641
Table 335 – Coding rules for write service response	641
Table 336 – Coding rules for execute service request with 7-bit size field	642
Table 337 – Coding rules for execute service request with 15-bit size field	642
Table 338 – Coding rules for execute service response with 7-bit size field	642
Table 339 – Coding rules for execute service response with 15-bit size field.....	643
Table 340 – Coding rules for tunnel service request with 7-bit size field.....	643
Table 341 – Coding rules for tunnel service request with 15-bit size field.....	643
Table 342 – Coding rules for tunnel service response with 7-bit size field	643
Table 343 – Coding rules for tunnel service response with 15-bit size field	644
Table 344 – Coding rules for AlertReport service with 7-bit associated-data size field.....	644
Table 345 – Coding rules for AlertReport service with 15-bit associated-data size field.....	644
Table 346 – Coding rules for AlertAcknowledge service	645
Table 347 – Coding rules for publish service for a native sequence of values	645
Table 348 – Coding rules for publish service – non-native (for tunnel support).....	645
Table 349 – Coding rules for concatenate service	645
Table 350 – General coding rule for size-invariant application data.....	646
Table 351 – General coding rule for size-varying application data of 0..255 octets.....	646
Table 352 – Coding rules for Unsigned8	648
Table 353 – Coding rules for Unsigned16	648
Table 354 – Coding rules for Unsigned32	649
Table 355 – Coding rules for Unsigned64	649
Table 356 – Coding rules for Unsigned128	650
Table 357 – Coding rules for single-precision float.....	651
Table 358 – Coding rules for double-precision float	651
Table 359 – Coding rules for VisibleString	652
Table 360 – Coding rules for OctetString	652
Table 361 – Coding rules for BitString	653
Table 362 – Coding rules for TAINetworkTime, and for TAITimeDifference when interpreted as a modulo difference	654
Table 363 – Coding rules for TAITimeRounded.....	654
Table 364 – Coding example: Read request for a non-indexed attribute.....	668
Table 365 – Coding example: Read response for a non-indexed attribute	668
Table 366 – Coding example: Tunnel service request	668
Table 367 – Factory default settings	676
Table 368 – Device provisioning object (1 of 6).....	682
Table 369 – Reset_To_Default method	687
Table 370 – Write symmetric join key method	688
Table 371 – Device provisioning service object (1 of 4).....	689
Table 372 – DPSOWhiteListTbl data structure (1 of 2).....	693

Table 373 – Array manipulation table	695
Table 374 – DPSO alert to indicate join by a device not on the WhiteList	695
Table 375 – DPSO alert to indicate inadequate device join capability	696
Table B.1 – Protocol layer device roles	703
Table B.2 – Over-the-air upgrades	703
Table B.3 – Session support profiles	704
Table B.4 – Baseline profiles	705
Table B.5 – PhL roles	705
Table B.6 – DL required for listed roles	706
Table B.7 – Role profiles: General DLMO attributes	707
Table B.8 – Role profiles: dlmo.Device_Capability	707
Table B.9 – Role profiles: dlmo.Ch (channel-hopping)	708
Table B.10 – Role profiles: dlmo.TsTemplate	708
Table B.11 – Role profiles: dlmo.Neighbor	708
Table B.12 – Role profiles: dlmo.NeighborDiag	709
Table B.13 – Role profiles: dlmo.Superframe	709
Table B.14 – Role profiles: dlmo.Graph	709
Table B.15 – Role profiles: dlmo.Link	710
Table B.16 – Role profiles: dlmo.Route	710
Table B.17 – Role profiles: dlmo.Queue_Priority	710
Table B.18 – Routing table size	711
Table B.19 – Address table size	711
Table B.20 – Port support size	711
Table B.21 – APs	711
Table B.22 – Role profiles: I/O, routers, gateways, and backbone routers	712
Table B.23 – Role profile: Gateway	712
Table B.24 – Role profile: Gateway native access	712
Table B.25 – Role profile: Gateway interworkable tunnel mechanism	713
Table C.1 – Usage classes	715
Table D.1 – System management configuration defaults	720
Table D.2 – Security configuration defaults	721
Table D.3 – DLE configuration defaults	722
Table D.4 – NLE configuration defaults	723
Table D.5 – TLE configuration defaults	723
Table D.6 – ALE configuration defaults	724
Table D.7 – Provisioning configuration defaults	726
Table D.8 – Gateway configuration defaults	726
Table I.1 – Table of standard object types	742
Table I.2 – Template for standard object attributes	743
Table I.3 – Template for standard object methods	744
Table I.4 – Template for standard object alert reporting	745
Table I.5 – Template for data structures	746
Table J.1 – Scheduled_Write method template	748

Table J.2 – Read_Row method template	749
Table J.3 – Write_Row method template	749
Table J.4 – Reset_Row method template	750
Table J.5 – Delete_Row method template	751
Table K.1 – Standard object types	753
Table K.2 – Standard object instances	755
Table L.1 – Standard data types	757
Table M.1 – Identification of tunneled legacy fieldbus protocols	759
Table T.1 – Sample MHR for join request.....	789
Table T.2 – Sample DHR for join request.....	790
Table T.3 – Network header for join messages	790
Table U.1 – Summary of notional gateway high-side interface examples.....	796
Table U.2 – Primitive G_Session parameter usage	805
Table U.3 – GS_Status for G_Session confirm.....	807
Table U.4 – Primitive G_Lease parameter usage	808
Table U.5 – GS_Lease_Type for G_Lease request	809
Table U.6 – GS_Status for G_Lease confirm.....	810
Table U.7 – Primitive G_Device_List_Report parameter usage	811
Table U.8 – GS_Status for G_Device_List_Report confirm.....	812
Table U.9 – Primitive G_Topology_Report parameter usage	812
Table U.10 – Primitive G_Schedule_Report parameter usage	814
Table U.11 – Primitive G_Device_Health_Report parameter usage	816
Table U.12 – Primitive G_Neighbor_Health_Report parameter usage	817
Table U.13 – Primitive G_Network_Health_Report parameter usage.....	819
Table U.14 – Primitive G_Time parameter usage	821
Table U.15 – GS_Status for G_Time confirm	821
Table U.16 – Primitive G_Client_Server parameter usage.....	822
Table U.17 – GS_Status for G_Client_Server confirm	823
Table U.18 – Primitive G_Publish parameter usage	825
Table U.19 – GS_Status for G_Publish confirm.....	826
Table U.20 – Primitive G_Subscribe parameter usage	826
Table U.21 – GS_Status for G_Subscribe confirm.....	827
Table U.22 – Primitive G_Publish_Timer parameter usage.....	827
Table U.23 – Primitive G_Subscribe_Timer parameter usage.....	827
Table U.24 – Primitive G_Publish_Watchdog parameter usage	828
Table U.25 – Primitive G_Bulk_Open parameter usage.....	829
Table U.26 – GS_Status for G_Bulk_Open confirm	830
Table U.27 – Primitive G_Bulk_Transfer parameter usage	830
Table U.28 – GS_Status for G_Bulk_Transfer confirm	830
Table U.29 – Primitive G_Bulk_Close parameter usage	831
Table U.30 – Primitive G_Alert_Subscription parameter usage	832
Table U.31 – GS_Status for G_Alert_Subscription confirm.....	833
Table U.32 – Primitive G_Alert_Notification parameter usage	833

Table U.33 – Primitive G_Read_Gateway_Configuration parameter usage	834
Table U.34 – GS_Attribute_Identifier values for G_Read_Gateway_Configuration request	835
Table U.35 – Primitive G_Write_Gateway_Configuration parameter usage	835
Table U.36 – GS_Attribute_Identifier values for G_Write_Gateway_Configuration request	836
Table U.37 – GS_Status for G_Write_Gateway_Configuration confirm	836
Table U.38 – Primitive G_Write_Device_Configuration parameter usage	837
Table U.39 – GS_Status for G_Write_Device_Configuration confirm	838
Table U.40 – Primitive G_Read_Device_Configuration parameter usage	838
Table U.41 – Example of gateway configuration management attributes	858

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INDUSTRIAL NETWORKS – WIRELESS COMMUNICATION NETWORK AND COMMUNICATION PROFILES – ISA 100.11A

FOREWORD

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

International Standard IEC 62734 has been prepared by subcommittee 65C: Industrial networks, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement, control and automation.

This International Standard is based on ISA 100.11a:2011.

The reader's attention is drawn to the fact that Annex V lists all of the "in-some-country" clauses on differing practices of a less permanent nature relating to the subject of this standard.

This first edition cancels and replaces the IEC/PAS 62734 published in 2012. This edition constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
65C/778/FDIS	65C/788/RVD

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

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

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

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

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

0 Introduction

0.1 General

This standard provides specifications in accordance with the OSI Basic Reference Model, ISO/IEC 7498–1, (e.g., PhL, DL, etc.), and also provides security and management (including network and device configuration) specifications for wireless devices serving Annex C's usage classes 1 through 5, and potentially class 0, for fixed, portable, and moving devices.

This standard is intended to provide reliable and secure wireless operation for non-critical monitoring, alerting, supervisory control, open loop control, and closed loop control applications. This standard defines a protocol suite, including system management, gateway considerations, and security specifications, for low-data-rate wireless connectivity with fixed, portable, and slowly-moving devices, often operating under severe energy and power constraints. The application focus is the performance needs of process automation monitoring and control where end-to-end communication latencies on the order of at least 100 ms can be tolerated.

To meet the needs of industrial wireless users and operators, the technology specified in this document provides robustness in the presence of interference found in harsh industrial environments or caused by wireless systems not covered by this international standard. As described in Clause 4, this standard addresses coexistence with other wireless devices anticipated in the industrial workspace, such as cell phones and devices based on IEC 62591 (based on WirelessHART™¹), IEC 62601 (based on WIA-PA), IEEE 802.11 (WiFi), IEEE 802.15, IEEE 802.16 (WiMax), and other relevant standards. Furthermore, this standard supports interoperability of devices compliant with this international standard, as described in Clause 5, in those aspects of operation that are covered by this international standard.

This standard does not define or specify plant infrastructure or its security or performance characteristics. However, it is important that the security of the plant infrastructure be assured by the end user.

0.2 Document structure

This document is organized into clauses focused on unique network functions and protocol suite layers. The clauses describe system, system management, security management, physical layer, data-link layer, network layer, transport layer, application layer, and provisioning. Generic considerations that apply to protocol gateways are also included, though specifications of specific protocol gateways are not. Each clause describes a functionality or protocol layer and dictates the behavior required for proper operation. When a clause describes behaviors related to another function or layer, a reference to the appropriate other clause is supplied for further information.

The mandatory and optional communication protocols defined by this document are referred to as native protocols, while those protocols used by other networks such as legacy fieldbus communication protocols are referred to as foreign protocols.

0.3 Potentially relevant patents

The International Electrotechnical Commission (IEC) draws attention to the fact that it is claimed that compliance with this document may involve the use of multiple patents:

- a) concerning elliptic curve (asymmetric) cryptography, given in 7.4.6 and 7.2.2.3;

¹ Property of the HART Communication Foundation. This information is given for the convenience of users of the standard and does not constitute an endorsement of the trademark holder or any related products. Compliance to this profile does not require use of the registered trademark. Use of the trademarks requires permission of the trade name holder.

- b) concerning synchronizing clocks and assessing link quality, given in 9.1.9.3 and 9.1.15;
- c) concerning unspecified subject areas;
- d) concerning wireless provisioning, and selection and routing among multiple gateways.

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

The holders of these patent rights have assured the IEC that they are willing to negotiate licences either free of charge (free) or under reasonable and non-discriminatory terms and conditions (RAND) with applicants throughout the world. In this respect, the statements of the following holders of those patent rights are registered with IEC.

Information on these patent rights and their licensing may be obtained from:

a)	<p>Certicom Corporation 4701 Tahoe Blvd, Bldg A L4W 0B5 Mississauga, ON CANADA</p> <p>Attn: Patent licensing</p> <p>Licensing terms: presumably RAND</p> <p>Relevant patents: unknown; not stated by patent holder</p>	b)	<p>NIVIS LLC 1000 Circle 75 Pkwy, Suite 300 Atlanta, GA 30339-6051 USA</p> <p>Attn: Patent licensing</p> <p>Licensing terms: RAND</p> <p>Relevant patents: – US 20100027437 – US 20100098204</p>
c)	<p>General Electric 1 Research Cir Schenectady, NY 12309-1027 USA</p> <p>Attn: Patent licensing</p> <p>Licensing terms: presumably RAND, reciprocity</p> <p>Relevant patents: unknown; not stated by patent holder</p>	d)	<p>Yokogawa Electric Corporation 2-9-32 Nakachou, Musashina-shi Tokyo JAPAN</p> <p>Attn: Patent licensing</p> <p>Licensing terms: RAND, reciprocity</p> <p>Relevant patents: – JP 4129749 – US 8005514 – US 8031727 – US 8305927 – US 2009080394</p>
<p>The above patent holders, patents, and licensing terms are those declared to the IEC as relevant to IEC 62734, as of the date of preparation of this text.</p>			

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document 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.

ISO (<http://www.iso.org/patents>) and IEC (<http://patents.iec.ch>) maintain on-line databases of patents relevant to their standards. Users are encouraged to consult these databases for the most up-to-date information concerning patents.

INDUSTRIAL NETWORKS – WIRELESS COMMUNICATION NETWORK AND COMMUNICATION PROFILES – ISA 100.11A

1 Scope

This International Standard specifies a method of reliable and secure wireless operation for non-critical monitoring, alerting, supervisory control, open loop control, and closed loop control applications. This standard defines a protocol suite, including system management, gateway considerations, and security specifications, for low-data-rate wireless connectivity with fixed, portable, and slowly-moving devices, often operating under severe energy and power constraints. The application focus of this standard is the performance needs of process automation monitoring and control, where end-to-end communication delays on the order of 100 ms can be tolerated.

