



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Industrial communication networks – High availability automation networks –
Part 2: Media Redundancy Protocol (MRP)**

**Réseaux de communication industriels – Réseaux de haute disponibilité pour
l'automatisation –
Partie 2: Protocole de redondance du support (MRP)**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 25.040.40; 35.100.05

ISBN 978-2-8322-5320-5

**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.....	8
INTRODUCTION.....	10
INTRODUCTION to Corrigendum 1:.....	10
1 Scope.....	11
1.1 General.....	11
1.2 Code component distribution.....	11
2 Normative references	12
3 Terms, definitions, abbreviated terms and conventions.....	12
3.1 Terms and definitions.....	12
3.2 Abbreviated terms.....	13
3.3 Conventions.....	13
4 MRP Overview.....	13
5 MRP Media redundancy behavior	17
5.1 General.....	17
5.2 Ring ports	17
5.3 Media Redundancy Manager (MRM)	18
5.4 Media Redundancy Client (MRC)	20
5.5 Redundancy domain	20
5.6 Media Link Check	20
5.7 Application of the Continuity Check protocol	21
5.7.1 General	21
5.7.2 Continuity Check Message Interval.....	21
5.7.3 Maintenance Domain Level.....	21
5.7.4 Maintenance Association ID (MAID).....	21
5.7.5 Maintenance Association End Point ID (MEPID)	22
5.7.6 Sender ID TLV.....	22
5.7.7 Port Status TLV	22
5.7.8 Interface Status TLV	22
5.8 Usage with diagnosis and alarms	22
5.9 Ring diagnosis	23
5.10 Multiple MRM in a single ring: Manager voting option.....	23
5.10.1 General	23
5.10.2 Basic principle of the manager voting process	24
5.10.3 The manager voting process.....	25
5.11 BLOCKED not supported (Option).....	27
5.12 Interconnection port.....	27
5.13 Media redundancy Interconnection Manager (MIM)	29
5.14 Media redundancy Interconnection Client (MIC).....	31
5.15 Interconnection domain.....	32
5.16 Interconnection diagnosis	32
6 MRP Class specification	32
6.1 General.....	32
6.2 Template.....	33
6.2.1 Media redundancy template.....	33
6.2.2 Media redundancy Interconnection template	34
6.3 Attributes	35

7	MRP Service specification	39
7.1	Start MRM	39
7.2	Stop MRM.....	40
7.3	State Change.....	41
7.4	Start MRC.....	42
7.5	Stop MRC	43
7.6	Read MRM.....	44
7.7	Read MRC	46
7.8	Start MIM	47
7.9	Stop MIM	49
7.10	Interconnection State Change	50
7.11	Start MIC	50
7.12	Stop MIC.....	52
7.13	Read MIM	53
7.14	Read MIC	54
8	MRP protocol specification	56
8.1	PDU description.....	56
8.1.1	Basic data types	56
8.1.2	DLPDU abstract syntax reference	56
8.1.3	Coding of the DLPDU field SourceAddress	57
8.1.4	Coding of the DLPDU field DestinationAddress	57
8.1.5	Coding of the field TagControllInformation.....	57
8.1.6	Coding of the field LT	58
8.1.7	MRP APDU abstract syntax	58
8.1.8	Coding of the field MRP_TLVHeader	60
8.1.9	Coding of the field MRP_SubTLVHeader	60
8.1.10	Coding of the field MRP_Ed1Type and MRP_Ed1ManufacturerData	61
8.1.11	Coding of the field MRP_Version	61
8.1.12	Coding of the field MRP_SequenceID	61
8.1.13	Coding of the field MRP_SA	61
8.1.14	Coding of the field MRP_OtherMRMSA.....	62
8.1.15	Coding of the field MRP_Prio.....	62
8.1.16	Coding of the field MRP_OtherMRMPrio	62
8.1.17	Coding of the field MRP_PortRole	62
8.1.18	Coding of the field MRP_RingState.....	63
8.1.19	Coding of the field MRP_Interval	63
8.1.20	Coding of the field MRP_Transition.....	63
8.1.21	Coding of the field MRP_TimeStamp	63
8.1.22	Coding of the field MRP_Blocked.....	64
8.1.23	Coding of the field MRP_ManufacturerOUI	64
8.1.24	Coding of the field MRP_IECOUI	64
8.1.25	Coding of the field MRP_ManufacturerData	64
8.1.26	Coding of the field MRP_DomainUUID.....	64
8.1.27	Coding of the field MRP_InState	65
8.1.28	Coding of the field MRP_InID.....	65
8.1.29	Coding of the field MRP_LinkInfo.....	65
8.2	Protocol machines	65
8.2.1	MRM protocol machine	65
8.2.2	MRC protocol machine	76

