

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



**Electronic railway equipment – Train communication network (TCN) –  
Part 3-4: Ethernet Consist Network (ECN)**

**Matériel électronique ferroviaire – Réseau embarqué de train (TCN) –  
Partie 3-4: Réseau Ethernet de Rame (ECN)**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

### About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

#### IEC Catalogue - [webstore.iec.ch/catalogue](http://webstore.iec.ch/catalogue)

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

#### IEC publications search - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

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

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

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

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

#### IEC Glossary - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

#### IEC Customer Service Centre - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch).

### A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

### A propos des publications IEC

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

#### Catalogue IEC - [webstore.iec.ch/catalogue](http://webstore.iec.ch/catalogue)

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

#### Recherche de publications IEC - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

#### Glossaire IEC - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

#### Service Clients - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch).



IEC 61375-3-4

Edition 1.0 2014-03

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



**Electronic railway equipment – Train communication network (TCN) –  
Part 3-4: Ethernet Consist Network (ECN)**

**Matériel électronique ferroviaire – Réseau embarqué de train (TCN) –  
Partie 3-4: Réseau Ethernet de Rame (ECN)**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

**XF**

ICS 45.060

ISBN 978-2-8322-1447-3

**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.....	9
INTRODUCTION.....	11
1 Scope.....	12
2 Normative references .....	12
3 Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions .....	13
3.1 Terms and definitions.....	13
3.2 Symbols and abbreviated terms .....	14
3.3 Conventions.....	17
3.3.1 Bit numbering conventions.....	17
3.3.2 Byte order conventions .....	17
3.3.3 Data types .....	17
4 Common part.....	18
4.1 General.....	18
4.2 Architecture .....	18
4.2.1 Network structure .....	18
4.2.2 Network topology .....	19
4.2.3 End Device classes .....	20
4.2.4 Network Device types and Consist Switch classes .....	21
4.3 Data class.....	22
4.4 Functions and services .....	23
4.5 Redundancy.....	24
4.5.1 General .....	24
4.5.2 Definitions .....	25
4.5.3 Redundancy managed at network level.....	25
4.5.4 Redundancy managed at End Device level .....	26
4.6 Quality of service .....	27
4.6.1 General .....	27
4.6.2 Priority level .....	27
4.6.3 Assignment of priority level.....	28
4.6.4 Consist Switch behavior .....	28
4.6.5 Ingress rate limiting .....	28
4.6.6 Egress rate shaping.....	29
4.7 IP address and related definitions .....	29
4.7.1 Consist Network address .....	29
4.7.2 Train Network Address .....	29
4.7.3 Group Address .....	30
4.7.4 Name resolution and naming definitions .....	30
4.8 IP address and network configuration management .....	31
4.8.1 Consist Network address management.....	31
4.8.2 Train network address management .....	31
4.8.3 Static network configuration parameters .....	32
4.8.4 DHCP configuration parameters .....	32
4.8.5 IP address management for TBN redundancy .....	33
4.9 Network Device interface .....	34
4.9.1 General .....	34

4.9.2	Function requirements .....	34
4.9.3	Performance requirements.....	36
4.9.4	Physical Layer .....	36
4.9.5	Link Layer.....	39
4.9.6	Network Layer .....	39
4.9.7	Transport Layer .....	39
4.9.8	Application layers .....	40
4.10	End Device interface.....	40
4.10.1	General .....	40
4.10.2	Physical Layer .....	42
4.10.3	Link Layer.....	43
4.10.4	Network layer .....	43
4.10.5	Transport Layer .....	43
4.10.6	Application layer .....	43
4.11	Gateway functions .....	44
4.11.1	WTB gateway functions .....	44
4.11.2	ETB gateway functions .....	44
4.12	Network management .....	45
4.12.1	ECN network management .....	45
4.12.2	WTB network management .....	45
4.12.3	ETB network management.....	45
5	Conformance test .....	45
Annex A (informative)	Reliability and availability comparison between ECN architectures.....	46
A.1	General.....	46
A.2	Failure cases .....	46
A.2.1	Definitions .....	46
A.2.2	Example of failure cases – Linear topology .....	47
A.2.3	Example of failure cases – Parallel networks .....	48
A.2.4	Example of failure cases – Ring topology .....	49
A.2.5	Example of failure cases – Ladder topology.....	50
A.3	Redundancy level of ECN architecture .....	52
A.4	Reliability analysis of redundancy level.....	53
A.5	Redundancy of End Devices .....	55
Annex B (informative)	Railway-Network Address Translation (R-NAT) .....	57
B.1	General.....	57
B.2	Local Consist subnet IP address .....	57
B.3	TBN R-NAT.....	58
B.4	Interoperability issue between TBNs .....	58
Annex C (normative)	Transceiver with amplified signals protocol definition .....	60
C.1	General.....	60
C.2	Type A: Transceiver with amplified signals for Physical Layer based on IEEE 802.3 (10BASE-T).....	60
C.2.1	General .....	60
C.2.2	Transceiver unit.....	60
C.2.3	Transmission signal characteristics .....	61
C.2.4	Reception signal characteristics .....	64
C.3	Type B: Transceiver with amplified signals for Physical Layer based on IEEE 802.3 (100BASE-TX).....	65

C.3.1	General .....	65
C.3.2	Transceiver unit.....	65
C.3.3	Transmission signal characteristics .....	66
C.3.4	Reception signal characteristics .....	66
Annex D (informative)	Ladder topology protocol definition.....	68
D.1	General.....	68
D.2	Architecture of Consist Network Node .....	68
D.2.1	General .....	68
D.2.2	Concept of ladder topology .....	68
D.2.3	Configuration of ladder topology .....	69
D.2.4	Functional structure of Consist Network Node.....	70
D.2.5	Traffic Store for Process Data.....	72
D.2.6	Redundancy in ladder topology.....	73
D.2.7	Configuration parameters for ladder topology .....	75
D.2.8	Signal connection for trunk link .....	76
D.2.9	Local link connection .....	77
D.3	Link Layer.....	77
D.3.1	General .....	77
D.3.2	MAC – Media Access Control .....	78
D.3.3	IP address and IP address management.....	101
D.4	Consist Network Node management protocol .....	101
D.4.1	General .....	101
D.4.2	Architecture of CNN management.....	102
D.4.3	Individual CNN management information .....	102
D.4.4	CNN management database .....	105
D.4.5	Primitives for CNN management protocol .....	107
D.4.6	Parameters for CNN management protocol.....	107
D.4.7	Timers for CNN management protocol .....	108
D.4.8	Procedures for CNN management protocol .....	109
D.4.9	Operation of CNN management machine .....	112
D.4.10	Port number assignment for CNN management protocol .....	114
D.5	Failure cases in ladder topology.....	115
D.5.1	General .....	115
D.5.2	Failure cases .....	115
D.5.3	Restore of the network.....	119
Bibliography	.....	120
Figure 1 – Logical view of the ECN .....		19
Figure 2 – Examples of ECN physical topologies .....		20
Figure 3 – Example of network components.....		25
Figure 4 – Examples of dual homing .....		27
Figure 5 – D-coded M12 connector .....		38
Figure 6 – Logical structure of the gateway between ECN and WTB .....		44
Figure A.1 – Example of single network component failure .....		46
Figure A.2 – Example of double network component failures .....		47
Figure A.3 – Example of a single component failure at a link on linear topology .....		47
Figure A.4 – Example of a single component failure at an active component on linear topology.....		48

Figure A.5 – Example of a single component failure at a link on parallel networks .....	48
Figure A.6 – Example of a single component failure at an active component on parallel networks .....	49
Figure A.7 – Example of a single component failure at a link on ring topology .....	49
Figure A.8 – Example of a single component failure at an active component on ring topology .....	50
Figure A.9 – Example of a single component failure at an active component on ring topology (with dual homing ED) .....	50
Figure A.10 – Example of a single component failure at a link on a ladder topology .....	51
Figure A.11 – Example of a single component failure at an active component on ladder topology .....	51
Figure A.12 – Example of double component failures at links on ladder topology .....	51
Figure A.13 – Example of double component failures at active components on ladder topology (with bypass) .....	52
Figure A.14 – Example of ECN architecture classified by redundancy level .....	53
Figure B.1 – Example of ECN local IP range, “shadow” of train IP range for R-NAT .....	57
Figure B.2 – Example of Railway Network Translation (R-NAT) .....	58
Figure B.3 – From R-NAT TBN to TBN .....	59
Figure B.4 – From TBN to R-NAT TBN .....	59
Figure C.1 – Block diagram of transceiver unit for 10BASE-T MAU .....	61
Figure C.2 – Differential output voltage test .....	61
Figure C.3 – Twisted-pair model .....	62
Figure C.4 – Amplified voltage template .....	62
Figure C.5 – Amplified transmitter waveform for start of TP_IDL .....	63
Figure C.6 – Start-of-TP_IDL test load .....	64
Figure C.7 – Amplified transmitter waveform for link test pulse .....	64
Figure C.8 – Amplified receiver differential input voltage – narrow pulse .....	65
Figure C.9 – Amplified receiver differential input voltage – wide pulse .....	65
Figure C.10 – Block diagram of transceiver unit .....	66
Figure C.11 – Signal_detect assertion threshold .....	67
Figure D.1 – Concept of ladder topology .....	69
Figure D.2 – Configuration of ladder topology .....	69
Figure D.3 – Basic flows of data frames on trunk links and local links in ladder topology .....	70
Figure D.4 – Functional structure of Consist Network Node .....	72
Figure D.5 – Concept of Traffic Store in ladder topology .....	73
Figure D.6 – Example of configuration of ladder topology .....	74
Figure D.7 – Block diagram of the transceiver unit for a single twisted pair connection .....	77
Figure D.8 – Cable connection for a single twisted pair .....	77
Figure D.9 – Example of CNN number assignment in ladder topology .....	79
Figure D.10 – Frame format for the commands .....	80
Figure D.11 – Link establishment between two CNNs .....	82
Figure D.12 – Link establishment in ladder topology .....	83
Figure D.13 – Local links between redundant CNNs .....	83
Figure D.14 – Example of CNN modes .....	83
Figure D.15 – Structure and primitives of Real Time MAC sub-layer .....	85



Figure D.16 – TPCM state machine .....	90
Figure D.17 – ACM state machine.....	93
Figure D.18 – State diagram of USE_TOKEN.....	95
Figure D.19 – Example of sequence of transmission .....	99
Figure D.20 – Architecture of CNN management.....	102
Figure D.21 – State diagram for CNNMM .....	113
Figure D.22 – Normal configuration of transmission paths in ladder topology .....	115
Figure D.23 – Re-configuration of transmission paths with a single link failure in a sub-network.....	116
Figure D.24 – Re-configuration of transmission paths with a single CNN failure in a sub-network .....	116
Figure D.25 – Re-configuration of transmission paths with double failures of links in a sub-network .....	117
Figure D.26 – Re-configuration of transmission paths with double failures of links over both sub-networks .....	117
Figure D.27 – Re-configuration of transmission paths with double failures of CNNs over both sub-networks.....	118
Figure D.28 – Re-configuration of transmission paths with double failures of a link and a CNN over both sub-networks .....	118
Figure D.29 – Re-configuration of transmission paths with double failures of a link and a CNN over both sub-networks .....	119
Table 1 – End Device classes (1).....	21
Table 2 – End Device classes (2).....	21
Table 3 – Network Device types.....	22
Table 4 – Consist Switch classes.....	22
Table 5 – Data class service parameters .....	23
Table 6 – Typical values for data class service parameters.....	23
Table 7 – Mapping of priorities to data classes .....	28
Table 8 – End Device static network configuration parameters.....	32
Table 9 – DHCP options .....	33
Table 10 – Summary of Network Device interfaces .....	34
Table 11 – Pinning for D-coded M12 connector.....	38
Table 12 – Summary of End Device interfaces.....	41
Table A.1 – Redundancy level of ECN architecture .....	52
Table A.2 – Reliability of redundancy level.....	54
Table A.3 – Reliability when common cause failures are considered .....	54
Table A.4 – Parameters for reliability and availability calculation .....	55
Table A.5 – Reliability and availability example values.....	55
Table A.6 – Reliability with ED redundancy comparison .....	56
Table A.7 – Comparison of MTBFs ratios with ED redundancy.....	56
Table C.1 – Output voltage template table .....	63
Table C.2 – Twisted pair active output interface.....	66
Table D.1 – Configuration parameters for CNN in sub-network 1 .....	75
Table D.2 – Configuration parameters for CNN in sub-network 2 .....	75



Table D.3 – Configuration_Process_Data_Transmission_Substitute.....	76
Table D.4 – Type_Configuration_Substitute .....	76
Table D.5 – Signal connection between transceivers (single twisted pair) .....	77
Table D.6 – CNN number .....	78
Table D.7 – Contents of the Destination Address field .....	80
Table D.8 – Contents of the Source Address field .....	80
Table D.9 – Contents of the Length/Type field .....	80
Table D.10 – Contents of command and check code fields.....	81
Table D.11 – Contents of the Padding field .....	81
Table D.12 – CNN mode for CNN in ladder topology .....	84
Table D.13 – Physical layer primitives .....	85
Table D.14 – Variables and parameters for real time MAC protocol.....	86
Table D.15 – Frame name .....	87
Table D.16 – Timers for real time MAC protocol.....	87
Table D.17 – Procedures for real time MAC protocol.....	88
Table D.18 – Events for real time MAC protocol.....	88
Table D.19 – TRRC primitives.....	88
Table D.20 – TRRC operation on acceptance of request primitives .....	89
Table D.21 – TRRC operation on acceptance of physical indication primitives .....	89
Table D.22 – State transition table for TPCM .....	91
Table D.23 – Procedures in TPCM state machine .....	92
Table D.24 – TPCM primitives .....	92
Table D.25 – State transition table for ACM .....	94
Table D.26 – State transition table for USE_TOKEN .....	96
Table D.27 – Variable for ACM .....	97
Table D.28 – Configuration parameters for real time MAC.....	97
Table D.29 – Time elements for sequence of transmission.....	99
Table D.30 – Data class service parameters .....	100
Table D.31 – Notation for IP address fields .....	101
Table D.32 – Format of individual CNN management information.....	103
Table D.33 – Description of parameters for individual CNN management information.....	104
Table D.34 – Type_Connection_Status .....	105
Table D.35 – Type_CNN_Flags.....	105
Table D.36 – Type_Ip_Addr_3_4.....	105
Table D.37 – Parameters of CNN management database .....	106
Table D.38 – Type_Connection_Status_All .....	106
Table D.39 – Type_Ip_ Addr_3_4_All.....	107
Table D.40 – Type_Healthy_Count_All.....	107
Table D.41 – Primitives to the lower protocol layer for CNN management .....	107
Table D.42 – Parameters for CNN management.....	108
Table D.43 – Timers for CNN management.....	109
Table D.44 – Procedures for CNN management.....	109
Table D.45 – Functions for substitution transmission by detecting bypassed CNN .....	110

Table D.46 – Functions for substitution transmission by detecting link failure.....	112
Table D.47 – Events for CNN management.....	112
Table D.48 – State transition table for CNNMM.....	114
Table D.49 – Default port number for CNN management protocol .....	115

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRONIC RAILWAY EQUIPMENT –  
TRAIN COMMUNICATION NETWORK (TCN) –****Part 3-4: Ethernet Consist Network (ECN)**

## 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.

International Standard IEC 61375-3-4 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

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

FDIS	Report on voting
9/1873/FDIS	9/1904/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.

A list of all parts of IEC 61375 series, under the general title *Electronic railway equipment – Train communication network (TCN)*, can be found on the IEC website.

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

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

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

## INTRODUCTION

This part of IEC 61375 series of international standards specifies the Consist Network based on Ethernet technology, i.e. the Ethernet Consist Network (ECN) within the TCN architecture as defined in IEC 61375-1, and End Devices which can attach to the ECN. In addition gateway services between Train Backbone and ECN are specified.

The general architecture of the TCN (see IEC 61375-1) defines a hierarchical structure with two levels of networks, Train Backbone(s) and Consist Network(s). This hierarchical structure specifies Consist Networks based on different technologies such as MVB, CANopen and ECN interfacing one Train Backbone. ECNs based on different design and implementation may be interfaced to the same Train Backbone reaching the result that the Train Backbone ensures interoperability between Consist Networks with different implementations.

The common part, consisting of Clauses 1 to 4, defines requirements and specifications which are common to all ECN implementations and End Devices and gateways.

The common part defines

- the data communication interface of End Devices connected to the ECN,
- functions and services provided by the ECN to End Devices,
- the gateway functions for data transfer between Train Backbone and the ECN, and
- performances of the ECN.

# **ELECTRONIC RAILWAY EQUIPMENT – TRAIN COMMUNICATION NETWORK (TCN) –**

## **Part 3-4: Ethernet Consist Network (ECN)**

### **1 Scope**

This part of IEC 61375 specifies the data communication network inside a Consist based on Ethernet technology, the Ethernet Consist Network (ECN).

The applicability of this part of IEC 61375 to the Consist Network allows for interoperability of individual vehicles within Open Trains in international traffic.

This part of IEC 61375 may be additionally applicable to closed trains and Multiple Unit Trains when so agreed between purchaser and supplier.

### **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.

IEC 61076-2-101, *Connectors for electronic equipment – Product requirements – Part 2-101: Circular connectors – Detail specification for M12 connectors with screw-locking*

IEC 61076-3-104, *Connectors for electronic equipment – Product requirements – Part 3-104: Detail specification for 8-way, shielded free and fixed connectors for data transmissions with frequencies up to 1 000 MHz*

IEC 61156-6, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 6: Symmetrical pair/quad cables with transmission characteristics up to 1 000 MHz – Work area wiring – Sectional specification*

IEC 61375-1, *Electronic railway equipment – Train Communication Network (TCN) – Part 1: General architecture*

IEC 61375-2-1, *Electronic railway equipment – Train Communication Network (TCN) – Part 2-1: Wire Train Bus (WTB)*

IEC 61375-2-5, *Electronic railway equipment – Train Communication Network (TCN) – Part 2-5: Ethernet Train Backbone (ETB)*

IEC 62439 (all parts), *Industrial communication networks – High availability automation networks*

ISO/IEC 7498, *Information technology – Open Systems Interconnection (OSI) – The Basic reference model*

ISO/IEC 8824 (all parts), *Information technology – Abstract Syntax Notation One (ASN.1)*

ISO/IEC 11801, *Information technology – Generic cabling for customer premises*

TIA/EIA-568-B, *Commercial Building Telecommunications Cabling Standard – Part 1: General Requirements (ANSI/TIA/EIA-568-B.1-2001)*

ANSI X3.263:1995, *EN-Information Technology - Fibre Distributed Data Interface (FDDI) - Token Ring Twisted Pair Physical Layer Medium Dependent (TP-PMD) (order number ANSI INCITS 263)*

IEEE 802.1D, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Media Access Control (MAC) Bridges*

IEEE 802.1Q, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Virtual Bridged Local Area Networks*

IEEE 802.3, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications*

### **3 Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions**

#### **3.1 Terms and definitions**

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 61375-1 and the following apply.

##### **3.1.1**

##### **auto negotiation**

auto negotiation function allows two network devices on a point-to-point link to choose the best possible configuration; e.g. full/half duplex mode, transmission speed

##### **3.1.2**

##### **auto polarity**

auto polarity function corrects the signal polarity automatically

##### **3.1.3**

##### **crossover function**

crossover function connects the transmitter of PHY to the receiver of PHY at the end of point-to-point transmit-receive-pair link

##### **3.1.4**

##### **full duplex mode**

full duplex mode allows both sending and receiving frames at a time between stations on a link

##### **3.1.5**

##### **intra-car connection**

connection (link) between communication devices inside a car

##### **3.1.6**

##### **inter-car connection**

connection (link) between communication devices at the interface between two cars excluding the interface between Consists

##### **3.1.7**

##### **link layer**

layer in the OSI model establishing point-to-point and broadcast and multicast connections between devices attached to the logical communication channel consisting of one or more physical links



### 3.1.8

#### **physical layer**

layer in the OSI model providing the means of transmitting raw bits over a physical link

### 3.1.9

#### **power over ethernet**

Power over Ethernet technology uses the Ethernet cable for both signalling and power supply, there are PSE (Power Sourcing Equipment) terminal and PD (Power Device) terminal

### 3.1.10

#### **presentation layer**

layer in the OSI model for representing and formatting information of applications

### 3.1.11

#### **session layer**

layer in the OSI model for managing a session between applications

### 3.1.12

#### **tag**

a field inserted in the MAC frame of IEEE 802.3, which is inserted after the source MAC address field

### 3.1.13

#### **token**

a signal that is used for medium access control to avoid collisions, and transmitted between communication devices

### 3.1.14

#### **virtual LAN**

virtual LAN technology divides one physical LAN into several logically separated networks on Link Layer; i.e. there are separated broadcast domains in one physical LAN

## 3.2 Symbols and abbreviated terms

ACK	Acknowledgement
ACM	Access Control Machine
ALG	Application Layer Gateway
ANSI	American National Standard Institute, a standardisation body in the United States
ARP	Address Resolution Protocol
ASN.1	Abstract Syntax Notation Number 1 on data presentation (ISO/IEC 8824)
AWG	American Wire Gauge
bps	bits per second
BT	Bit Time
CCF	Common Cause Failure
CI	Control In
CNN	Consist Network Node
CS	Consist Switch
DA	Destination Address
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DI	Data In
DNS	Domain Name System
DO	Data Out

DSCP	Differentiated Services Code Point, defined in RFC 2474
ECN	Ethernet Consist Network
ED	End Device
EIA	Electronics Industries Association, a standardisation body in the United States
EMC	electro-magnetic compatibility
EMU	Electric Multiple Unit
ETB	Ethernet Train Backbone
ExP	External Port
FCS	Frame Check Sequence
FTP	File Transfer Protocol
FQDN	Full Qualified Domain Name
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
ICMP	Internet Control Message Protocol
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York
IETF	Internet Engineering Task Force
IGMP	Internet Group Management Protocol
InP	Internal Port
I/O	Input and Output
IP	Internet Protocol
LAN	Local Area Network
LPR	Local Port for Reception
LPT	Local Port for Transmission
LSB	Least Significant Bit
MAC	Medium Access Control, a sub-layer within the Link Layer ruling which device is entitled to send on the bus
MAU	Medium Attachment Unit
MD	Message Data
MDI	Media Dependent Interface
MDI-X	MDI implementing crossover function
MRP	Media Redundancy Protocol
MSB	Most Significant Bit
MTBF	Mean Time Between Failures
MVB	Multifunction Vehicle Bus
NAT	Network Address Translation
ND	Network Device
NTP	Network Time Protocol
OSI	Open System Interconnection, a universal communication model defined in the ISO/IEC 7498
OSPF	Open Shortest Path First
PC	Personal Computer
PCS	Physical Coding Sublayer
PD	Process Data
PHY	Physical Layer, Physical Layer device
PMA	Physical Media Attachment

PMD	Physical Medium Dependent
PoE	Power over Ethernet
QoS	Quality of service
RD	Receive Data
RDA	Receive Data Amplified
RFC	Request for Comments, Internet Standard published by the Internet Engineering Task Force (IETF)
R-NAT	Railway Network Address Translation
RX	Receive
SFD	Start Frame Delimiter
SNMP	Simple Network Management Protocol
SNTP	Simple Network Time Protocol
SS	Signal Status
STP	Shielded Twisted Pair cable, a cable in which each pair of two conductors are twisted together and shielded
TBN	Train Backbone Node
TCN	Train Communication Network, a set of communicating vehicle and Train Backbones
TCP	Transmission Control Protocol
TD	Transmit Data
TDA	Transmit Data Amplified
TDRD	Transmit Data and Receive Data
TFLPR	Timer for Failure of Local Port for Reception
TFTP	Trivial File Transfer Protocol
TFTPU	Timer for Failure of Trunk Port Up link
TIA	Telecommunications Industry Association
TLT	Timer for Limit Time
TNM	Train Network Management
TNMS	Timer for CNN Management Sending
TNORD	Timer for No Reception Down link
TNORU	Timer for No Reception Up link
TPCM	Trunk Port Control Machine
TPD	Trunk Port Down link
TPU	Trunk Port UP link
TPUD	Trunk Port Up link and Down link
TREQ	Timer for Transmit Request
TRLPR	Timer for Recovery of Local Port for Reception
TRTPD	Timer for Recovery of Trunk Port Down link
TRTPU	Timer for Recovery of Trunk Port Up link
TRRC	Transmission, Reception and Repeat Control
TTRT	Target Token Rotation Timer
TX	Transmit
UDP	User Datagram Protocol

UTP	Unshielded Twisted Pair cable, a cable in which each pair of two conductors are twisted together and not shielded
VLAN	Virtual LAN
VTLT	Value to Timer for Limit Time
VTREQ	Value to Timer for Transmit Request
VTTRT	Value to Target Token Rotation Timer
WTB	Wire Train Bus

### 3.3 Conventions

The conventions defined in IEC 61375-1 as well as the following apply.

#### 3.3.1 Bit numbering conventions

In the representation of message formats defined in this standard the bit numbering follows the representation of power of two value in a byte or word.

#### 3.3.2 Byte order conventions

In the representation of message formats defined in this standard encoding of integer values is big-endian if not otherwise stated.

The format of a message is specified in a graphical form followed by a table form to show the details. Octets in the format are ordered from left to right and from top to bottom when they are encoded in an Ethernet frame, if not otherwise stated.

#### 3.3.3 Data types

##### 3.3.3.1 General

In the representation of message formats defined in this standard data types are specified according to ASN.1. However, encoding rules of ASN.1 are not applied to ignore identifier, length, and end-of-contents octets. Data types which are added are as follows.

NOTE Most types are same as defined in IEC 61375-2-1.

##### 3.3.3.2 Notation for the boolean type

A simple type with two distinguished values, TRUE and FALSE.

NOTE This is the same definition as IEC 61375-2-1.

Syntax is as follows.

BooleanType ::= BOOLEAN1

This shall be encoded as one bit, a value 1 for TRUE and a value 0 for FALSE.

##### 3.3.3.3 Notation for the unsigned integer type

A simple type with two distinguished values which are positive numbers or zero. Three types are defined that have a fixed size in bits defined by the postfix #, which is 8, 16, or 32.

NOTE This is the same definition as IEC 61375-2-1, but # is limited to 8, 16, and 32.

Syntax is as follows.

UnsignedType::= UNSIGNED#, (# = {8,16,32})

Range of UNSIGNED8: 0..255

Range of UNSIGNED16: 0..65535

Range of UNSIGNED32: 0..2<sup>32</sup>–1

They shall be encoded in a binary number consisting of 8, 16, or 32 bits.

### 3.3.3.4 Notation for the octetstring type

The definition of octetstring type shall conform to ASN.1.

This shall be encoded as successive octets in the order they appear in the data value.

## 4 Common part

### 4.1 General

Clause 4 defines common requirements and specifications for End Devices, Network Devices, TBNs, and whole ECNs.