This standard specifies the following:

- physical layer service definition and protocol specification;
- data-link layer service definition and protocol specification;
- network layer service definition and protocol specification;
- transport layer service definition and protocol specification;
- application layer service definition and protocol specification, including support for protocol tunneling and gateways;
- security and security management;
- provisioning and configuration;
- network management; and
- additive communication role profiles (i.e., one or more can be selected concurrently).

Functionality above the application layer of the OSI Basic Reference Model, such as the so-called User Layer and different profiles for functionality at that layer, is not addressed. However, it is discussed briefly in Annex A.

2 Normative references

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

NOTE See the Bibliography for non-normative references.

ISO/IEC 646, *Information technology – ISO 7-bit coded character set for information interchange*

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

ISO/IEC 18033-3, *Information technology – Security techniques – Encryption algorithms – Part 3: Block ciphers*

ISO/IEC 19772, *Information technology – Security techniques – Authenticated encryption*

ANSI X9.63:2011, *Public Key Cryptography for the Financial Services Industry – Key Agreement and Key Transport Using Elliptic Curve Cryptography*

IETF RFC 2460:1998, *Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification*

IETF RFC 2464, *Transmission of IPv6 Packets over Ethernet Networks*

IETF RFC 2529, *Transmission of IPv6 over IPv4 Domains without Explicit Tunnels*

IETF RFC 3168, *The Addition of Explicit Congestion Notification (ECN) to IP*

IETF RFC 4213, *Basic Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers*

IETF RFC 4291:2006, *IP Version 6 Addressing Architecture*

IETF RFC 4944, *Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks*

IETF RFC 6282:2011, *Compression Format for IPv6 Datagrams over IEEE 802.15.4-Based Networks*

IETF RFC 6298, *Computing TCP's Retransmission Timer*

IEEE 802.15.4™:2011², *IEEE Standard for Information technology — Telecommunications and information exchange between systems — Local and metropolitan area networks — Specific requirements – Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)*

SEC 1:2009, *Elliptic Curve Cryptography, version 2*, available at <http://www.secg.org>

SEC 4, *Elliptic Curve Qu-Vanstone Implicit Certificate Scheme (ECQV), version 0.97*, available at <http://www.secg.org>

² Property of IEEE, <http://www.ieee.org>.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	898
0 Introduction	900
0.1 Généralités	900
0.2 Structure du document	900
0.3 Droits de propriété potentiellement applicables	901
1 Domaine d'application	902
2 Références normatives	902
3 Termes, définitions, abréviations, acronymes et conventions	903
3.1 Termes et définitions	904
3.1.1 Termes et définitions de couche (N) et autres issus du modèle de référence de base de l'interconnexion des systèmes ouverts	904
3.1.2 Autres termes et définitions	913
3.1.3 Symboles pour les clés symétriques, les clés asymétriques et les certificats	932
3.1.4 Termes utilisés pour décrire le comportement d'un appareil	933
3.2 Abréviations et acronymes	933
3.3 Conventions	939
3.3.1 Interfaces de service	939
3.3.2 Cellules de tableau	941
3.3.3 Italique	941
3.3.4 Gras	941
3.3.5 Déclarations informelles de constantes nommées	941
4 Vue d'ensemble	941
4.1 Généralités	941
4.2 Interopérabilité et problèmes associés	942
4.3 Qualité de service	942
4.4 Applicabilité à l'échelle mondiale	943
4.5 Architecture réseau	943
4.5.1 Interfaces	943
4.5.2 Structures des données	944
4.5.3 Description de réseau	944
4.5.4 Construction d'une unité de données de protocole générique	946
4.5.5 Données abstraites et représentations concrètes	948
4.6 Caractéristiques de réseau	950
4.6.1 Généralités	950
4.6.2 Evolutivité	951
4.6.3 Extensibilité	951
4.6.4 Fonctionnement simple	951
4.6.5 Exploitation sans licence sur site	951
4.6.6 Robustesse en présence d'interférence, y compris en provenant d'autres systèmes sans fil	952
4.6.7 Déterminisme et accès sans conflits aux supports	952
4.6.8 Mise en réseau auto-organisé avec prise en charge de redondance	953
4.6.9 NL compatible avec le protocole IP	953
4.6.10 Coexistence avec d'autres systèmes de fréquences radioélectriques	953
4.6.11 Transactions D par intervalles de temps à voie assignée comme base pour la communication	955

4.6.12	Sécurité robuste et flexible	957
4.6.13	Gestion de système	958
4.6.14	Processus applicatif utilisant des objets normalisés	958
4.6.15	Tunnellisation	959
5	Système	959
5.1	Généralités	959
5.2	Appareils	959
5.2.1	Généralités	959
5.2.2	Interfonctionnabilité d'appareils	959
5.2.3	Profils	960
5.2.4	Qualité de service	960
5.2.5	Applicabilité mondiale d'appareil	960
5.2.6	Description d'appareil	961
5.2.7	Adressage d'appareil	966
5.2.8	Phases d'appareil	966
5.2.9	Sources d'énergie d'appareil	969
5.3	Réseaux	969
5.3.1	Généralités	969
5.3.2	Réseau minimal	970
5.3.3	Topologies réseau de base prises en charge	970
5.3.4	Configurations de réseau	975
5.3.5	Passerelle, gestionnaire de système, et gestionnaire de sécurité	981
5.4	Structure de suite de protocoles	982
5.5	Flot de données	984
5.5.1	Généralités	984
5.5.2	Communications natives	984
5.5.3	Flot de données de base	984
5.5.4	Flot de données entre appareils E/S	986
5.5.5	Flot de données avec un appareil E/S hérité	987
5.5.6	Flot de donnée avec dorsale	994
5.5.7	Flot de données entre appareils E/S par une dorsale	994
5.5.8	Flot de données vers un système de contrôle ou appareil compatible à la norme	994
5.6	Référence temporelle	995
5.6.1	Généralités	995
5.6.2	Synchronisation du temps	996
5.7	Mises à niveau de firmware	996
5.8	Dorsales sans fil et autres infrastructures	997
6	Rôle de gestion de système	997
6.1	Généralités	997
6.1.1	Vue d'ensemble	997
6.1.2	Composantes et architecture	997
6.1.3	Fonctions de gestion	999
6.2	DMAP	1000
6.2.1	Généralités	1000
6.2.2	Architecture de la gestion d'appareil	1000
6.2.3	Définition des objets de gestion	1000
6.2.4	Objets de gestion dans le DMAP	1000
6.2.5	Services de communication fournis aux objets de gestion d'appareil	1002

6.2.6	Attributs des objets de gestion.....	1004
6.2.7	Définitions des objets de gestion dans le DMAP	1005
6.2.8	Fonctions de gestion d'appareil et de gestion de couche	1015
6.3	Gestionnaire de système	1027
6.3.1	Généralités.....	1027
6.3.2	Architecture de la gestion de système	1027
6.3.3	Types normalisés des objets de gestion de système.....	1028
6.3.4	Gestion de sécurité.....	1029
6.3.5	Adresses et allocation d'adresse	1030
6.3.6	Mise à niveau du firmware	1035
6.3.7	Surveillance des performances du système	1036
6.3.8	Service de configuration d'appareil	1037
6.3.9	Services de gestion d'appareil.....	1037
6.3.10	Services de temps système	1047
6.3.11	Configuration de communication de système	1051
6.3.12	Gestion de redondance.....	1090
6.3.13	Protocoles de gestion de système	1090
6.3.14	Politiques de gestion et administration de politiques.....	1090
6.3.15	Interaction opérationnelle avec le personnel d'exploitation et de maintenance d'installation	1090
7	Sécurité.....	1091
7.1	Généralités	1091
7.2	Services de sécurité	1093
7.2.1	Vue d'ensemble.....	1093
7.2.2	Clés.....	1094
7.3	Sécurité de PDU	1098
7.3.1	Généralités.....	1098
7.3.2	Sécurité de DPDU	1099
7.3.3	Fonctionnalité de sécurité de TL.....	1116
7.4	Processus de rattachement.....	1134
7.4.1	Généralités.....	1134
7.4.2	Conditions préalables	1134
7.4.3	Etat final et propriétés souhaités de l'appareil.....	1135
7.4.4	Etapes de processus de rattachement communes aux approches à clés symétriques et à clés asymétriques	1135
7.4.5	Processus de rattachement à clés symétriques	1139
7.4.6	Processus de rattachement à clés asymétriques.....	1150
7.4.7	Rétablissement après défaillance de processus de rattachement et de durée de vie d'appareil	1170
7.5	Etablissement de session	1172
7.5.1	Généralités.....	1172
7.5.2	Description	1172
7.5.3	Protection d'unité de données de protocole d'application en utilisant la clé principale	1174
7.5.4	Méthodes d'objet proxy de gestion de sécurité relatives à l'établissement de session	1174
7.6	Mise à jour de clé	1178
7.6.1	Généralités.....	1178
7.6.2	Description	1178

7.6.3	Méthodes de l'objet de gestion de sécurité d'appareil relatives à la mise à jour de clé T	1179
7.6.4	Rétablissement après défaillance	1184
7.7	Fonctionnalité du rôle de gestionnaire de sécurité	1186
7.7.1	Proxy security management object (objet proxy de gestion de sécurité).....	1186
7.7.2	Autorisation des appareils de réseau et génération ou dérivation de clés principales initiales	1187
7.7.3	Interaction avec des objets de gestion de sécurité d'appareil.....	1187
7.7.4	Gestion de clés opérationnelles	1187
7.8	Politiques de sécurité.....	1188
7.8.1	Définition de politique de sécurité	1188
7.8.2	Etendue de politique	1189
7.8.3	Choix de politiques de sécurité non contraintes	1189
7.8.4	Structures de politique.....	1189
7.9	Fonctions de sécurité disponibles à l'AL.....	1192
7.9.1	Paramètres sur les demandes de service de transport qui se rapportent à la sécurité.....	1192
7.9.2	Accès direct aux primitives cryptographiques.....	1192
7.9.3	Cryptographie à clés symétriques	1194
7.10	Collecte des statistiques de sécurité, détection de menaces et rapports	1195
7.11	Fonctionnalité de DSMO	1195
7.11.1	Généralités	1195
7.11.2	Attributs du DSMO.....	1196
7.11.3	KeyDescriptor.....	1198
7.11.4	Alertes de DSMO.....	1202
8	Couche physique	1203
8.1	Généralités	1203
8.2	Couche physique par défaut	1204
8.2.1	Exigences générales	1204
8.2.2	Exigences complémentaires de l'IEEE 802.15.4.....	1204
8.2.3	Exceptions à la couche physique de l'IEEE 802.15.4	1205
9	Couche liaison de données.....	1206
9.1	Généralités	1206
9.1.1	Vue d'ensemble	1206
9.1.2	Stratégies de coexistence dans la DL	1206
9.1.3	Allocation de largeur de bande numérique	1207
9.1.4	Structure de la DPDU	1207
9.1.5	La DL et la MAC de l'IEEE 802.15.4	1208
9.1.6	Chemins et graphes.....	1210
9.1.7	Saut de voie discrétisé, saut de voie lent et intervalles de temps.....	1217
9.1.8	Supertrames	1229
9.1.9	Chronométrage de DL	1244
9.1.10	Adressage de sous-réseau D.....	1269
9.1.11	Service gestion de DL.....	1270
9.1.12	Relation entre DLE et DSC	1273
9.1.13	Découverte de voisins de DLE.....	1273
9.1.14	Découverte de voisins et rattachement – considérations de DL.....	1277
9.1.15	Commande de liaison radio et mesure de qualité.....	1282
9.1.16	Rôles et options de DLE	1287

9.1.17	Considérations relatives à l'énergie des DLE	1288
9.2	DDSAP	1289
9.2.1	Généralités	1289
9.2.2	DD-Data.request	1289
9.2.3	DD-Data.confirm	1291
9.2.4	DD-Data.indication	1291
9.3	Data DPDU et DPDU ACK/NAK	1292
9.3.1	Généralités	1292
9.3.2	Ordonnancement d'octets et de bits	1294
9.3.3	En-têtes de la commande d'accès aux supports	1295
9.3.4	Les DPDU d'acquiescement MAC	1302
9.3.5	Sous-en-tête auxiliaire de DL	1305
9.4	Base d'informations de gestion de DL	1320
9.4.1	Généralités	1320
9.4.2	Attributs d'objet de gestion de DL	1320
9.4.3	Attributs de DLMO (OctetStrings indexés)	1341
9.5	Méthodes de DLE	1374
9.5.1	Méthode pour le basculement synchronisé des attributs de DLE	1374
9.5.2	Méthodes pour accéder aux attributs OctetString indexés	1374
9.6	Alertes de DL	1376
9.6.1	Alerte DL_Connectivity	1376
9.6.2	Alerte NeighborDiscovery	1378
10	Couche Réseau	1379
10.1	Généralités	1379
10.2	Vue d'ensemble des fonctionnalités de la NL	1379
10.2.1	Généralités	1379
10.2.2	Adressage	1380
10.2.3	Conversion d'adresse	1381
10.2.4	En-têtes d'unités de données de protocoles de réseau	1383
10.2.5	Fragmentation et réassemblage	1383
10.2.6	Routage	1387
10.2.7	Exemples de routage	1394
10.3	Services de données de NLE	1407
10.3.1	Généralités	1407
10.3.2	N-Data.request	1408
10.3.3	N-Data.confirm	1409
10.3.4	N-Data.indication	1409
10.4	Objet de gestion de NL	1410
10.4.1	Base d'informations de gestion de NL	1410
10.4.2	Bases d'informations de gestion structurées	1414
10.4.3	Méthodes de l'objet de gestion de NL	1416
10.5	Formats de NPDU	1420
10.5.1	Généralités	1420
10.5.2	Format d'en-tête de base pour NL	1422
10.5.3	Format d'en-tête de réseau activé par contrat	1423
10.5.4	Format (IPv6) d'en-tête complet	1425
10.5.5	Format d'en-tête de fragmentation	1426
11	Transport layer (couche transport)	1428
11.1	Généralités	1428