8.2.3	MRA protocol machine.....	82
8.2.4	MRA, MRM and MRC functions.....	103
8.2.5	FDB clear timer	107
8.2.6	Topology change timer	107
8.2.7	MIM protocol machine.....	108
8.2.8	MIC protocol machine.....	116
8.2.9	MIM and MIC functions	123
8.2.10	Interconnection Topology Change timer.....	128
8.2.11	Interconnection Link Status Poll timer.....	128
9	MRP installation, configuration and repair.....	129
9.1	Ring port and Interconnection port parameters.....	129
9.2	Ring topology parameters	129
9.3	MRM parameters	130
9.4	MRC parameters and constraints	130
9.5	MRA compatibility to earlier Automanager protocol version	131
9.6	Interconnection topology parameters	131
9.7	MIM parameters.....	131
9.8	MIC parameters and constraints	132
9.9	Calculation of MRP ring recovery time	133
9.9.1	Overview	133
9.9.2	Deduction of formula	133
9.9.3	Worst-case calculation for recovery time of 10 ms	135
9.9.4	Worst-case calculation for 50 devices.....	136
9.10	Calculation of MRP Automanager voting time.....	136
9.11	Calculation of MRP Interconnection recovery time	136
10	MRP Management Information Base (MIB)	138
10.1	General.....	138
10.2	MRP MIB with a monitoring view	138
10.3	MRP MIB with a management and monitoring view	152
Annex A (normative) Optional earlier version of the Automanager protocol		167
Annex B (informative) Timing considerations for 10 Mbit/s link speed		168
Annex C (informative) Using MRP together with scheduling and shaping mechanisms as defined in IEEE Std 802.1Q and interspersing express traffic as defined in IEEE Std 802.3		170
C.1	General.....	170
C.2	Avoiding negative impact on the recovery time of an MRP ring	170
C.2.1	General	170
C.2.2	Interspersing express traffic.....	170
C.2.3	Enhancements for scheduled traffic	171
C.3	Configuration guidelines for increased performance of MRP	171
C.3.1	General	171
C.3.2	Interspersing express traffic.....	171
C.3.3	Enhancements for scheduled traffic	172
C.4	Calculation of MRP ring recovery time	172
C.4.1	Worst-case calculation for recovery time of 10 ms, using frame preemption	172
C.4.2	Worst-case calculation for 50 devices, using frame preemption	173
Annex D (informative) Advanced MRP and MRP Interconnection topologies		174
D.1	General.....	174

D.2	MRP Single Switch Multiple Rings (MRP-SSMR).....	174
D.3	Multiple MRP Interconnection	174
D.4	MRP Interconnection Dual Switch Multiple Couplings (MRP-I DSMC).....	175
	Bibliography.....	176
Figure 1	– Two MRP rings redundantly connected via MRP Interconnection	15
Figure 2	– MRP stack	17
Figure 3	– MRP ring topology with one manager and clients	18
Figure 4	– MRP open ring with MRM.....	19
Figure 5	– MRP ring with MRA at network startup	24
Figure 6	– MRP ring after the manager voting process.....	24
Figure 7	– Manager voting process	26
Figure 8	– MRA located outside the MRP ring.....	27
Figure 9	– MRP Interconnection topology.....	29
Figure 10	– MRP ring interconnection open	30
Figure 11	– MRP protocol machine for MRM	66
Figure 12	– MRP protocol machine for MRC	77
Figure 13	– MRP protocol machine for MRA.....	83
Figure 14	– MRP protocol machine for MIM in RC-mode and LC-mode	108
Figure 15	– MRP protocol machine for MIC in RC-mode and LC-mode.....	116
Figure D.1	– MRP Topologies	174
Figure D.2	– MRP Interconnection Topologies	175
Figure D.3	– MRP Interconnection Dual Switch Multiple Couplings Topology	175
Table 1	– Coding of the Maintenance Association ID (MAID).....	22
Table 2	– MRP Start MRM	39
Table 3	– MRP Stop MRM.....	41
Table 4	– MRP Change State.....	41
Table 5	– MRP Start MRC.....	42
Table 6	– MRP Stop MRC	43
Table 7	– MRP Read MRM.....	44
Table 8	– MRP Read MRC	46
Table 9	– MRP Start MIM.....	48
Table 10	– MRP Stop MIM	49
Table 11	– MRP Interconnection Change State.....	50
Table 12	– MRP Start MIC	51
Table 13	– MRP Stop MIC	52
Table 14	– MRP Read MIM	53
Table 15	– MRP Read MIC	55
Table 16	– MRP DLPDU syntax for ISO/IEC/IEEE 8802-3 (IEEE Std 802.3).....	56
Table 17	– MRP OUI.....	57
Table 18	– MRP MulticastMACAddress	57
Table 19	– MRP TagControlInformation.Priority field.....	58
Table 20	– MRP LT field	58