### 4.2 Architecture

#### 4.2.1 Network structure

The logical view of the ECN is shown in Figure 1. ECN interconnects End Devices located in one Consist. When an ECN is connected to a Train Backbone it shall be connected to the Train Backbone via one train backbone node (TBN) or one set of redundant TBNs of the Train Backbone. It is a common requirement that only one TBN can forward user data packets between the ECN and the Train Backbone. However, all the redundant TBNs could optionally forward user data packets between the ECN and the Train Backbone.

NOTE 1 In case of WTB, only one TBN is active for one ECN. In case of ETB, all the redundant TBNs are active. See IEC 61375-2-1 and 61375-2-5.

ECN shall be based on switched Ethernet. An ECN consists of Consist Switches, connectors, cables, and optionally repeaters and transmits data frames between End Devices and between End Devices and TBNs. ECN may have sub-networks inside it and routers connecting the subnetworks can be deployed.

One Consist can have one or more ECNs in it, and those ECNs may or may not interface the same Train Backbone(s). An End Device connects to one Consist Network or to one set of Consist Networks prepared for redundancy reasons. An End Device could connect to different Consist Networks via different interfaces on the device, but it is regarded that a physical End Device has multiple logical End Devices in it.

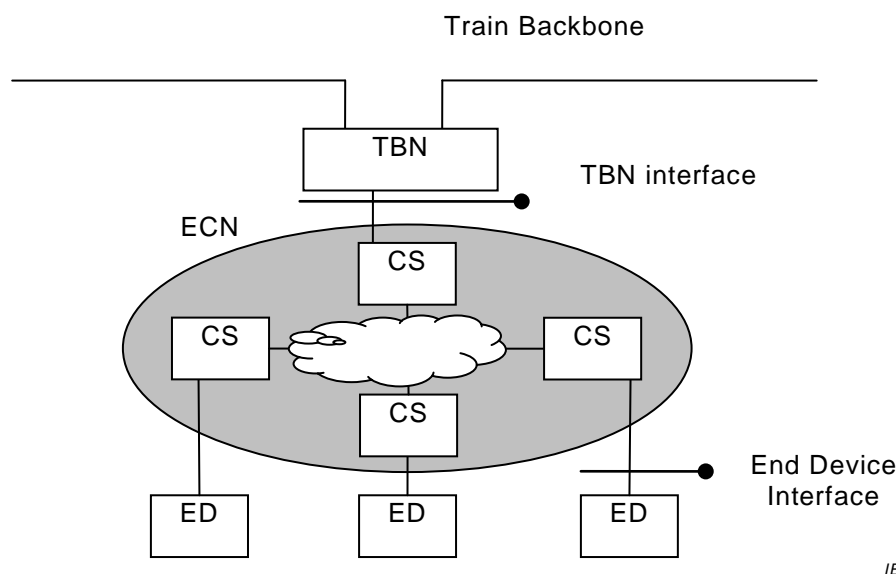
EXAMPLE An End Device can connect to a Consist Network for train monitoring services and connect to another Consist Network for multimedia services.

Ethernet ports between End Devices and Consist Switches and between TBNs and Consist Switches shall follow IEEE 802.3 standard. Ethernet ports which are used for connections between Consist Switches should conform to IEEE 802.3 standard, but they are not mandatorily required to conform to IEEE 802.3 standard for the purpose of achieving railway specific requirements.

Topology of ECN may vary with ECN implementations, but common requirements are defined in this part of the standard.

NOTE 2 This is why Consist Switches in Figure 1 are not connected directly.

The TBN to which the ECN attaches shall provide a gateway function which provides data transfer between the ECN and the Train Backbone. The Train Backbone to which an ECN attaches may be WTB or ETB. Communications between Consist Networks can be possible directly or indirectly over the Train Backbone; i.e. the gateway function may be implemented as a routing function in the network layer or as an Application Layer gateway.



**Figure 1 – Logical view of the ECN**

#### 4.2.2 Network topology

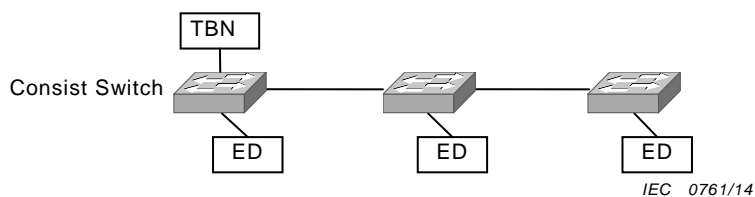
Any physical topology can be deployed according to the requirements from applications, but ECN shall not form a loop or loops in logical topology. The list below shows examples.

- The physical topology of the ECN could be linear or ring or ladder or others in order to implement different level of redundancy.
- An ECN could have one or more sub-networks.

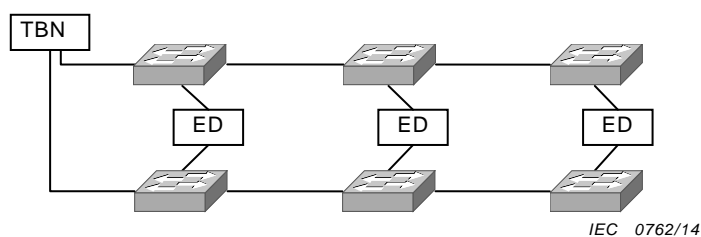
Linear, ring, and ladder topologies are typical topologies as introduced in IEC 61375-1. For End Device link redundancy, an End Device may be connected to two different Consist Switches by two independent communication links, which is introduced in IEC 61375-1 and also defined as dual homing in 4.5.4 of this standard. Figure 2 shows examples of ECNs with various physical topologies and End Device link redundancy.

NOTE See also 4.5 and Annex A with respect to topology from redundancy point of view.

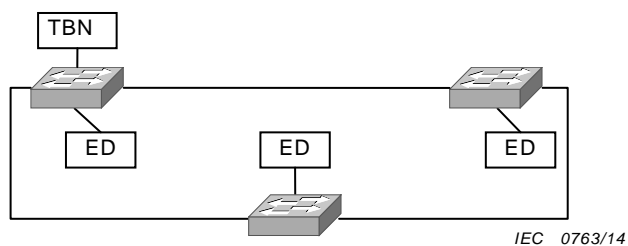
1) Linear topology



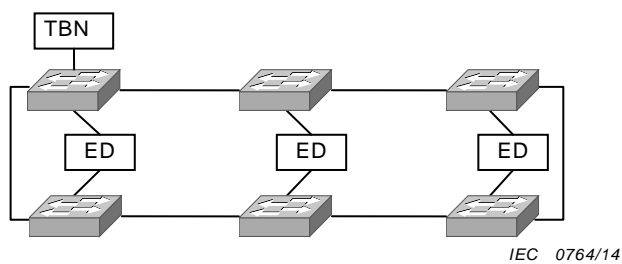
2) Linear topology (parallel network) with dual homing



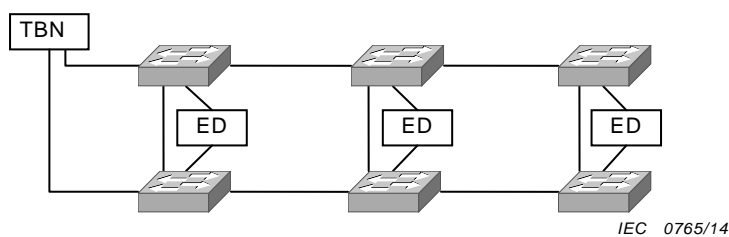
3) Ring topology



4) Ring topology with dual homing



5) Ladder topology with dual homing



**Figure 2 – Examples of ECN physical topologies**

#### 4.2.3 End Device classes

End Devices are classified from the viewpoint of installation as shown in Table 1.



**Table 1 – End Device classes (1)**

End Device class	Description
Temporary End Device	Temporary End Device is an End Device which is not fixedly mounted on the train, but it is connected to the ECN temporarily for the purpose of maintenance for example. A notebook PC which is used to retrieve operational status of equipments is a typical Temporary End Device.
Standard End Device	Standard End Device is an End Device which is fixedly mounted on the train. This is the main class of End Devices.

Standard End Device is furthermore classified from the viewpoint of communication requirements as shown in Table 2.

**Table 2 – End Device classes (2)**

End Device class	Description
Consist Local End Device	Consist Local End Device is an End Device which communicates with only devices in the same ECN. This class of End Device does not always need to know train topology.
Train Communication End Device	<p>Train Communication End Device is an End Device which uses the Train Backbone and communicates with devices in other CNs or devices directly attached to TBNs.</p> <p>This class of End Device shall be able to know that train topology has been changed in order not to communicate with wrong devices after inauguration. However, it does not need to know train topology by itself; i.e. it does not initiate communications over the Train Backbone. Topography counter of the train backbone is the typical example of information of the train topology.</p> <p>Train Communication End Device shall meet the same requirements as Consist Local End Device.</p>
Train Topology aware End Device	<p>Train Topology aware End Device is an End Device which initiates communications over the Train Backbone and needs to know train topology; i.e. train network addresses on devices outside of the ECN.</p> <p>For example, a controller device (Train Topology aware End Device) makes connections to I/O devices (Train Communication End Devices) in remote ECN over the backbone. In this case, the controller device needs to know addresses of remote I/O devices by using the train topology database, but remote I/O devices does not always need to do so.</p> <p>Train Topology aware End Device shall meet the same requirements as Train Communication End Device.</p>

NOTE Protocols delivering information regarding the train topology are specified in IEC 61375-2-3.

#### 4.2.4 Network Device types and Consist Switch classes

Network Devices in ECN are classified from the viewpoint of functionality as shown in Table 3.

**Table 3 – Network Device types**

Network Device type	Description
Repeater	This type of Network Device could be used to respect Ethernet physical rules between two communication devices. The main characteristic for this Network Device is to be transparent as possible for all protocols, Link Layer and above.
Consist Switch	This type of Network Device is the main type for ECN. Consist Switch shall relay frames in Link Layer between two devices.  Consist Switch is classified into managed and unmanaged Consist Switch as defined in Table 4.
Router	This is a Network Device which has at least two IP interfaces and ensures communication between multiple IP subnets in network layer.  TBNs between ETB and ECN contain routers specialized for train on-board communication. TBN routers could implement some usual network applications like DHCP server, DNS server, NTP server, and so on.  NOTE: TBNs between ETB and ECN could also be application gateways. DHCP, DNS, and NTP servers could also reside on other Network Devices and End Devices.

Consist Switches are classified from the viewpoint of the functions as shown in Table 4.

**Table 4 – Consist Switch classes**

Consist Switch class	Description
Unmanaged Consist Switch	Unmanaged Consist Switch is a Consist Switch which has only limited functions. As a minimum, this class of switch shall support IEEE 802.1D MAC bridging as defined in 4.9, but needs not support additional functions such as online management function and IP communication function.
Managed Consist Switch	Managed Consist Switch is a Consist Switch which has functions of MAC bridge, online management, IP communication and so on.  Managed Consist Switch shall meet the same requirements as the Unmanaged Consist Switch.

### 4.3 Data class

IEC 61375-1 defines five principal data classes:

- Supervisory Data
- Process Data
- Message Data
- Stream Data
- Best Effort Data

EXAMPLE Messages exchanged between Consist Switches, for the purpose of network topology management, are typical examples of Supervisory Data used in ECN.

Table 5 shows typical service parameters for each data class and Table 6 shows typical service parameter values for each data class. However specific definition of the service parameters and values shall be determined according to the requirements from the specific applications, ECN should support these typical service parameter values for each data class.

NOTE QoS is used to realize the service parameters. See 4.6.

**Table 5 – Data class service parameters**

Service parameter	Description	Measuring Unit
Cycle time	Time between two successive frames which are cyclically transmitted.	Seconds
Data size	Length of data field (payload) in a frame transmitted in Link Layer.	Octets
Latency	Transmission time of a frame in Link Layer between two EDs.  Transmission starting time shall not be later than the beginning to transmit data to Link Layer service in the communication protocol stack.  Transmission ending time shall not be before receiving the entire data frame in Link Layer in the communication protocol stack.	Seconds
Jitter	Variance in transmission time for subsequent frame transmissions.	Seconds

**Table 6 – Typical values for data class service parameters**

Data class	Service Parameter	Value
Process Data	minimum cycle time	20 ms
	maximum data size	1 500 octets
	maximum latency	10 ms
	maximum jitter	10 ms
Message Data	minimum cycle time	Not applicable
	maximum data size	1 500 octets
	maximum latency	100 ms
	maximum jitter	Not applicable
Stream Data	minimum cycle time	Not applicable
	maximum data size	1 500 octets
	maximum latency	125 ms
	maximum jitter	25 ms
Best Effort Data	minimum cycle time	Not applicable
	maximum data size	1 500 octets
	maximum latency	Not applicable
	maximum jitter	Not applicable
Supervisory Data	minimum cycle time	10 ms
	maximum data size	1 500 octets
	maximum latency	10 ms
	maximum jitter	10 ms

#### 4.4 Functions and services

ECN shall provide functions and services listed below.

- Frame relaying

ECN shall receive MAC frames defined in IEEE 802.3 from End Devices and forward the MAC frames to the designated End Devices identified by the destination address fields of

the MAC frames. For the purpose of implementing this function, specifications for Consist Switches are defined according to IEEE 802.1D in 4.9. Consist Switches shall be able to relay both basic (untagged) and tagged MAC frames .

- Virtual LAN

ECN shall be able to provide VLAN functions defined in IEEE 802.1Q. VLAN functions required in ECN are defined in 4.9.

NOTE 1 Careful configuration of VLAN is important, because configuration faults can easily isolate End Devices completely.

- Redundancy management

ECN shall be able to provide redundancy and redundancy management when it is necessary from application requirements. ECN redundancy is defined in 4.5.

An implementation of ECN may not provide redundancy when it is not necessary.

- Quality of service

ECN shall be able to provide QoS by prioritizing traffic when it is necessary from application requirements. Quality of service in ECN is defined in 4.6

- Gateway functions

When an ECN is attached to a Train Backbone, the TBN shall provide gateway functions for data transfer between the Train Backbone and the ECN. Gateway functions are defined in 4.11.

- Train network management

When an ECN is attached to a Train Backbone, the TBN shall provide train network management services according to that of the Train Backbone. Train network management is defined in 4.12.

ECN should provide functions and services listed below.

- Dynamic IP address assignment

ECN should provide functions for dynamic IP address assignment for devices. Devices can also use static IP address assignment. Requirements for IP address assignment and management are defined in 4.7 and 4.8.

- Name resolution

ECN should provide functions for name resolution between IP addresses and names such as hostnames and function names. Requirements for name resolution are defined in 4.7.

NOTE 2 Definition of functional addressing is out of the scope of this part of the standard.

## 4.5 Redundancy

### 4.5.1 General

This subclause describes requirements and definitions for redundancy in ECN.

Redundancy managed at network level and redundancy managed at ED level are described in this subclause. A specific implementation of ECN should select one or more redundancy method to fulfil application requirements. Supported failure cases and comparison in reliability and availability are described in Annex A to help the selection.

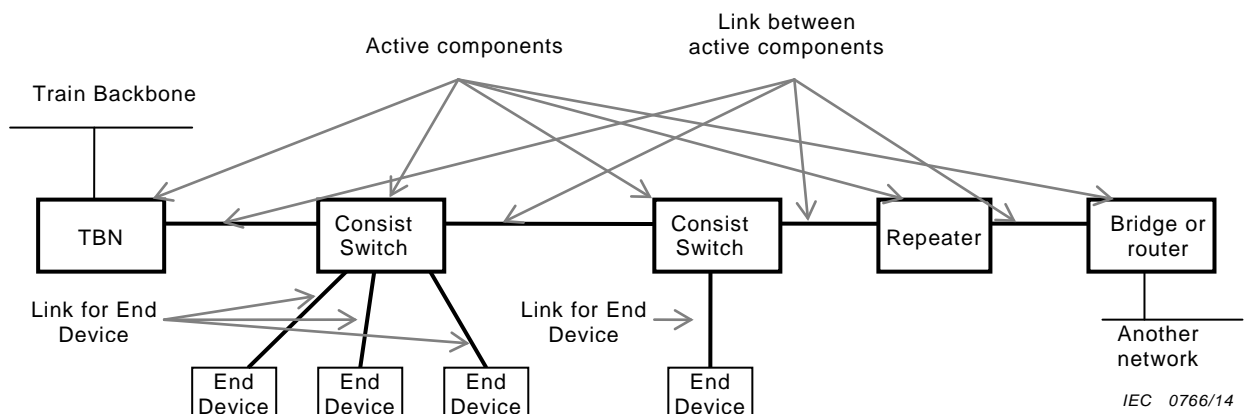
NOTE Redundancy of End Devices themselves is out of the scope of this part of the standard, but the advantage of End Device redundancy is also described in Annex A.

## 4.5.2 Definitions

### 4.5.2.1 Network component

A network component is defined as a unit affected by a component failure, which means an active component of network device, a link between the active components or a link for End Device interface in this part of the standard. An example of the network components is shown in Figure 3.

NOTE Active components of network devices are described in IEC 61375-1, 4.2.2 (Component types).



NOTE Bold boxes and bold lines indicate examples of network components.

**Figure 3 – Example of network components**

### 4.5.2.2 Recovery time

When redundancy scheme managed at network level is applied in the ECN, recovery time of network function of ECN in case of failure is expected to be shorter than the time during which operations of the Consist can be maintained without loss of train application functions.

In case of failure occurrence in an ECN, normal communication function of the ECN is interrupted and re-started after recovery time with redundancy.

Recovery time in ECN shall include

- time for detection of failure,
- redundancy switch over time (see NOTE), and
- time for re-configuration in ECN, if occurred.

NOTE Switch over time means time for switching its function from failed component to other component.

Recovery time of network shall be measured in the conformance test.

## 4.5.3 Redundancy managed at network level

Redundancy managed at network level, adopting network topology which has redundancy in it, is a method to recover network function in case of failure at network components. Examples of ECNs with typical network topologies are shown in 4.2.2.

Requirements for redundancy managed at network level are as follows.

- When redundancy scheme is applied in ECN, a single network component failure shall not prevent the rest of the network from working without separation of the network so that the application can maintain its function.
- When a network component comes up late or a network component comes up again (reboot), connectivity loss duration time caused by the reconfiguration of the network shall be equal to or less than the value of the recovery time requirement.
- Forwarding loop shall not be formed in any time to avoid broadcast storm for instance.

MRP defined in IEC 62439 may be used to manage ring topology. Ladder topology protocol defined in Annex D may be used to manage ladder topology.

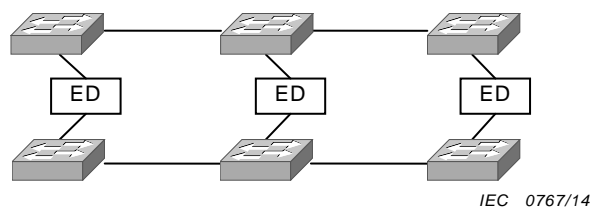
#### **4.5.4 Redundancy managed at End Device level**

Availability-critical End Devices should have redundancy managed at End Device level, having redundant links to the network. End Device can continue to communicate in case of failure on one of the redundant links. If redundant links are connected to multiple Consist Switches, the device can continue to communicate in case of a Consist Switch failure. End Device has typically two links, which is called dual homing. End Device in dual homing shall use separate physical network interfaces and shall not create loop on the ECN. Unmanaged switch shall not be used to emulate dual homing scheme. Examples with dual homing are shown in Figure 4.

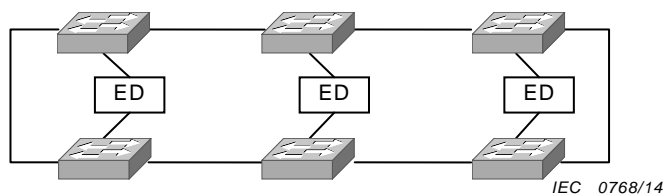
One example of using dual homing is that packets are duplicated and sent from both interfaces. On receiving the packets, the device accepts the packet that is received first and discards another one. In order to identify the duplicated packets, they may have the sequence number field in the messages. In case this method is used, disruption of communication does not happen in case of a failure.

It can be also possible that one of the redundant links of the End Device is used and the other link takes over in case of the link failure. In this case switch over between redundant links may be recognized as switch over between redundant devices from other devices. In case this method is used, disruption of communication may occur in case of a failure.

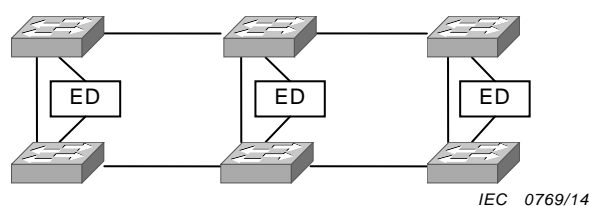
## 1) Dual homing in parallel networks



## 2) Dual homing in ring topology



## 3) Dual homing in ladder topology

**Figure 4 – Examples of dual homing****4.6 Quality of service****4.6.1 General**

ECN shall be able to provide QoS by prioritizing traffic when it is necessary from application requirements.

Quality of service shall be provided by Consist Switches, and End Device can assign priorities to the packets which the End Device transmits if necessary.

NOTE Assigning priorities to the packets by Consist Switches, for example according to the ports, protocols, and addresses, is not prohibited.

**4.6.2 Priority level**

According to IEEE 802.1D there are 8 priority levels, the highest priority level is 7 and the lowest priority level is 0. Default priority level shall be 0.

Consist Switches shall support 2 priority queues at minimum when QoS is provided. When 2 priority queues are supported, priority levels from 0 to 3 and 4 to 7 can be grouped respectively. When 4 priority queues are supported, priority levels from 0 to 1, 2 to 3, 4 to 5, and 6 to 7 can be grouped respectively.

Mapping of priority levels to data classes shall be determined according to the requirements from applications used in the ECN since data classes to be used and their performance



parameters depend on applications. Table 7 shows a default mapping of priorities to each data class in case of four priorities.

In case of communication over ETB, priority level of a packet shall conform to IEC 61375-2-5.

**Table 7 – Mapping of priorities to data classes**

Priority	Priority level in binary (X: do not care)	Data class	Requirement (M: Mandatory R: Recommended)
Highest	11X	Supervisory Data	M
2nd highest	10X	Process Data	R
3rd highest	01X	Message Data and Stream Data	R
Lowest (default)	00X	Best Effort Data	M

NOTE 1 Priorities for specific Process Data, Message Data and Stream Data are defined in IEC 61375-2-3.

NOTE 2 If bandwidth of data classes with higher priorities is not limited, lower priority data can have no chance to be transmitted.

#### 4.6.3 Assignment of priority level

When End Device assigns priorities to the sending packets, the End Device should use DSCP field in IP datagram as defined in RFC2474. End Device may use Priority Code Point field in tagged MAC frame.

The binary representation of DSCP field shall be as follows.

**LLL000**

where

LLL: priority level (0-7) defined in 4.6.2

#### 4.6.4 Consist Switch behavior

When Consist Switch supports quality of service, Consist Switch shall be able to evaluate the priority level of the packet as defined 4.6.3 and queue the packet according to the priority level and number of queues it has as defined in IEEE 802.1D.

When Consist Switch supports quality of service, Consist Switch should support strict priority based switching on all of priority queues; i.e. all higher priority frames shall egress from port before the lower priority frames egress.

#### 4.6.5 Ingress rate limiting

Ingress rate limiting is an optional feature of the Consist Switch. Consist Switch provides possibility to limit the rate of frames ingressing from End Devices or from TBNs.

If frames need to be discarded to keep the rate limit, low priority frames shall be discarded first.

NOTE Ingress rate limiting prevents the ECN from being unintentionally flooded with frames originating from one faulty ED for instance.

#### 4.6.6 Egress rate shaping

Egress rate shaping is an optional feature of the Consist Switch. Consist Switch provides the possibility to limit the rate of frames egressing to End Devices or to TBNs.

If frames need to be discarded to keep the rate limit, low priority frames shall be discarded first.

### 4.7 IP address and related definitions

#### 4.7.1 Consist Network address

Each communication device which supports IP communication and is connected to ECN shall have one or several IP address(es) as Consist Network address(es). The Consist Network address shall be unique within a Consist Network.

NOTE Communication devices connected to different Consist Networks can have identical or different Consist Network addresses.

Consist Network address shall use IPv4 private address space defined in IETF RFC1918, class A private address should be used.

When

- class A private address is used, and
- ECN is connected to ETB, and
- Consist Network address is not identical to train network address,

addresses from 10.0.0.0 to 10.127.255.255 (10.0/9 ) shall be used. The binary presentation shall be following.

**00001010.0ddddddd.dddddddd.dddddddd / 9**

Where:

Notation	Description
[d]	<p>This field is used freely for host identification in the ECN. This field could be divided, for example;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ECN is divided into sub-networks,</li> <li>– uses same values of train network address in most three significant bits for identifying multiple ECNs, or</li> <li>– uses only lower 14 bits for ensuring NAT is possible. (R-NAT in Annex B is one example)</li> </ul> <p>NOTE When using R-NAT, devices have IP address rationally within only 14 bits. If within deterministic fixed EMU train, following assign method is helpful for unification without confusion. This method also contributes prefixed IP address assignment for End Devices.</p> <p>Lower 14 bits: r.ccccc.eeeeeeee  r: Redundancy/Subnet identifier 0/1  c: Car Number 1 to 31 (sufficient number for fixed EMU)  e: End Device identifier 1 to 255 (sufficient number within a car)</p>

This subnet (10.0/9 ) applied in ECN is called a local ECN subnet.

#### 4.7.2 Train Network Address

Train wide addressing of a communication device shall be possible with a train network address which is unique in the train if the ECN is connected to ETB. Train network address may change with each train inauguration. It is not mandatory for all communication devices to

be addressable train widely, for many of them local ECN address is enough. Source and destination addresses in the communication on ETB shall be train network addresses. Train network address and Consist Network address may be identical.

If train network address is not identical to Consist Network address, ECN shall support a service which maps train network addresses to Consist Network addresses. Addresses which do not conform to specifications for train network address shall not be used as source or destination addresses in ETB as defined in IEC 61375-2-5.

NOTE Network Address Translation (NAT) and Application Layer Gateway (ALG) including proxy are typical services for mapping addresses.

Train network address shall use IPv4 private address defined in IETF RFC 1918 and follow the definitions in IEC 61375-2-5. The binary presentation of train network address shall be as follows.

**00001010.1bbxssss.sshhhhhh.hhhhhhhh / 18**

Where:

Notation	Description
[b]	Identifier of the ETB which the ECN connects to.
[x]	Reserved. Shall be 0.
[s]	Consist Network identification assigned according to the results of inaugurations. Value 0 is reserved for ETB backbone subnet.
[h]	Unique host identification inside ECN, up to 16382 hosts by Consist. Some upper bits could be used to define internal dedicated Consist local subnets. In this case, address mask (at ECN side) should take in account this decomposition (shall be extended).