11.2	Modèle de référence de TLE	1428
11.3	Entité de sécurité de transport	1429
11.3.1	Généralités	1429
11.3.2	Sécurisation de la TL	1429
11.4	Entité de données de transport	1430
11.4.1	Généralités	1430
11.4.2	UDP sur IPv6	1431
11.4.3	Emission et compression d'en-tête UDP	1431
11.4.4	TSAP et ports UDP	1434
11.4.5	Bonne citoyenneté de réseau	1435
11.5	Codage de TPDU	1435
11.5.1	Généralités	1435
11.5.2	Compression d'en-tête – Codage de protocole datagramme d'utilisateur....	1436
11.5.3	En-tête de sécurité de TPDU	1437
11.6	Modèle de TL	1437
11.6.1	Généralités	1437
11.6.2	Services de données	1438
12	Couche d'application	1448
12.1	Généralités	1448
12.2	Considérations relatives à l'énergie	1449
12.3	Considérations de système de commande hérité	1449
12.4	Vue d'ensemble de la modélisation orientée objet	1450
12.4.1	Généralités	1450
12.4.2	Concept de communication d'objet à objet	1450
12.4.3	Structure de la couche AL	1451
12.4.4	Structure d'UAP	1452
12.5	Modèle d'objet	1453
12.6	Modèle d'attribut d'objet	1454
12.6.1	Généralités	1454
12.6.2	Attributs d'objets normalisés	1455
12.6.3	Classification d'attributs	1455
12.6.4	Accessibilité d'attribut	1456
12.7	Modèle de méthode	1456
12.8	Modèle d'alerte	1457
12.9	Modèle d'état d'alarme	1457
12.10	Modèle d'état d'événement	1459
12.10.1	Généralités	1459
12.10.2	Table et transitions d'états	1459
12.11	Rapports relatifs à l'alerte	1459
12.11.1	Généralités	1459
12.11.2	Types d'alerte	1460
12.11.3	Informations relatives aux rapports d'alerte	1461
12.11.4	Récupération sur état d'alarme	1461
12.12	Modèle d'interaction de communication	1462
12.12.1	Généralités	1462
12.12.2	Communication de publication unidirectionnelle placée en file d'attente....	1462
12.12.3	Communication unidirectionnelle placée en file d'attente	1463
12.12.4	Communication bidirectionnelle placée en file d'attente	1463
12.12.5	Contrat de service de communication	1472

12.13	Adressage d'AL.....	1473
12.13.1	Généralités.....	1473
12.13.2	Adressage d'objet.....	1474
12.13.3	Adressage d'attribut d'objet.....	1474
12.13.4	Adressage d'attribut d'objet.....	1475
12.13.5	Adressage de méthode d'objet.....	1477
12.14	Objets de gestion.....	1477
12.15	Objets utilisateurs.....	1477
12.15.1	Généralités.....	1477
12.15.2	Objets indépendants vis-à-vis de toute industrie.....	1478
12.16	Types de données.....	1515
12.16.1	Types de données de base.....	1515
12.16.2	Types de données atomiques dérivées.....	1515
12.16.3	Structures de données normalisées indépendantes vis-à-vis de toute industrie.....	1516
12.17	Services d'application fournis par la sous-couche d'application.....	1522
12.17.1	Généralités.....	1522
12.17.2	Modèle de communication d'application P/S (éditer/s'abonner).....	1524
12.17.3	Communication tamponnée périodique programmée.....	1524
12.17.4	Interactions client/serveur.....	1530
12.17.5	Messages unidirectionnels placés en file d'attente acycliques non programmés (source/puits).....	1547
12.17.6	Aspects communs client/serveur et à la source/puits.....	1555
12.18	Utilisation du flux d'AL relative aux services de couche inférieure.....	1561
12.18.1	Généralités.....	1561
12.18.2	Utilisation d'AL des TDSAP.....	1561
12.18.3	Mapping des primitives de service d'AL aux primitives de service de TL.....	1561
12.19	Gestion d'AL.....	1562
12.19.1	Généralités.....	1562
12.19.2	Traitement de sous-application des unités de données de protocole d'application mal formées.....	1562
12.19.3	Attributs de l'objet de gestion de sous-couche d'application.....	1564
12.19.4	Méthodes de l'objet de gestion de sous-couche d'application.....	1566
12.19.5	Alertes de l'objet de gestion de sous-couche d'application.....	1568
12.19.6	Services de DMAP invoqués par la sous-couche d'application.....	1568
12.19.7	Objets normalisés des industries de transformation.....	1569
12.19.8	Profil des industries d'automatisation d'usine.....	1580
12.20	Structures de données normalisées de l'industrie de contrôle de processus.....	1581
12.20.1	Généralités.....	1581
12.20.2	Statut pour des informations analogiques.....	1581
12.20.3	Valeur et statut pour les informations analogiques.....	1582
12.20.4	Valeur et statut pour les informations binaires.....	1582
12.20.5	Mode contrôle de processus.....	1583
12.20.6	Mise à l'échelle.....	1584
12.21	Tables complémentaires.....	1584
12.21.1	Objets normalisés de profils de contrôle de processus.....	1584
12.21.2	Services.....	1585
12.22	Codage.....	1585
12.22.1	Généralités.....	1585
12.22.2	Règles de codage pour unités de données de protocole d'application.....	1585

12.22.3	Codage des données d'application	1600
12.22.4	Types de données relatives au temps	1607
12.23	Syntaxe	1611
12.23.1	Unité de données de protocole d'application	1611
12.23.2	Rapports d'alerte et acquittements	1618
12.23.3	Service feedback code	1620
12.23.4	Read, write et execute	1621
12.23.5	Tunnel	1622
12.23.6	Fin de module contenu	1622
12.24	Exemples de codage détaillés (informative)	1622
12.24.1	Read	1622
12.24.2	Tunnel	1623
13	Configuration	1623
13.1	Généralités	1623
13.2	Termes et définitions pour les appareils ayant divers rôles ou états	1624
13.3	Procédures de configuration	1626
13.4	Clés symétriques préinstallées	1626
13.5	Configuration utilisant des mécanismes hors bande	1627
13.6	Réseaux de configuration	1627
13.6.1	Généralités	1627
13.6.2	Configuration par liaison radio utilisant la cryptographie asymétrique	1629
13.6.3	Configuration par liaison radio utilisant une clé de rattachement symétrique ouverte	1629
13.7	Diagrammes de transition d'état	1630
13.8	Objets de protocole d'application de gestion d'appareil utilisés au cours de la configuration	1638
13.9	Objets de gestion	1642
13.9.1	Objet de configuration d'appareil	1642
13.9.2	Méthodes et alertes d'objet de configuration d'appareil	1648
13.10	Objet service de configuration d'appareil	1649
13.10.1	Attributs de l'objet service de configuration d'appareil	1649
13.10.2	Attributs structurés de l'objet service de configuration d'appareil	1653
13.10.3	Méthode de l'objet service de configuration d'appareil	1654
13.10.4	Alertes de l'objet service de configuration d'appareil	1655
13.10.5	Résumé des attributs qui peuvent être configurés	1656
13.11	Fonctions de configuration (informative)	1657
13.11.1	Généralités	1657
13.11.2	Exemples de méthodes de configuration	1657
Annexe A (informative)	Couche d'utilisateur/profils d'application	1661
A.1	Vue d'ensemble	1661
A.2	Couche d'utilisateur	1661
A.3	Profil d'application	1661
Annexe B (normative)	Profils de rôles de communications	1663
B.1	Vue d'ensemble	1663
B.1.1	Généralités	1663
B.1.2	Objet	1663
B.1.3	Taille de système	1663
B.1.4	Abréviations et symboles spéciaux	1663
B.1.5	Profils de rôles	1664

B.2	Système	1664
B.3	Gestionnaire de système	1664
B.4	Gestionnaire de sécurité	1665
B.5	Physical layer, couche physique	1666
B.6	Data-link layer, couche de liaison de données	1666
B.6.1	Généralités	1666
B.6.2	Profils de rôles	1667
B.7	Couche réseau	1672
B.8	Couche transport	1672
B.9	Couche d'application.....	1673
B.10	Configuration	1673
B.11	Passerelle (informative)	1673
Annexe C	(informative) Informations de référence	1675
C.1	Besoins industriels.....	1675
C.2	Classes d'utilisation	1675
C.2.1	Généralités.....	1675
C.2.2	Exemples de classes	1676
C.2.3	Autres alarmes de téléchargement montant et de téléchargement descendant (action humaine ou automatisée)	1677
C.3	Modèle de référence de base d'interconnexion des systèmes ouverts (OSI).....	1677
C.3.1	Vue d'ensemble.....	1677
C.3.2	Couche d'application	1679
C.3.3	Couche transport.....	1680
C.3.4	Couche réseau	1681
C.3.5	Couche de liaison de données.....	1681
C.3.6	Couche physique.....	1681
Annexe D	(normative) Valeurs de configuration par défaut.....	1683
D.1	Généralités	1683
D.2	Gestion de systèmes	1683
D.3	Sécurité	1683
D.4	Data-link layer, couche de liaison de données	1684
D.5	Couche Réseau	1685
D.6	Couche Transport.....	1685
D.7	Application layer, couche d'application.....	1686
D.8	Configuration	1688
D.9	Passerelle (informative)	1688
Annexe E	(informative) Utilisation de réseaux dorsaux.....	1689
E.1	Généralités	1689
E.2	Caractéristiques recommandées	1689
E.3	Dorsales de protocole internet	1689
E.3.1	Méthodes d'émission d'unités de données de protocole IPv6	1689
E.3.2	Découverte d'appareils homologues d'un routeur dorsal	1690
E.3.3	Sécurité	1690
Annexe F	(normative) Concepts de sécurité de base – Notation et représentation	1692
F.1	Chaînes et opérations sur les chaînes	1692
F.2	Entiers, octets et leur représentation.....	1692
F.3	Entités	1692
Annexe G	(informative) Utilisation de chaînes de certificats pour la configuration par liaison radio.....	1693

Annexe H (normative) Blocs modules de base de sécurité	1694
H.1 Blocs modules de base cryptographiques à clés symétriques.....	1694
H.1.1 Vue d'ensemble	1694
H.1.2 Paramètres de domaine des clés symétriques	1694
H.1.3 Cryptage par blocs	1694
H.1.4 Mode de fonctionnement	1694
H.1.5 Fonction de hachage cryptographique	1694
H.1.6 Fonction de hachage codée pour authentification de message	1694
H.1.7 Fonction de hachage codée spécialisée pour authentification de message.....	1695
H.1.8 Paramètres de domaine de défi	1695
H.2 Blocs modules de base cryptographiques à clés asymétriques.....	1695
H.2.1 Généralités.....	1695
H.2.2 Paramètres de domaine de courbe elliptique	1695
H.2.3 Représentation de points de courbe elliptique	1695
H.2.4 Paire de clés publiques d'une courbe elliptique.....	1695
H.3 Information de codage	1696
H.3.1 Généralités.....	1696
H.3.2 Certificats implicites de cryptographie sur courbe elliptique	1696
H.3.3 Certificats manuels de cryptographie sur courbe elliptique.....	1696
H.3.4 Informations supplémentaires	1697
H.4 Plan d'agrément de clés.....	1697
H.4.1 Plan d'agrément de clé à clés symétriques	1697
H.4.2 Plan d'agrément de clé à clés asymétriques	1697
H.5 Plans d'informations de codage	1698
H.5.1 Plan de certificats implicites	1698
H.5.2 Plan de certificats manuels.....	1698
H.6 Génération et validation des paramètres de domaine de défi	1698
H.6.1 Vue d'ensemble.....	1698
H.6.2 Génération de paramètres de domaine de défi.....	1699
H.6.3 Vérification de paramètres de domaine de défi	1699
H.7 Primitive de validation de défi	1699
H.8 Primitive de génération de clés secrètes (SKG)	1699
H.9 Fonction de hachage cryptographique à chiffrement par blocs	1700
H.10 Plan de certificats manuels à cryptographie sur courbes elliptiques	1701
H.10.1 Vue d'ensemble.....	1701
H.10.2 Transformation de génération de certificat manuel à cryptographie sur courbes elliptiques.....	1702
H.10.3 Transformation de traitement de certificat manuel à cryptographie sur courbes elliptiques.....	1703
Annexe I (informative) Modèles de définition.....	1704
I.1 Modèle de type d'objet.....	1704
I.2 Modèles d'attributs d'objets normalisés	1704
I.3 Méthodes d'objets normalisés	1705
I.4 Modèles de rapports d'alerte d'objets normalisés	1706
I.5 Définition de structures de données	1708
Annexe J (informative) Opérations sur les attributs	1709
J.1 Opérations sur les attributs	1709
J.1.1 Généralités.....	1709