Table 21 – MRP APDU syntax	58
Table 22 – MRP Substitutions	59
Table 23 – MRP_TLVHeader.Type	60
Table 24 – MRP_SubTLVHeader.Type	60
Table 25 – MRP_Ed1Type and MRP_Ed1ManufacturerData	61
Table 26 – MRP_Ed1Type and MRP_Ed1ManufacturerData	61
Table 27 – MRP_Version	61
Table 28 – Coding of the field MRP_OtherMRMSA	62
Table 29 – MRP_Prio	62
Table 30 – Coding of the field MRP_OtherMRMPrio	62
Table 31 – MRP_PortRole	63
Table 32 – MRP_RingState	63
Table 33 – MRP_Interval	63
Table 34 – MRP_Transition	63
Table 35 – MRP_TimeStamp	64
Table 36 – MRP_Blocked	64
Table 37 – MRP_DomainUUID	64
Table 38 – MRP_InState	65
Table 39 – MRP_LinkInfo	65
Table 40 – MRP Local variables of MRM protocol machine	67
Table 41 – MRM State machine	68
Table 42 – MRP Local variables of MRC protocol machine	78
Table 43 – MRC state machine	78
Table 44 – MRP local variables of MRA protocol machine	84
Table 45 – MRA state machine	85
Table 46 – MRP functions and macros	103
Table 47 – MRP FDB clear timer	107
Table 48 – MRP topology change timer	108
Table 49 – MRP Local variables of MIM protocol machine	109
Table 50 – MIM State machine for LC-mode	110
Table 51 – MIM State machine for RC-mode	112
Table 52 – MRP Local variables of MIC protocol machine	117
Table 53 – MIC State machine for LC-mode	117
Table 54 – MIC State machine for RC-mode	121
Table 55 – MRP Interconnection functions	124
Table 56 – MRP Interconnection topology change timer	128
Table 57 – MRP Interconnection link status poll timer	129
Table 58 – MRP Network/Connection parameters	129
Table 59 – MRP MRM parameters	130
Table 60 – MRP MRC parameters	131
Table 61 – MRP MIM parameters	132
Table 62 – MRP MIC parameters	132
Table A.1 – Compatible mode MRP_Option for MRP_Test Substitutions	167

Table A.2 – Compatible mode MRP_Option frames MRP_TestMgrNAck and
MRP_TestPropagate Substitutions 167

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS – HIGH AVAILABILITY AUTOMATION NETWORKS –

Part 2: Media Redundancy Protocol (MRP)

FOREWORD

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

IEC 62439-2 has been prepared by subcommittee 65C: Industrial networks, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement, control and automation. It is an International Standard.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2016. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) improvements for the Continuity Check Protocol,
- b) introduction of further specifiers for the rings, the interconnection links, and the device roles,
- c) extensions and information on the use of baudrates smaller than 100 Mbit/s,
- d) information on using MRP together with scheduling and shaping mechanisms,
- e) introduction of an MRP Interconnection profile for a 30 ms reconfiguration time.

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

Draft	Report on voting
65C/1118/FDIS	65C/1137/RVD

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

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

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

This International Standard is to be read in conjunction with IEC 62439-1.

A list of all parts of the IEC 62439 series, published under the general title *Industrial communication networks – High availability automation networks*, can be found on the IEC website.

This IEC standard includes Code Components i.e. components that are intended to be directly processed by a computer. Such content is any text found between the markers <CODE BEGINS> and <CODE ENDS>, or otherwise is clearly labeled in this standard as a Code Component.

The purchase of this IEC standard carries a copyright license for the purchaser to sell software containing Code Components from this standard directly to end users and to end users via distributors, subject to IEC software licensing conditions, which can be found at: <http://www.iec.ch/CCv1>.

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

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

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

The contents of the corrigendum 1 (2023-05) have been included in this copy.

INTRODUCTION

The IEC 62439 series specifies relevant principles for high availability networks that meet the requirements for industrial automation networks.

In the fault-free state of the network, the protocols of the IEC 62439 series provide ISO/IEC/IEEE 8802-3 (IEEE Std 802.3™) compatible, reliable data communication, and preserve determinism of real-time data communication. In cases of fault, removal, and insertion of a component, they provide deterministic recovery times.

These protocols retain fully the typical Ethernet communication capabilities as used in the office world, so that the software involved remains applicable.

The market is in need of several network solutions, each with different performance characteristics and functional capabilities, matching diverse application requirements. These solutions support different redundancy topologies and mechanisms which are introduced in IEC 62439-1 and specified in the other Parts of the IEC 62439 series. IEC 62439-1 also distinguishes between the different solutions, giving guidance to the user.

The IEC 62439 series follows the general structure and terms of the IEC 61158 series.

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

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

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

INTRODUCTION to Corrigendum 1:

This Corrigendum 1 corrects an oversight during the final editing process of IEC 62439-2:2021. The MIB specifications included in Subclauses 10.2 and 10.3 refer to the FDIS documents and need to be updated with references to the final publications (both standard and associated MIB file).

NOTE This Corrigendum 1 includes corrections for the MIBs in Subclauses 10.2 and 10.3. The MIB in 10.3 is provided as a code component in a companion document, see <https://www.iec.ch/sc65c/supportingdocuments>. The (minor) correction for Subclause 10.3 is provided for convenience, while the version in the companion document IEC_62439-2_2021A2.mib contains the corrected code and prevails in case of discrepancies.

INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS – HIGH AVAILABILITY AUTOMATION NETWORKS –

Part 2: Media Redundancy Protocol (MRP)

1 Scope

1.1 General

The IEC 62439 series is applicable to high-availability automation networks based on the ISO/IEC/IEEE 8802-3 (IEEE Std 802.3) (Ethernet) technology.

This part of the IEC 62439 series specifies a recovery protocol based on a ring topology, designed to react deterministically on a single failure of an inter-switch link or switch in the network, under the control of a dedicated media redundancy manager node.

1.2 Code component distribution

Each Code Component is a ZIP package containing at least the electronic representation of the Code Component itself and a file describing the content of the package (IECManifest.xml).

The IECManifest contains different sections giving information on:

- the copyright notice;
- the identification of the code component;
- the publication related to the code component;
- the list of the electronic files which compose the code component;
- an optional list of history files to track changes during the evolution process of the code component.

The Code Components included in this IEC standard are a set of SNMP MIBs. The Code Component IEC-62439-2-MIB.mib is a file containing the MIB with the management and monitoring view. It will be available in a full version, which contains the MIB defined in this document with the documentation associated and access is restricted to purchaser of this document.

The Code Component (full version) is freely accessible on the IEC website for download at: https://www.iec.ch/sc65c/supportingdocuments/IEC_62439-2.MIB.{VersionStateInfo}.full.zip but the usage remains under the licensing conditions.

The life cycle of a code component is not restricted to the life cycle of the related publication. The publication life cycle goes through two stages, Version (corresponding to an edition) and Revision (corresponding to an amendment). Consequently, new release(s) of the Code Component(s) may be released, which supersede(s) the previous release, and will be distributed through the IEC website at: <https://www.iec.ch/sc65c/supportingdocuments>.

The latest version/release of the document will be found by selecting the file IEC_62439-2.MIB.{VersionStateInfo}.full.zip for the code component with the highest value for VersionStateInfo.

In case of any differences between the downloadable code and the IEC pdf published content, the downloadable code(s) is(are) the valid one; it may be subject to updates. See history files.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-192, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 192: Dependability* (available at www.electropedia.org)

IEC 61158-6-10:2019, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-10: Application layer protocol specification – Type 10 elements*

IEC 62439-1:2010, *Industrial communication networks – High availability automation networks – Part 1: General concepts and calculation methods*

IEC 62439-1:2010/AMD1:2012

IEC 62439-1:2010/AMD2:2016¹

ISO/IEC 10164-1, *Information technology – Open Systems Interconnection – Systems Management: Object Management Function*

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

IEEE Std 802.1Q-2018, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Bridges and Bridged Networks*

IEEE Std 802.3-2018, *IEEE Standard for Ethernet*

¹ A consolidated version of this publication exists, comprising IEC 62439-1:2010, IEC 62439-1:2010/AMD1:2012 and IEC 62439-1:2010/AMD2:2016.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	184
INTRODUCTION.....	186
INTRODUCTION au Corrigendum 1:	186
1 Domaine d'application	187
1.1 Généralités	187
1.2 Répartition des composants de code	187
2 Références normatives	188
3 Termes, définitions, termes abrégés et conventions	188
3.1 Termes et définitions	188
3.2 Termes abrégés.....	189
3.3 Conventions.....	189
4 Vue d'ensemble du protocole MRP	189
5 Comportement de redondance du support MRP.....	193
5.1 Généralités	193
5.2 Ports d'anneau.....	193
5.3 Gestionnaire de redondance du support (MRM)	194
5.4 Client de redondance du support (MRC)	196
5.5 Domaine de redondance	197
5.6 Vérification de liaison de support	197
5.7 Application du protocole de vérification de la continuité	197
5.7.1 Généralités	197
5.7.2 Intervalle des messages de vérification de la continuité.....	197
5.7.3 Niveau du domaine de maintenance	197
5.7.4 ID d'association de maintenance (MAID)	198
5.7.5 ID de point d'extrémité d'association de maintenance (MEPID).....	198
5.7.6 TLV d'ID d'émetteur	198
5.7.7 TLV d'état de port	198
5.7.8 TLV d'état d'interface.....	198
5.8 Utilisation avec des diagnostics et des alarmes	199
5.9 Diagnostic de l'anneau.....	199
5.10 Plusieurs MRM dans un seul anneau: Option de vote du gestionnaire.....	199
5.10.1 Généralités	199
5.10.2 Principe de base du processus de vote du gestionnaire.....	200
5.10.3 Le processus de vote du gestionnaire.....	201
5.11 BLOCKED non pris en charge (option).....	204
5.12 Port d'interconnexion	204
5.13 Gestionnaire d'interconnexion de redondance du support (MIM)	206
5.14 Client d'interconnexion de redondance du support (MIC)	208
5.15 Domaine d'interconnexion	209
5.16 Diagnostic d'interconnexion	209
6 Spécification de classe MRP	209
6.1 Généralités	209
6.2 Modèle.....	210
6.2.1 Modèle de redondance du support.....	210
6.2.2 Modèle d'interconnexion de redondance du support.....	211
6.3 Attributs	212