### 4.7.3 Group Address

Communication devices may be grouped on Consist level or train level. Communication devices may belong to several groups. On Consist level all members of the group belong to one Consist Network. Consist group addresses assigned to those groups shall be unique within the Consist Network. Memberships of Consist groups are normally static. On train level all members of the group belong to one or several Consist Networks. Train group addresses assigned to those groups shall be unique within the train. Memberships of train groups may change with each train inauguration.

Group address shall be IP multicast address defined in IETF RFC 2365.

When ECN is connected to ETB, IP multicast address at ECN level shall be 239.255.0.0/16 (local scope defined in RFC 2365).

IP multicast address at train level is 239.192.0.0/14 (organization scope defined in RFC 2365) as defined in IEC 61375-2-5.

TBN shall not forward IP multicast datagram to ETB if the destination address is an IP multicast address at ECN level.

### 4.7.4 Name resolution and naming definitions

#### 4.7.4.1 Name resolution

Name resolution for Consist Network addresses and train network addresses should be implemented by local database in the communication device or by DNS.

ECN should provide DNS server function. Location of the server depends on implementation; servers could be implemented on any End Devices and Network Devices in the ECN or on TBNs which the ECN is attached to. In case that the ECN is attached to ETB, it is recommended that the server is implemented in TBN. DNS server should be redundant.

Each communication device which could be a destination device for communication over ETB shall be addressable in train wide domain name space.

NOTE Train wide domain name space is managed according to IEC 61375-2-5, "ltrain" for example.

#### **4.7.4.2 End Device self-identification**

For self-addressing End Device internal hostname shall be declared:

"localhost"                      127.0.0.1

#### **4.7.4.3 End Device local identification**

By default, all hosts are declared in "lcst" domain which is local to each ECN.

EXAMPLE "mpu" or "mpu.lcst." are associated with the same local End Device "mpu" IP address.

### **4.8 IP address and network configuration management**

#### **4.8.1 Consist Network address management**

Consist Network address in a device can be configured statically or dynamically.

When Consist Network address is configured dynamically, DHCP should be used.

When DHCP is used, ECN shall provide DHCP server function. Location of the server depends on implementation; servers could be implemented on any End Devices and Network Devices in the ECN or on TBNs which the ECN is attached to. In case that the ECN is attached to ETB, it is recommended to be implemented in TBN. DHCP server should be redundant.

#### **4.8.2 Train network address management**

When train network IP address is assigned to a device, the device may or may not configure the train network address to its Ethernet port.

TBN as a router shall support NAT to map the train network addresses to the Consist Network addresses for devices which do not configure the train network addresses at their own Ethernet interfaces. R-NAT defined in Annex B can be used to simplify the address translation algorithm at TBNs.

Since NAT may cause problems for specific protocols, e.g. necessity for replacing addresses in the payload of IP datagrams, an extended NAT dealing with the problems should be used for specific protocols. Otherwise, End Devices which are addressable by train network addresses should have IP alias function; i.e. two different IP addresses can be configured to one Ethernet interface. Local ECN addresses are used for communications local in ECN, and train network addresses are used for communications over ETB. TBN shall be able to forward IP datagram according to the destination address which is train network address.

After a new inauguration, renewal of train network address is mandatory. This is applied to train network addresses managed at each communication device and train network addresses managed in various services including routing, NAT, DHCP server, and DNS server.

In case that train network addresses are managed by End Devices with DHCP client, End Devices and DHCP servers shall support DHCP FORCERENEW message defined in IETF RFC 3203. DHCP servers shall send FORCERENEW message to DHCP clients with train

network addresses after inauguration, and DHCP clients shall renew train network addresses on receiving the FORCERENEW message.

NOTE Inauguration occurrence is limited to startup initialization, coupling and uncoupling time. Losing or finding a router at train level does not always have as consequence a new inauguration. Changing train IP address decision is always under train application responsibility acknowledgement. See IEC 61375-2-5.

#### 4.8.3 Static network configuration parameters

Table 8 shows network configuration parameters for End Devices when static network address configuration is used.

**Table 8 – End Device static network configuration parameters**

(M: Mandatory, C: Conditional, O: Optional)

Parameter	Type	Description
Hostname	M	Hostname shall be unique in an ECN.
Default domain name	C	This is mandatory when DNS is used. For the definition of domain name, see 4.7.4.
IPv4 address	M	For the definition of Consist Network address, see 4.7.
IPv4 address mask	M	For the definition of Consist Network address, see 4.7.
IPv4 DNS server address	C	This is mandatory when DNS is used.
IPv4 default route	O	TBN is a typical default gateway.
IPv4 static route	O	Could be used to access specific devices and subnets.

#### 4.8.4 DHCP configuration parameters

Table 9 shows requirements for DHCP options to be supported when DHCP is used.

**Table 9 – DHCP options**

(M: Mandatory, C:Conditional, O: Optional)

Option number	Requirement	Name	Description
1	M	Subnet mask	IPv4 address mask
3	M	Router option	List of IPv4 routers available on the subnet
6	C	Domain Name server option	List of DNS server addresses. This is mandatory for EDs when DNS is used.
12	O	Host Name option	Name of the DHCP client
28	O	Broadcast Address option	Broadcast address in use on the DHCP client's subnet
42	C	Network time protocol servers option	List of NTP server addresses. This is mandatory for EDs when NTP or SNTP is used.
43	O	Vendor Specific Information	This is used to exchange vendor specific information between servers and clients. This option may be supported.
51	M	IP address lease time	Allowed lease time for the assigned IP address
53	M	DHCP message type	Shall be used to identify the type of the DHCP message
54	M	Server Identifier	This option is used to identify the DHCP server address.
55	M	Parameter request list	Could be used for DHCP client to request specific configuration parameters.
56	O	Message	This option is used to send error message from the DHCP server to DHCP clients. DHCP client may use this option to indicate the reason of declining the offer.
61	O	Client-Identifier	DHCP client fills unique identifier. This option can be used to keep the same IP address for the DHCP client, see NOTE.
82	O	Relay Agent Information option	This option may be used to indicate the location of the DHCP client.
<p>NOTE In order to keep always the same IP address from the DHCP server, depending on the location or device type of End Devices, End Device sends DHCP option 61 (client-identifier) or the Consist Switch where the End Device is connected inserts DHCP Option 82 defined in IETF RFC 3046.</p>			

#### 4.8.5 IP address management for TBN redundancy

To manage Train Backbone connection redundancy inside an ECN, ECN could be connected by more than one TBN to the Train Backbone.

TBN redundancy is managed conforming to WTB or ETB.

When a redundant TBN group is implemented and the TBNs are routers between ECN and Train Backbone, the redundant TBN group shall export a common Consist Network address for the routing service at ECN side. When a new TBN is elected as an active router, the TBN shall send a gratuitous ARP to the ECN in order to update ARP tables in End Devices.

## 4.9 Network Device interface

### 4.9.1 General

Subclause 4.9 defines interfaces for Network Devices; i.e. repeaters, Consist Switches, and routers. A Consist Switch and a router could act as an End Device; in that case they also shall conform to End Device interfaces in network layer and other upper layers defined in 4.10.

There are two classes of Consist Switches as defined in 4.2.4; Unmanaged Consist Switches and Managed Consist Switches. Managed Consist Switch shall support all the requirements for the Unmanaged Consist Switch.

### 4.9.2 Function requirements

Table 10 shows the summary of Consist Switch interfaces; details are described in the following subclauses.

**Table 10 – Summary of Network Device interfaces**

Status in (M: Mandatory, O: Optional, C: Conditional, -: Not available or not required)

Layer	Requirements	Status				References and notes
		Repeater	Unmanaged CS	Managed CS	Router	
Physical Layer for ED connection	100BASE-TX	-	M	M	-	IEEE 802.3
	10BASE-T	-	O	O	-	IEEE 802.3
	Full Duplex Mode	-	M	M	-	IEEE 802.3
	Auto Negotiation	-	C	C	-	IEEE 802.3 For Temporary ED only
	MDI/MDI-X auto crossover	-	O	O	-	
	Power over Ethernet (PoE)	-	O	O	-	IEEE 802.3
	Class D (Category 5e), STP cable with 2 twisted pairs	-	O	O	-	ISO/IEC 11801 IEC 61156-6
	Class D (Category 5e), UTP cable with 2 twisted pairs	-	O	O	-	ISO/IEC 11801 IEC 61156-6
	M12 D-coded connector (socket)	-	O	O	-	IEC 61076-2-101
	IEC 61076-3-104 socket (outlet)	-	O	O	-	IEC 61076-3-104
Physical Layer for ND connection	RJ45 connector (socket)	-	O	O	-	TIA/EIA-568-B For Temporary ED only
	IEEE 802.3 physical layer	C	C	C	C	IEEE 802.3 Mandatory if transceiver with amplified signals is not used 100BASE-TX is recommended
	Transceiver with amplified signals	O	O	O	O	Annex B See NOTE 1
	Full Duplex Mode	-	M	M	M	IEEE 802.3



Layer	Requirements	Status				References and notes
		Repeater	Unmanaged CS	Managed CS	Router	
	Auto Negotiation	-	O	O	O	IEEE 802.3
	MDI/MDI-X auto crossover	O	O	O	O	
	Class D (Category 5e), STP cable with 2 twisted pairs	O	O	O	O	ISO/IEC 11801 IEC 61156-6 For 100BASE-TX and 10BASE-T
	Class D (Category 5e), UTP cable with 2 twisted pairs	O	O	O	O	ISO/IEC 11801 IEC 61156-6 For 100BASE-TX and 10BASE-T
	M12 D-coded connector (socket)	C	C	C	C	IEC 61076-2-101 For 100BASE-TX and 10BASE-T
Link Layer	MAC services with basic/tagged MAC frame	-	M	M	M	IEEE 802.3
	Flow control	-	O	O	-	IEEE 802.3
	Frame relaying	-	M	M	-	IEEE 802.1D
	Frame filtering	-	M	M	-	IEEE 802.1D
	VLAN services	-	M	M	-	IEEE 802.1Q
	Frame queueing	-	M	M	-	IEEE 802.1D
	Frame tagging/untagging	-	M	M	-	IEEE 802.1D
	Management and remote management	-	-	M	-	IEEE 802.1D
	Ingress rate limiting	-	O	O	-	
	Egress rate shaping	-	O	O	-	
	Port mirroring	-	O	O	-	
Network Layer	IP version 4	-	-	M	M	IETF RFC 791
	IPv4 forwarding	-	-	-	M	
	ICMP	-	-	M	M	IETF RFC 792
	ARP	-	-	M	M	IETF RFC 826
Transport Layer	UDP	-	-	M	M	IETF RFC 768
	TCP	-	-	M	M	IETF RFC 793
	IGMP version 2/3 (router)	-	-	-	O	IETF RFC 2236,3376
	IGMP version 2 (host)	-	-	M	O	IETF RFC 2236
	IGMP version 3 (host)	-	-	O	O	IETF RFC 3376
	IGMP snooping	-	-	M	-	IETF RFC 4541
Application Layer	DHCP (client)	-	-	C	C	IETF RFC 2131
	DHCP Relay Agent Information option	-	-	O	-	IETF RFC 3046
	DHCP (server)	-	-	O	O	IETF RFC 2131
	DNS (client)	-	-	C	C	IETF RFC 1034,1035
	DNS (server)	-	-	O	O	IETF RFC 1034,1035
	SNTP (client)	-	-	O	O	IETF RFC 1361
	NTP version 3 (client)	-	-	O	O	IETF RFC 1305

Layer	Requirements	Status				References and notes
		Repeater	Unmanaged CS	Managed CS	Router	
	NTP version 3 (server)	-	-	O	O	IETF RFC 1305
	SNMP version 2 (agent)	-	-	O	O	IETF RFC 1901

NOTE 1 If transceiver with amplified signal, which is additionally attached to the physical layer conforming to IEEE 802.3, is used, IEEE 802.3 physical layer is not mandatory.

NOTE 2 The Network Device interface for the ladder topology defined in Annex D contains the exceptions which are not compliant to IEEE 802.3 or IEEE 802.1D.

### 4.9.3 Performance requirements

Consist Switch shall support at minimum 2 priority queues as defined in 4.6.2.

Consist Switch should support strict priority based switching on all of priority queues as defined in 4.6.4.

### 4.9.4 Physical Layer

#### 4.9.4.1 Protocols

##### 4.9.4.1.1 Network Device interface for End Devices

Network Device interface for connecting End Devices shall support 100BASE-TX, and 10BASE-T could be additionally supported in order to increase electric robustness and EMC immunity for example.

- 100BASE-TX Physical Layer
  - Physical Coding Sublayer (PCS) and Physical Medium Attachment (PMA) sublayer, type 100BASE-X, defined in IEEE 802.3
  - Physical Medium Dependent (PMD) sublayer and baseband medium, type 100BASE-TX, defined in IEEE 802.3
- 10BASE-T Physical Layer
  - Twisted-pair medium attachment unit (MAU) and baseband medium, type 10BASE-T, defined in IEEE 802.3

Full Duplex mode, which is defined in IEEE 802.3, shall be supported to avoid collisions.

Auto negotiation function, which is defined in IEEE 802.3, shall be able to be supported for connecting Temporary End Devices. It is not recommended to be used for connecting Standard End Devices in order to avoid connection with unintended speed or duplex mode is established.

MDI/MDI-X automatic crossover function, which automatically configures MDI or MDI-X, may be supported.

Auto-polarity function is not recommended to be used due to the specific solution.

Power Sourcing Equipment (PSE) of Power over Ethernet (PoE), which is defined in IEEE 802.3, may be supported.

##### 4.9.4.1.2 Network Device interface for other Network Devices

Network Device interface for connecting other Network Devices shall support physical layer defined in IEEE 802.3 when optional transceiver with amplified signal is not applied.

100BASE-TX is preferred, but 10BASE-T could be additionally supported in order to increase electric robustness and EMC immunity for example.

In order to raise noise immunity further, the transceiver with amplified signals could be optionally attached to 100BASE-TX PMD or 10BASE-T MAU, which is defined in Annex C.

1000BASE or higher interface could be used in order to support more bandwidth.

Full Duplex mode, which is defined in IEEE 802.3, shall be supported to avoid collisions.

Auto negotiation function, which is defined in IEEE 802.3, is not recommended to be used in order to avoid connection with unintended speed or duplex mode is established.

MDI/MDI-X automatic crossover function, which automatically configures MDI or MDI-X, may be supported.

Auto-polarity function is not recommended to be used due to the specific solution.

#### **4.9.4.2 Cables**

This subclause shall be applied when 100BASE-TX or 10BASE-T is used.

Cables shall conform to ISO/IEC 11801 and IEC 61156-6. Class D (Category 5e) with two twisted pairs shall be supported.

Shielded twisted pair (STP) cable should be used. Unshielded twisted pair (UTP) cable may be used.

Cable gauge recommended for intra-car connection is 0,5 mm<sup>2</sup> (AWG20), 0,34 mm<sup>2</sup> (AWG22), or 0,25 mm<sup>2</sup> (AWG24).

Cable gauge recommended for inter-car connection is 0,5 mm<sup>2</sup> (AWG20), or a higher surface.

#### **4.9.4.3 Connectors**

##### **4.9.4.3.1 Network Device interface for End Devices**

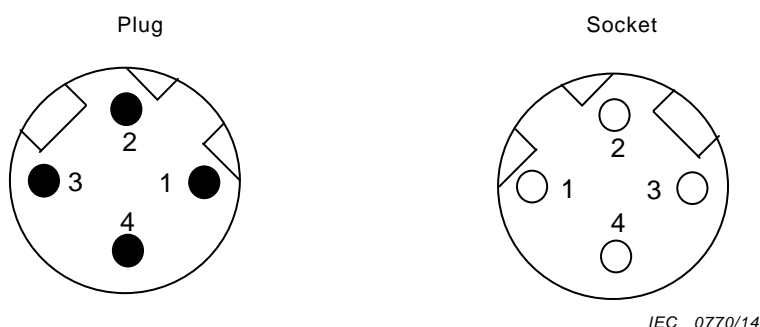
This subclause defines requirements for connectors used for connecting End Devices. This subclause shall be applied when 100BASE-TX or 10BASE-T is used.

M12 D-coded connector (socket), defined in IEC 61076-2-101, should be supported on the Network Device side. In this case, M12 D-coded plug connector shall be used on the cable side.

IEC 61076-3-104 socket (outlet) can be used on the Network Device side. In this case, IEC 61076-3-104 plug connector shall be used on the cable side.

RJ45 socket, defined in TIA/EIA-568-B, can be used for connecting Temporary End Devices on the Network Device side. In this case RJ45 plug connector shall be used on the cable side.

Figure 5 illustrates the connectors. Pinning for M12 connector shall be as illustrated in Table 11.



**Figure 5 – D-coded M12 connector**

**Table 11 – Pinning for D-coded M12 connector**

Pin	Signal
1	TD+
2	RD+
3	TD-
4	RD-

#### **4.9.4.3.2 Network Device interface for other Network Devices**

This subclause defines requirements for connectors used for connecting Network Devices. This subclause shall be applied when 100BASE-TX or 10BASE-T is used.

M12 D-coded connector (socket), defined in IEC 61076-2-101, shall be supported on the Network Device side. M12 D-coded plug connector shall be used on the cable side.

#### **4.9.4.4 Shielding and grounding concepts**

##### **4.9.4.4.1 Intra Car shielding concepts**

Inside a car, all shields of cables should be referred and connected to the mechanical earth of the car. To prevent EMC influences, a cable shield should be connected on a 360° circular basis in the connector.

##### **4.9.4.4.2 Inter Car shielding concepts**

Two use cases should be considered:

- The two adjacent cars are at the same potential
- The two adjacent cars are at a different potential

When the two adjacent cars are at the same potential, the Ethernet cable shield should have continuity and no interruption of shielding should be necessary.

When the two adjacent cars are at the different potential, the Ethernet cable shield should be interrupted to avoid ground current flowing between cars.

#### **4.9.5 Link Layer**

##### **4.9.5.1 Consist Switch**

Mandatory requirements for Consist Switches are defined in the following.

MAC service with basic (untagged) and tagged frame, which is defined in IEEE 802.3, shall be supported.

Frame relaying, which is defined in IEEE 802.1D, shall be supported. Frame relaying provides frame reception, frame transmission, and frame forwarding.

Frame filtering, which is defined in IEEE 802.1D, shall be supported. Frame filtering provides learning of addresses and filtering database.

VLAN service, which is defined in IEEE 802.1Q, shall be supported by Consist Switches.

Frame queueing, which is defined in IEEE 802.1D, shall be supported by Consist Switches. Frame queueing can handle multiple data classes during frame relaying to achieve quality of service.

NOTE When frame queueing is supported, Consist Switch reads DSCP field as defined in 4.6.

Frame tagging and untagging, which is defined IEEE 802.1Q, shall be supported by Consist Switches. Frame tagging can insert the tag in the basic (untagged) frame for the ingress ports, and frame untagging can remove the tag from the tagged frame for the egress port.

Mandatory requirements only for Managed Consist Switches are defined in the following.

Management and remote management, which are defined in IEEE 802.1D, shall be supported by Managed Consist Switches.

Optional requirements for Consist Switches are defined in the following.

Flow control, which is defined as MAC Control PAUSE operation in IEEE 802.3, may be supported. Flow control provides the ability to inhibit transmission of frames.

Ingress rate limiting and egress rate shaping, which are defined in 4.6.5 and 4.6.6, may be supported.

Port mirroring, which configures one or more ports to mirror the traffic from another port(s), may be supported.

##### **4.9.5.2 Router**

Routers shall support Link Layer requirements to End Device, see 4.10.

#### **4.9.6 Network Layer**

Managed Consist Switches and routers shall support Network Layer requirements to End Devices, see 4.10.

Routers shall additionally support IP (version4) forwarding.

#### **4.9.7 Transport Layer**

Managed Consist Switches and routers shall support Transport Layer requirements to End Devices, see 4.10.

Routers should support IGMP version 2 router requirements defined in IETF RFC 2236, and may support IGMP version 3 router requirements defined in IETF RFC 3376.

Managed Consist Switches shall support IGMP version 2 host requirements and may support IGMP version 3 host requirements.

NOTE IGMP version 3 is interoperable with IGMP version2 and version1. IGMP version 3 additionally supports source filtering.

IGMP snooping, which is defined in IETF RFC 4541, shall be supported by Managed Consist Switches. IGMP snooping filters multicast frames destined to switch ports to which no multicast group members are connected.

#### **4.9.8 Application layers**

Managed Consist Switches and routers shall support Application layer requirements to End Devices, see 4.10

DHCP Relay Agent Information Option, which is defined in IETF RFC 3046, may be supported by Managed Consist Switches. Consist Switches may act as Relay Agents in order to assign specific IP addresses according to the information inserted by Consist Switches.

### **4.10 End Device interface**

#### **4.10.1 General**

Subclause 4.10 defines interfaces for End Devices.

Table 12 shows the summary of End Device interfaces; details are specified in the following subclauses. There are four classes of End Devices as defined in 4.2.3.

**Table 12 – Summary of End Device interfaces**

Status in (M: Mandatory, O: Optional, C:Conditional)

Layer	Requirements	Status				References and notes
		Temporary	Consist Local	Train Communication	Train Topology aware	
Physical Layer	100BASE-TX	M	M	M	M	IEEE 802.3
	10BASE-T	O	O	O	O	IEEE 802.3
	Full Duplex Mode	M	M	M	M	IEEE 802.3
	Auto Negotiation	M	O	O	O	IEEE 802.3
	MDI/MDI-X auto crossover	O	O	O	O	
	Power over Ethernet (PoE)	O	O	O	O	IEEE 802.3
	Class D (Category 5e), STP cable with 2 twisted pairs	O	O	O	O	ISO/IEC 11801 IEC 61156-6
	Class D (Category 5e), UTP cable with 2 twisted pairs	O	O	O	O	ISO/IEC 11801 IEC 61156-6
	M12 D-coded connector (socket)	O	O	O	O	IEC 61076-2-101
	IEC 61076-3-104 socket (outlet)	O	O	O	O	IEC 61076-3-104
	RJ45 connector (socket)	O	O	O	O	TIA/EIA-568-B
Link Layer	MAC services with basic MAC frame	M	M	M	M	IEEE 802.3
	MAC services with tagged MAC frame	O	O	O	O	IEEE 802.1Q
Network Layer	IP version 4	M	M	M	M	IETF RFC 791
	ICMP	M	M	M	M	IETF RFC 792
	ARP	M	M	M	M	IETF RFC 826
Transport Layer	UDP	M	M	M	M	IETF RFC 768
	TCP	M	M	M	M	IETF RFC 793
	IGMP version 2/3 (host)	O	O	O	O	IETF RFC 2236, 3376
Application Layer	DHCP (client)	O	O	C	C	IETF RFC 2131
	DHCP (server)	O	O	O	O	IETF RFC 2131
	DNS (client)	O	O	O	M	IETF RFC 1034, 1035
	DNS (server)	O	O	O	O	IETF RFC 1034, 1035
	SNTP (client)	O	O	O	O	IETF RFC 1361
	NTP version 3 (client)	O	O	O	O	IETF RFC 1305
	NTP version 3 (server)	O	O	O	O	IETF RFC 1305
	SNMP version 2 (agent)	O	O	O	O	IETF RFC 1901
	Telnet or SSH server	O	O	O	O	IETF RFC 854 IETF RFC 4251

## 4.10.2 Physical Layer

### 4.10.2.1 Protocols

The Physical Layer shall conform to IEEE 802.3 standard. 100BASE-TX shall be supported, and 10BASE-T could be used in order to increase electric robustness and EMC immunity for example.

- 100BASE-TX Physical Layer
  - Physical Coding Sublayer (PCS) and Physical Medium Attachment (PMA) sublayer, type 100BASE-X, defined in IEEE 802.3
  - Physical Medium Dependent (PMD) sublayer and baseband medium, type 100BASE-TX, defined in IEEE 802.3
- 10BASE-T Physical Layer
  - Twisted-pair medium attachment unit (MAU) and baseband medium, type 10BASE-T, defined in IEEE 802.3

Full Duplex mode, which is defined in IEEE 802.3, shall be supported to avoid collisions.

Auto negotiation function, which is defined in IEEE 802.3, shall be supported for connecting Temporary End Devices. It is not recommended to be used for connecting Standard End Devices in order to avoid connection with unintended speed or duplex mode is established.

MDI/MDI-X automatic crossover function, which automatically configures MDI or MDI-X, may be supported.

Auto-polarity function is not recommended to be used due to the specific solution.

Power Device (PD) in Power over Ethernet (PoE), which is defined in IEEE 802.3, may be supported.

### 4.10.2.2 Cables

Cables shall conform to ISO/IEC 11801 and IEC 61156-6. Class D (Category 5e) with two twisted pairs shall be supported.

Shielded twisted pair (STP) cable should be used. Unshielded twisted pair (UTP) cable may be used.

Cable gauge recommended is 0,5 mm<sup>2</sup> (AWG20), 0,34 mm<sup>2</sup> (AWG22), or 0,25 mm<sup>2</sup> (AWG24).

### 4.10.2.3 Connectors

For the Standard End Device M12 D-coded connector (socket), defined in IEC 61076-2-101, should be supported on the End Device side. In this case, M12 D-coded plug connector shall be used on the cable side.

IEC 61076-3-104 socket (outlet) can be used on the End Device side. In this case, IEC 61076-3-104 plug connector shall be used on the cable side.

RJ45 socket, defined in TIA/EIA-568-B, can be used for the Temporary End Device on the End Device side. In this case RJ45 plug connector shall be used on the cable side.

Figure 5 in 4.9.4.3 illustrates the connectors. Pinning shall be as illustrated in Table 11.



#### **4.10.2.4 Shielding and grounding concepts**

All shields of cables should be referred and connected to the mechanical earth of the car. To prevent EMC influences, a cable shield should be connected on a 360° circular basis in the connector.

#### **4.10.3 Link Layer**

MAC in the Link Layer shall conform to IEEE 802.3 standard.

MAC service with basic frame, which is defined in IEEE 802.3, shall be supported.

MAC service with tagged frame, which is defined in IEEE 802.1Q, may be supported.

#### **4.10.4 Network layer**

IP version4, which is defined in IETF RFC 791, shall be supported.

ICMP, which is defined in IETF RFC 792, shall be supported.

ARP, which is defined in IETF RFC 826, shall be supported.

NOTE See 4.6 for setting DSCP value by End Devices.

#### **4.10.5 Transport Layer**

UDP, which is defined in IETF RFC 768, shall be supported.

TCP, which is defined in IETF RFC 793, shall be supported.

IGMP version 2 host requirements should be supported, and IGMP version 3 host requirements may be supported.

#### **4.10.6 Application layer**

DHCP client function, which is defined in IETF RFC 2131, may be supported. In case that Train Communication End Devices and Train Topology aware End Devices manage train network addresses by themselves, DHCP shall be supported.