J.1.2	Classification d'attributs	1709
J.1.3	Récupération, positionnement et réinitialisation d'attributs	1709
J.1.4	Récupération et positionnement d'attributs structurés	1710
J.1.5	Réinitialisation des valeurs d'attributs structurés	1712
J.1.6	Suppression de valeurs d'attributs structurés	1712
J.2	Basculement synchronisé	1713
Annexe K (normative)	Types d'objets normalisés	1714
Annexe L (informative)	Types de données normalisés	1719
Annexe M (normative)	Identification de protocoles de bus de terrain hérités et tunnellisés	1721
Annexe N (informative)	Tunnellisation et mapping d'objets natifs	1722
N.1	Vue d'ensemble	1722
N.2	Tunnellisation	1722
N.3	Communication d'application de protocole étranger	1722
N.4	Mapping d'objets natifs	1723
N.5	Compris entre tunnellation et mappage d'objets natifs	1723
Annexe O (informative)	Conversion de protocoles générique	1725
O.1	Vue d'ensemble	1725
O.2	Publish	1725
O.3	Subscribe	1727
O.4	Client	1728
O.5	Server	1729
Annexe P (informative)	Adaptations exemplaires du GIAP pour la présente norme	1732
P.1	Généralités	1732
P.2	Paramètres	1732
P.3	Session	1732
P.4	En leasing	1732
P.5	Rapport de liste d'appareils	1733
P.6	Rapport de topologie	1733
P.7	Rapport de programmation	1733
P.8	Rapport de santé d'appareil	1733
P.9	Rapport de santé de voisin	1733
P.10	Rapport de santé de réseau	1733
P.11	Durée	1733
P.12	Client/server	1733
P.12.1	Généralités	1733
P.12.2	Accès natif	1733
P.12.3	Accès étranger	1734
P.13	Publish/Subscribe (éditer/s'abonner)	1734
P.13.1	Généralités	1734
P.13.2	Accès natif	1734
P.13.3	Accès étranger	1735
P.14	Transfert en masse	1735
P.15	Alerte	1736
P.16	Configuration de passerelle	1736
P.17	Configuration d'appareil	1736
Annexe Q (informative)	Adaptations exemplaires du GIAP pour l'IEC 62591	1737
Q.1	Généralités	1737

Q.1.1	Vue d'ensemble	1737
Q.1.2	Référence.....	1737
Q.1.3	Adressage	1737
Q.1.4	Interface de pile.....	1738
Q.1.5	Tunnellisation	1738
Q.1.6	Entités	1738
Q.1.7	Réponse différée	1738
Q.2	Paramètres	1738
Q.3	Session.....	1738
Q.4	En leasing.....	1739
Q.5	Rapport de liste d'appareils.....	1739
Q.6	Rapport de topologie.....	1740
Q.7	Rapport de programmation	1740
Q.8	Rapport de santé d'appareil	1741
Q.9	Rapport de santé de voisin	1741
Q.10	Rapport de santé de réseau	1742
Q.11	Durée	1742
Q.12	Client/server	1743
Q.13	Publish/subscribe (éditer/s'abonner)	1744
Q.13.1	Généralités.....	1744
Q.13.2	Établissement de la location	1744
Q.13.3	Placement en tampon	1744
Q.14	Transfert en masse	1745
Q.15	Alerte.....	1745
Q.16	Configuration de passerelle	1746
Q.17	Configuration d'appareil	1746
Annexe R (informative) Interface système hôte aux appareils conformes à la norme via une passerelle		1747
R.1	Contexte	1747
R.1.1	Modèle de référence d'intégration de système hôte	1747
R.1.2	Outils de gestion d'actifs.....	1748
R.1.3	Outils de configuration.....	1748
R.1.4	Système de commande distribué	1748
R.1.5	Passerelle	1748
R.2	Intégration de données d'application d'appareil avec des systèmes hôtes.....	1748
R.2.1	Généralités.....	1748
R.2.2	Intégration de protocoles natifs par l'intermédiaire du mapping.....	1748
R.2.3	Intégration de protocoles d'appareil hérités par l'intermédiaire de la tunnellisation	1748
R.3	Outil de configuration de système hôte	1748
R.3.1	Généralités.....	1748
R.3.2	Configuration d'hôte en utilisant le langage de description d'appareil électronique.....	1749
R.3.3	Configuration de l'hôte utilisant l'outil d'appareil de terrain/gestionnaire de type d'appareil	1750
R.4	Intégration appareil de terrain/systèmes de commande distribués.....	1751
R.4.1	Généralités.....	1751
R.4.2	Fondation Fieldbus – Ethernet haut débit.....	1751
R.4.3	Modbus	1751
R.4.4	Connectivité ouverte pour l'automatisation industrielle	1751

R.5	Passerelle.....	1751
R.5.1	Généralités.....	1751
R.5.2	Appareils pris en charge.....	1752
R.5.3	Abonnement à des données.....	1752
R.5.4	Publication de données.....	1752
R.5.5	Accès client/serveur.....	1752
R.5.6	Réception d'alertes.....	1752
R.6	Prise en charge d'application de gestion d'actifs.....	1752
R.6.1	Généralités.....	1752
R.6.2	Outil d'appareil de terrain/gestionnaire de type d'appareil.....	1752
R.6.3	HART.....	1753
R.6.4	OPC.....	1753
Annexe S (informative)	Vecteurs d'essai de fonctionnement de clés symétriques.....	1754
S.1	Échantillons de DPDU.....	1754
S.1.1	Généralités.....	1754
S.1.2	DPDU avec DMIC32 attendu.....	1754
S.1.3	DPDU avec ENC-DMIC32 attendu.....	1754
S.2	Échantillons de TPDU.....	1755
S.2.1	Généralités.....	1755
S.2.2	TPDU avec ENC-DMIC32 attendu:.....	1755
S.2.3	TPDU avec TMIC-32 attendu:.....	1755
Annexe T (informative)	En-têtes de liaison de données et de réseau pour des demandes de rattachement.....	1757
T.1	Vue d'ensemble.....	1757
T.2	En-tête MAC (MHR).....	1757
T.3	En-tête de DL (DHR).....	1757
T.4	En-tête de NL.....	1758
Annexe U (informative)	Rôle de la passerelle.....	1759
U.1	Généralités.....	1759
U.1.1	Vue d'ensemble.....	1759
U.1.2	Diagrammes hypothétiques des suites de protocoles de passerelles pour appareils et adaptateurs natifs.....	1760
U.1.3	Scénarios de passerelles.....	1761
U.1.4	Modèle de passerelle de base.....	1762
U.2	GIAP hypothétique.....	1764
U.2.1	Résumé des interfaces et des primitives.....	1764
U.2.2	Séquence de primitives.....	1768
U.2.3	Description détaillée des paramètres.....	1776
U.2.4	Description détaillée des interfaces.....	1778
U.3	Utilisations exemplaires de services et objets normalisés WISN.....	1814
U.3.1	Tunnellisation.....	1814
U.3.2	Transfert en masse.....	1829
U.3.3	Alertes.....	1831
U.3.4	Accès P/S et client/serveur natif.....	1833
U.3.5	Gestion du temps.....	1835
U.3.6	Sécurité.....	1835
U.3.7	Configuration.....	1835
U.3.8	Configuration et rattachement.....	1836
Annexe V (informative)	Conformité avec ETSI EN 300 328 v1.8.1.....	1838

Bibliographie.....	1842
Figure 1 – Réseau conforme à la norme	946
Figure 2 – PDU typique à une seule couche sans fragmentation ni groupage.....	947
Figure 3 – Structure de PDU complète à plusieurs couches utilisée par la présente norme	947
Figure 4 – Appareils physiques versus rôles	963
Figure 5 – Représentation hypothétique des phases d'un appareil	968
Figure 6 – Topologie en étoile simple	971
Figure 7 – Topologie concentrateur-rayons simple	972
Figure 8 – Topologie maillée.....	973
Figure 9 – Topologie en étoile-maillée simple	974
Figure 10 – Exemple où le réseau et le sous-réseau D se chevauchent	976
Figure 11 – Exemple où le réseau et le sous-réseau D diffèrent.....	977
Figure 12 – Réseau avec plusieurs passerelles	978
Figure 13 – Réseau de base avec passerelle de secours	980
Figure 14 – Réseau avec dorsale.....	981
Figure 15 – Réseau avec dorsale – Rôles des appareils	982
Figure 16 – Modèle de référence utilisé par la présente norme	983
Figure 17 – Flot de données de base	985
Figure 18 – Flot de données entre appareils E/S.....	987
Figure 19 – Flot de données avec appareil E/S hérité	989
Figure 20 – Flot de données avec appareil résidant sur la dorsale	991
Figure 21 – Flot de données entre appareils E/S par un sous-réseau dorsal	993
Figure 22 – Flux de données à destination d'un système de commande compatible avec la norme	995
Figure 23 – Architecture de gestion	998
Figure 24 – DMAP	1001
Figure 25 – Exemple de flux de SAP de gestion à travers une suite de protocoles normalisée.....	1003
Figure 26 – Concept de l'architecture de gestionnaire de système	1028
Figure 27 – Interaction UAP-gestionnaire de système au cours de l'établissement d'un contrat	1053
Figure 28 – Interaction, relative à un contrat, entre DMO et SCO.....	1057
Figure 29 – Source, destination et appareils intermédiaires du contrat.....	1071
Figure 30 – Exemple d'établissement de contrat	1081
Figure 31 – Utilisation de l'ID de contrat dans la source.....	1083
Figure 32 – Résiliation de contrat	1087
Figure 33 – Modification de contrat avec effet immédiat.....	1089
Figure 34 – Exemples de portée de DPDU et de TPDU.....	1093
Figure 35 – Clés et durées de vie associées	1095
Figure 36 – Durées de vie des clés.....	1097
Figure 37 – Structure de DPDU.....	1100
Figure 38 – DLE et traitement de DLS pour un initiateur de transaction D	1102

Figure 39 – DPDU reçues – DLE et DSC	1104
Figure 40 – Structure de TPDU et couverture protégée.....	1117
Figure 41 – Paramètres de TMIC	1118
Figure 42 – Interaction de la TL et du TSC, TPDU sortante.....	1120
Figure 43 – Interaction de la TL et du TSC, TPDU entrante	1121
Figure 44 – Exemple: Vue d'ensemble du processus de rattachement à clés symétriques	1140
Figure 45 – Exemple: Vue d'ensemble du processus de rattachement à clés symétriques d'appareil dorsal	1141
Figure 46 – Plan d'agrément de clé à clés asymétriques.....	1152
Figure 47 – Exemple: Vue d'ensemble du processus de rattachement à clés asymétriques pour un appareil avec une DL.....	1157
Figure 48 – Exemple: Vue d'ensemble du processus de rattachement à clés asymétriques d'un appareil dorsal.....	1159
Figure 49 – Transitions d'états d'appareil pour processus de rattachement et durée de vie d'appareil	1172
Figure 50 – Exemple de haut niveau d'établissement de session	1173
Figure 51 – Vue d'ensemble du protocole de mise à jour de clé	1179
Figure 52 – Etablissement de clé d'appareil et transition d'états de mise à jour de clé	1186
Figure 53 – Suite de protocoles de DL et structure de PhpDU/DPDU.....	1208
Figure 54 – Exemple de routage par graphe	1211
Figure 55 – Graphes entrants et sortants	1214
Figure 56 – Saut de voie discrétisé	1218
Figure 57 – Saut de voie lent	1219
Figure 58 – Fonctionnement hybride	1220
Figure 59 – Utilisation du spectre radio.....	1221
Figure 60 – Modèle prédéfini de saut de voie 1	1224
Figure 61 – Deux groupes de DLE avec différents décalages de modèle de saut de voie	1224
Figure 62 – Pattern1 entrelacé de saut de voie avec seize différents décalages de modèle de saut de voie	1225
Figure 63 – Exemple d'allocation d'intervalles de temps pour le saut de voie discrétisé	1227
Figure 64 – Exemple d'allocation d'intervalles de temps pour le saut de voie lent	1227
Figure 65 – Mode hybride avec saut de voie discrétisé et saut de voie lent.....	1228
Figure 66 – Combinaison de saut de voie lent et de saut de voie discrétisé	1229
Figure 67 – Exemple de supertrame à trois intervalles de temps et comment elle se répète	1230
Figure 68 – Supertrames et liaisons.....	1230
Figure 69 – Plusieurs supertrames avec intervalles de temps alignés	1231
Figure 70 – Exemple de supertrame pour saut de voie discrétisé	1236
Figure 71 – Exemple de supertrame pour saut de voie lent.....	1237
Figure 72 – Composantes d'une supertrame de saut de voie lent.....	1237
Figure 73 – Exemple de configuration pour éviter les collisions entre routeurs.....	1238
Figure 74 – Configuration hybride	1239
Figure 75 – Allocation d'intervalles et file d'attente de messages	1242
Figure 76 – Intervalles d'alignement de 250 ms	1245