7	Spécification de service MRP	216
7.1	Démarrage MRM.....	216
7.2	Arrêt MRM	217
7.3	Changement d'état.....	218
7.4	Démarrage MRC	219
7.5	Arrêt MRC.....	220
7.6	Lecture MRM	221
7.7	Lecture MRC.....	223
7.8	Démarrage MIM	224
7.9	Arrêt MIM.....	226
7.10	Changement d'état d'interconnexion	227
7.11	Démarrage MIC	227
7.12	Arrêt MIC	229
7.13	Lecture MIM.....	230
7.14	Lecture MIC	231
8	Spécification du protocole MRP	233
8.1	Description de la PDU.....	233
8.1.1	Types de données de base	233
8.1.2	Référence de syntaxe abstraite de la DLPDU	233
8.1.3	Codage du champ SourceAddress des DLPDU	234
8.1.4	Codage du champ DestinationAddress des DLPDU	234
8.1.5	Codage du champ TagControllInformation	235
8.1.6	Codage du champ LT.....	235
8.1.7	Syntaxe abstraite des APDU MRP	235
8.1.8	Codage du champ MRP_TLVHeader.....	237
8.1.9	Codage du champ MRP_SubTLVHeader	237
8.1.10	Codage des champs MRP_Ed1Type et MRP_Ed1ManufacturerData	238
8.1.11	Codage du champ MRP_Version	238
8.1.12	Codage du champ MRP_SequenceID	238
8.1.13	Codage du champ MRP_SA.....	239
8.1.14	Codage du champ MRP_OtherMRMSA	239
8.1.15	Codage du champ MRP_Prio	239
8.1.16	Codage du champ MRP_OtherMRMPrio	239
8.1.17	Codage du champ MRP_PortRole.....	240
8.1.18	Codage du champ MRP_RingState	240
8.1.19	Codage du champ MRP_Interval.....	240
8.1.20	Codage du champ MRP_Transition	240
8.1.21	Codage du champ MRP_TimeStamp.....	241
8.1.22	Codage du champ MRP_Blocked	241
8.1.23	Codage du champ MRP_ManufacturerOUI.....	241
8.1.24	Codage du champ MRP_IECOUI	241
8.1.25	Codage du champ MRP_ManufacturerData	242
8.1.26	Codage du champ MRP_DomainUUID	242
8.1.27	Codage du champ MRP_InState	242
8.1.28	Codage du champ MRP_InID.....	242
8.1.29	Codage du champ MRP_LinkInfo	242
8.2	Machines de protocole	243
8.2.1	Machine de protocole du MRM.....	243
8.2.2	Machine de protocole du MRC	254

8.2.3	Machine de protocole du MRA	260
8.2.4	Fonctions MRA, MRM et MRC	281
8.2.5	Temporisateur d'annulation de la FDB	285
8.2.6	Temporisateur de changement de topologie	285
8.2.7	Machine de protocole du MIM	286
8.2.8	Machine de protocole du MIC	294
8.2.9	Fonctions du MIM et du MIC	302
8.2.10	Temporisateur de changement de topologie d'interconnexion	306
8.2.11	Temporisateur d'interrogation du statut de liaison d'interconnexion.....	306
9	Installation, configuration et réparation de MRP	307
9.1	Paramètres du port d'anneau et du port d'interconnexion	307
9.2	Paramètres de la topologie en anneau	307
9.3	Paramètres du MRM	308
9.4	Paramètres et contraintes pour le MRC.....	308
9.5	Compatibilité du MRA avec une version antérieure du protocole du gestionnaire automatique	309
9.6	Paramètres de topologie d'interconnexion.....	309
9.7	Paramètres du MIM.....	310
9.8	Paramètres et contraintes pour le MIC	310
9.9	Calcul du temps de reprise de l'anneau MRP	311
9.9.1	Vue d'ensemble	311
9.9.2	Déduction de formule.....	311
9.9.3	Calcul du scénario le plus défavorable pour un temps de reprise de 10 ms	313
9.9.4	Calcul du scénario le plus défavorable pour 50 appareils.....	314
9.10	Calcul du temps de vote du gestionnaire automatique MRP	315
9.11	Calcul du temps de reprise de l'interconnexion MRP	315
10	Base d'informations de gestion (MIB) MRP	316
10.1	Généralités	316
10.2	MIB MRP avec une vue de surveillance	317
10.3	MIB MRP avec une vue de gestion et de surveillance	330
Annexe A (normative) Version antérieure facultative du protocole du gestionnaire automatique.....		346
Annexe B (informative) Considérations sur le temps pour une vitesse de liaison de 10 Mbit/s.....		347
Annexe C (informative) Utilisation de MRP avec les mécanismes de programmation et de mise en forme définis dans l'IEEE Std 802.1Q et le trafic rapide à intercalage défini dans l'IEEE Std 802.3		349
C.1	Généralités	349
C.2	Eviter un impact négatif sur le temps de reprise d'un anneau MRP	349
C.2.1	Généralités	349
C.2.2	Trafic rapide à intercalage	350
C.2.3	Améliorations du trafic programmé	350
C.3	Lignes directrices de configuration pour améliorer les performances du MRP	350
C.3.1	Généralités	350
C.3.2	Trafic rapide à intercalage	351
C.3.3	Améliorations du trafic programmé	351
C.4	Calcul du temps de reprise de l'anneau MRP	352
C.4.1	Calcul du scénario le plus défavorable pour un temps de reprise de 10 ms selon la méthode de préemption des trames	352