DNS client function, which is defined in IETF RFC 1034, may be supported for mapping between IP addresses and names (such as hostnames and function names represented in FQDN). Train Topology aware End Devices shall support DNS client function to resolve train network addresses from hostnames or function names; train network addresses may change by inaugurations.

SNTP client function which is defined in IETF RFC 1361 or NTP version 3 client function which is defined in IETF RFC 1305 may be supported for synchronizing the time. When NTP is used ECN shall provide NTP server function. Location of the server depends on implementation, but it is recommended to be implemented in TBN.

Other protocols such as FTP defined in IETF RFC 959, HTTP defined in IETF RFC 2616, and TFTP defined in IETF RFC 1350 may be supported.

SNMP version 2 agent function, which is defined in IETF RFC 1901, 1905 and 1906, should be supported.

Telnet server (IETF RFC 854) or SSH server (IETF RFC 4251 or others) may be implemented in order to manage End Devices.

NOTE 1 Information regarding train topology are specified in IEC 61375-2-3 and/or IEC 61375-2-4.

NOTE 2 Protocols delivering Process Data and Message Data defined in IEC 61375-2-3 can be used inside ECN.

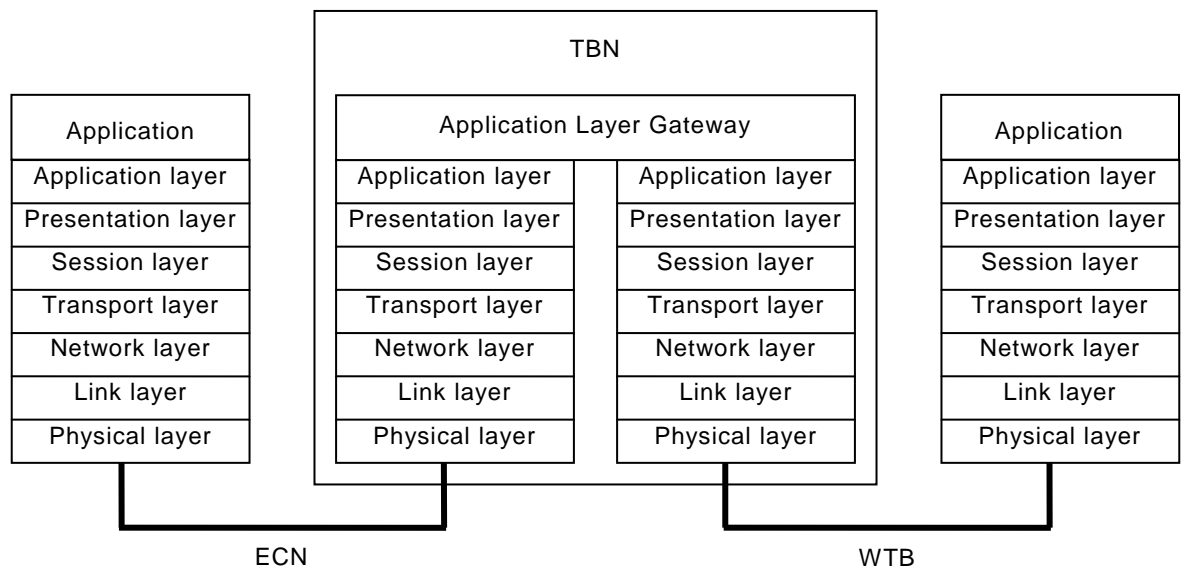
NOTE 3 Any protocols delivering Process Data and Message Data can be used inside ECN.

## 4.11 Gateway functions

### 4.11.1 WTB gateway functions

Gateway functions between ECN and WTB shall be implemented in the TBN if the TBN is connected to the WTB defined in IEC 61375-2-1.

TBN between ECN and WTB is implemented as an Application Layer gateway (ALG). Figure 6 illustrates logical structure of the TBN.



IEC 0771/14

**Figure 6 – Logical structure of the gateway between ECN and WTB**

### 4.11.2 ETB gateway functions

Gateway functions between ECN and ETB shall be implemented in the TBN if the TBN is connected to the ETB defined in IEC 61375-2-5.

TBN between ECN and ETB is implemented as a router and/or as an Application Layer gateway (ALG).

If train network address assigned to the communication device in ECN is not identical to Consist Network address, TBN shall support a service which maps train network address to Consist Network address(es) as defined in 4.7. Addresses which do not conform to specifications for train network address shall not be used as source or destination addresses outside the ECN. Network address translation (NAT) defined in IETF RFC 3022 is the typical implementation when this mapping is implemented in the routing function of the TBN. See 4.8.

A redundant pair of TBNs shares an IP address at ECN side as a gateway address between ECN and ETB. See 4.8.5.

## **4.12 Network management**

### **4.12.1 ECN network management**

Communication devices in ECN should support SNMP agent functions for network management. SNMPv2 defined in IETF RFC 1901, 1905 and 1906 is the minimum requirement.

Standards MIBs defined in IETF RFC 1213 should be supported.

### **4.12.2 WTB network management**

TNM functions for WTB shall be implemented in the TBN if the TBN is connected to the WTB defined in IEC 61375-2-1.

ECN network management services defined in 4.12.1 should be accessible by TNM function for the WTB.

### **4.12.3 ETB network management**

SNMP is used to manage communication devices on ETB as defined in IEC 61375-2-5.

SNMP agent services implemented on communication devices in the ECN should be accessible through ETB.

## **5 Conformance test**

To claim conformance to this part of the standard, equipments are expected to pass a suite of tests. The equipments to be tested shall include

- End Device,
- Network Device, and
- TBN.

NOTE TBN is also compliant with IEC 61375-2-1 or IEC 61375-2-5.

The conformance test plan for ECN is not in the scope of this part of the standard.

## Annex A (informative)

### Reliability and availability comparison between ECN architectures

#### A.1 General

This annex shows reliabilities and availabilities in various ECN architectures to help select the appropriate ECN architecture. Examples of tolerant (and intolerant) failure cases of typical network topologies are described. Formulas calculating reliability and availability are also described.

#### A.2 Failure cases

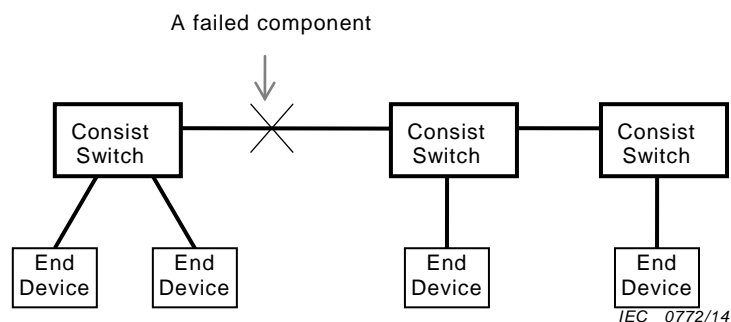
##### A.2.1 Definitions

A failure case is defined as one of the variations of the failure network components in number and location.

The term single network component failure means the condition in which one of the network components stops working as shown in Figure A.1.

The term double network component failures means the condition in which two of the network components stop working at a time as shown in Figure A.2.

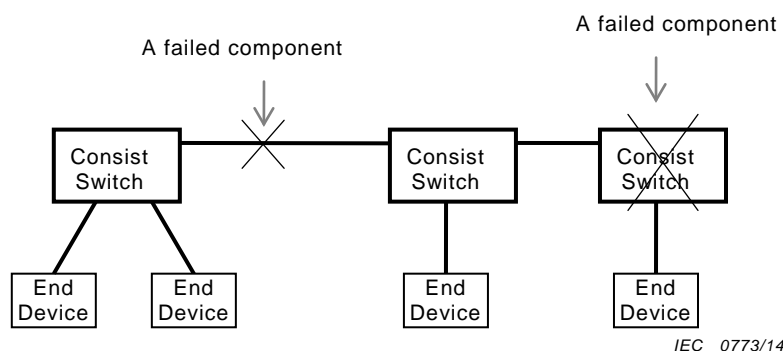
NOTE Network component is defined in 4.5.2.1; active component of network device, link between active components or link for End Device.



NOTE 1 A cross marked component indicates a failed component.

NOTE 2 Bold boxes and bold lines indicate network components.

**Figure A.1 – Example of single network component failure**



NOTE 1 A cross marked component indicates a failed component.

NOTE 2 Bold boxes and bold lines indicate network components.

**Figure A.2 – Example of double network component failures**

In case of network component failure(s) condition of the network can change to one of the following states from normal state which has no failure in the network.

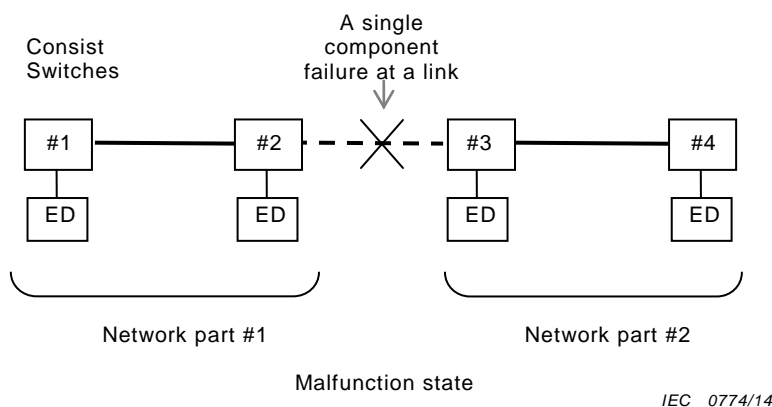
- Malfunction state. In this state the network is separated.
- Partially functioning state. In this state the network is not separated, but the network cannot provide the same services as normal state.
- Fully functioning state. In this state the network can provide the same services as normal state.

#### A.2.2 Example of failure cases – Linear topology

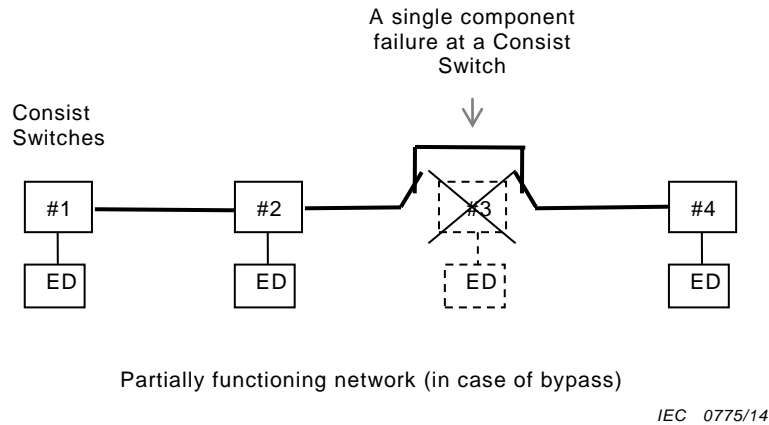
Linear topology is not tolerant of single network component failure as shown in Figure A.3.

If a bypass function is applied to each active component as shown in Figure A.4, the network is partially functioning in case of a failure of the active component; i.e. the network is not separated but End Devices attached to the failed component cannot continue to communicate.

NOTE Active network components with bypass function are effective to avoid network separation and could be applied to other topologies.



**Figure A.3 – Example of a single component failure at a link on linear topology**



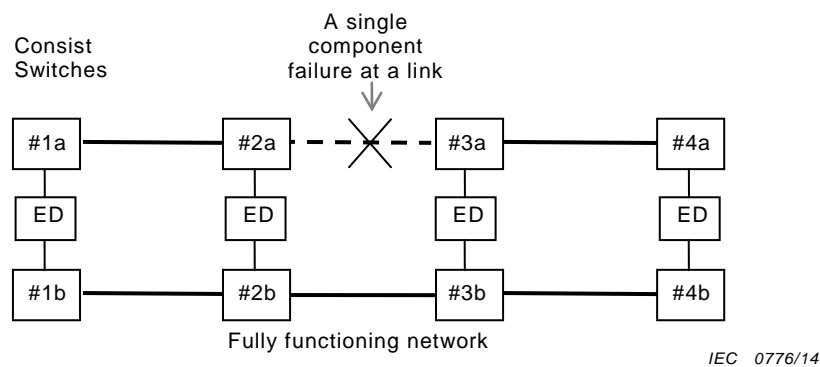
**Figure A.4 – Example of a single component failure at an active component on linear topology**

### A.2.3 Example of failure cases – Parallel networks

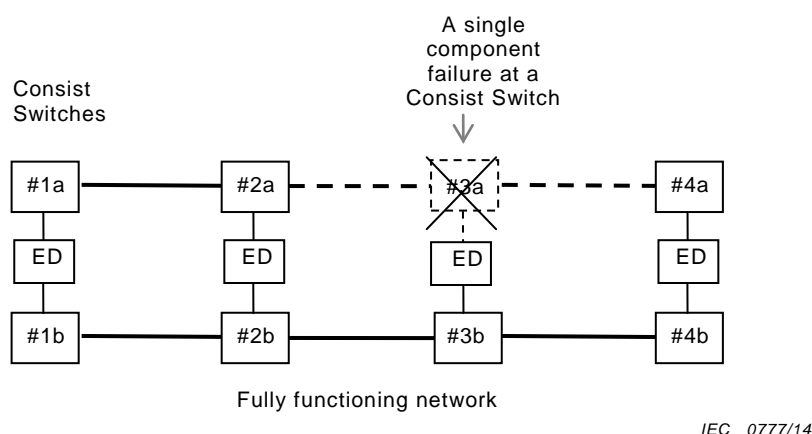
A single component failure at a link between active components does not cause network malfunction, which is shown in Figure A.5.

In case of a single active component failure dual homing End Devices which have redundant links to multiple active components (Consist Switches) can continue to communicate; Figure A.6 shows the case with redundant links.

NOTE Parallel networks with bypass are tolerant of most of double component failures.



**Figure A.5 – Example of a single component failure at a link on parallel networks**



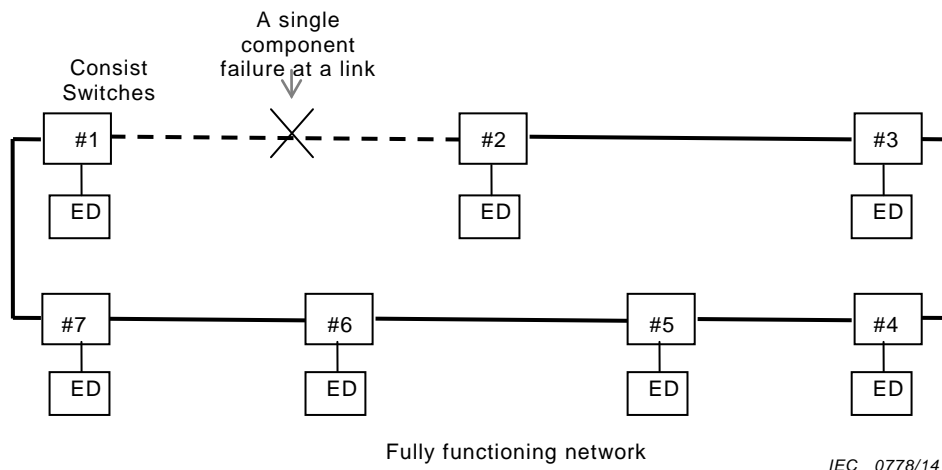
**Figure A.6 – Example of a single component failure at an active component on parallel networks**

#### A.2.4 Example of failure cases – Ring topology

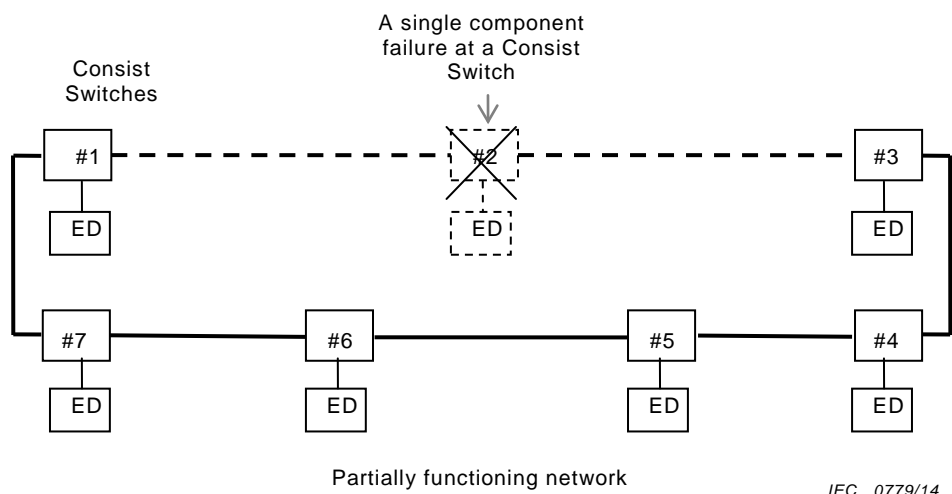
A single component failure at a link between active components does not cause network malfunction, which is shown in Figure A.7.

A single component failure at an active component may cause network function reduced, which is shown in Figure A.8. However, dual homing End Devices which have redundant links to multiple active components (Consist Switches) can continue to communicate. Figure A.9 shows the case with redundant links.

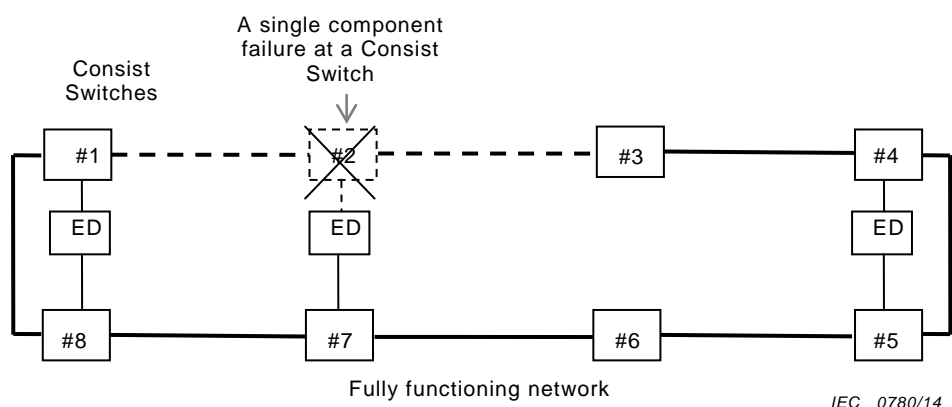
NOTE Ring topology with bypass is tolerant of most of double component failures.



**Figure A.7 – Example of a single component failure at a link on ring topology**



**Figure A.8 – Example of a single component failure at an active component on ring topology**



**Figure A.9 – Example of a single component failure at an active component on ring topology (with dual homing ED)**

#### A.2.5 Example of failure cases – Ladder topology

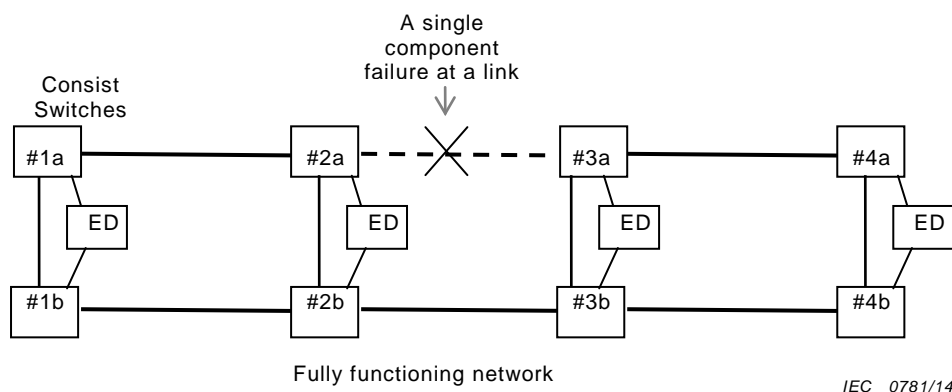
A single component failure at a link does not cause network malfunction, which is shown in Figure A.10.

In case of a single active component failure dual homing End Devices which have redundant links to multiple active components (Consist Switches) can continue to communicate; Figure A.11 shows the case with redundant links.

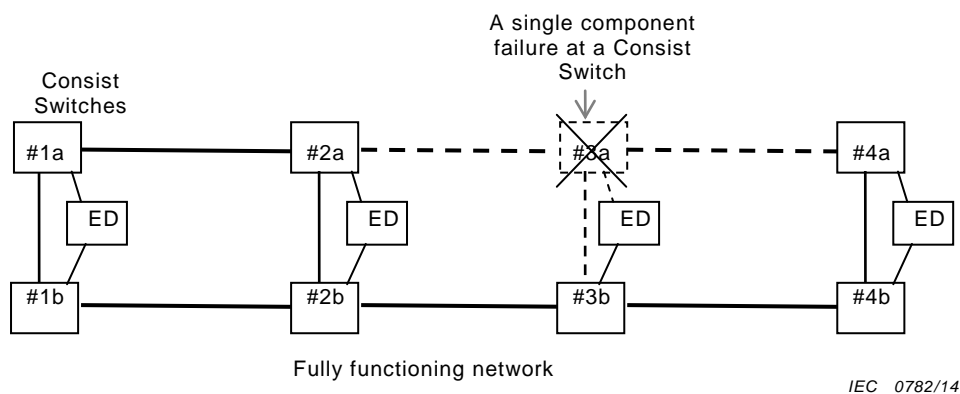
When double component failures occur at links of different locations, it may maintain full function unless the failures occur at the identical component for redundancy simultaneously, which is shown in Figure A.12.

When double component failures occur at active components, it may or may not maintain network function depending on the positions of failures. Network is malfunctioning in the failure case shown in Figure A.13, but it can be partially functioning if bypass is applied as shown in Figure A.13.

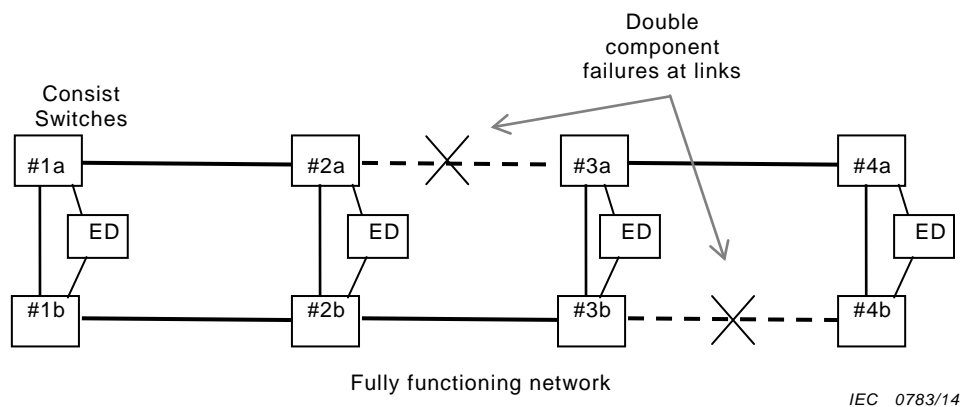




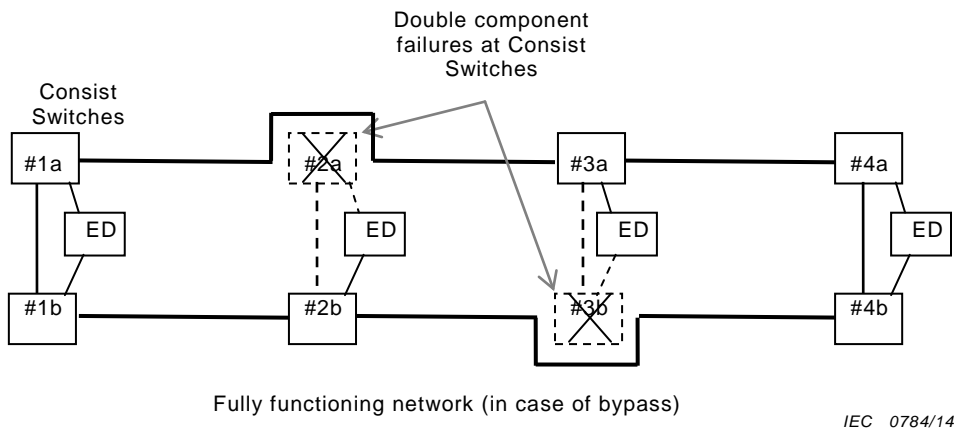
**Figure A.10 – Example of a single component failure at a link on a ladder topology**



**Figure A.11 – Example of a single component failure at an active component on ladder topology**



**Figure A.12 – Example of double component failures at links on ladder topology**



**Figure A.13 – Example of double component failures at active components on ladder topology (with bypass)**

**A.3 Redundancy level of ECN architecture**

There are three levels of redundancy as described in Table A.1. Figure A.14 shows examples of ECN architectures which support specified levels of redundancy.

**Table A.1 – Redundancy level of ECN architecture**

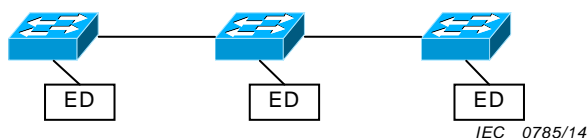
Redundancy level	Description	
	Failure component	Influence of the failure
Level 1	No redundancy	
Level 2	No single point of failure exists in the network, but some function is not operative in case of a failure.	
	CS failure	Network is recoverable, but EDs connected to the failed CS cannot communicate with other EDs.
	CS-CS link failure	Network is recoverable.
	CS-ED link failure	ED with the failed link cannot communicate with other EDs.
Level 3	No single point of failure exists, and all functions are operative.	
	Double component failures are tolerable as much as possible.	
	CS failure	Network is recoverable, and EDs connected to the failed CS can still continue communicating.
	CS-CS link failure	Network is recoverable.
	CS-ED link failure	ED with the failed link can continue communicating.

NOTE 1 ED failure and redundancy of ED itself are outside the scope of this part of the standard.

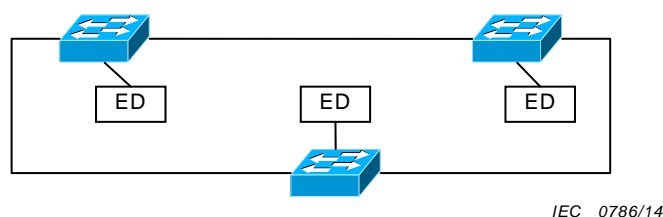
NOTE 2 A link failure includes failure of cable(s), connectors, and Ethernet interfaces (ports) at both ends.

NOTE 3 A CS failure is a failure of switch core, excluding port failure. The failure rate depends on complexity of hardware and software of CS.