Figure 77 – Durées d'intervalle de temps et temporisation	1246
Figure 78 – La source d'horloge acquitte la réception d'une DPDU Data	1252
Figure 79 – Attributs de temporisation de transaction.....	1255
Figure 80 – Intervalles de temps de transaction dédiés et partagés	1256
Figure 81 – Transaction en monodiffusion.....	1258
Figure 82 – Temps d'attente de PDU (PWT)	1261
Figure 83 – Prise en charge de duodiffusion dans la norme	1263
Figure 84 – Transaction en duodiffusion	1265
Figure 85 – Intervalles de temps partagés avec CSMA/CA active	1266
Figure 86 – Transaction au cours des périodes de saut de voie lent	1268
Figure 87 – Flux de SAP de gestion de DL à travers une suite normalisée de protocoles.....	1271
Figure 88 – Structure de PhPDU et de DPDU	1293
Figure 89 – Disposition type des DPDU ACK/NAK	1302
Figure 90 – Relation entre attributs indexés de DLMO	1341
Figure 91 – Processus de conversion d'adresses.....	1383
Figure 92 – Processus de fragmentation	1385
Figure 93 – Processus de réassemblage	1387
Figure 94 – Traitement d'une NSDU reçue en provenance d'une TLE	1390
Figure 95 – Traitement d'une NPDU reçue.....	1392
Figure 96 – Traitement d'une NPDU reçue par une NLE en provenance de la dorsale	1393
Figure 97 – Livraison d'une NPDU reçue à sa NLE de destination finale	1394
Figure 98 – Routage allant d'un appareil de terrain directement jusqu'à une passerelle connectée de champ sans routage dorsal	1395
Figure 99 – Diagramme de suites de protocoles pour le routage allant d'un appareil de terrain directement vers une passerelle connectée de terrain sans routage dorsal.....	1397
Figure 100 – Routage d'une NPDU allant d'un appareil de terrain vers une passerelle en passant par un routeur dorsal	1398
Figure 101 – Diagramme de suites de protocoles pour acheminer une APDU à partir d'un appareil de terrain vers une passerelle en passant par un routeur dorsal	1400
Figure 102 – Routage allant d'un appareil de terrain sur un sous-réseau D vers un autre appareil de terrain sur un sous-réseau D différent.....	1402
Figure 103 – Diagramme de suites de protocoles pour le routage allant d'un appareil E/S sur un sous-réseau D vers un autre appareil E/S sur un sous-réseau D différent.....	1404
Figure 104 – Exemple de routage sur un réseau dorsal Ethernet	1406
Figure 105 – Exemple de routage sur un réseau dorsal de bus de terrain	1407
Figure 106 – Distinction entre les formats d'en-tête de NPDU	1421
Figure 107 – Modèle de référence de TLE	1429
Figure 108 – Pseudo-en-tête UDP pour l'IPv6.....	1431
Figure 109 – Structure de TPDU	1436
Figure 110 – Objets d'application utilisateur dans un UAP	1452
Figure 111 – Modèle d'états pour alarme	1458
Figure 112 – Modèle d'événement	1459
Figure 113 – Exemple réussi de plusieurs demandes en cours avec concaténation des réponses.....	1464

Figure 114 – Exemple de plusieurs demandes sans ordre en cours avec deuxième demande d'écriture initialement infructueuse	1466
Figure 115 – Exemple de plusieurs demandes ordonnées en cours avec deuxième demande d'écriture initialement infructueuse	1467
Figure 116 – Exemple 1 de fenêtre d'envoi avec fenêtre d'envoi courante plus petite que la fenêtre d'envoi maximale.....	1470
Figure 117 – Exemple 2 de fenêtre d'envoi avec fenêtre d'envoi courante de la même taille que la fenêtre d'envoi maximale et largeur de fenêtre d'envoi utilisable non nulle.....	1470
Figure 118 – Exemple 3 de fenêtre d'envoi, avec fenêtre d'envoi courante de la même taille que la fenêtre d'envoi maximale et largeur de fenêtre d'envoi utilisable de zéro	1471
Figure 119 – Modèle d'adressage général.....	1474
Figure 120 – Diagramme d'états de l'objet de gestion d'UAP	1481
Figure 121 – Diagramme d'états de réception de rapports d'alertes	1484
Figure 122 – Exemple de rapports d'alerte.....	1484
Figure 123 – Diagramme d'états de téléchargement descendant d'un objet UploadDownload.....	1502
Figure 124 – Diagramme d'états de téléchargement montant d'un objet UploadDownload.....	1503
Figure 125 – Séquence de publication de primitives de service.....	1525
Figure 126 – Modèle de client/serveur, interactions à deux parties	1531
Figure 127 – Modèle de client/serveur interactions à quatre parties: Livraison réussie.....	1531
Figure 128 – Modèle de client/serveur interactions à quatre parties: Echec de livraison de demande.....	1532
Figure 129 – Modèle de client/serveur interactions à quatre parties: Echec de livraison de réponse	1533
Figure 130 – AlertReport et AlertAcknowledge, livraison réussie.....	1548
Figure 131 – AlertReport, échec de livraison.....	1549
Figure 132 – AlertReport, échec d'acquittement.....	1550
Figure 133 – Réponse concaténée pour plusieurs demandes d'écriture en cours (pas de perte de message)	1557
Figure 134 – Gestion et traitement des APDU mal formées reçues en provenance de l'appareil X	1564
Figure 135 – Le réseau de configuration	1628
Figure 136 – Diagramme de transition d'états montrant les grandes lignes des étapes de configuration au cours du cycle de vie d'un appareil.....	1633
Figure 137 – Diagramme de transitions d'états montrant divers chemins pour rejoindre un réseau sécurisé	1637
Figure 138 – Objets de configuration et interactions	1640
Figure C.1 – Modèle de référence de base de l'OSI	1679
Figure O.1 – Diagramme d'édition de conversion de protocoles générique.....	1726
Figure O.2 – Diagramme d'abonnement de conversion de protocoles générique.....	1727
Figure O.3 – Diagramme d'émission client/serveur de conversion de protocoles générique	1729
Figure O.4 – Diagramme de réception client/serveur de conversion de protocoles générique	1730
Figure R.1 – Modèle de référence d'intégration de système hôte	1747
Figure R.2 – Configuration utilisant une définition d'appareil électronique.....	1750
Figure R.3 – Configuration utilisant l'approche FDT/DTM.....	1750

Figure U.1 – Scénarios de passerelles.....	1762
Figure U.2 – Modèle de passerelle de base	1763
Figure U.3 – Séquence interne de primitives pour interface de session.....	1769
Figure U.4 – Séquence interne de primitives pour interface de gestion de locations.....	1769
Figure U.5 – Séquence interne de primitives pour interface de rapport système.....	1770
Figure U.6 – Séquence interne de primitives pour interface de session.....	1771
Figure U.7 – Séquence interne de primitives pour interface client/serveur initiée d'une passerelle à un appareil adaptateur	1772
Figure U.8 – Séquence interne de primitives pour interface Publish initiée d'une passerelle à un appareil adaptateur	1772
Figure U.9 – Séquence interne de primitives pour interface Subscribe initiée à partir d'un appareil adaptateur	1773
Figure U.10 – Séquence interne de primitives pour temporisateur d'éditeur initié d'une passerelle à un appareil adaptateur	1773
Figure U.11 – Séquence interne de primitives pour temporisateurs d'abonné initiée à partir d'un appareil adaptateur	1774
Figure U.12 – Séquence interne de primitives pour interface de transfert en masse.....	1774
Figure U.13 – Séquence interne de primitives pour interface d'abonnement d'alertes	1775
Figure U.14 – Séquence interne de primitives pour interface de notification d'alertes.....	1775
Figure U.15 – Séquence interne de primitives pour interface de gestion de passerelle.....	1776
Figure U.16 – Modèle d'objet tunnel.....	1815
Figure U.17 – Points d'extrémité de tunnels distribués	1816
Figure U.18 – Messagerie en multidiffusion, en diffusion et "un à plusieurs"	1817
Figure U.19 – Placement en tampon des objets tunnel.....	1818
Figure U.20 – Organigramme de CoSt d'éditeur de P/S.....	1821
Figure U.21 – Organigramme de mises à jour périodiques d'éditeur de P/S	1822
Figure U.22 – Organigramme de mises à jour périodiques et de CoSt communes d'abonné P/S	1823
Figure U.23 – Mappings d'adresses réseau	1824
Figure U.24 – Utilisation de Connection_Info dans la conversion de protocoles	1825
Figure U.25 – Utilisation de Transaction_Info dans la conversion de protocoles.....	1826
Figure U.26 – Vue d'ensemble d'un mécanisme de tunnellation interopérable	1827
Figure U.27 – Modèle de transfert en masse.....	1830
Figure U.28 – Modèle d'alerte	1832
Figure U.29 – Cascades d'alertes	1833
Figure U.30 – Accès P/S et client/serveur natif	1834
Tableau 1 – Types d'objets de gestion normalisés dans le DMAP	1001
Tableau 2 – Structure de données Metadata_attribute	1005
Tableau 3 – Types d'alertes pour la catégorie diagnostics de communication	1006
Tableau 4 – Types d'alertes pour la catégorie d'alertes de sécurité.....	1006
Tableau 5 – Types d'alertes pour la catégorie d'alertes de diagnostics d'appareil	1006
Tableau 6 – Types d'alertes pour la catégorie d'alertes de processus	1007
Tableau 7 – Attributs ARMO (1 de 3)	1008
Tableau 8 – Alertes de l'ARMO	1012

Tableau 9 – Méthode Alarm_Recovery.....	1013
Tableau 10 – Attributs du DMO (1 de 9).....	1016
Tableau 11 – Alertes de DMO.....	1025
Tableau 12 – Types des objets de gestion de système.....	1029
Tableau 13 – Attributs du DSO.....	1032
Tableau 14 – Structure de données Address_Translation_Row.....	1032
Tableau 15 – Méthode Read_Address_Row.....	1033
Tableau 16 – Utilisation des arguments d'entrée pour la méthode Read_Address_Row	1034
Tableau 17 – Utilisation des arguments de sortie pour la méthode Read_Address_Row ...	1034
Tableau 18 – Attributs de SMO dans le gestionnaire de système.....	1037
Tableau 19 – Méthode Proxy_System_Manager_Join.....	1039
Tableau 20 – Méthode Proxy_System_Manager_Contract.....	1041
Tableau 21 – Effet des différentes commandes de rattachement sur des ensembles d'attributs.....	1043
Tableau 22 – Attributs du DMSO dans le gestionnaire de système.....	1044
Tableau 23 – Méthode System_Manager_Join.....	1044
Tableau 24 – Méthode System_Manager_Contract.....	1046
Tableau 25 – Attributs du STSO dans le gestionnaire de système.....	1051
Tableau 26 – Attributs du SCO dans le gestionnaire de système.....	1055
Tableau 27 – Méthode du SCO pour l'établissement, la modification ou le renouvellement de contrat (1 de 9).....	1060
Tableau 28 – Utilisation des arguments d'entrée pour la méthode du SCO pour l'établissement, la modification ou le renouvellement de contrat.....	1069
Tableau 29 – Utilisation des arguments de sortie pour la méthode du SCO pour l'établissement, la modification ou le renouvellement de contrat.....	1070
Tableau 30 – Structure de données Contract_Data (1 de 3).....	1073
Tableau 31 – Structure de données New_Device_Contract_Response (1 de 2).....	1077
Tableau 32 – Méthode du SCO pour la résiliation, la désactivation et la réactivation de contrat.....	1085
Tableau 33 – Méthode du DMO pour résilier un contrat.....	1085
Tableau 34 – Méthode du DMO pour modifier un contrat.....	1088
Tableau 35 – Niveaux de sécurité.....	1098
Tableau 36 – Structure du champ contrôle de sécurité.....	1098
Tableau 37 – Eléments de la Sec.DpduPrep.Request.....	1105
Tableau 38 – Eléments de Sec.DpduPrep.Response.....	1106
Tableau 39 – Eléments de Sec.DAckCheck.Request.....	1107
Tableau 40 – Eléments de Sec.DAckCheck.Response.....	1108
Tableau 41 – Eléments de Sec.DInitialCheck.Request.....	1109
Tableau 42 – Eléments de Sec.DInitialCheck.Response.....	1110
Tableau 43 – Eléments de Sec.DAckPrep.Request.....	1110
Tableau 44 – Eléments de Sec.DAckPrep.Response.....	1111
Tableau 45 – Structure du nonce de DPDU WISN.....	1112
Tableau 46 – Structure du temps TAI tronqué de 32 bits utilisé dans le nonce D-.....	1113
Tableau 47 – Structure du pseudo-en-tête de TSC.....	1119
Tableau 48 – Eléments de Sec.TpduOutCheck.Request.....	1122

Tableau 49 – Eléments de Sec.TpduOutCheck.Response	1122
Tableau 50 – Eléments de Sec.TpduSecure.Request	1123
Tableau 51 – Eléments Sec. TpduSecure.Response	1125
Tableau 52 – Eléments de Sec.TpduInCheck.Request	1126
Tableau 53 – Eléments de Sec.TpduInCheck.Response	1126
Tableau 54 – Eléments de Sec.TpduVerify.Request	1127
Tableau 55 – Eléments de Sec.TpduVerify.Response	1128
Tableau 56 – Structure de l'en-tête de sécurité de TL	1129
Tableau 57 – Structure du nonce de TPDU	1130
Tableau 58 – Structure du temps TAI nominal tronqué de 32 bits utilisé dans le nonce T	1130
Tableau 59 – Méthode Proxy_Security_Sym_Join	1143
Tableau 60 – Méthode Security_Sym_Join	1145
Tableau 61 – Méthode Security_Confirm	1146
Tableau 62 – Structure de données Security_Sym_Join_Request	1146
Tableau 63 – Structure de données Security_Sym_Join_Response	1147
Tableau 64 – Structure du champ niveau de sécurité compressé	1149
Tableau 65 – Niveau de sécurité de clé principale	1149
Tableau 66 – Structure de données Security_Sym_Confirm	1150
Tableau 67 – Format de certificat implicite	1151
Tableau 68 – Structure d'Usage_serial_number	1152
Tableau 69 – Méthode Proxy_Security_Pub_Join	1161
Tableau 70 – Méthode Security_Pub_Join	1162
Tableau 71 – Méthode Proxy_Security_Pub_Confirm	1163
Tableau 72 – Méthode Security_Pub_Confirm	1164
Tableau 73 – Méthode Network_Information_Confirmation	1165
Tableau 74 – Format de la structure interne de la demande de rattachement asymétrique	1166
Tableau 75 – Format du champ commande de protocole	1166
Tableau 76 – Format de la structure interne de la réponse de rattachement asymétrique	1167
Tableau 77 – Format de la première structure interne de la confirmation de rattachement	1168
Tableau 78 – Format de la structure interne de la réponse de confirmation de rattachement	1169
Tableau 79 – Diagramme d'états du processus de rattachement et de la durée de vie d'appareil	1171
Tableau 80 – Méthode Security_New_Session	1175
Tableau 81 – Structure de données Security_New_Session_Request	1176
Tableau 82 – Structure de données Security_New_Session_Response	1177
Tableau 83 – Méthode New_Key	1180
Tableau 84 – Structure de données Security_Key_and_Policies	1181
Tableau 85 – Structure de données Security_Key_Update_Status	1183
Tableau 86 – Transition d'états de clé T et de clé D	1185
Tableau 87 – Attributs du PSMO dans le gestionnaire de système	1187