C.4.2	Calcul du scénario le plus défavorable pour 50 appareils selon la méthode de préemption des trames	353
Annexe D (informative) Topologies d'interconnexion MRP et MRP avancées		354
D.1	Généralités	354
D.2	Anneaux MRP multiples à un commutateur (MRP-SSMR)	354
D.3	Interconnexion MRP multiple	354
D.4	Couplages d'interconnexions MRP multiples à deux commutateurs (MRP-I DSMC).....	355
Bibliographie.....		356
Figure 1 – Deux anneaux MRP connectés de manière redondante par une interconnexion MRP		191
Figure 2 – Pile MRP		193
Figure 3 – Topologie en anneau MRP qui inclut un gestionnaire et des clients.....		194
Figure 4 – Anneau ouvert MRP avec le MRM.....		195
Figure 5 – Anneau MRP avec un MRA au démarrage du réseau		200
Figure 6 – Anneau MRP après le processus de vote du gestionnaire		200
Figure 7 – Processus de vote du gestionnaire.....		203
Figure 8 – MRA situé hors de l'anneau MRP		204
Figure 9 – Topologie d'interconnexion MRP		206
Figure 10 – Interconnexion ouverte d'un anneau MRP		207
Figure 11 – Machine de protocole MRP pour le MRM.....		243
Figure 12 – Machine de protocole MRP pour le MRC		255
Figure 13 – Machine de protocole MRP pour le MRA		261
Figure 14 – Machine de protocole MRP pour le MIM en RC-mode et en LC-mode.....		286
Figure 15 – Machine de protocole MRP pour le MIC en RC-mode et en LC-mode		295
Figure D.1 – Topologies MRP		354
Figure D.2 – Topologies d'interconnexion MRP		355
Figure D.3 – Topologie des couplages d'interconnexions MRP multiples à deux commutateurs		355
Tableau 1 – Codage de l'ID d'association de maintenance (MAID).....		198
Tableau 2 – Service MRP Démarrage MRM		216
Tableau 3 – Service MRP Arrêt MRM.....		218
Tableau 4 – Service MRP Changement d'état		218
Tableau 5 – Service MRP Démarrage MRC		219
Tableau 6 – Service MRP Arrêt MRC		220
Tableau 7 – Service MRP Lecture MRM.....		221
Tableau 8 – Service MRP Lecture MRC		223
Tableau 9 – Service MRP Démarrage MIM.....		225
Tableau 10 – Service MRP Arrêt MIM		226
Tableau 11 – Service MRP Changement d'état d'interconnexion		227
Tableau 12 – Service MRP Démarrage MIC		228
Tableau 13 – Service MRP Arrêt MIC.....		229
Tableau 14 – Service MRP Lecture MIM		230

Tableau 15 – Service MRP Lecture MIC.....	232
Tableau 16 – Syntaxe de la DLPDU MRP selon l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 (IEEE Std 802.3).....	233
Tableau 17 – Champ MRP OUI.....	234
Tableau 18 – Champ MRP MulticastMACAddress	234
Tableau 19 – Champ MRP TagControlInformation.Priority	235
Tableau 20 – Champ MRP LT	235
Tableau 21 – Syntaxe des APDU MRP.....	235
Tableau 22 – Substitutions MRP	236
Tableau 23 – MRP_TLVHeader.Type	237
Tableau 24 – MRP_SubTLVHeader.Type	237
Tableau 25 – MRP_Ed1Type et MRP_Ed1ManufacturerData	238
Tableau 26 – MRP_Ed1Type et MRP_Ed1ManufacturerData	238
Tableau 27 – MRP_Version	238
Tableau 28 – Codage du champ MRP_OtherMRMSA.....	239
Tableau 29 – MRP_Prio	239
Tableau 30 – Codage du champ MRP_OtherMRMPrio	239
Tableau 31 – MRP_PortRole.....	240
Tableau 32 – MRP_RingState	240
Tableau 33 – MRP_Interval.....	240
Tableau 34 – MRP_Transition.....	241
Tableau 35 – MRP_TimeStamp.....	241
Tableau 36 – MRP_Blocked	241
Tableau 37 – MRP_DomainUUID	242
Tableau 38 – MRP_InState	242
Tableau 39 – MRP_LinkInfo.....	243
Tableau 40 – Variables locales MRP de la machine de protocole du MRM	245
Tableau 41 – Diagramme d'états du MRM.....	246
Tableau 42 – Variables locales MRP de la machine de protocole du MRC	256
Tableau 43 – Diagramme d'états du MRC	256
Tableau 44 – Variables locales MRP de la machine de protocole du MRA	262
Tableau 45 – Diagramme d'états du MRA	263
Tableau 46 – Fonctions et macros MRP.....	281
Tableau 47 – Temporisateur d'annulation de la FDB MRP.....	285
Tableau 48 – Temporisateur de changement de topologie MRP	286
Tableau 49 – Variables locales MRP de la machine de protocole du MIM	288
Tableau 50 – Diagramme d'états du MIM en LC-mode	288
Tableau 51 – Diagramme d'états du MIM en RC-mode.....	291
Tableau 52 – Variables locales MRP de la machine de protocole du MIC.....	296
Tableau 53 – Diagramme d'états du MIC en LC-mode.....	296
Tableau 54 – Diagramme d'états du MIC en RC-mode	300
Tableau 55 – Fonctions d'interconnexion MRP.....	302
Tableau 56 – Temporisateur de changement de topologie d'interconnexion MRP.....	306