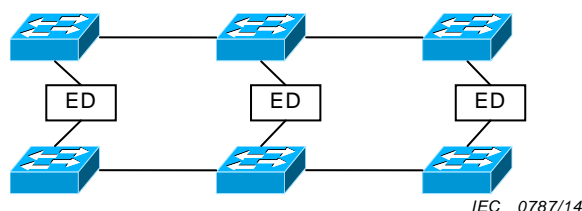
## Level 1) Linear topology



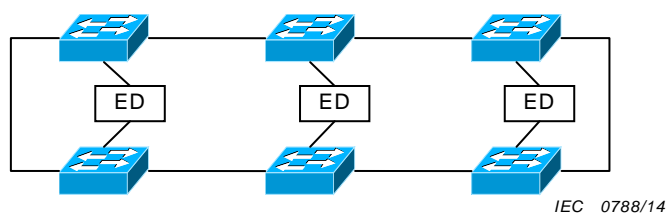
## Level 2) Ring topology



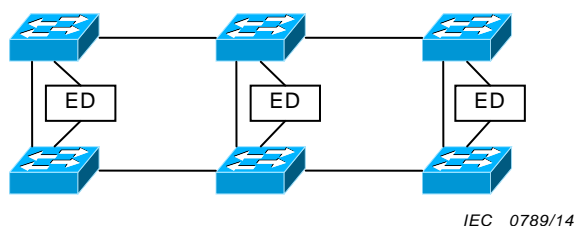
## Level 3a) Parallel network with dual homing



## Level 3b) Ring topology with dual homing



## Level 3c) Ladder topology with dual homing



**Figure A.14 – Example of ECN architecture classified by redundancy level**

#### A.4 Reliability analysis of redundancy level

This clause analyzes reliability of ECN with specified redundancy level.

Three kinds of reliabilities are analyzed. See Table A.2.

- a) Total failure rate
- b) MTBF of network itself (network is separated in case of failure(s)); CS-ED link failure is not considered in the analysis
- c) MTBF of communication between EDs (communication is not possible between EDs in case of failure); CS-ED link failure is considered in the analysis

Assumptions for simplification are as follows:

- Values of  $\lambda_S$  in different redundancy levels could not be equivalent, but same label  $\lambda_S$  is used.
- For calculation for MTBF of communication between EDs, only one ED per CS/CS-pair is considered.

**Table A.2 – Reliability of redundancy level**

Redundancy level	Total failure rate	MTBF of network	MTBF of communication between EDs
Level 1	$\sim N(\lambda_S + \lambda_T + \lambda_B)$	$\sim 1 / N(\lambda_S + \lambda_T)$	$\sim 1 / N(\lambda_S + \lambda_T + \lambda_B)$
Level 2	$\sim N(\lambda_S + \lambda_T + \lambda_B)$	$\sim \mu / (N^2(\lambda_S + \lambda_T)^2)$	$\sim 1 / N(\lambda_S + \lambda_B)$
Level 3a, 3b	$\sim 2N(\lambda_S + \lambda_T + \lambda_B)$	$\sim \mu / (2N^2 (\lambda_S + \lambda_T)^2)$	$\sim \mu / (2N^2 (\lambda_S + \lambda_T + \lambda_B)^2)$
Level 3c	$\sim 2N(\lambda_S + 3\lambda_T/2 + \lambda_B)$	$\sim \mu / 2N(3\lambda_S^2 + 4\lambda_S\lambda_T + \lambda_T^2)$	$\sim \mu / 2N(3\lambda_S^2 + 4\lambda_S\lambda_T + 2\lambda_S\lambda_B + \lambda_T^2 + \lambda_B^2)$
<p>where:</p> <p>N is the number of CSs or CS pairs for redundancy;</p> <p><math>\lambda_S</math> is the failure rate of a CS (core);</p> <p><math>\lambda_T</math> is the failure rate of a CS-CS link;</p> <p><math>\lambda_B</math> is the failure rate of a CS-ED link;</p> <p><math>\mu</math> is the recovery rate.</p>			

NOTE 1 Fault models and formulas in IEC 62439 are used for calculation.

NOTE 2 For simplifying formulas in the text 'N-1' is represented as 'N' nevertheless this is not mathematically adequate. Therefore, level 3a and level 3b is not exactly the same, but they are nearly same.

Level 3 provides higher reliability compared to levels 1 and 2, but the reliability is reduced when common cause failures (CCF) of redundant components are considered. There are several methods to model common cause failures. Table A.3 shows reliabilities of level 3 when beta factor method is used. The value of the beta factor is typically 0,5 % to 10 % according to IEC 61508.

**Table A.3 – Reliability when common cause failures are considered**

Redundancy level	MTBF of network	MTBF of communication between EDs
Level 3a, 3b	$\sim \mu / \{ \mu N \beta (\lambda_S + \lambda_T) + 2N^2 (\lambda_S + \lambda_T)^2 \}$	$\sim \mu / \{ \mu N \beta (\lambda_S + \lambda_T + \lambda_B) + 2N^2 (\lambda_S + \lambda_T + \lambda_B)^2 \}$
Level 3c	$\sim \mu / \{ \mu N \beta (\lambda_S + \lambda_T) + 2N(3\lambda_S^2 + 4\lambda_S\lambda_T + \lambda_T^2) \}$	$\sim \mu / \{ \mu N \beta (\lambda_S + \lambda_T + \lambda_B) + 2N(3\lambda_S^2 + 4\lambda_S\lambda_T + 2\lambda_S\lambda_B + \lambda_T^2 + \lambda_B^2) \}$

NOTE 3 Only common cause failures in redundant CSs, CS-ED links and CS-CS link are considered. The values of beta factor ( $\beta$ ) depend on components, but the same factor is used for the sake of simplicity.

Table A.5 shows examples of reliability and availabilities of ECN architectures, in case that the parameters described in Table A.4 are used for calculation. The values in Table A.5 show that the level 3 of architecture brings higher reliability and availability than levels 1 and 2. However, level 3c gives a slightly better reliability and availability than levels 3a and 3b due to multiple substitute paths in the redundant network, considering the common cause failures (CCF) the levels 3a, 3b, and 3c give nearly the same level of reliability and availability due to all based dual homing architecture.

**Table A.4 – Parameters for reliability and availability calculation**

(h: hour)

Parameter	Value	Comments
N: number of CSs or CS pairs	10	
$\lambda_S$ : failure rate of a CS(core)	$5,00 \times 10^{-6} \text{ (h}^{-1}\text{)}$	MTTF: 200 000 h
$\lambda_T$ : failure rate of a CS-CS link	$3,33 \times 10^{-7} \text{ (h}^{-1}\text{)}$	MTTF: 3 000 000 h
$\lambda_B$ : failure rate of a CS-ED link	$3,33 \times 10^{-7} \text{ (h}^{-1}\text{)}$	MTTF: 3 000 000 h
$\mu$ : recovery rate	$5,00 \times 10^{-2} \text{ (h}^{-1}\text{)}$	Mean down time: 20 h
$\beta$ : beta factor	0,01	1 % of the failure is common for redundant components.

**Table A.5 – Reliability and availability example values**

(h: hour)

Redundancy level	Total failure rate $\text{h}^{-1}$	MTBF of network h	MTBF of communication between EDs h	Availability of communication between EDs (Unavailability)
Level 1	$5,67 \times 10^{-5}$	$1,88 \times 10^4$	$1,76 \times 10^4$	0,9989 ( $1,13 \times 10^{-3}$ )
Level 2	$5,67 \times 10^{-5}$	$1,76 \times 10^7$	$1,88 \times 10^4$	0,9989 ( $1,07 \times 10^{-3}$ )
Level 3a, 3b without CCF	$1,13 \times 10^{-4}$	$8,79 \times 10^6$	$7,79 \times 10^6$	0,999997 ( $2,57 \times 10^{-6}$ )
Level 3c without CCF	$1,17 \times 10^{-4}$	$3,06 \times 10^7$	$2,93 \times 10^7$	0,9999993 ( $6,82 \times 10^{-7}$ )
Level 3a, 3b with CCF	$1,13 \times 10^{-4}$	$1,55 \times 10^6$	$1,44 \times 10^6$	0,999986 ( $1,39 \times 10^{-5}$ )
Level 3c with CCF	$1,17 \times 10^{-4}$	$1,77 \times 10^6$	$1,66 \times 10^6$	0,999988 ( $1,20 \times 10^{-5}$ )

## A.5 Redundancy of End Devices

It has been demonstrated that ECN is a reliable network by itself, without considering EDs reliability. But EDs are not so reliable: an ED has the same order of importance of MTBF compared to a CS; as an example, 200 000 h for each. Therefore, it means that taken into account EDs the global reliability/availability of the network is reduced. This clause shows the impact of EDs, and redundant EDs, on the global reliability.

Table A.6 shows the impact of ED redundancy on MTBF on all architecture levels. Table A.7 shows the impact of ED redundancy on MTBF using ratios where ratio 1 corresponds to MTBF of 9 404 h. Values in both tables are calculated with parameters shown in Table A.4.

In case where an ED is redundant, the values given below in Table A.6 and Table A.7 show that reliability is increased considerably compared to the effect of redundancy on the architecture. For example, in a dual homing architecture (level 3 in Table A.6) with redundant EDs, the MTBFs are more than 40 times the MTBF reached with no ED redundancy. It is more than the MTBFs increase obtained from level 1 to level 3 without ED redundancy.

**Table A.6 – Reliability with ED redundancy comparison**

(h: hour)

Redundancy level	MTBF without ED redundancy h	MTBF with ED redundancy h
Level 1	9 404	19 785
Level 2	9 677	19 785
Level 3a, 3b	19 696	857 345
Level 3c	19 774	931 641

**Table A.7 – Comparison of MTBFs ratios with ED redundancy**

(ratio=1 corresponds to 9404 h, see Table A.6)

Redundancy level	MTBF ratio without ED redundancy	MTBF ratio with ED redundancy
Level 1	1	2,1
Level 2	1	2
Level 3a, 3b	2,1	43,5
Level 3c	2,1	47,1

## Annex B (informative)

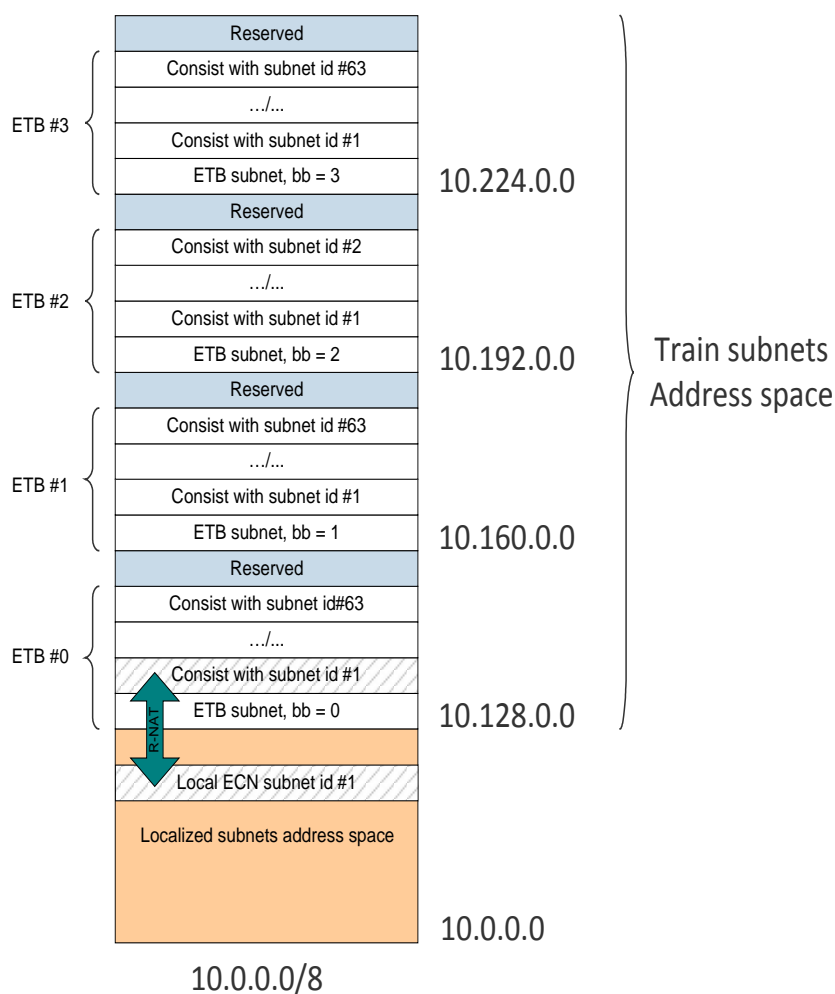
### Railway-Network Address Translation (R-NAT)

#### B.1 General

R-NAT is an algorithm for network address translation between ETB and ECN. This algorithm uses the rules for train and Consist network addresses, which simplify the management of address translation.

#### B.2 Local Consist subnet IP address

When R-NAT solution is deployed, a local ECN subnet IP address shall be associated with each ED. This local ECN subnet address is taken in subnet range 10.0/9, for example 10.0/18. Example of IP mapping is shown in Figure B.1. In the following, the term “local” is used in place of “local ECN subnet”.



IEC 0790/14

Figure B.1 – Example of ECN local IP range, “shadow” of train IP range for R-NAT

### B.3 TBN R-NAT

Train wide communication between End Devices, which possess only a static IP source address, requires network address translation of IP addresses in the ECN/ETB IP routers. This network address translation shall in general comply to the rules defined in RFC 3022, but because of its special usage for the purpose of ECN/ETB routing it is referred to as “railway network address translation” (R-NAT).

When an IP packet is routed between ECN and ETB, the following address translation rules shall apply:

- a) While routing from ECN to ETB, the static IP Source Address shall be translated from ECN address level to ETB address level, which especially means:
  - the address space of the ETB level is applied to the IP source address
  - the Consist Network Identifier of the source Consist Network shall be inserted in the IP source address
- b) While routing from ETB to ECN, the dynamic IP Destination Address shall be translated from ETB address level to ECN address level, which especially means:
  - the address space of the ECN level is applied to the IP destination address
  - the Consist Network Identifier in the IP destination address shall be removed (replaced by “0”)

Example – The example shall illustrate the railway network translation, see Figure B.2. Three TBNs are shown which received the TBN addresses 05, 06 and 07 after train inauguration. An End Device with number 53, connected to TBN 05, sends an IP packet to the End Device 21 connected to TBN 07. The TBN 05 translates the IP source address from 10.0.0.53 (ECN address level) to the IP source address 10.129.64.53 (ETB address level). The TBN 07 afterwards translates the IP destination address 10.129.192.21 (ETB level) to the IP destination address 10.0.0.21 (ECN level).

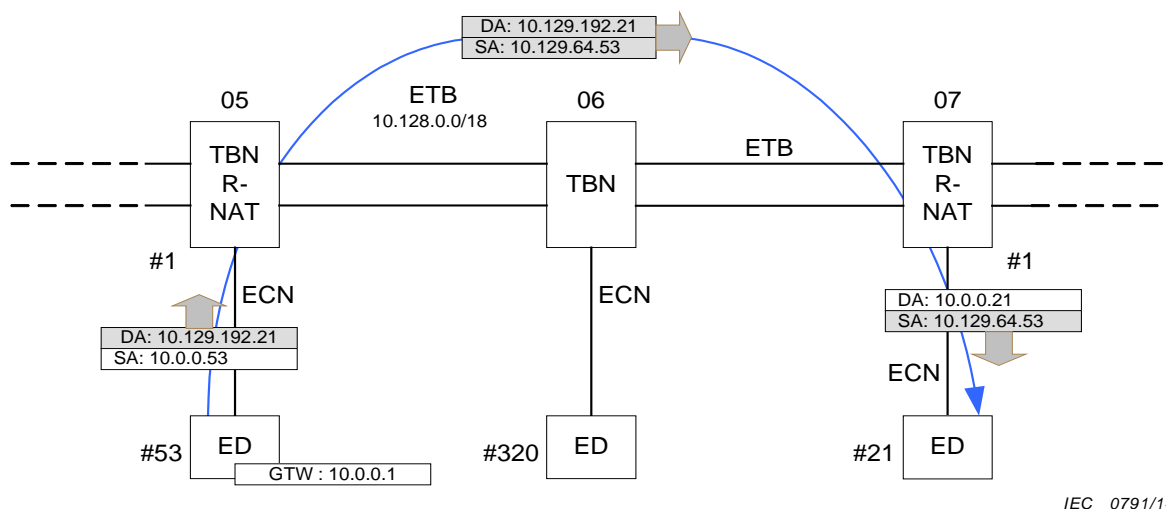


Figure B.2 – Example of Railway Network Translation (R-NAT)

NOTE R-NAT can be executed in IP routers while pre- and post-routing IP packets.

### B.4 Interoperability issue between TBNs

As TBN with R-NAT and TBN without (R-)NAT both respect general IP mapping definitions, they are interoperable. Examples below illustrate this, see Figures B.3 and B.4:



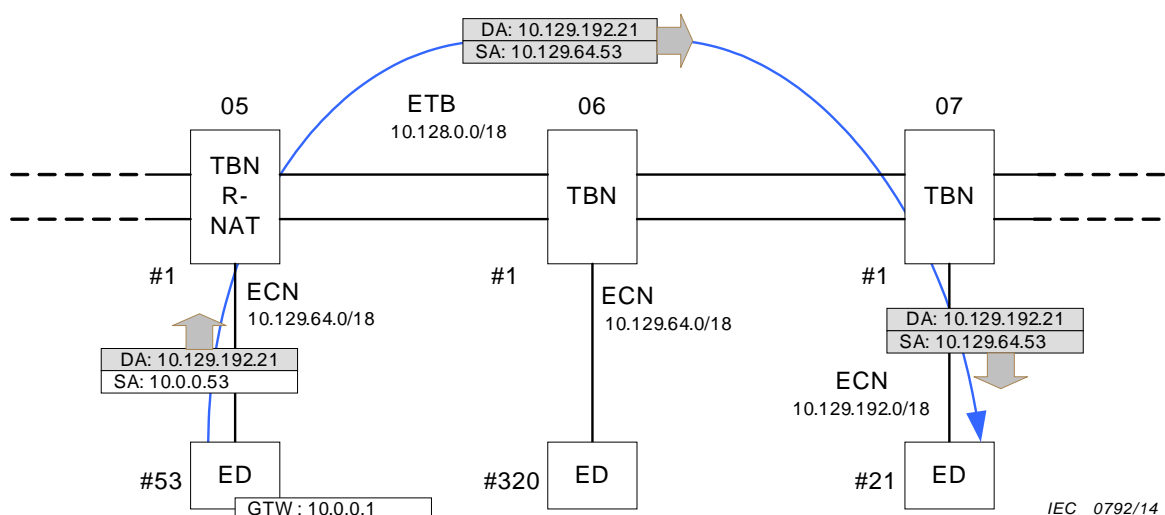


Figure B.3 – From R-NAT TBN to TBN

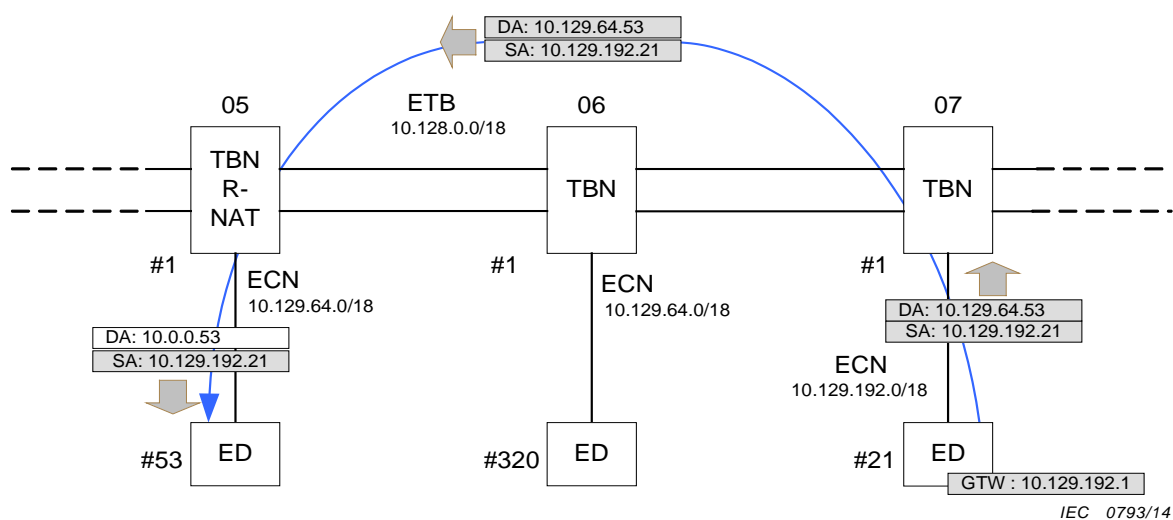


Figure B.4 – From TBN to R-NAT TBN

In both cases, on ETB, IP addresses are always inside train IP mapping. Local IP addresses, if defined, are never used as destination address to outgoing the ECN (to access ED in neighbor ECN).

## **Annex C** (normative)

### **Transceiver with amplified signals protocol definition**

#### **C.1 General**

This annex defines optional transceiver with amplified signals, which may be attached outside of 10BASE-T MAU or 100BASE-TX PMD.

In order to raise noise immunity of the signal transmission on the media not only within a vehicle but also connecting vehicles with couplers, the transmission signals may be amplified than the normal voltage.

NOTE The specifications for the transceiver with amplified signals are the exceptions which are not compliant to IEEE 802.3.

There are two options according to the transmission bit rate, which can be selected depending on application.

a) Type A

Transceiver with amplified signals for Physical Layer based on IEEE 802.3, clause 14 (10BASE-T).

b) Type B

Transceiver with amplified signals for Physical Layer based on IEEE 802.3, clause 25 (100BASE-TX).

#### **C.2 Type A: Transceiver with amplified signals for Physical Layer based on IEEE 802.3 (10BASE-T)**

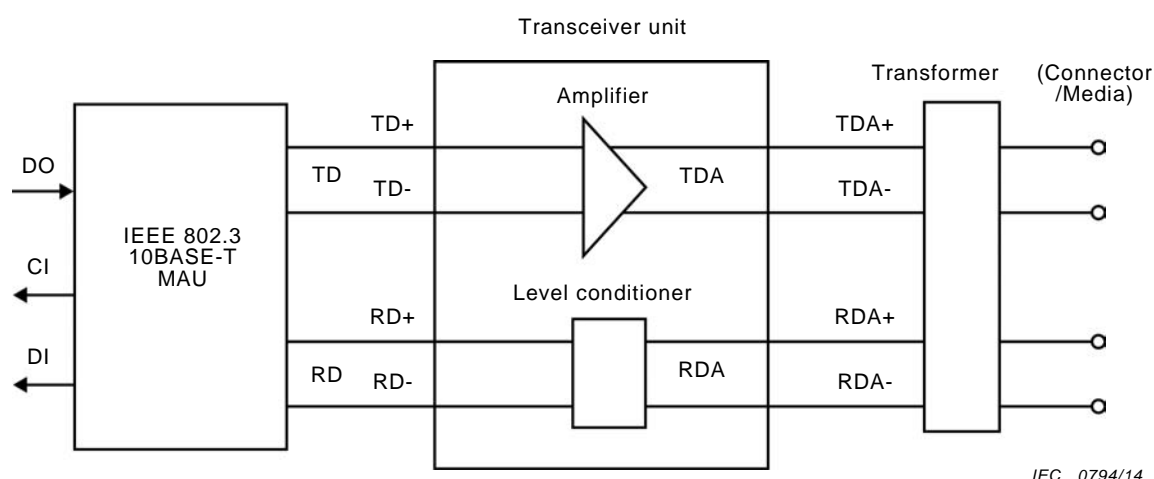
##### **C.2.1 General**

This clause defines the transceiver with amplified signals for Physical Layer based on IEEE 802.3, clause 14 (10BASE-T).

The items not defined in this clause shall be compliant with the IEEE 802.3, clause 14 (10BASE-T).

##### **C.2.2 Transceiver unit**

The block diagram of the transceiver unit is shown in Figure C.1. The differential transmission data signals TD+ and TD- from the IEEE 802.3 10BASE-T MAU are levelled up in the amplifier. Level conditioner is a circuit which lowers the received signals RDA+ and RDA- into the range of the receivable signal level, even if it is transmitted from a nearby transceiver unit.



IEC 0794/14

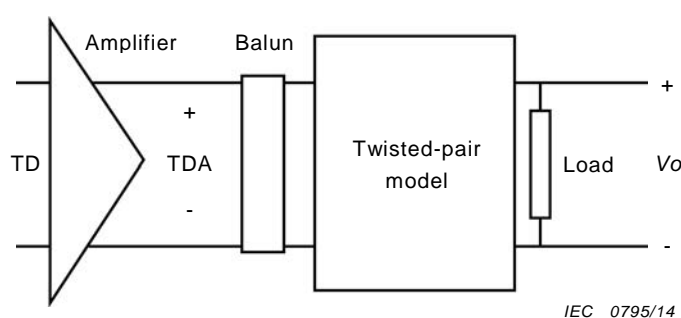
**Figure C.1 – Block diagram of transceiver unit for 10BASE-T MAU**

### C.2.3 Transmission signal characteristics

Transmission signal characteristics shall conform to the description below.

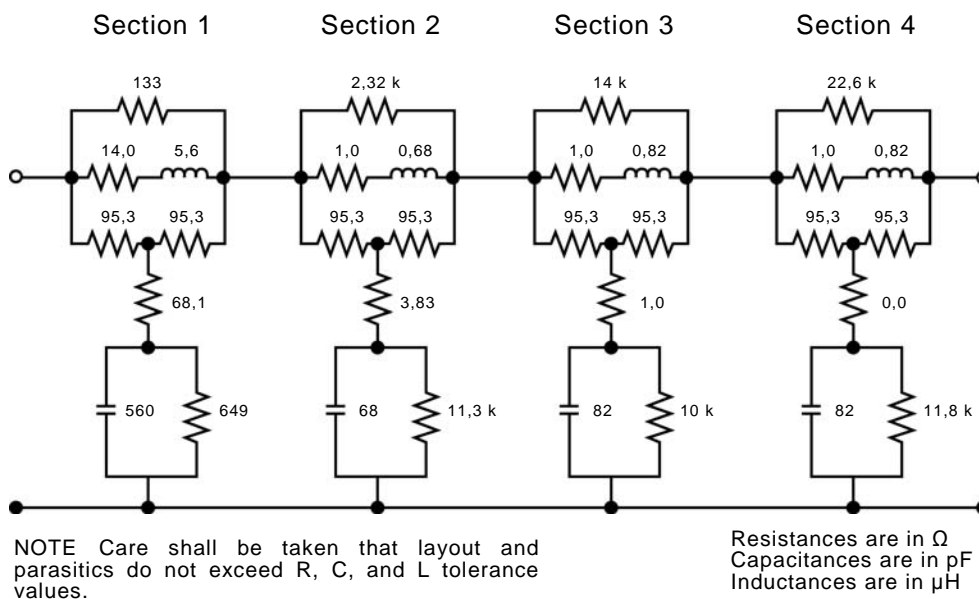
- For the transmission differential waveform, output voltage signal  $V_o$  defined by the circuit shown in Figure C.2, in which the twisted-pair model is shown in Figure C.3 with a  $100\ \Omega$  resistive load, shall satisfy the template shown in Figure C.4 and Table C.1 with tolerance of  $\pm 10\%$ . The specifications of the twisted pair cable equivalent circuit shall be in accordance with 14.3.1.2 in IEEE 802.3 (10BASE-T).
- The TP\_IDL signal shall satisfy the conditions shown in Figure C.5 under the load shown in Figure C.6, where BT is a time slot period which is 100 ns for 10BASE-T.
- When link pulses are used, the conditions shown in Figure C.7 shall be satisfied. When the connection status can be confirmed without using link pulses, this item may be ignored, where BT is the same as described above.