Tableau 88 – Structure de champ "policy"	1189
Tableau 89 – Key_Type	1190
Tableau 90 – Key_Usage	1190
Tableau 91 – Granularité	1190
Tableau 92 – Attributs du DSMO	1196
Tableau 93 – KeyDescriptor	1198
Tableau 94 – Champs T-keyLookupData OctetString	1199
Tableau 95 – Méthode Delete_key	1200
Tableau 96 – Méthode Key_Policy_Update	1201
Tableau 97 – Alertes de DSMO	1203
Tableau 98 – Exigences relatives à la temporisation	1204
Tableau 99 – Table de graphes sur ND20	1212
Tableau 100 – Table de graphes sur ND21	1212
Tableau 101 – Approximation de la temporisation nominale avec une horloge de 32 kHz	1247
Tableau 102 – Structure de DL_Config_Info	1280
Tableau 103 – CountryCode	1287
Tableau 104 – Paramètres DD-Data.request	1290
Tableau 105 – Paramètres DD-Data.confirm	1291
Tableau 106 – Jeu de valeurs pour le paramètre "status"	1291
Tableau 107 – Paramètres DD-Data.indication	1292
Tableau 108 – ExtDLUInt, variante à un seul octet	1295
Tableau 109 – ExtDLUInt, variante à deux octets	1295
Tableau 110 – MHR de DPDU Data	1296
Tableau 111 – DHDR de DPDU Data	1297
Tableau 112 – DMXHR de DPDU Data	1298
Tableau 113 – Structure de DROUT, variante compressée	1299
Tableau 114 – Structure de DROUT, variante non compressée	1300
Tableau 115 – Structure de DADDR	1301
Tableau 116 – MHR de DPDU ACK/NAK	1303
Tableau 117 – DHR de DPDU ACK/NAK	1304
Tableau 118 – DHDR d'une DPDU ACK/NAK	1305
Tableau 119 – Structure du DAUX d'annonce	1306
Tableau 120 – Eléments de sélections d'annonce	1307
Tableau 121 – Sélections d'annonces	1307
Tableau 122 – Eléments de synchronisation du temps d'annonce	1308
Tableau 123 – Structure de synchronisation du temps d'annonce	1308
Tableau 124 – Sous-champs d'informations de supertrame de rattachement	1309
Tableau 125 – Structure d'informations de supertrame de rattachement	1310
Tableau 126 – Supertrame dérivée de l'annonce	1310
Tableau 127 – Eléments d'informations de rattachement	1311
Tableau 128 – Structure d'informations de rattachement	1311
Tableau 129 – Valeurs par défaut pour les liaisons créées à partir d'annonces	1313

Tableau 130 – Entrée de dlmo.Neighbor créée à partir d'annonces.....	1313
Tableau 131 – Entrée de dlmo.Graph créée à partir d'annonces	1314
Tableau 132 – Entrée de dlmo.Route créée à partir d'annonces.....	1314
Tableau 133 – Sous-champs de l'en-tête de sollicitation	1317
Tableau 134 – Structure de l'en-tête de sollicitation	1317
Tableau 135 – Champs du DAUX de sollicitation	1317
Tableau 136 – Structure du DAUX de sollicitation	1318
Tableau 137 – Champs de DAUX d'activation de liaison	1319
Tableau 138 – Structure de DAUX d'activation de liaison.....	1320
Tableau 139 – Champs du DAUX de rapport de qualité de signal reçu.....	1320
Tableau 140 – Structure du DAUX de rapport de qualité de signal reçu	1320
Tableau 141 – Attributs du DLMO (1 de 7).....	1321
Tableau 142 – Octets de filtre de sous-réseau D.....	1330
Tableau 143 – Champs de l'OctetString dlmo.TaiAdjust	1331
Tableau 144 – Structure de l'OctetString dlmo.TaiAdjust.....	1331
Tableau 145 – Champs de l'OctetString dlmo.EnergyDesign	1332
Tableau 146 – Structure de l'OctetString dlmo.EnergyDesign	1332
Tableau 147 – Champs de l'OctetString dlmo.DeviceCapability.....	1333
Tableau 148 – Structure de l'OctetString dlmo.DeviceCapability	1333
Tableau 149 – Champs de dlmo.DiscoveryAlert	1335
Tableau 150 – Structure de dlmo.DiscoveryAlert.....	1336
Tableau 151 – Champs de l'OctetString dlmo.Candidates	1337
Tableau 152 – Structure de dlmo.Candidates.....	1337
Tableau 153 – Champs de l'OctetString dlmo.SmoothFactors	1338
Tableau 154 – Structure de dlmo.SmoothFactors.....	1338
Tableau 155 – Champs de dlmo.QueuePriority	1339
Tableau 156 – Structure de dlmo.QueuePriority.....	1339
Tableau 157 – Champs de dlmo.ChannelDiag.....	1340
Tableau 158 – Structure de dlmo.ChannelDiag	1341
Tableau 159 – Champs de dlmo.Ch	1343
Tableau 160 – Structure de dlmo.Ch.....	1343
Tableau 161 – Champs du modèle de récepteur de transaction	1346
Tableau 162 – Structure du modèle de récepteur de transaction.....	1346
Tableau 163 – Champs du modèle d'initiateur de transaction.....	1347
Tableau 164 – Structure du modèle d'initiateur de transaction	1348
Tableau 165 – Modèle de répondeur de transaction par défaut, utilisé au cours du processus de rattachement.....	1348
Tableau 166 – Modèle d'initiateur de transaction par défaut, utilisé au cours du processus de rattachement.....	1349
Tableau 167 – Modèle de répondeur de transaction par défaut, utilisé au cours du processus de rattachement.....	1349
Tableau 168 – Champs de dlmo.Neighbor.....	1352
Tableau 169 – Structure de dlmo.Neighbor	1353
Tableau 170 – Champs de ExtendGraph.....	1354

Tableau 171 – Structure de ExtGraph	1355
Tableau 172 – Champs de dlmo.NeighborDiagReset	1355
Tableau 173– Structure de dlmo.NeighborDiagReset	1355
Tableau 174 – Champs de dlmo.Superframe.....	1357
Tableau 175 – Structure de dlmo.Superframe	1358
Tableau 176 – Champs de dlmo.Superframeldle	1362
Tableau 177 – Structure de dlmo.Superframeldle	1362
Tableau 178 – dlmo.Graph.....	1363
Tableau 179 – Structure de dlmo.Graph.....	1364
Tableau 180 – Champs de dlmo.Link	1365
Tableau 181 – Structure de dlmo.Link.....	1365
Tableau 182 – Structure de dlmo.Link[].Type	1367
Tableau 183 – Combinaisons autorisées de dlmo.Link[].Type	1368
Tableau 184 – Valeurs pour dlmo.Link[].Schedule.....	1369
Tableau 185 – Champs de dlmo.Route	1370
Tableau 186 – Structure de dlmo.Route	1370
Tableau 187 – Champs de dlmo.NeighborDiag	1372
Tableau 188 – Champs de l'OctetString "Summary" de diagnostic	1372
Tableau 189 – Structure de l'OctetString "Summary" de diagnostic.....	1372
Tableau 190 – Champs de l'OctetString ClockDetail de diagnostic.....	1373
Tableau 191 – Structure de l'OctetString ClockDetail de diagnostic	1373
Tableau 192 – Méthode Read_Row	1374
Tableau 193 – Méthode Write_Row	1375
Tableau 194 – Méthode Write_Row_Now.....	1376
Tableau 195 – Champs de dlmo.AlertPolicy	1377
Tableau 196 – Structure de l'OctetString dlmo.AlertPolicy.....	1377
Tableau 197 – Alerte DL_Connectivity	1378
Tableau 198 – OctetString d'alerte DL_Connectivity	1378
Tableau 199 – Alerte NeighborDiscovery	1379
Tableau 200 – Structure d'adresse locale à une liaison.....	1380
Tableau 201 – Table de conversion d'adresses (ATT).....	1381
Tableau 202 – Exemple de table de routage	1388
Tableau 203 – Eléments pour la primitive N-Data.request.....	1408
Tableau 204 – Eléments pour la primitive N-Data.confirm	1409
Tableau 205 – Eléments pour la primitive N-Data.indication.....	1410
Tableau 206 – Attributs de NLMO (1 de 4).....	1411
Tableau 207 – Structure de la table de contrat.....	1415
Tableau 208 – Eléments pour la table de routage	1416
Tableau 209 – Structure de la table de conversion d'adresse.....	1416
Tableau 210 – Méthodes de manipulation des MIB structurées du NLMO	1418
Tableau 211 – Alerte pour indiquer une PDU abandonnée/erreur de PDU.....	1419
Tableau 212 – Profils d'en-tête communs	1421
Tableau 213 – Format d'en-tête de NL de base.....	1422

Tableau 214 – Format d'en-tête de NL activé par contrat	1423
Tableau 215 – Format de codage de 6LoWPAN_IPHC	1424
Tableau 216 – Format d'en-tête de NL IPv6	1425
Tableau 217 – En-tête de NL complet dans la DL	1426
Tableau 218 – Format d'en-tête de NL pour les NPDU fragmentées.....	1427
Tableau 219 – Format d'en-tête du premier fragment.....	1427
Tableau 220 – Format d'en-têtes du second fragment et des fragments suivants	1427
Tableau 221 – Codage d'en-tête UDP	1432
Tableau 222 – Octet de codage 6LoWPAN_NHC-for-UDP	1436
Tableau 223 –Codage optimal d'en-tête UDP.....	1437
Tableau 224 – Codage d'en-tête UDP avec somme de contrôle et numéros de port compressés	1437
Tableau 225 – Eléments pour la primitive T-DATA.request.....	1439
Tableau 226 – Eléments pour la primitive T-DATA.confirm.....	1440
Tableau 227 – Codes de statut de la primitive T-Data.confirm	1440
Tableau 228 – Eléments pour la primitive T-Data.indication.....	1441
Tableau 229 – Attributs de TLMO (1 de 2)	1442
Tableau 230 – Méthodes de l'objet de gestion de TL – Reset.....	1444
Tableau 231 – Méthodes de l'objet de gestion de TL – Halt	1445
Tableau 232 – Méthodes de l'objet de gestion de TL – PortRangeInfo	1445
Tableau 233 – Méthodes de l'objet de gestion de TL – GetPortInfo.....	1446
Tableau 234 – Méthodes de l'objet de gestion de TL – GetNextPortInfo.....	1447
Tableau 235 – Types d'alertes de l'objet de gestion de TL – Utilisation illégitime de port ..	1447
Tableau 236 – Types d'alertes de l'objet de gestion de TL – TPDU reçue sur un port non enregistré.....	1448
Tableau 237 – Types d'alertes de l'objet de gestion de TL – La TPDU ne concorde pas aux politiques de sécurité	1448
Tableau 238 – Table d'états pour des transitions d'alarme	1458
Tableau 239 – Table d'états pour des transitions d'événement	1459
Tableau 240 – Attributs d'objet de gestion d'UAP (1 de 2).....	1479
Tableau 241 – Table d'états pour l'objet de gestion d'UAP.....	1481
Tableau 242 – Méthodes d'objet de gestion d'UAP.....	1482
Tableau 243 – Attributs d'objet récepteur d'alerte	1483
Tableau 244 – Table d'états pour traiter une réception d'AlertReport	1483
Tableau 245 – Méthodes d'objet AlertReceiving.....	1485
Tableau 246 – Attributs d'objet UploadDownload (1 de 4)	1486
Tableau 247 – Méthodes d'objet UploadDownload	1491
Tableau 248 – Méthode StartDownload de l'objet UploadDownload	1492
Tableau 249 – Méthode DownloadData de l'objet UploadDownload	1493
Tableau 250 – Méthode EndDownload de l'objet UploadDownload.....	1495
Tableau 251 – Méthode StartUpload de l'objet UploadDownload.....	1496
Tableau 252 – Méthode UploadData de l'objet UploadDownload.....	1497
Tableau 253 – Méthode EndUpload de l'objet UploadDownload	1498