Tableau 57 – Temporisateur d'interrogation du statut de liaison d'interconnexion MRP	307
Tableau 58 – Paramètres de réseau/connexion MRP	307
Tableau 59 – Paramètres relatifs au MRM MRP	308
Tableau 60 – Paramètres relatifs au MRC MRP	309
Tableau 61 – Paramètres relatifs au MIM MRP	310
Tableau 62 – Paramètres relatifs au MIC MRP	311
Tableau A.1 – MRP_Option en mode compatible pour les remplacements de trames MRP_Test.....	346
Tableau A.2 – MRP_Option en mode compatible pour les remplacements de trames MRP_TestMgrNAck et MRP_TestPropagate.....	346

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RÉSEAUX DE COMMUNICATION INDUSTRIELS – RÉSEAUX DE HAUTE DISPONIBILITÉ POUR L'AUTOMATISATION –

Partie 2: Protocole de redondance du support (MRP)

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.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 62439-2 a été établie par le sous-comité 65C: Réseaux industriels, du comité d'études 65 de l'IEC: Mesure, commande et automation dans les processus industriels. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2016. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) application du protocole de vérification de la continuité;
- b) introduction d'autres éléments de spécification pour les anneaux, les liaisons d'interconnexion et les rôles d'appareils;

- c) extensions et informations concernant l'utilisation de débits de transmission inférieurs à 100 Mbit/s;
- d) informations concernant l'utilisation du MRP, ainsi que les mécanismes de programmation et de mise en forme;
- e) introduction d'un profil d'interconnexion MRP pour un temps de reconfiguration de 30 ms.

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

Projet	Rapport de vote
65C/1118/FDIS	65C/1137/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 internationale.

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

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

La présente Norme internationale doit être lue conjointement avec l'IEC 62439-1.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62439, publiées sous le titre général *Réseaux de communication industriels – Réseaux de haute disponibilité pour l'automatisation*, se trouve sur le site web de l'IEC.

La présente norme IEC inclut des composants de code, c'est-à-dire des composants qui sont destinés à être traités directement par un ordinateur. Leur contenu correspond au texte placé entre les marqueurs <CODE BEGINS> et <CODE ENDS>, ou est clairement indiqué dans la présente norme comme étant un composant de code.

L'achat de la présente norme IEC inclut une licence de droits d'auteur qui permet à l'acheteur de vendre des logiciels qui contiennent des composants de code issus de la présente norme directement aux utilisateurs finaux et aux utilisateurs finaux par l'intermédiaire de distributeurs, sous réserve des conditions de licence logicielle de l'IEC, qui peuvent être consultées à l'adresse suivante: <http://www.iec.ch/CCv1>.

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

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

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de 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.

Le contenu du corrigendum 1 (2023-05) a été pris en considération dans cet exemplaire.

INTRODUCTION

La série IEC 62439 spécifie les principes pertinents relatifs aux réseaux de haute disponibilité qui respectent les exigences des réseaux industriels d'automatisation.

En l'absence de panne sur le réseau, les protocoles de la série IEC 62439 assurent une communication de données fiable et conforme à l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 (IEEE Std 802.3™) et préservent le caractère déterministe des communications de données en temps réel. En cas de panne, de retrait et d'insertion d'un composant, ils assurent des temps de reprise déterministes.

Ces protocoles conservent la totalité des fonctions de communication Ethernet classiques utilisées dans le monde professionnel, ce qui permet de continuer à utiliser le logiciel.

Le marché nécessite plusieurs solutions réseau, qui présentent des caractéristiques de performance et des capacités fonctionnelles différentes en fonction des différentes exigences de l'application. Ces solutions prennent en charge différents mécanismes et topologies de redondance qui sont présentés dans l'IEC 62439-1 et spécifiés dans les autres parties de la série IEC 62439. L'IEC 62439-1 distingue également les différentes solutions en fournissant des recommandations à l'utilisateur.

La série IEC 62439 suit la structure générale et les termes de la série IEC 61158.

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 d'un brevet. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à la portée de ces droits de propriété.

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

L'attention est d'autre part attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété autres que ceux qui ont été enregistrés dans la base de données des droits de propriété. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de l'identification de ces droits de propriété en tout ou partie.