NOTE Templates of figures, Figure C.2 to Figure C.9, are quoted from the IEEE 802.3, clause 14 (10BASE-T).



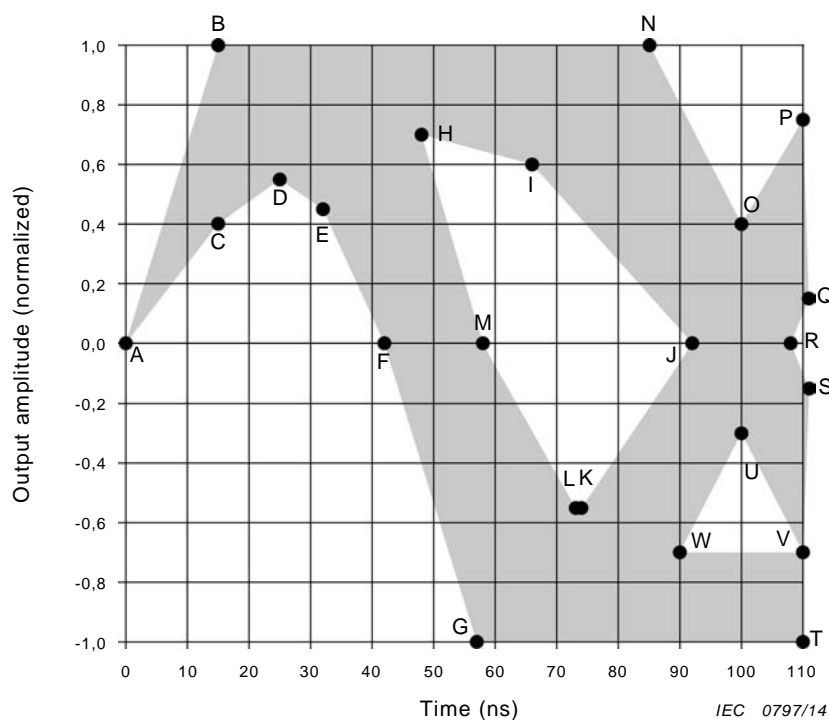
IEC 0795/14

**Figure C.2 – Differential output voltage test**



IEC 0796/14

Figure C.3 – Twisted-pair model



NOTE Output amplitude 1,0 is equivalent to 3,636 V.

Figure C.4 – Amplified voltage template

Table C.1 – Output voltage template table

Reference	Time ns	Output amplitude (See NOTE)
A	0	0
B	15	1,0
C	15	0,4
D	25	0,55
E	32	0,45
F	42	0
G	57	-1,0
H	48	0,7
I	67	0,6
J	92	0
K	74	-0,55
L	73	-0,55
M	58	0
N	85	1,0
O	100	0,4
P	110	0,75
Q	111	0,15
R	108	0
S	111	-0,15
T	110	-1,0
U	100	-0,3
V	110	-0,7
W	90	-0,7

NOTE Output amplitude is normalized, in which value 1,0 is equivalent to 3,636 V.

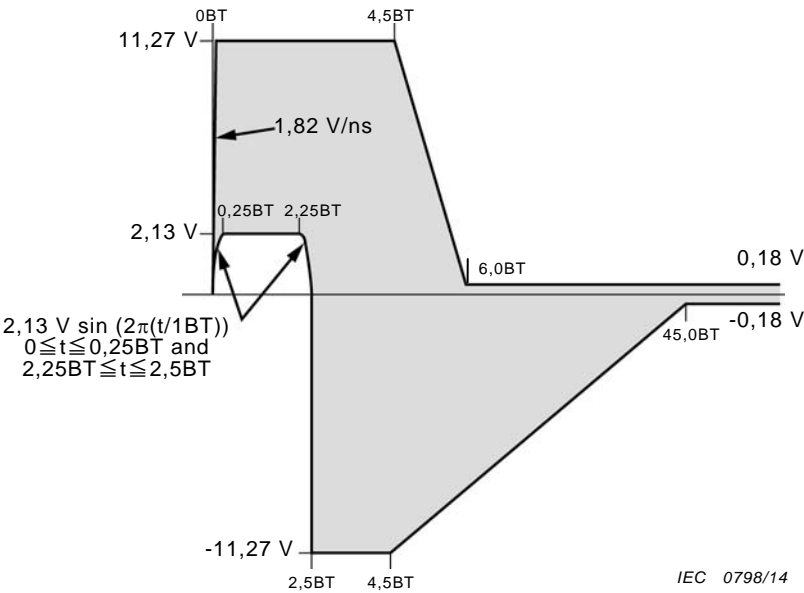
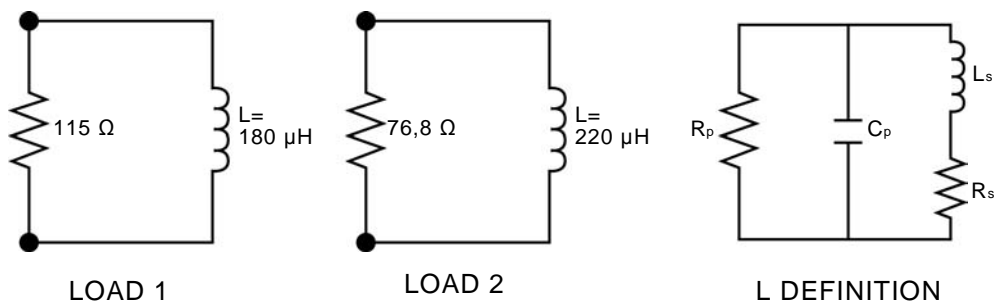


Figure C.5 – Amplified transmitter waveform for start of TP\_IDL



NOTE All parameters are defined over the frequency range of 250 kHz to 6 MHz.

$$L_s = L \pm 1 \%$$
$$C_p = 12 \text{ pF} \pm 20 \%$$

$$R_p \geq 2 \text{ k}\Omega$$
$$R_s \leq 0,5 \text{ }\Omega$$

IEC 0799/14

Figure C.6 – Start-of-TP\_IDL test load

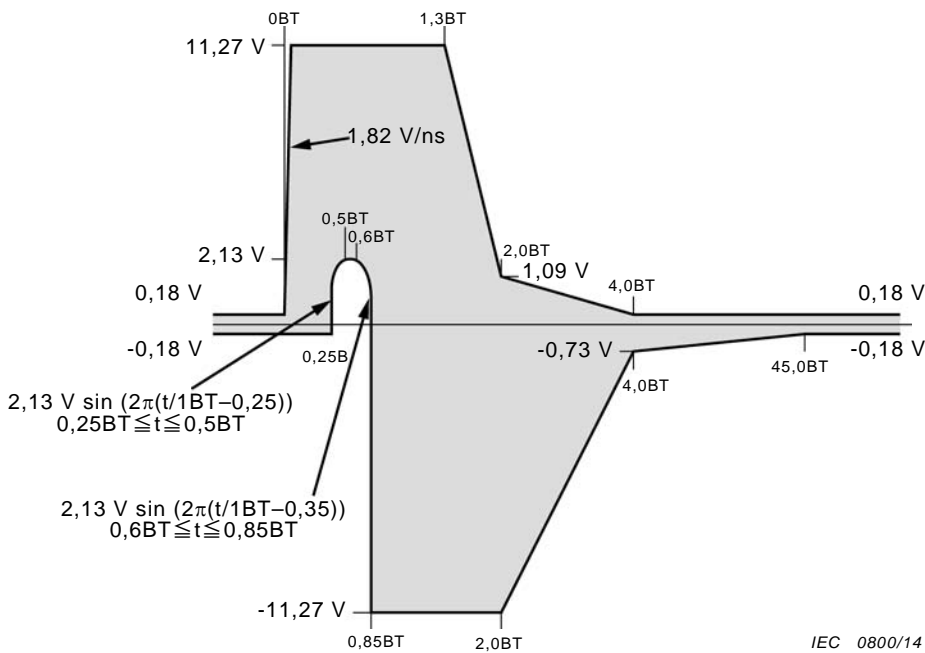
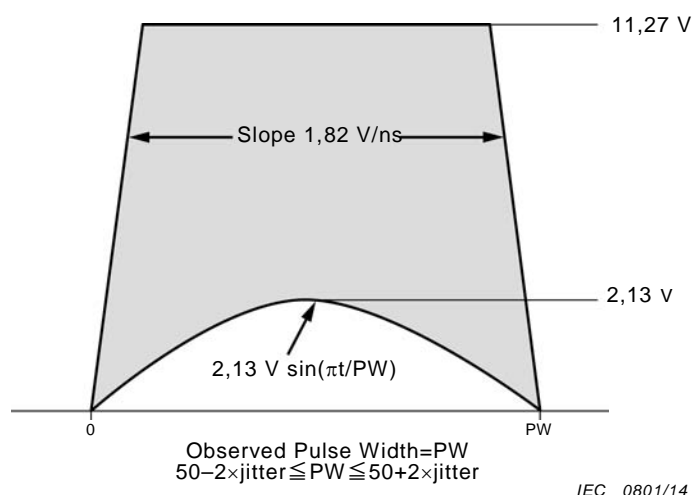


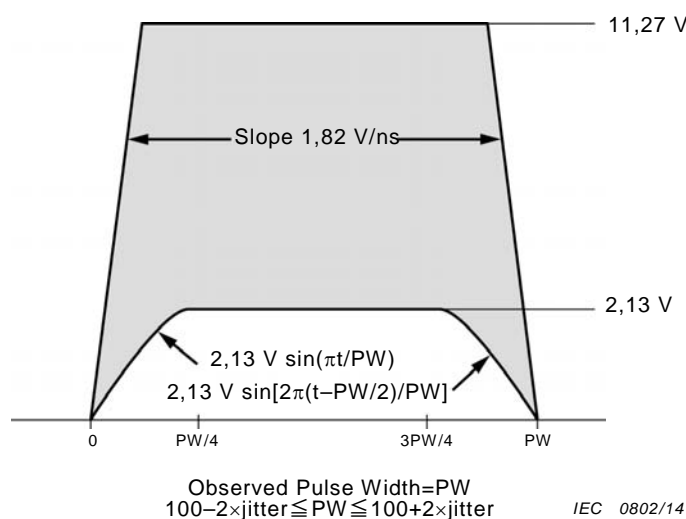
Figure C.7 – Amplified transmitter waveform for link test pulse

C.2.4 Reception signal characteristics

The reception waveform shall satisfy the conditions of the template shown in Figure C.8 and Figure C.9.



**Figure C.8 – Amplified receiver differential input voltage – narrow pulse**



**Figure C.9 – Amplified receiver differential input voltage – wide pulse**

### C.3 Type B: Transceiver with amplified signals for Physical Layer based on IEEE 802.3 (100BASE-TX)

#### C.3.1 General

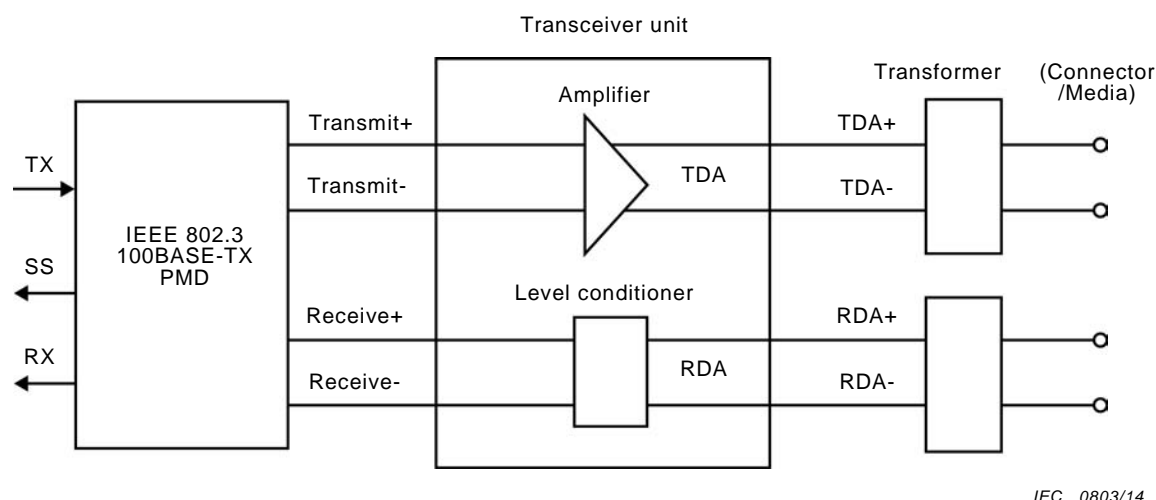
This clause defines the transceiver with amplified signals for Physical Layer based on IEEE 802.3, clause 25 (100BASE-TX).

The items not defined in this clause shall be compliant with IEEE 802.3, clause 25 (100BASE-TX).

#### C.3.2 Transceiver unit

The block diagram of the transceiver unit is shown in Figure C.10. The differential transmission data signals Transmit+ and Transmit- from the IEEE 802.3 100BASE-TX PMD are levelled up in the amplifier circuit, which become signals TDA+ and TDA- and are led to the transformer. Level conditioner is a circuit which lowers the received signals RDA+ and

RDA- into the range of the receivable signal level of the PMD, even if it is transmitted from a nearby transceiver unit.



**Figure C.10 – Block diagram of transceiver unit**

### C.3.3 Transmission signal characteristics

Transmission signal characteristics shall conform to Clause 9 of ANSI X3.263:1995 with the exceptions below.

- a) Clause 9.1.1 Shielded twisted pair active output interface shall not be used.

NOTE In clause 9.1.1, active output interface for STP with characteristic impedance of 150 Ω is defined.

- b) The test load shall accord with the description in clause 9.1.2 Unshielded twisted pair active output interface.
- c) For the differential output voltage instead of the UTP differential output voltage,  $V_{out}$ , shall be:

$$3\ 800\ \text{mV} \leq V_{out} \leq 4\ 200\ \text{mV}$$

For twisted pair active output interface, the characteristic of Differential Signal, zero-peak shall be used and comply with the values in Table C.2, instead of the characteristics of both Differential Signal, UTP, zero-peak and Differential Signal, STP, zero-peak.

**Table C.2 – Twisted pair active output interface**

Characteristic	Minimum	Maximum	Units
Differential Signal, UTP, zero-peak	Not used	Not used	mVpk
Differential Signal, STP, zero-peak	Not used	Not used	mVpk
Differential Signal, zero-peak	3 800	4 200	mVpk

NOTE Other characteristics in Table 3 in clause 9 of ANSI X3.263-1995 remain the same.

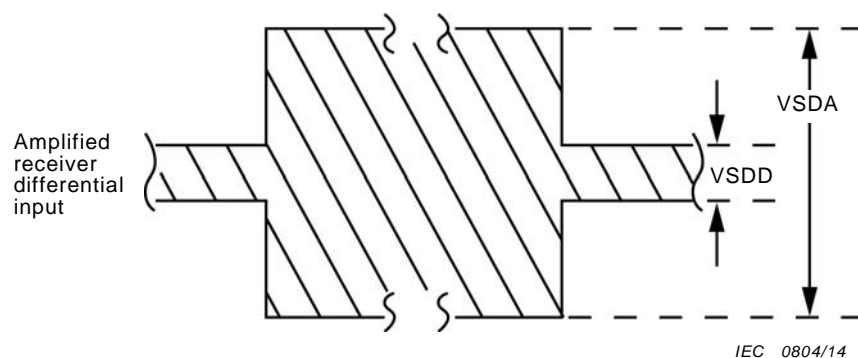
### C.3.4 Reception signal characteristics

Reception signal characteristics shall conform to clause 10.1 of ANSI X3.263-1995 with the exceptions below.

- a) Signal\_detect shall be asserted per clause 10.1.2 for any valid peak to peak signal, VSDA, greater than 4 000 mV. Signal\_detect shall remain asserted in the presence of valid signals with a low density of transitions.
- b) Signal\_detect shall be deasserted when the peak to peak received signal, VSDD, is smaller than 800 mV.



Figure C.11 illustrates these requirements.



**Figure C.11 – Signal\_detect assertion threshold**

NOTE Templates of Figure C.11 are from ANSI X3.263-1995, Clause 10.

## **Annex D** (informative)

### **Ladder topology protocol definition**

#### **D.1 General**

This annex defines protocol for ladder topology which provides higher robustness and availability in communication for train application to minimize risk of hindrance to train running.

The purposes of the ladder topology defined in this annex are in the following.

- Continue communication on the ECN in case of a single component failure,
- Continue communication on the ECN in case of double component failures as much as possible except common cause failure,
- Transparency of network failure for the train application in End Devices, if the failure can be recovered in adequate time by avoiding the failure points.

In order to achieve the purposes, this ladder topology applies the following in the design philosophy;

- Double sub-networks of trunk links with Consist Switches, which constitutes a duplicated system,
- Local links between the duplicated Consist Switches,
- Transmission of data frames on both or either of the sub-networks depending on application data,
- Dedicated command frames which are additionally used in Link Layer protocol to manage failure and recovery,
- Redundancy management protocol which contains the information for the management of recovery.

The protocols for Consist Switch interface shall accord with the common part of this standard except the protocols needed to control redundancy in ladder topology.

NOTE This ladder topology protocol contains the exceptions which are not compliant to IEEE 802.1D or IEEE 802.3, which are stated as notes in the proper places of this annex.

The protocols for End Device interface of this Consist Switch shall accord with the common part of this standard.

In this annex, the term “Consist Switch” is replaced with “CNN” or “Consist Network Node”.

#### **D.2 Architecture of Consist Network Node**

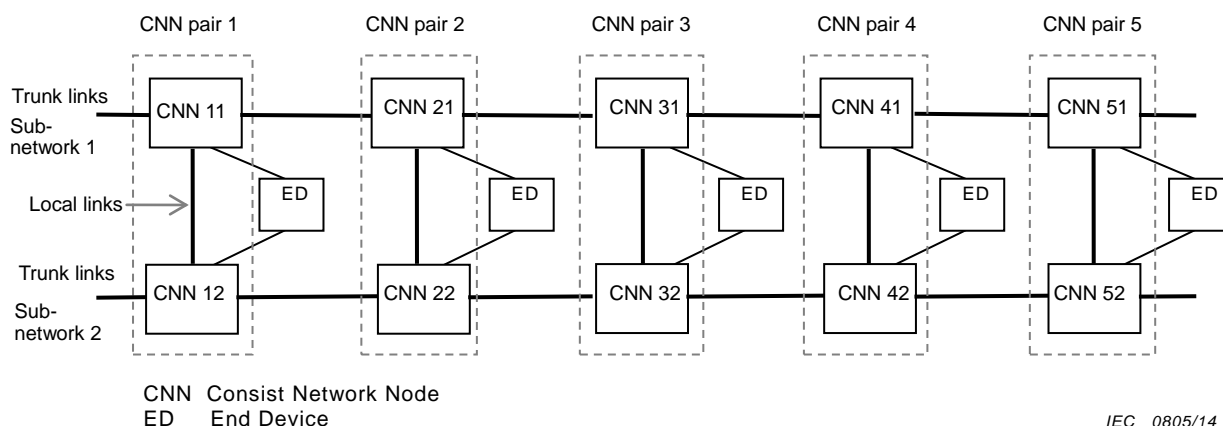
##### **D.2.1 General**

This clause defines protocols for the CNN (Consist Network Node) in ladder topology.

##### **D.2.2 Concept of ladder topology**

A concept of ladder topology is shown in Figure D.1, in which CNNs are interconnected in series with trunk links on each sub-network, indicated as sub-network 1 and sub-network 2, and also interconnected between CNNs on the other side of the network to make pairs with the local links respectively.

End Device has typically two links, which is called dual homing; refer to 4.5.4 .



NOTE 1 In this figure, the CNN numbers are not actual but abstract for explanation.

NOTE 2 Optional bypass relays are not illustrated for simplification.

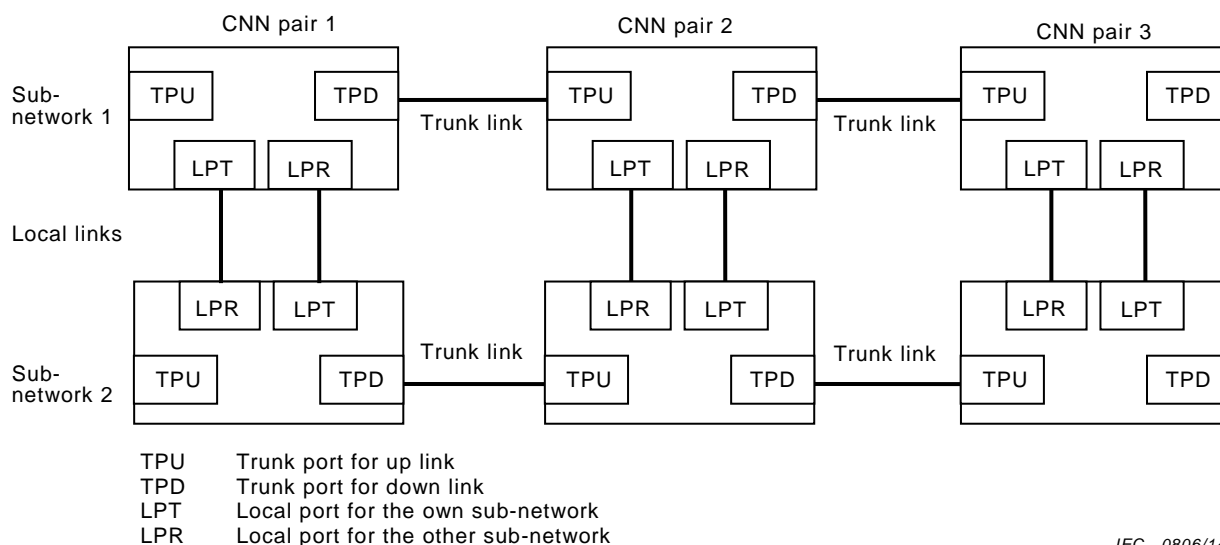
**Figure D.1 – Concept of ladder topology**

### D.2.3 Configuration of ladder topology

Configuration of ladder topology is shown in Figure D.2 for example of three CNNs in respective sub-networks in which only relevant parts for connection are expressed inside CNN for simplification.

In each sub-network in Figure D.2, the trunk link connects the TPD and the TPU of the CNNs, but TPU or TPD in outer side of the end CNNs are open.

For the local links, in case of PD (Process Data) and CNN management data, LPT (local port for the own sub-network) is exclusive for transmission of the data frame and LPR (local port for the other sub-network) is for reception. In other cases, each of them is used as a two way communication channel between the sub-networks. LPT of CNN in sub-network 1 is connected to LPR of CNN in sub-network 2, and vice versa for another local link.



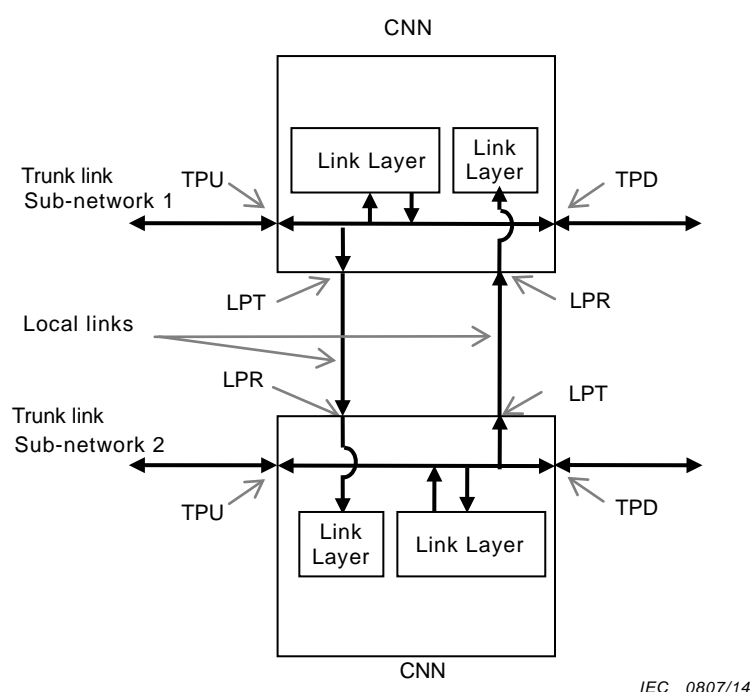
**Figure D.2 – Configuration of ladder topology**

Basic flows of data frames in duplicated CNNs, in case of PD and CNN management data, are shown in Figure D.3.

The received frame at one of the trunk ports (TPU or TPD) is passed to a Link Layer of the CNN, the other port of the trunk link (TPU or TPD) and the LPT simultaneously.

Conversely, data frame from Link Layer of the CNN is transmitted over trunk links and the LPT simultaneously.

Via the LPR, data frames transmitted from the LPT of the other sub-network is received by another Link Layer in the CNN.



NOTE Physical Layers are replaced with arrows which indicate the directions of data frames in the drawing.

**Figure D.3 – Basic flows of data frames on trunk links and local links in ladder topology**

#### D.2.4 Functional structure of Consist Network Node

Figure D.4 shows the functional structure of the CNN, which consists of switch section, real time MAC section and ladder topology management section.

Function of the switch shall conform to that of Consist Switch defined in this standard.

Real time MAC performs controlling the network to avoid traffic congestion for multiple accesses among CNNs by means of token passing, where token means the right to transmit its data frame to the network immediately.

NOTE 1 The protocol of the real time MAC is defined in D.3.2.5 in this annex. The function of the real time MAC is the exception which is not compliant to IEEE 802.1D.

Ladder topology management section includes CNN management, upper layer protocol stack, MAC sub-layer and Physical Layers. The CNN management performs redundancy control together with the real time MAC by using the dedicated command frames for detection and recovery of failure.