Tableau 254 – Table d'états du téléchargement descendant pour le mode de fonctionnement en monodiffusion (1 de 2)	1500
Tableau 255 – Table d'états du téléchargement montant pour le mode de fonctionnement en monodiffusion (1 de 2)	1504
Tableau 256 – Attributs d'objet Concentrator (1 de 2)	1507
Tableau 257 – Méthodes d'objet Concentrator	1508
Tableau 258 – Attributs d'objet Dispersion (1 de 2)	1509
Tableau 259 – Méthodes d'objet Dispersion	1510
Tableau 260 – Attributs d'objet Tunnel (1 de 3)	1511
Tableau 261 – Méthodes d'objet Tunnel	1514
Tableau 262 – Attributs d'objet d'interface	1515
Tableau 263 – Méthodes d'objet d'interface	1515
Tableau 264 – Type de données: ObjectAttributeIndexAndSize	1516
Tableau 265 – Type de données: Communication association endpoint (point d'extrémité d'association de communication) (1 de 2)	1517
Tableau 266 – Type de données: Données de contrat de communication	1519
Tableau 267 – Type de données: Point d'extrémité de communication d'alertes	1520
Tableau 268 – Type de données: Point d'extrémité de tunnel	1520
Tableau 269 – Type de données: Alert report descriptor (descripteur de rapports d'alertes)	1521
Tableau 270 – Type de données: Descripteur de rapports d'alarmes de contrôle de processus pour analogique avec une seule condition de référence	1521
Tableau 271 – Type de données: ObjectIDandType	1522
Tableau 272 – Type de données: Correspondant non programmé	1522
Tableau 273 – Services d'AL	1523
Tableau 274 – Service Publish	1527
Tableau 275 – Service de lecture	1536
Tableau 276 – Service d'écriture	1540
Tableau 277 – Service Execute	1544
Tableau 278 – Service AlertReport	1551
Tableau 279 – Service AlertAcknowledge	1554
Tableau 280 – Service Tunnel	1558
Tableau 281 – Caractéristiques des flux d'application	1561
Tableau 282 – Mapping de primitives de service d'AL à des primitives de service de TL	1562
Tableau 283 – Attributs d'ASLMO (1 de 2)	1565
Tableau 284 – Méthodes de l'objet de gestion de sous-couche d'application	1566
Tableau 285 – Méthode Reset	1567
Tableau 286 – Alertes d'ASLMO	1568
Tableau 287 – Attributs de l'objet d'entrée analogique	1571
Tableau 288 – Méthodes de l'objet d'entrée analogique	1572
Tableau 289 – Alertes d'entrée analogique	1573
Tableau 290 – Attributs de sortie analogique (1 de 2)	1574
Tableau 291 – Méthodes de l'objet de sortie analogique	1575
Tableau 292 – Alertes de sortie analogique	1576
Tableau 293 – Attributs de l'objet d'entrée binaire	1577

Tableau 294 – Méthodes de l'objet d'entrée binaire	1578
Tableau 295 – Alertes d'entrée binaire	1578
Tableau 296 – Attributs de sortie binaire	1579
Tableau 297 – Méthodes de l'objet de sortie binaire	1580
Tableau 298 – Alertes de sortie binaire	1580
Tableau 299 – Octet Status	1582
Tableau 300 – Type de données: Valeur de contrôle de processus et statut pour la valeur analogique	1582
Tableau 301 – Type de données: Valeur de contrôle de processus et statut pour la valeur binaire	1583
Tableau 302 – Type de données: Mode contrôle de processus	1583
Tableau 303 – Type de données: Bitstring de mode contrôle de processus	1584
Tableau 304 – Type de données: Mise à l'échelle du contrôle de processus	1584
Tableau 305 – Objets normalisés de contrôle de processus	1585
Tableau 306 – Services	1585
Tableau 307 – Format de messagerie d'application	1586
Tableau 308 – APDU concaténées en une seule TSDU	1586
Tableau 309 – Adressage d'objet	1587
Tableau 310 – Construction d'en-tête d'APDU de mode d'adressage à quatre bits	1587
Tableau 311 – Construction d'en-tête d'APDU de mode d'adressage à huit bits	1587
Tableau 312 – Construction d'en-tête d'APDU de mode d'adressage à seize bits	1588
Tableau 313 – Exemple de cas d'utilisation d'adressage inféré	1588
Tableau 314 – Construction d'en-tête d'APDU de mode d'adressage inféré	1589
Tableau 315 – Identificateur d'attribut de 6 bits, non indexé	1589
Tableau 316 – Identificateur d'attribut de 6 bits, à un seul indice, avec un indice de 7 bits	1590
Tableau 317 – Identificateur d'attribut de 6 bits, à un seul indice, avec un indice de 15 bits	1590
Tableau 318 – Identificateur d'attribut de 6 bits, à deux indices, avec deux indices de 7 bits	1590
Tableau 319 – Identificateur d'attribut de 6 bits, à deux indices, avec deux indices de 15 bits	1590
Tableau 320 – Identificateur d'attribut de 6 bits, à deux indices, avec le premier indice ayant une longueur de 7 bits et le second indice une longueur de 15 bits	1591
Tableau 321 – Identificateur d'attribut de 6 bits, à deux indices, avec le premier indice ayant une longueur de 15 bits et le second indice une longueur de 7 bits	1591
Tableau 322 – Identificateur d'attribut de 12 bits, non indexé	1591
Tableau 323 – Identificateur d'attribut de 12 bits, à un seul indice, avec un indice de 7 bits	1591
Tableau 324 – Identificateur d'attribut de 12 bits, à un seul indice, avec un indice de 15 bits	1592
Tableau 325 – Identificateur d'attribut de douze bits, à deux indices, avec deux indices de 7 bits	1592
Tableau 326 – Identificateur d'attribut de douze bits, à deux indices, avec deux indices de 15 bits	1592
Tableau 327 – Identificateur d'attribut de 12 bits, à deux indices avec le premier indice ayant une longueur de 7 bits et le second indice une longueur de 15 bits	1593

Tableau 328 – Identificateur d'attribut de 12 bits, à deux indices avec le premier indice ayant une longueur de 15 bits et le second indice une longueur de 7 bits	1593
Tableau 329 – Forme d'identificateur d'attribut de 12 bits, réservée	1593
Tableau 330 – Règles de codage pour la demande de service de lecture	1594
Tableau 331 – Règles de codage pour une réponse de service de lecture avec un champ d'une taille de 7 bits	1594
Tableau 332 – Règles de codage pour une réponse de service de lecture avec un champ d'une taille de 15 bits.....	1594
Tableau 333 – Règles de codage pour une demande de service d'écriture avec un champ d'une taille de 7 bits	1595
Tableau 334 – Règles de codage pour une demande de service d'écriture avec un champ d'une taille de 15 bits.....	1595
Tableau 335 – Règles de codage pour la réponse de service d'écriture	1595
Tableau 336 – Règles de codage pour une demande de service Execute avec un champ d'une taille de 7 bits	1596
Tableau 337 – Règles de codage pour une demande de service Execute avec un champ d'une taille de 15 bits.....	1596
Tableau 338 – Règles de codage pour une réponse de service Execute avec un champ de taille de 7 bits	1596
Tableau 339 – Règles de codage pour une réponse de service Execute avec un champ de taille de 15 bits	1597
Tableau 340 – Règles de codage pour une demande de service Tunnel avec un champ de taille de 7 bits	1597
Tableau 341 – Règles de codage pour une demande de service Tunnel avec un champ de taille de 15 bits	1597
Tableau 342 – Règles de codage pour une réponse de service Tunnel avec un champ de taille de 7 bits	1598
Tableau 343 – Règles de codage pour une réponse de service Tunnel avec un champ de taille de 15 bits	1598
Tableau 344 – Règles de codage pour le service AlertReport avec un champ de taille de 7 bits de données associées	1598
Tableau 345 – Règles de codage pour le service AlertReport avec un champ de taille de 15 bits de données associées	1599
Tableau 346 – Règles de codage pour le service AlertAcknowledge	1599
Tableau 347 – Règles de codage pour le service Publish pour une séquence native de valeurs.....	1599
Tableau 348 – Règles de codage pour le service Publish – non natif (prise en charge de tunnel)	1600
Tableau 349 – Règles de codage pour le service Concatenate	1600
Tableau 350 – Règle de codage générale pour les données d'application de taille invariable.....	1600
Tableau 351 – Règles de codage pour les données d'application de taille variable de 0..255 octets.....	1601
Tableau 352 – Règles de codage pour Unsigned8	1603
Tableau 353 – Règles de codage pour Unsigned16	1603
Tableau 354 – Règles de codage pour Unsigned32	1603
Tableau 355 – Règles de codage pour Unsigned64	1604
Tableau 356 – Règles de codage pour Unsigned128	1604
Tableau 357 – Règles de codage pour single-precision float.....	1605

Tableau 358 – Règles de codage pour double-precision float.....	1606
Tableau 359 – Règles de codage pour VisibleString	1606
Tableau 360 – Règles de codage pour OctetString	1607
Tableau 361 – Règles de codage pour BitString	1607
Tableau 362 – Règles de codage pour TAINetworkTime et TAIDifference lors de l'interprétation comme différence modulo	1608
Tableau 363 – Règles de codage pour TAIRounded.....	1609
Tableau 364 – Exemple de codage: Demande Read pour un attribut sans indice.....	1622
Tableau 365 – Exemple de codage: Réponse Read pour un attribut sans indice.....	1623
Tableau 366 – Exemple de codage: Demande de service Tunnel	1623
Tableau 367 – Valeurs de réglage en usine par défaut	1633
Tableau 368 – Objet de configuration d'appareil (1 de 7)	1642
Tableau 369 – Méthode Reset_To_Default	1648
Tableau 370 – Méthode d'écriture de clé de rattachement symétrique	1649
Tableau 371 – Objet service de configuration d'appareil (1 de 4)	1650
Tableau 372 – Structure de données DPSOWhiteListTbl.....	1654
Tableau 373 – Table de manipulation de matrice	1655
Tableau 374 – Alerte de DPSO pour indiquer le rattachement par un appareil ne figurant pas sur la WhiteList.....	1656
Tableau 375 – Alerte de DPSO pour indiquer une capacité inadéquate de rattachement d'un appareil.....	1656
Tableau B.1 – Rôles des appareils de couche de protocoles	1664
Tableau B.2 – Mises à niveau par liaison radio	1664
Tableau B.3 – Profils de prise en charge de sessions	1665
Tableau B.4 – Profils de base	1666
Tableau B.5 – Rôles de PhL.....	1666
Tableau B.6 – DL exigée pour rôles énumérées.....	1667
Tableau B.7 – Profils de rôles: Attributs généraux de DLMO	1668
Tableau B.8 – Profils de rôles: dlmo.Device_Capability.....	1668
Tableau B.9 – Profils de rôles: dlmo.Ch (channel-hopping)	1669
Tableau B.10 – Profils de rôles: dlmo.TsTemplate	1669
Tableau B.11 – Profils de rôles: dlmo.Neighbor	1669
Tableau B.12 – Profils de rôles: dlmo.NeighborDiag	1670
Tableau B.13 – Profils de rôles: dlmo.Superframe	1670
Tableau B.14 – Profils de rôles: dlmo.Graph.....	1671
Tableau B.15 – Profils de rôles: dlmo.Link.....	1671
Tableau B.16 – Profils de rôles: dlmo.Route	1671
Tableau B.17 – Profils de rôles: dlmo.Queue_Priority	1672
Tableau B.18 – Taille de table de routage	1672
Tableau B.19 – Taille de table d'adresses	1672
Tableau B.20 – Taille de support de ports	1672
Tableau B.21 – AP.....	1673
Tableau B.22 – Profils de rôles: E/S, routeurs, passerelles, et routeurs dorsaux.....	1673
Tableau B.23 – Profil de rôles: Passerelle	1673

Tableau B.24 – Profil de rôles: Accès natif à la passerelle	1674
Tableau B.25 – Profil de rôles: Mécanisme de tunnellation interopérable de passerelle	1674
Tableau C.1 – Classes d'utilisation	1676
Tableau D.1 – Valeurs par défaut de la configuration de la gestion de système	1683
Tableau D.2 – Valeurs par défaut de la configuration de la sécurité	1684
Tableau D.3 – Valeurs par défaut de la configuration DLE	1685
Tableau D.4 – Valeurs par défaut de la configuration NLE	1685
Tableau D.5 – Valeurs par défaut de la configuration TLE.....	1686
Tableau D.6 – Valeurs par défaut de la configuration ALE	1687
Tableau D.7 – Valeurs par défaut de la configuration de configuration	1688
Tableau D.8 – Valeurs par défaut de la configuration de la passerelle	1688
Tableau I.1 – Tableau des types d'objets normalisés	1704
Tableau I.2 – Modèle pour attributs d'objets normalisés	1705
Tableau I.3 – Modèle pour méthodes d'objets normalisés	1706
Tableau I.4 – Modèles pour rapports d'alerte d'objets normalisés	1707
Tableau I.5 – Modèle pour structures de données	1708
Tableau J.1 – Modèle de méthode Scheduled_Write	1710
Tableau J.2 – Modèle de méthode Read_Row	1711
Tableau J.3 – Modèle de méthode Write_Row	1711
Tableau J.4 – Modèle de méthode Reset_Row	1712
Tableau J.5 – Modèle de méthode Delete_Row	1713
Tableau K.1 – Types d'objets normalisés	1715
Tableau K.2 – Instances d'objets normalisés	1717
Tableau L.1 – Types de données normalisés	1719
Tableau M.1 – Identification de protocole de bus de terrain hérités tunnillés	1721
Tableau T.1 – MHR échantillon pour demande de rattachement.....	1757
Tableau T.2 – DHR échantillon pour demande de rattachement	1758
Tableau T.3 – En-tête réseau pour messages de rattachement	1758
Tableau 1 – Résumé des exemples d'interfaces de côté haut de passerelles hypothétiques	1766
Tableau U.2 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Session	1778
Tableau U.3 – GS_Status pour confirmation de G_Session.....	1780
Tableau U.4 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Lease	1781
Tableau U.5 – GS_Lease_Type pour demande de G_Lease	1782
Tableau U.6 – GS_Status pour confirmation de G_Lease.....	1783
Tableau U.7 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Device_List_Report	1784
Tableau U.8 – GS_Status pour confirmation de G_Device_List_Report.....	1785
Tableau U.9 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Topology_Report.....	1785
Tableau U.10 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Schedule_Report.....	1787
Tableau U.11 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Device_Health_Report.....	1789
Tableau U.12 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Neighbor_Health_Report	1790
Tableau U.13 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Network_Health_Report.....	1792
Tableau U.14 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Time.....	1794