INTRODUCTION au Corrigendum 1:

Ce Corrigendum 1 corrige un oubli lors du processus final d'édition de l'IEC 62439-2:2021. Les spécifications MIB incluses dans les Paragraphes 10.2 et 10.3 font référence aux documents FDIS et doivent être mises à jour avec des références aux publications finales (à la fois la norme et le fichier MIB associé).

NOTE Ce Corrigendum 1 inclut des corrections pour les MIBs dans les Paragraphes 10.2 et 10.3. La MIB dans le Paragraphe 10.3 est fournie sous forme de composant de code dans un document associé, voir <https://www.iec.ch/sc65c/supportingdocuments>. La correction du Paragraphe 10.3 est fournie à titre de référence ; la version du document associé IEC_62439-2_2021A2.mib contient le code corrigé et prévaut en cas de divergence.

D'autre part, les sections "DESCRIPTION" des MIBs dans les Paragraphes 10.2 et 10.3 ont été malencontreusement traduites dans la version française, ce qui n'est pas approprié pour des composants de code.

RÉSEAUX DE COMMUNICATION INDUSTRIELS – RÉSEAUX DE HAUTE DISPONIBILITÉ POUR L'AUTOMATISATION –

Partie 2: Protocole de redondance du support (MRP)

1 Domaine d'application

1.1 Généralités

La série IEC 62439 s'applique aux réseaux de haute disponibilité pour l'automatisation qui reposent sur la technologie ISO/IEC/IEEE 8802-3 (IEEE Std 802.3) (Ethernet).

La présente partie de la série IEC 62439 spécifie un protocole de reprise reposant sur une topologie en anneau, qui est conçu pour réagir de manière déterministe en cas de défaillance unique sur une maille interétage ou sur un commutateur du réseau, sous le contrôle d'un nœud du gestionnaire de redondance du support dédié.

1.2 Répartition des composants de code

Chaque composant de code est un paquet ZIP qui contient au moins la représentation électronique du composant de code lui-même et un fichier qui décrit le contenu du paquet (IECManifest.xml).

Le fichier IECManifest contient différentes sections qui fournissent des informations sur:

- la notice de droit d'auteur;
- l'identification du composant de code;
- la publication relative au composant de code;
- la liste des fichiers électroniques qui composent le composant de code;
- une liste facultative de fichiers historiques qui permet de suivre les modifications apportées au cours du processus d'évolution du composant de code.

Les composants de code inclus dans la présente norme IEC sont un ensemble de MIB SNMP. Le composant de code IEC-62439-2-MIB.mib est un fichier qui contient la MIB avec la vue de gestion et de surveillance. Il sera disponible dans une version complète, qui contient la MIB définie dans le présent document ainsi que la documentation associée, et dont l'accès est réservé à l'acheteur du présent document.

Le composant de code (version complète) est librement accessible en téléchargement sur le site web de l'IEC à l'adresse suivante: https://www.iec.ch/sc65c/supportingdocuments/IEC_62439-2.MIB.{VersionStateInfo}.full.zip, mais son utilisation reste soumise aux conditions de licence.

Le cycle de vie d'un composant de code ne se limite pas au cycle de vie de la publication correspondante. Le cycle de vie de la publication comprend deux étapes, la Version (qui correspond à une édition) et la Révision (qui correspond à un amendement). Par conséquent, de nouvelles versions des composants de code peuvent être publiées, qui remplacent la version précédente, et sont disponibles sur le site web de l'IEC à l'adresse suivante: <https://www.iec.ch/sc65c/supportingdocuments>.

La dernière version/publication du document est accessible en sélectionnant le fichier IEC_62439-2.MIB.{VersionStateInfo}.full.zip du composant de code dont la valeur de VersionStateInfo est la plus élevée.

Si le code téléchargeable et le contenu publié par l'IEC au format PDF diffèrent, le code téléchargeable est le contenu valide; il peut faire l'objet de mises à jour. Voir les fichiers historiques.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. 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).

IEC 60050-192, *Vocabulaire électrotechnique international – Partie 192: Sûreté de fonctionnement* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)

IEC 61158-6-10:2019, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 6-10: Spécification de protocole de couche d'application – Éléments de type 10*

IEC 62439-1:2010, *Réseaux industriels de communication industriels – Réseaux d'automatisme à haute disponibilité – Partie 1: Concepts généraux et méthodes de calcul*
IEC 62439-1:2010/AMD1:2012
IEC 62439-1:2010/AMD2:2016¹

ISO/IEC 10164-1, *Information technology — Open Systems Interconnection — Systems Management: Object Management Function — Amendment 1: Implementation conformance statement proformas* (disponible en anglais seulement)

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

IEEE Std 802.1Q-2018, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Bridges and Bridged Networks* (disponible en anglais seulement)

IEEE Std 802.3-2018, *IEEE Standard for Ethernet* (disponible en anglais seulement)

¹ Il existe une version consolidée de cette publication qui comprend l'IEC 62439-1:2010, l'IEC 62439-1:2010/AMD1:2012 et l'IEC 62439-1:2010/AMD2:2016.