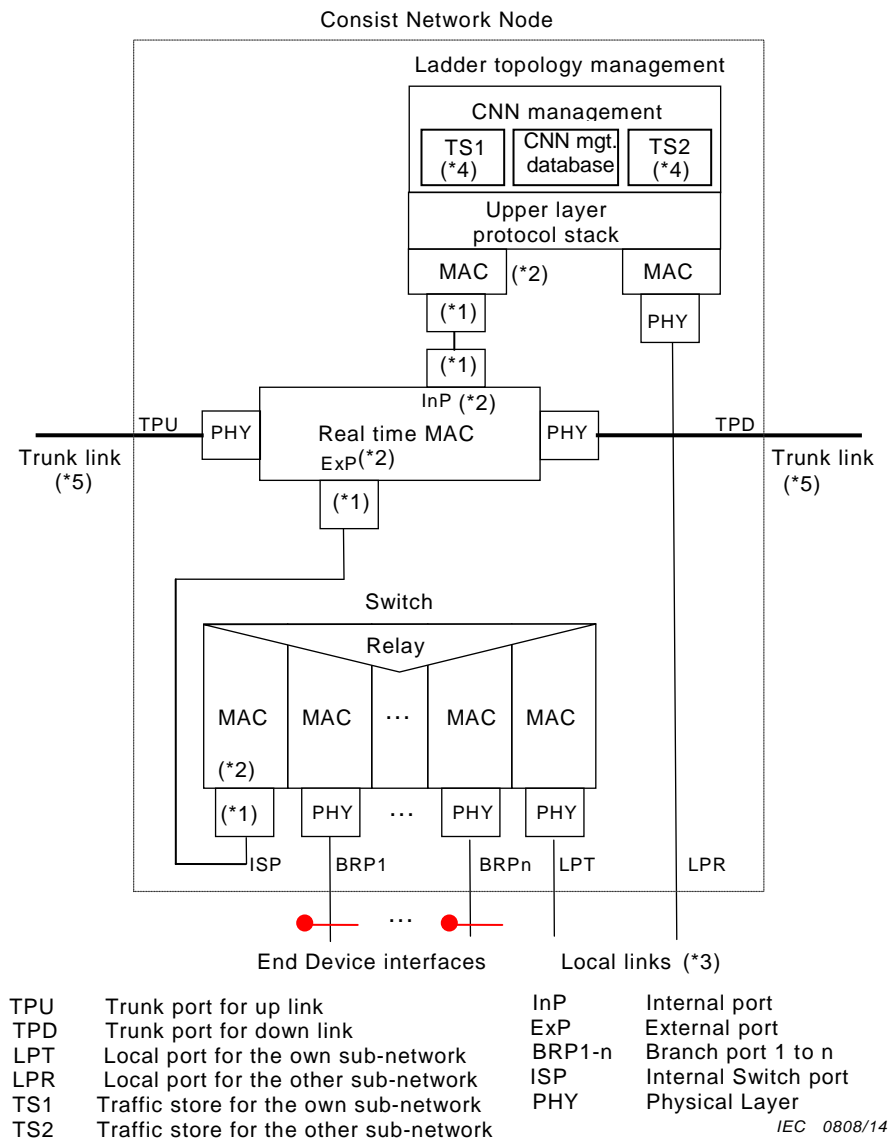
NOTE 2 The protocol of the CNN management is defined in Clause D.4 in this annex.

TPU and TPD in Figure D.4 determine the direction of token flowing. TPU shall be connected with TPD of the preceding CNN and TPD shall be connected with TPU of the succeeding CNN, so that token is always received at TPU and sent at TPD in the CNN.

When a CNN is an origin of data frame, it transmits the data frame to both the preceding CNN via TPU and the succeeding CNN via TPD over the trunk links simultaneously.

Conversely, when a CNN receives a data frame either at TPU or TPD, the real time MAC checks the header of the MAC frame, if it is one of the dedicated command frames, then it is handled inside the real time MAC, after that, another dedicated command frame is issued on the trunk link.

If the received frame is not the dedicated command frame, it is passed to the next CNN via the trunk port opposite to the receiving trunk port and simultaneously distributed to external End Devices via the switch, and also to CNN management via internal interface.



- NOTE 1 For internal interfaces, either PHY or MII (Media Independent Interface) defined in IEEE 802.3 Clause 22 may be used.
- NOTE 2 Flow control, which is defined as MAC Control PAUSE operation in IEEE 802.3, is supported in interfaces between MACs for the InP and the ExP.
- NOTE 3 The local links are used for communication between the redundant CNNs in ladder topology.
- NOTE 4 Traffic store is a buffer memory for Process Data, which is refreshed by the cyclic transmission and the size and the address space are common to all traffic stores in the network.
- NOTE 5 Optional bypass relay of trunk link for powerless or failure condition of CNN is not illustrated in this figure.

Figure D.4 – Functional structure of Consist Network Node

D.2.5 Traffic Store for Process Data

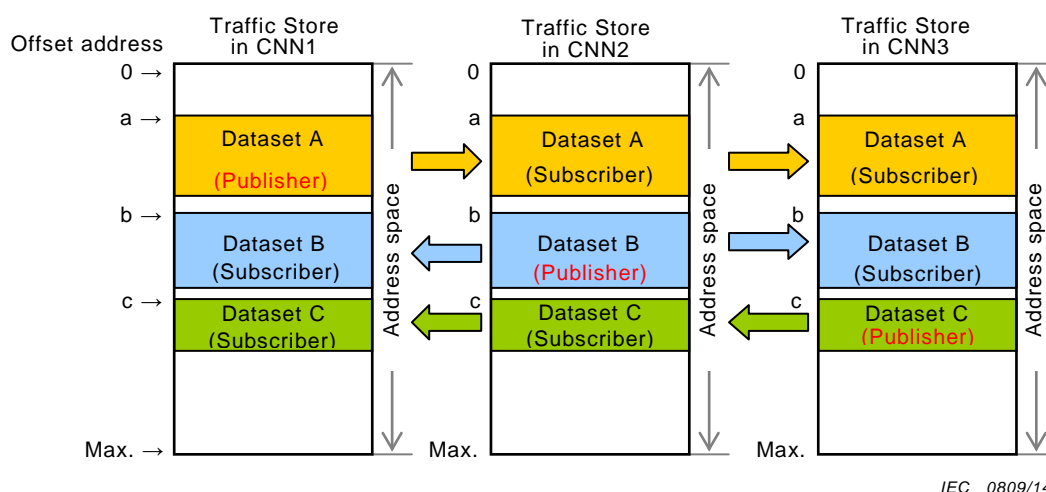
The concept of Traffic Store in this ladder topology is similar to Traffic Store in WTB defined in IEC 61375-2-1, but the address and the size of a dataset of PD are flexible depending on application.

In Figure D.5, the concept of Traffic Store is illustrated as an example of Traffic Stores in the network with 3 CNNs. The dataset A in Traffic Store in CNN 1 is published on the network,

which is subscribed by the other CNNs, or CNN 2 and CNN 3. Similarly, the dataset B is published from the Traffic Store in CNN 2, and the Dataset C from the traffic store in CNN 3.

The offset address specifies the starting address of the dataset in the address space of the Traffic Store. One publisher and multiple subscribers for a dataset are configured as the same in both of the sub-networks. All contents of the datasets in traffic stores are refreshed to the same in a certain period of cyclic transmission.

The size of the address space of the Traffic Store shall be the same in the network, which should be 64 kilo-byte as default. Two sets of Traffic Store for the sub-network 1 and 2 shall be implemented in the CNNs and End Devices.



**Figure D.5 – Concept of Traffic Store in ladder topology**

## D.2.6 Redundancy in ladder topology

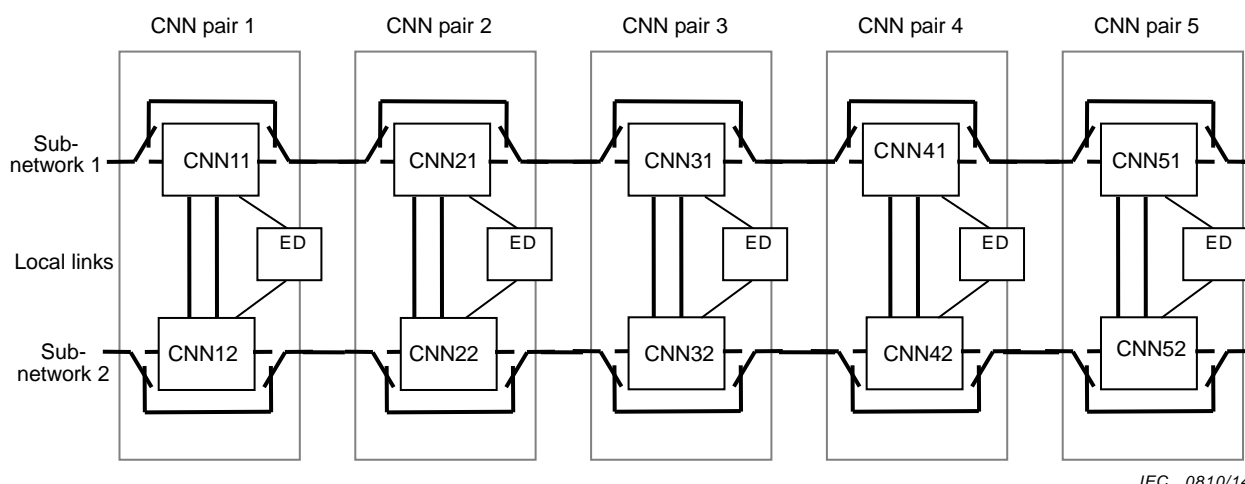
### D.2.6.1 General

This subclause describes behaviour of redundancy in the ladder topology which employs the dedicated trunk links and the dedicated local links as redundant routes.

NOTE For the formal description of the state machine, refer to D.4.9.

### D.2.6.2 Principles of redundancy in ladder topology

Figure D.6 shows an example of configuration of the ladder topology. A CNN is connected with its neighbouring CNNs through the trunk links and with the partner CNN in the other side sub-network through the local links so that they compose a pair of CNNs, in which although bypass relays are optionally attached to the CNNs, the relays are illustrated in the example.



NOTE Bypass relay at both end CNNs are not necessary to be implemented, which are drawn for unification.

**Figure D.6 – Example of configuration of ladder topology**

The principles of the redundancy in the ladder topology are;

- All PD (Process Data) frames from End Devices are transmitted to both sub-networks, or trunk links of both sub-networks, simultaneously through both of paired CNNs, in which the data are identical, and the data frames can be received by End Devices at all other CNNs in both sub-networks.
- When a failure occurs at a link or a CNN on either of the sub-networks, which causes loss of the data frames, the other CNNs take charge of transmission of the data frame as substitutes for the failed CNN by means of detouring with the local links. This is called as the substitute transmission.
- The substitute transmission is only applied to PD. On the other hand, in case of failure, MD (Message Data) which is transmitted to one of the sub-networks sporadically shall be detoured by the routing protocol OSPF (Open Shortest Pass First) version 2 defined in RFC 2328 with the extensions of RFC 1793 and RFC 4136.

### D.2.6.3 Substitute transmission

The substitute transmission is the backup system in which data transmission of CNNs in the sub-network separated by the failure are substituted by the other CNNs in the sub-network so that the data transmission continues as if they are in the same as before, even after the failure has occurred.

By means of this, End Devices connected with the pairs of CNNs in dual homing need not to care the failure, neither to switch the interface to the other side for receiving data, in case of not only a single component failure but also double component failures except common cause failures on the redundant sub-networks.

In the substitute transmission mechanism, in order to avoid the condition in which CNNs cannot receive the data of PD from the publisher CNN when it is failed, since the data with the same contents is transmitted normally from the partner CNN of the publisher CNN in failure, the data can be re-transmitted by the other CNNs as the substitution with using the data from the partner.

In the local links, the received data at the LPR are stored to update the content in the Traffic Store for the LPR, and then when the substitute transmission is executed, the data are taken out to transmit to the sub-network.

The substitute transmission shall be started in the events below:



- a) When a CNN detects failure of a trunk link between the neighbouring CNN by means of periodical checking of the status of the trunk links,
- b) When a CNN detects one or more of CNN(s) bypassed in the upward,
- c) When a CNN receives the request contained in the CNN management information from the other CNN.

In such cases, the CNN transmits the data received from the CNN(s) in the other side sub-network by reading the data from the traffic store dedicated for the LPR, in addition to its own data.

NOTE For formal description of the substitute transmission in ladder topology, refer to Table D.45 and Table D.46 in D.4.8. For failure cases in the ladder topology with the substitute transmission, refer to Clause D.5.

## D.2.7 Configuration parameters for ladder topology

### D.2.7.1 General

This subclause describes configuration parameters for the ladder topology.

### D.2.7.2 Configuration parameters for CNN

In the ladder topology, different individual IP addresses shall be assigned to respective End Devices with different subnet-IDs, which are attached to CNNs in the separate sub-networks of sub-network 1 and sub-network 2.

NOTE For IP address assignment, refer to D.3.3.

Table D.1 shows configuration parameter for CNN in the sub-network 1, and Table D.2 shows that for CNN in the sub-network 2 in the ladder topology.

**Table D.1 – Configuration parameters for CNN in sub-network 1**

Parameter	Type	Description
IndividualIpAddressledS1	UNSIGNED32	Individual IP address for the CNN management in CNN in the sub-network 1
IndividualIpAddressLprS1	UNSIGNED32	Individual IP address for the local port for the other sub-network in CNN in the sub-network 1

**Table D.2 – Configuration parameters for CNN in sub-network 2**

Parameter	Type	Description
IndividualIpAddressledS2	UNSIGNED32	Individual IP address for the CNN management in CNN in the sub-network 2
IndividualIpAddressLprS2	UNSIGNED32	Individual IP address for local port for the other sub-network in CNN in the sub-network 2

### D.2.7.3 Configuration parameters for substitute transmission

Table D.3 shows configuration parameters for substitute transmission of PD. When substitute transmission function is applied in ladder topology, number of entries and its contents shall be same among all CNNs in the sub-network.

NOTE As to the function of the substitute transmission, refer to D.2.6.3.

**Table D.3 – Configuration\_Process\_Data\_Transmission\_Substitute**

Parameter	Type	Description
ConfigurationSubsCnnK	Type_Configuration_Substitute	Configuration data for substitute transmission of CNN k
ConfigurationSubsCnnL	Type_Configuration_Substitute	Configuration data for substitute transmission of CNN l
ConfigurationSubsCnnM	Type_Configuration_Substitute	Configuration data for substitute transmission of CNN m
...	...	...

k, l, m: CNN number to be substituted to transmit

The data structure Type\_Configuration\_Substitute shall contain the following elements, listed in Table D.4.

**Table D.4 – Type\_Configuration\_Substitute**

Parameter	Type	Description
OffsetPdSubs1	UNSIGNED16	Offset address of Process Data for producer packet 1 for substitute transmission
SizePdSubs1	UNSIGNED12	Size of Process Data for producer packet 1 for substitute transmission [0..1 464]
OffsetPdSubs2	UNSIGNED16	Offset address of Process Data for producer packet 2 for substitute transmission
SizePdSubs2	UNSIGNED12	Size of Process Data for producer packet 2 for substitute transmission [0..1 464]

## **D.2.8 Signal connection for trunk link**

### **D.2.8.1 General**

In order to reduce the weight and wiring cost of vehicles, it is desired to reduce the number of wires and pins of the connector, especially in case of applying ECN to existing vehicles using traditional electric couplers between them. By means of operation of the real time MAC in Link Layer, simultaneous transmission and reception of signals do not occur in the link, so that a single twisted pair cable may be used instead of two twisted pair cable with full duplex operation defined in this standard, in case of Physical Layer of the transmission bit rate of 10 Mbps with the amplifying transceiver for higher robustness.

NOTE The communication with single twisted pair cable and the transceiver with amplified signals are the exceptions which are not compliant to IEEE 802.3.

### **D.2.8.2 A single twisted pair connection (Option)**

Figure D.7 shows the block diagram of the transceiver unit type A, defined in Annex C, with a single twisted pair connection. The differential transmission data signals TD+ and TD- from the IEEE 802.3 10BASE-T MAU are levelled up in the amplifier, which become signals TDRD+ and TDRD- and are led to the transformer. The transmission signals and the received signals are multiplexed at the point of the output of the amplifier, which are also the input of the level conditioner.

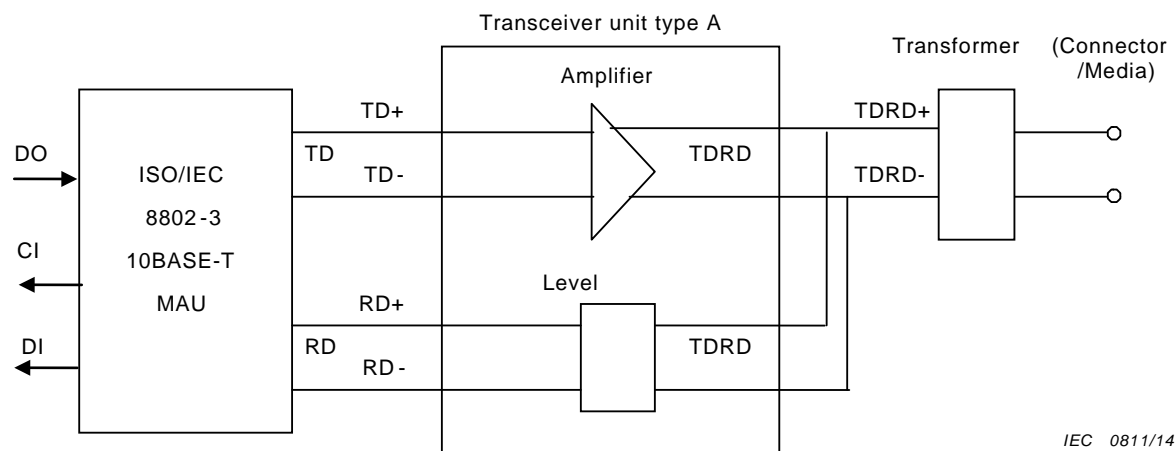


Figure D.7 – Block diagram of the transceiver unit for a single twisted pair connection

The signal connection for a single twisted pair cable is given in Table D.5, which shows the connection between the two transceivers. And Figure D.8 illustrates cable connection with a single shielded twisted pair cable.

Table D.5 – Signal connection between transceivers (single twisted pair)

Signal name	Symbol	Signal direction	Symbol	Signal name
Transmission/ reception	TDRD (+)		TDRD (+)	Transmission/ reception
	TDRD (-)		TDRD (-)	

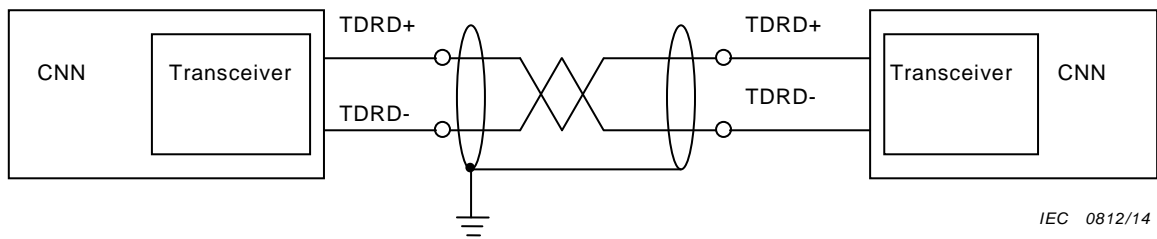


Figure D.8 – Cable connection for a single twisted pair

D.2.9 Local link connection

For the local link ports in ladder topology, the connector described below shall be used.

- M12 D-coded connector

This connector with the pinning conforms to 4.9.4.3 of this standard.

NOTE When a pair of CNNs is implemented in a same unit, any type of connection can be used, e.g. connection through back plane, which is outside the scope of this standard.

D.3 Link Layer

D.3.1 General

This clause defines the Link Layer of the CNN for ladder topology.

In order to implement ladder topology, the real time MAC is adopted to the dedicated trunk link between the CNNs in addition to the function of the MAC of Consist Switch defined in this standard.

NOTE The protocol of the real time MAC is the exception which is not compliant to IEEE 802.1D.

### **D.3.2 MAC – Media Access Control**

#### **D.3.2.1 General**

This subclause defines the protocol of the real time MAC, which performs real time control to guarantee deterministic responsibility with shorter cycle time.

The command frames for real time MAC are also used for failure detection and recovery for ladder topology.

By means of the real time MAC protocol defined in this subclause, alternative transmission is performed on trunk links, because the real time MAC protocol controls the traffic so that only one CNN can transmit its frame on the sub-network at a time.

Flow control defined as MAC Control PAUSE operation in IEEE 802.3 shall be supported in interfaces at the InP and at the ExP in real time MAC, which are shown in Figure D.4. The items not defined in this subclause shall be compliant with IEEE 802.3, Clause 2 (Media Access Control service specification).

#### **D.3.2.2 CNN number**

##### **D.3.2.2.1 General**

Individual CNN numbers are assigned to CNNs, which indicate the sequence of the CNNs in the network. Format of CNN number is shown in Table D.6.

**Table D.6 – CNN number**

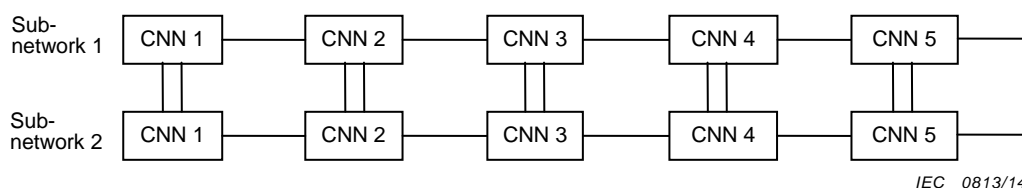
Parameter	Type	Description
CnnNumber	UNSIGNED5	CNN number, initially set by application and not changed during operation. [1..31]

##### **D.3.2.2.2 Assignment of CNN number**

CNN number of each CNN shall be initially set by application, which shall be incremental by one from the one end CNN to the other end CNN. CNN numbers are not allowed to be assigned in discontinuous, irregular or duplicated in the order.

The CNN at the one end which is assigned with the minimum number is named as the uppermost CNN and at the other end, as the lowermost CNN. The direction from the uppermost CNN to the lowermost CNN is named as the downward direction and the opposite direction is the upward direction.

In the ladder topology, as shown in Figure D.9 for example, in the sub-network 1, the number begins from the minimum number 1 at the one of the end CNNs and increases to the other end CNN in downward direction. In the sub-network 2, the number shall be assigned as the same to the paired CNN.



**Figure D.9 – Example of CNN number assignment in ladder topology**

### **D.3.2.3 Command frame definition**

#### **D.3.2.3.1 General**

Five types of the dedicated command frames for the real time MAC are defined and shall be applied to the data link protocol. These command frames are only applied between two neighbouring CNNs at a time. That is, these command frames are not immediately passed to the next CNN, but received, interpreted and then re-transmitted to the next CNN if necessary.

- a) Reset command
- b) Token command
- c) Return command
- d) Link command
- e) Link-ACK command

#### **a) Reset command**

Reset command is issued from the uppermost CNN to the lower CNNs to synchronize the start of cyclic transmission. When the next CNN receives the Reset command from the upper CNN, the CNN becomes an initial state having no token, and then re-transmits the Reset command to the next lower CNN and so forth.

#### **b) Token command**

Token command is applied to transfer the transmission right to the next CNN. The CNN, which has received the Token command from the upper CNN, is permitted to transmit its own data frames to the sub-network. After the CNN transmits the data frames, it transmits the Token command to the next lower CNN.

#### **c) Return command**

Return command is issued from the lowermost CNN in the upward direction in order to return the transmission right to the uppermost CNN. When an intermediate CNN receives the Return command from the lower CNN, the CNN repeats it to the upper CNN respectively.

#### **d) Link command**

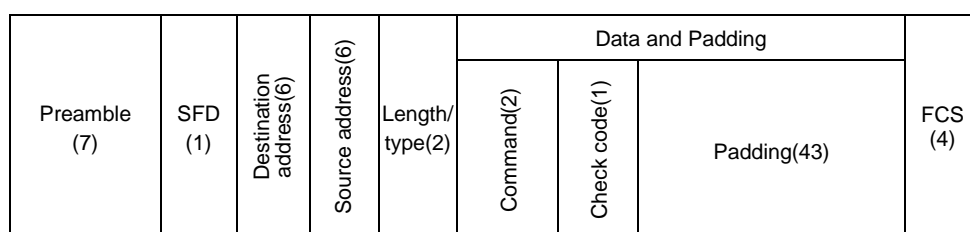
Link command is applied to solicit a new CNN to the sub-network at the lowermost CNN. If a new CNN requests to enter the sub-network, it sends Link-ACK command in return for the Link command.

#### **e) Link-ACK command**

Link-ACK command is the response against the Link command for joining the sub-network. Initially, a stand alone CNN is waiting the Link command from the upper CNN. When the CNN receives the Link command, the CNN sends the Link-ACK command to the upper CNN.

### **D.3.2.3.2 Command frame formats**

The frame format for the command is shown in Figure D.10, which is formed in the minimum size of the data link frame.



NOTE The numbers in parenthesis mean size of the field in octet.

**Figure D.10 – Frame format for the commands**

NOTE 1 Hereinafter in this subclause, octets represented in the field are transmitted from left to right.

a) Destination address field

A particular multicast-group address shall be assigned to the destination address field. The specified number of the destination address field is given in Table D.7.

**Table D.7 – Contents of the Destination Address field**

Field	Octets in hexadecimal number
Destination Address	01 80 C2 00 00 01

NOTE 2 The address is based on the globally assigned multicast address for MAC control PAUSE operation defined in IEEE 802.3 Annex 31B.

b) Source address field

A particular address shall be assigned to the source address field. The specified number of the source address field is given in Table D.8.

**Table D.8 – Contents of the Source Address field**

Field	Octets in hexadecimal number
Source Address	00 00 00 00 00 00

NOTE 3 The Source Address field is not interpreted by the Link Layer in this operation.

c) Length/Type field

A particular number shall be assigned to the Length/Type field. The specified number of the Length/Type field is given in Table D.9.

**Table D.9 – Contents of the Length/Type field**

Field	Octets in hexadecimal number
Length/Type	22 DF

NOTE 4 The Ethernet Type number is assigned for this type of Ethernet frame by IEEE.

d) Command and Check Code fields

Two octets of command field are applied to the data link protocol and an octet of check code is to make the command reliable. The arithmetic for the check code is in the following.

Add the numbers from the first octet of the destination address field to the last octet of the command field, and take 2's complement of the sum.

Command and check code fields shall be set with the numbers specified in Table D.10 respectively.

**Table D.10 – Contents of command and check code fields**

Command frames	Fields	Octets in hexadecimal number	Remarks
Reset command	Command	80 nn	nn: '00'h for default, other values are reserved.
	Check code	kk	(See NOTE2)
Token command	Command	10 nn	(See NOTE1)
	Check code	kk	(See NOTE2)
Return command	Command	20 00	
	Check code	0C	
Link command	Command	08 nn	(See NOTE1)
	Check code	kk	(See NOTE2)
Link-ACK command	Command	04 nn	(See NOTE1)
	Check code	kk	(See NOTE2)
NOTE 1 nn: CNN number of the CNN which transmits the command.			
NOTE 2 kk: Value which varies depending on the calculation result.			

e) Padding field

Forty three octets of padding field shall be set with the specified numbers given in Table D.11.