Tableau U.15 – GS_Status pour confirmation de G_Time	1794
Tableau U.16 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Client_Server	1795
Tableau U.17 – GS_Status pour confirmation de G_Client_Server	1797
Tableau U.18 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Publish	1798
Tableau U.19 – GS_Status pour confirmation de G_Publish	1799
Tableau U.20 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Subscribe	1800
Tableau U.21 – GS_Status pour confirmation de G_Subscribe	1800
Tableau U.22 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Publish_Timer	1801
Tableau U.23 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Subscribe_Timer	1801
Tableau U.24 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Publish_Watchdog	1802
Tableau U.25 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Bulk_Open	1803
Tableau U.26 – GS_Status pour confirmation de G_Bulk_Open	1804
Tableau U.27 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Bulk_Transfer	1804
Tableau U.28 – GS_Status pour confirmation de G_Bulk_Transfer	1805
Tableau U.29 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Bulk_Close	1805
Tableau U.30 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Alert_Subscription	1806
Tableau U.31 – GS_Status pour confirmation de G_Alert_Subscription	1807
Tableau U.32 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Alert_Notification	1807
Tableau U.33 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Read_Gateway_Configuration	1808
Tableau 34 – Valeurs de GS_Attribute_Identifier pour la demande de G_Read_Gateway_Configuration	1809
Tableau U.35 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Write_Gateway_Configuration	1810
Tableau U.36 – Valeurs de GS_Attribute_Identifier pour la demande de G_Write_Gateway_Configuration	1810
Tableau U.37 – GS_Status pour confirmation de G_Write_Gateway_Configuration	1811
Tableau U.38 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Write_Device_Configuration	1812
Tableau U.39 – GS_Status pour confirmation de G_Write_Device_Configuration	1813
Tableau U.40 – Utilisation des paramètres de la primitive G_Read_Device_Configuration	1813
Tableau U.41 – Exemple d'attributs de gestion de configuration de passerelle	1836

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RÉSEAUX INDUSTRIELS – RÉSEAU DE COMMUNICATION SANS FIL ET PROFILS DE COMMUNICATION – ISA 100.11A

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 62734 a été établie par le sous-comité 65C: Réseaux industriels, du comité d'études 65 de l'IEC: Mesure, commande et automation dans les processus industriels.

La présente norme internationale est basée sur l'ISA 100.11a:2011.

L'attention du lecteur est attirée sur le fait que l'Annexe V énumère tous les articles traitant des différences à caractère moins permanent inhérentes à certains pays, concernant le sujet de cette norme.

Cette première édition annule et remplace IEC/PAS 62734 parue en 2012. Cette édition constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
65C/778/FDIS	65C/788/RVD

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

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

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 l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

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

0 Introduction

0.1 Généralités

La présente norme fournit des spécifications conformes au Modèle de référence de base OSI, ISO/IEC 7498–1, (par exemple: PhL, DL, etc.) et fournit également des spécifications de sécurité et de gestion (y compris la configuration de réseau et d'appareil) pour des appareils sans fil servant les classes d'utilisation 1 à 5 de l'Annexe C et potentiellement la classe 0, pour les appareils fixes, portatifs et mobiles.

La présente norme vise à assurer le fonctionnement fiable et sécurisé en mode sans fil pour les applications non critiques de contrôle, d'alerte, de commande de surveillance, de commande à boucle ouverte et de commande à boucle fermée. La présente norme définit une suite de protocoles, y compris la gestion de système, des considérations de passerelle et des spécifications de sécurité, pour une connectivité sans fil à bas débit avec des appareils fixes, portatifs et lentement mobiles, fonctionnant souvent sous des contraintes sévères d'énergie et de puissance. L'application est principalement axée sur les besoins de performance du contrôle et de la surveillance d'automatisation de processus où des latences de communication de bout en bout de l'ordre d'au moins 100 ms peuvent être tolérées.

Afin de satisfaire aux besoins des utilisateurs et opérateurs industriels du sans-fil, la technologie spécifiée dans le présent document fournit de la robustesse en la présence d'interférences rencontrées dans les environnements industriels sévères ou provoquées par des systèmes sans fil qui ne sont pas couverts par la présente norme. Conformément à la description donnée à l'Article 4, la présente norme traite de la coexistence avec d'autres appareils sans fil dans l'espace de travail industriel, tels que les téléphones cellulaires et les appareils basés sur l'IEC 62591 (basée sur WirelessHART™¹), l'IEC 62601 (basée sur WIA-PA), l'IEEE 802.11:2012 (WiFi), l'IEEE 802.15, l'IEEE 802.16:2012 (WiMax) et d'autres normes applicables. De surcroît, la présente norme prend en charge l'interopérabilité des appareils conformes à la présente norme internationale, tels que décrits à l'Article 5, dans les aspects de fonctionnement couverts par la présente norme internationale.

La présente norme ne définit ni ne spécifie l'infrastructure d'une installation ou ses caractéristiques de sécurité ou de performances. Cependant, il est important que la sécurité de l'infrastructure de l'installation soit assurée par l'utilisateur final.

0.2 Structure du document

Le présent document est organisé en articles axés sur des fonctions de réseau et de couches de suite de protocoles uniques. Les articles décrivent le système, la gestion du système, la gestion de la sécurité, la couche physique, la couche liaison de données, la couche réseau, la couche transport, la couche d'application et la configuration. Des considérations génériques qui s'appliquent aux passerelles de protocoles sont également incluses, bien que les spécifications de passerelles de protocoles spécifiques ne le soient pas. Chaque article décrit une fonctionnalité ou une couche de protocoles et dicte le comportement indispensable pour un fonctionnement correct. Lorsqu'un article décrit des comportements relatifs à une autre fonction ou à une autre couche, une référence à l'autre article approprié est fournie pour informations complémentaires.

Les protocoles de communication obligatoires et facultatifs définis par le présent document se réfèrent à des protocoles natifs, alors que les protocoles utilisés par d'autres réseaux tels que les protocoles de communication de bus de terrain hérités se réfèrent à des protocoles étrangers.

¹ Propriété de HCF (HART Communication Foundation). Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs de la norme et ne signifie nullement l'approbation ou la recommandation du propriétaire de la marque ou des produits associés. La conformité à ce profil n'exige pas l'utilisation de la marque déposée. L'utilisation des marques déposées exige l'obtention préalable d'autorisations auprès du propriétaire des marques.

0.3 Droits de propriété potentiellement applicables

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) attire l'attention sur le fait qu'il est déclaré que la conformité avec les dispositions du présent document peut impliquer l'utilisation de plusieurs brevets:

- a) intéressant la cryptographie (asymétrique) sur courbes elliptiques traitée en 7.4.6 et en 7.2.2.3;
- b) intéressant la synchronisation d'horloges et l'évaluation de la qualité de liaison, traitées en 9.1.9.3 et en 9.1.15;
- c) intéressant des domaines de sujets non spécifiés;
- d) intéressant la mise en service d'un réseau sans fil, ainsi que le choix et le routage de plusieurs passerelles.

L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et au domaine d'application de ces droits de propriété.

Les détenteurs de ces droits de propriété ont donné l'assurance à l'IEC qu'ils consentent à négocier des licences avec des demandeurs du monde entier, soit sans frais (gratuitement) soit à des termes et conditions raisonnables et non discriminatoires (RAND). A ce propos, les déclarations des détenteurs suivants de ces droits de propriété sont enregistrées à l'IEC.

Des informations peuvent être demandées à:

a)	<p>Certicom Corporation 4701 Tahoe Blvd, Bldg A L4W 0B5 Mississauga, ON CANADA</p> <p>Attn: Patent licensing</p> <p>Dispositions de licence: vraisemblablement RAND</p> <p>Droits de propriété applicables: inconnus; non déclarés par le détenteur de droits de propriété</p>	b)	<p>NIVIS LLC 1000 Circle 75 Pkwy, Suite 300 Atlanta, GA 30339-6051 USA</p> <p>Attn: Patent licensing</p> <p>Dispositions de licence: RAND</p> <p>Droits de propriété applicables: – US 20100027437 – US 20100098204</p>
c)	<p>General Electric 1 Research Cir Schenectady, NY 12309-1027 USA</p> <p>Attn: Patent licensing</p> <p>Dispositions de licence: vraisemblablement RAND, réciprocité</p> <p>Droits de propriété applicables: inconnus; non déclarés par le détenteur de droits de propriété</p>	d)	<p>Yokogawa Electric Corporation 2-9-32 Nakachou, Musashina-shi Tokyo JAPAN</p> <p>Attn: Patent licensing</p> <p>Dispositions de licence: RAND, réciprocité</p> <p>Droits de propriété applicables: – JP 4129749 – US 8005514 – US 8031727 – US 8305927 – US 2009080394</p>
<p>Les détenteurs de droits de propriété, les droits de propriété et les dispositions de licence mentionnés ci-dessus correspondent à ceux déclarés dans la norme IEC tel qu'applicables à la norme IEC 62734, à compter de la date d'élaboration du présent texte.</p>			

L'attention est attirée sur la possibilité que des éléments du présent document puissent être sujets à des droits de brevets autres que ceux identifiés ci-dessus. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

L'ISO (<http://www.iso.org/patents>) et l'IEC (<http://patents.iec.ch>) tiennent à jour des bases de données en ligne sur les brevets relatifs à leurs normes. Les utilisateurs sont encouragés à consulter ces bases de données pour obtenir l'information la plus récente concernant les droits de propriété.

RÉSEAUX INDUSTRIELS – RÉSEAU DE COMMUNICATION SANS FIL ET PROFILS DE COMMUNICATION – ISA 100.11A

1 Domaine d'application

La présente norme internationale spécifie une méthode de fonctionnement fiable et sécurisé en mode sans fil pour les applications non critiques de contrôle, d'alerte, de commande de surveillance, de commande à boucle ouverte et de commande à boucle fermée. La présente norme définit une suite de protocoles, y compris la gestion de système, des considérations de passerelle et des spécifications de sécurité, pour une connectivité sans fil à bas débit avec des appareils fixes, portatifs et lentement mobiles, fonctionnant souvent sous des contraintes sévères d'énergie et de puissance. L'application dans la présente norme est principalement axée sur les besoins de performance du contrôle et de la surveillance d'automatisation de processus où des retards de communication de bout en bout de l'ordre de 100 ms peuvent être tolérés.

La présente norme spécifie ce qui suit:

- définition de service de la couche physique et spécification de protocole;
- définition de service de la couche liaison de données et spécification de protocole;
- définition de service de la couche réseau et spécification de protocole;
- définition de service de la couche transport et spécification de protocole;
- définition de service de la couche d'application et spécification de protocole, y compris la prise en charge pour la tunnellation de protocoles et les passerelles;
- sécurité et gestion de la sécurité;
- mise en service et configuration;
- gestion de réseau; et
- profils additifs de rôles de communication (c'est-à-dire qu'un ou plusieurs peuvent être sélectionnés simultanément).

La fonctionnalité au-dessus de la couche d'application du Modèle de référence de base OSI, telle que ladite User Layer (couche d'utilisateur) et les différents profils pour la fonctionnalité en cette couche n'est pas adressée. Elle est toutefois brièvement débattue à l'Annexe A.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

NOTE Voir la Bibliographie pour les références non normatives.

ISO/IEC 646, *Information technology – ISO 7-bit coded character set for information interchange* (disponible en anglais seulement)

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

ISO/IEC 18033-3, *Information technology – Security techniques – Encryption algorithms – Part 3: Block ciphers* (disponible en anglais seulement)

ISO/IEC 19772, *Information technology – Security techniques – Authenticated encryption* (disponible en anglais seulement)

ANSI X9.63:2011, *Public Key Cryptography for the Financial Services Industry – Key Agreement and Key Transport Using Elliptic Curve Cryptography* (disponible en anglais seulement)

IETF RFC 2460:1998, *Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification* (disponible en anglais seulement)

IETF RFC 2464, *Transmission of IPv6 Packets over Ethernet Networks* (disponible en anglais seulement)

IETF RFC 2529, *Transmission of IPv6 over IPv4 Domains without Explicit Tunnels* (disponible en anglais seulement)

IETF RFC 3168, *The Addition of Explicit Congestion Notification (ECN) to IP* (disponible en anglais seulement)

IETF RFC 4213, *Basic Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers* (disponible en anglais seulement)

IETF RFC 4291:2006, *IP Version 6 Addressing Architecture* (disponible en anglais seulement)

IETF RFC 4944, *Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks* (disponible en anglais seulement)

IETF RFC 6282:2011, *Compression Format for IPv6 Datagrams over IEEE 802.15.4-Based Networks* (disponible en anglais seulement)

IETF RFC 6298, *Computing TCP's Retransmission Timer* (disponible en anglais seulement)

IEEE 802.15.4™:2011², *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)* (disponible en anglais seulement)

SEC 1:2009, *Elliptic Curve Cryptography, version 2*, disponible à l'adresse <http://www.secg.org> (disponible en anglais seulement)

SEC 4, *Elliptic Curve Qu-Vanstone Implicit Certificate Scheme (ECQV), version 0.97*, disponible à l'adresse <http://www.secg.org> (disponible en anglais seulement)

² Propriété de l'IEEE, <http://www.ieee.org>.