**Table D.11 – Contents of the Padding field**

Field	Octets in hexadecimal number
Padding	00 ----- 00 (all 00 for 43 octets)

f) Frame Check Sequence (FCS) field

Four octets of frame check sequence shall be based on IEEE 802.3, Clause 3 (Media access control frame structure).

### D.3.2.4 Network reconfiguration

#### D.3.2.4.1 General

This subclause describes link establishment for network reconfiguration.

In this subclause, the term of acknowledged link means not just physical link but link with handshake by Link and Link-ACK command frames.

#### D.3.2.4.2 Initial configuration

In installation of the network, the rules of the initial configuration below shall be applied.

- Two trunk ports in a CNN are previously configured as the one for the up link port and the other for the down link port. Physical connections between the neighbouring CNNs are determined accordingly.
- Two neighbouring CNNs are connected with a trunk link between the down link port of one CNN and the up link port of the other CNN.

- c) At one end CNN to which the least CNN number is assigned in the network, the up link port in the CNN shall be set to forced link off mode, but not for the down link port.
- d) At the other end CNN to which the most CNN number is assigned in the network, the down link port in the CNN shall be set to forced link off mode, but not for the up link port.
- e) At other intermediate CNNs, neither their up link ports nor down link ports shall be set to forced link off mode.

At the CNN in which the up link port is set to forced link off mode, transmission of data frames are inhibited at the up link port except Link-ACK command frame responding to Link command frame, if it is received at the port. On the other hand, at the CNN in which the down link port is set to forced link off mode, transmission of data frames are inhibited except Link command frame sending every 20 ms.

#### D.3.2.4.3 Sequence of link establishment

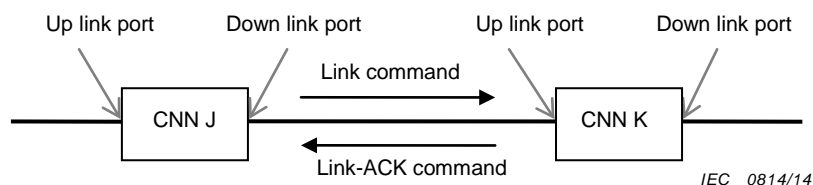
##### a) Trunk links

Establishment of acknowledged link between two CNNs is shown in Figure D.11.

In Figure D.11, the upper CNN, or CNN J, after powered up, transmits a Link command frame to downward CNN, or CNN K, through its down link port to the up link port of the next CNN, which is repeated until the sender receives a Link-ACK command frame from the next CNN.

On the other hand, at the lower CNN, or CNN K, after powered up, when the CNN receives a Link command frame, it sends a Link-ACK command frame to the upper CNN, or CNN J, through its up link port.

This handshaking results that an acknowledged link between the two CNNs has been established.



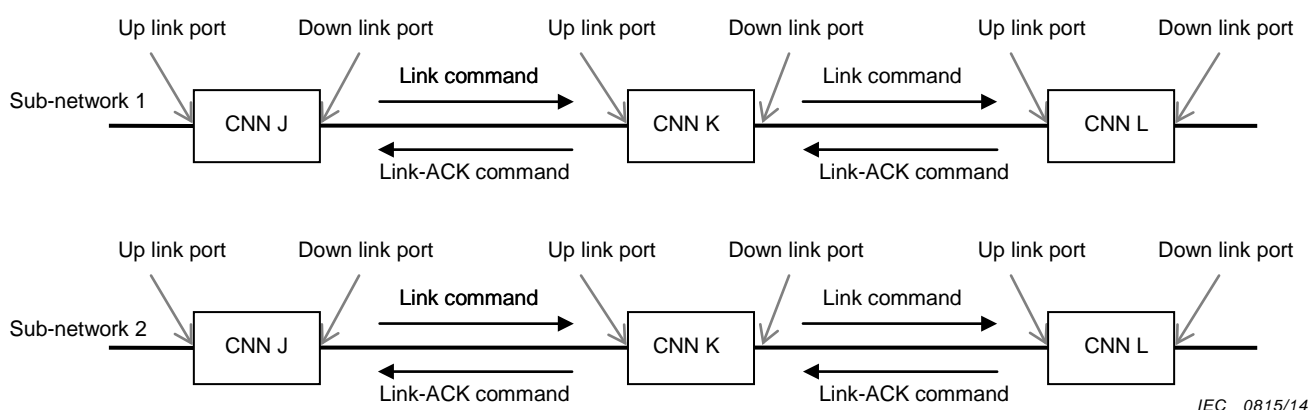
**Figure D.11 – Link establishment between two CNNs**

This procedure is performed at every trunk link between two neighbouring CNNs in the sub-network respectively. Finally acknowledged links at all trunk ports in the sub-network are established.

If either of Link command frame or Link-ACK command frame is not received normally in a trunk link, acknowledged link is not established at the trunk link. In this case, acknowledged links are established in separated ranges of consecutive CNNs.

In the ladder topology, the acknowledged link establishment is executed independently in the separated two sub-networks (see Figure D.12). After all acknowledged links between the CNNs are established in each sub-network, the network forms a broadcast domain in the range between both end CNNs in the respective sub-network.

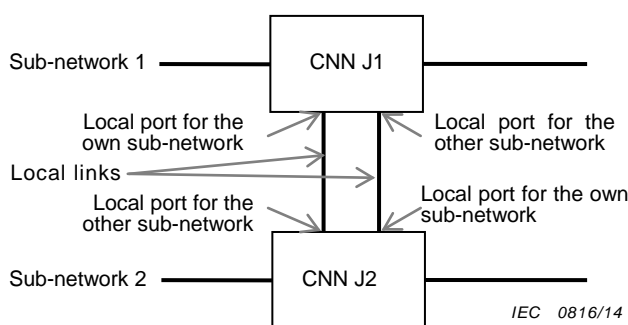




**Figure D.12 – Link establishment in ladder topology**

**b) Local link**

Redundant CNNs in a pair connect each other with two full-duplex links (see Figure D.13). Normal physical layer links which are not acknowledged links shall be established in the respective local links.

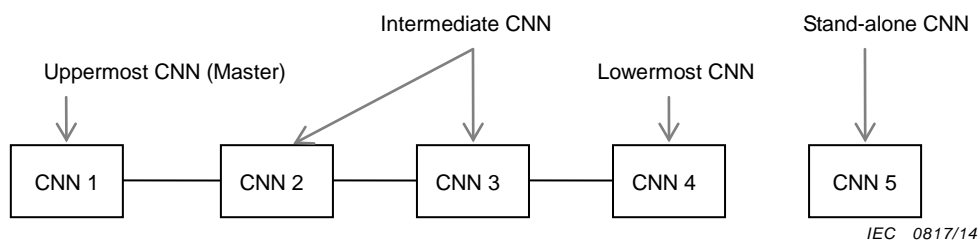


**Figure D.13 – Local links between redundant CNNs**

**D.3.2.4.4 Determination of CNN mode**

If a CNN receives no Link command frame at its up link port, the CNN comes to be in the uppermost CNN mode. On the contrary, if a CNN receives no Link-ACK command frame at its down link port, the CNN comes to be in the lowermost CNN mode.

A CNN in which acknowledged links both at the up link port and at the down link port have been established, it comes to be in the intermediate CNN mode. When a CNN has no established trunk port link, it comes to be in the stand-alone CNN mode (see Figure D.14).



**Figure D.14 – Example of CNN modes**

In the stand-alone CNN mode, the CNN becomes off-line state in which the CNN waits Link command frame at the up link port and continues to sending Link command frame every 2 ms at the down link port until receiving Link-ACK command frame.

In both sub-networks of the ladder topology, the CNN mode is determined in the same manner. This decision is made by the CNNs respectively as summarized in Table D.12. The uppermost CNN becomes also the master of the network.

At the start up of the networks in the ladder topology, the modes of two CNNs in a pair should be identical.

**Table D.12 – CNN mode for CNN in ladder topology**

Sub-network	CNN mode	Acknowledged link established at up link port	Acknowledged link established at down link port	Remarks
Sub-network 1	Uppermost CNN (Master)	No (Forced link off)	Yes	Preconfigured
	Lowermost CNN	Yes	No (Forced link off)	Preconfigured
	Intermediate CNN	Yes	Yes	
	Stand-alone CNN	No	No	
Sub-network 2	Uppermost CNN (Master)	No (Forced link off)	Yes	Preconfigured
	Lowermost CNN	Yes	No (Forced link off)	Preconfigured
	Intermediate CNN	Yes	Yes	
	Stand-alone CNN	No	No	

#### **D.3.2.4.5 End of link establishment**

The CNN which completes the link establish process of its trunk port for the down link as the master on first-come, first-served basis sends Reset command frame to the downward CNN in order to start cyclic transmission.

Although the CNN sends Reset command early, when the CNN receives any command frame at its up link port, the CNN changes its mode from the uppermost CNN mode to the intermediate CNN mode. Finally, the actual uppermost CNN becomes the master which starts cyclic transmission with token passing on the sub-network. Cyclic transmission is executed on the respective sub-network in the ladder topology independently.

The state diagrams of the network reconfiguration in relation to the token are described in D.3.2.5.

#### **D.3.2.5 Real time MAC protocol**

##### **D.3.2.5.1 Real time MAC structure**

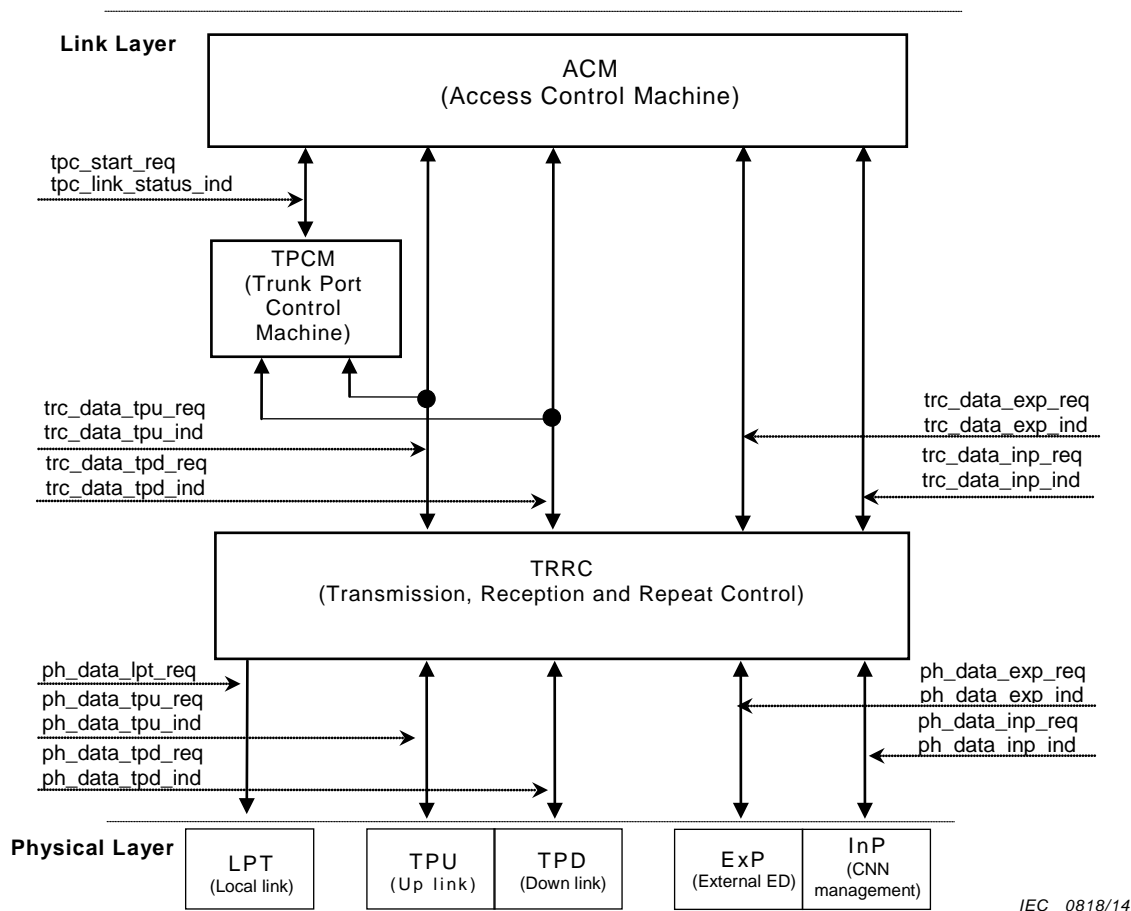
###### **D.3.2.5.1.1 General**

In Figure D.15, boxes inside Link Layer mean blocks of functions which compose MAC sub-layer of real time MAC. Arrows with solid lines mean direction of primitives passed between the boxes. Names of the primitives are indicated near by the arrows.

ACM (Access Control Machine) takes charge of media access control of the network. After acknowledged link has been established, ACM controls token passing and repeating of received frames at one trunk port to the other trunk port.

TPCM (Trunk Port Control Machine) controls trunk port acknowledged links. TPCM sends Link command frame to its down link port, after Link-ACK command frame has been received, establishes acknowledged link between the downward CNN. When Link command frame has been received at up link port, TPCM sends Link-ACK command frame back at the up link port to establish acknowledged link between the upward CNN.

TRRC (Transmission, Reception and Repeat Control) issues physical layer data request primitive at adequate trunk port with requested data from ACM to TRRC. The primitive received at trunk port is de-serialized, and then sent to ACM, TPCM and the other trunk port with the corresponding primitive.



**Figure D.15 – Structure and primitives of Real Time MAC sub-layer**

#### D.3.2.5.1.2 Primitives

Primitives provide services to respective state machines.

Physical layer primitives defined in IEEE 802.3, Clause 6 are also used in this standard, which are listed in Table D.13.

**Table D.13 – Physical layer primitives**

Name	Description
ph_data_tpu_req()	Request primitive to TPU port, corresponding to PLS_DATA.request primitive
ph_data_tpu_ind()	Indication primitive from TPU port, corresponding to PLS_DATA.indication primitive
ph_data_tpd_req()	Request primitive to TPD port, corresponding to PLS_DATA.request primitive
ph_data_tpd_ind()	Indication primitive from TPD port, corresponding to PLS_DATA.indication primitive
ph_data_inp_req()	Request primitive to InP port, corresponding to PLS_DATA.request primitive
ph_data_inp_ind()	Indication primitive from InP port, corresponding to PLS_DATA.indication primitive
ph_data_exp_req()	Request primitive to ExP port, corresponding to PLS_DATA.request primitive
ph_data_exp_ind()	Indication primitive from ExP port, corresponding to PLS_DATA.indication primitive
ph_data_lpt_req()	Request primitive to LPT port, corresponding to PLS_DATA.request primitive

### D.3.2.5.1.3 Variables and parameters

Variables and parameters used in the description of real time MAC protocol are defined in Table D.14.

**Table D.14 – Variables and parameters for real time MAC protocol**

Variable and parameters	Description
CnnMode	One of the CNN modes determined in the topology; Uppermost, Lowermost, Intermediate or Standalone
forceOffTPU	True when trunk port for upper link is in forced link off, otherwise false (See NOTE.)
forceOffTPD	True when trunk port for down link is in forced link off, otherwise false (See NOTE.)
ENInp	Acceptable number of frames from internal port, when CNN has held Token and TTRT2 has not expired.
ENExp	Acceptable number of frames from external port, when CNN has held Token and TTRT2 has not expired.
frame	Delivered frame with primitive, specific values of which are listed in Table D.15.
linkTPU	True when trunk port link is established between upward CNN with coupling of Link command and Link-ACK command, otherwise False.
linkTPD	True when trunk port link is established between downward CNN with coupling of Link command and Link-ACK command, otherwise False.
receivingTPU	True when linkTPU is true and Rest command or Token command is received.  False when TNORU timer is expired, started after linkTPU become true.
receivingTPD	True when linkTPD is true and Return command is received.  False when TNORD timer is expired, started after linkTPD become true.
VTL1	Value set to the timer for the cycle; 2 ms as default for lowermost CNN mode and stand-alone mode.
VTL2	Time value set into TL2 timer for delay sending Link-ACK command frame after reception of Link command frame; 0,5 ms as default
VTLT	Time value set into TLT timer for monitoring re-configuration; 15 ms as default
VTNORU	Time value set into TNORU timer for monitoring reception status at the trunk port for up link; twice VTLT as default
VTNORD	Time value set into TNORD timer for monitoring reception status at the trunk port for down link; twice VTLT as default
VTTRT1	Time value set into TTRT1 timer; 8 ms as default
VTTRT2	Time value set into TTRT2 timer; 9 ms as default
VTREQ	Time value for monitoring transmit request of a frame after sending PAUSE0 frame at the port; 50 µs as default
PortDirection	True when the TPU corresponds to the primitives of trc_data_tpu_req and trc_data_tpu_ind, and the TPD to trc_data_tpd_req and trc_data_tpd_ind.  False when, on the contrary, the TPU corresponds to the primitives of trc_data_tpd_req and trc_data_tpd_ind, and the TPD to trc_data_tpu_req and trc_data_tpu_ind.
NOTE Forced link off means the state in which data frames received at the trunk port are prohibited to be passed to both the next CNN and the End Devices.	

**Table D.15 – Frame name**

Frame name	Description
LINK	Link command frame
LINKACK	Link-ACK command frame
PAUSE0	PAUSE frame with pause time 0 (See NOTE)
PAUSEX	PAUSE frame with pause time x; twice TLT as default (See NOTE)
RESET	Reset command frame
TOKEN	Token command frame
RETURN	Return command frame
NOTE The operations of frames PAUSE0 and PAUSEX accord with MAC Control PAUSE operation in IEEE 802.3.	

**D.3.2.5.1.4 Timers**

Timers used in the description of real time MAC protocol are defined in Table D.16.

**Table D.16 – Timers for real time MAC protocol**

Timers	Description
TL1	Period to try to establish trunk port link cyclically or time out to receive
TL2	Delay time after reception of Link command frame to send Link-ACK command frame
TLT	Limit timer for time out for Return command frame reception, which shall be greater than $T_{TTRT2}$
TNORU	Timer to detect no signal reception at TPU
TNORD	Timer to detect no signal reception at TPD
TTRT1	Target-Token-Rotation-Timer-1; starts at sending or receiving Reset command frame, when expired, token holding CNN re-sends Token to the next CNN, in case of the lowermost CNN, sends Return command frame, with permission to send data frame for internal port but prohibition for external port. ( $T_{TTRT1} \leq T_{TTRT2}$ )
TTRT2	Target-Token-Rotation-Timer-2; starts at sending or receiving Reset command frame, when expired, token holding CNN shall send Token to the next CNN immediately, in case of the lowermost CNN, it sends Return command frame, with prohibition to send data frame both for internal port and for external port. ( $T_{TTRT1} \leq T_{TTRT2}$ )
TREQ	Timer to detect no data frame requested from the port which is permitted to send after send PAUSE frame with pause time 0.

**D.3.2.5.1.5 Procedures**

Procedures which are common to the real time MAC protocol are defined in Table D.17.

**Table D.17 – Procedures for real time MAC protocol**

Procedures	Description
delay(timer)	Delay with specified in (timer)
detectCNNLocation	Determine initial state of trunk ports according to preset CNN mode. For the uppermost CNN mode, make up link port off and down link port on. For the lowermost CNN mode, make up link port on and down link port off. For intermediate CNN mode, make both up link port and down link port on.
initReconfiguration	Execute the following initialization, necessary for reconfiguration a) Set linkTPD False b) Send PAUSE frames with time TPAUSE to both internal port and external port. TPAUSE shall be greater than TCYCLE, default of which is three times of TCYCLE.
startTimer(timer)	Start the timer specified in (timer). If the specified timer is operating, it is reset and re-started.
stopTimer(timer)	Stop the timer specified in (timer).

**D.3.2.5.1.6 Events**

Events which are common to the real time MAC protocol are defined in Table D.18.

**Table D.18 – Events for real time MAC protocol**

Events	Description
request primitive	Request is issued.
indication primitive	Indication of data or status
expiredTimer(timer)	Timer started by startTimer procedure expired.

**D.3.2.5.2 TRRC operation****D.3.2.5.2.1 TRRC primitives**

Primitives defined for TRRC operation are listed in Table D.19.

**Table D.19 – TRRC primitives**

Name	Meaning
trc_data_tpu_req(frame)	Request primitive to TPU
trc_data_tpu_ind(frame)	Indication primitive from TPU
trc_data_tpd_req(frame)	Request primitive to TPD
trc_data_tpd_ind(frame)	Indication primitive from TPD
trc_data_inp_req(frame)	Request primitive to InP port
trc_data_inp_ind(frame)	Indication primitive from InP port
trc_data_exp_req(frame)	Request primitive to ExP port
trc_data_exp_ind(frame)	Indication primitive from ExP port

**D.3.2.5.2.2 TRRC request primitive and operation**

TRRC operation on acceptance of request primitives is defined in Table D.20.

After TRRC has accepted a request primitive issued from ACM or TPCM, TRRC packs received data in frame and serialize it as defined in IEEE 802.3, and issues physical request primitive corresponding to the TRRC request primitive.

**Table D.20 – TRRC operation on acceptance of request primitives**

Accepted request primitive	TRRC operation
trc_data_tpu_req	packs received data in frame and serialize it, and issues ph_data_tpu_req primitive.
trc_data_tpd_req	packs received data in frame and serialize it, and issues ph_data_tpd_req primitive.
trc_data_inp_req	packs received data in frame and serialize it, and issues ph_data_inp_req primitive.
trc_data_exp_req	packs received data in frame and serialize it, and issues ph_data_exp_req primitive.

**D.3.2.5.2.3 Physical indication primitive and TRRC operation**

TRRC makes frame in IEEE 802.3 format out of signals received at port of TPU, TPD, InP or ExP with physical indication primitive, and issues corresponding physical indication primitive from TRRC to TPCM and ACM.

Further, in case that destination address of received frame does not match that of MAC Control frame, TRRC forwards the frame to all other ports.

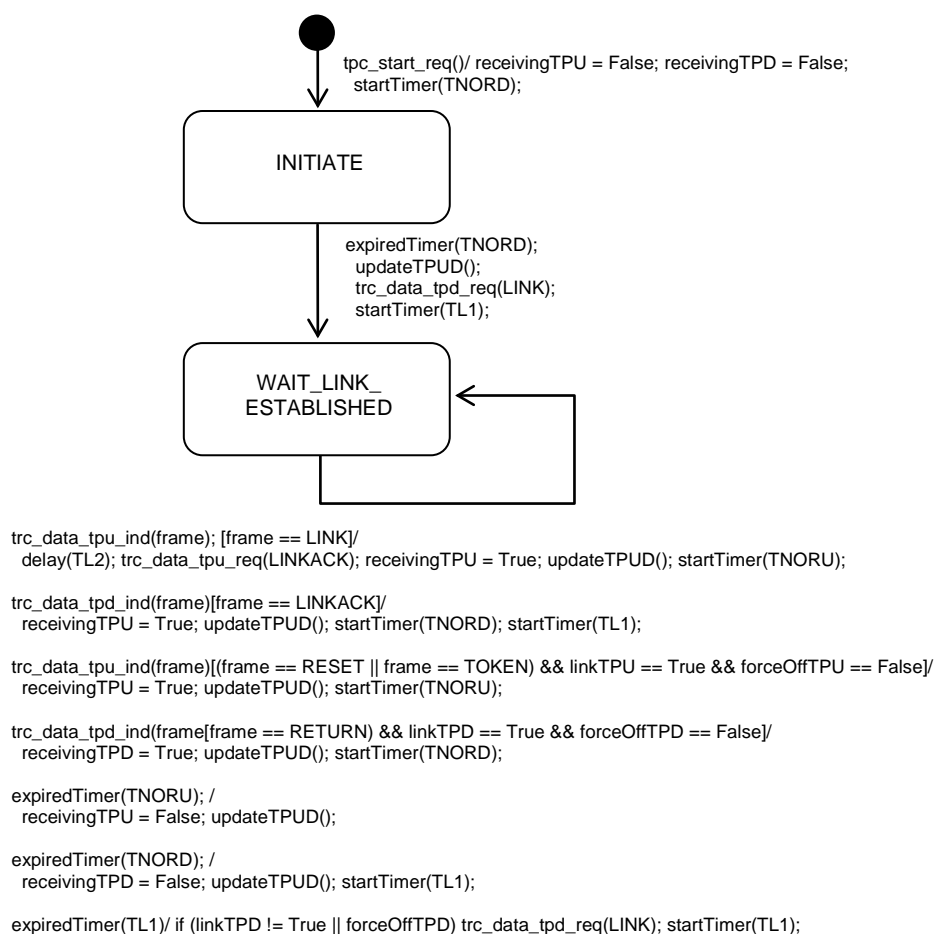
TRRC operation on acceptance of physical indication primitives is defined in Table D.21.

**Table D.21 – TRRC operation on acceptance of physical indication primitives**

Accepted physical indication primitive	TRRC operation
ph_data_tpu_ind	IF destination address (DA) does not match that of Real Time MAC control frame; THEN Transfer the DA and following signals to all other ports of LPT, TPD, InP, ExP. ENDIF Make frame out of received signals, and issue trc_data_tpu_ind and trc_data_tpd_ind primitives.
ph_data_tpd_ind	IF destination address (DA) does not match that of Real Time MAC control frame; THEN Transfer the DA and following signals to all other ports of LPT, TPU, InP, ExP. ENDIF Make frame out of received signals, and issue trc_data_tpd_ind and trc_data_tpdud_ind primitives.
ph_data_inp_ind	IF destination address (DA) does not match that of Real Time MAC control frame; THEN Transfer the DA and following signals to all other ports of LPT, TPU, TPD, ExP. ENDIF Make frame out of received signals, and issue trc_data_inp_ind primitive
ph_data_exp_ind	IF destination address (DA) does not match that of Real Time MAC control frame; THEN Transfer the DA and following signals to all other ports of LPT, TPU, TPD, InP. ENDIF Make frame out of received signals, and issue trc_data_exp_ind primitive

**D.3.2.5.3 TPCM operation****D.3.2.5.3.1 State machine of TPCM**

Figure D.16 shows protocol state machine of TPCM. Table D.22 shows state transition table for TPCM. Procedures in TPCM state machine are listed in Table D.23.



IEC 0819/14

**Figure D.16 – TPCM state machine**



**Table D.22 – State transition table for TPCM**

Current state	Event[condition]	Actions	Next State
Initial state	tpc_start_req()	// Start state machine, initialize variables and start TNORD timer receivingTPU = False; receivingTPD = False; startTimer(TNORD);	INITIATE
INITIATE	expiredTimer(TNORD);	// TNORD timer expires, indicate link status and send the first Link command updateTPUD(); trc_data_tpd_req(LINK); startTimer(TL1);	WAIT_LINK_ESTABLISHED
WAIT_LINK_ESTABLISHED	trc_data_tpu_ind(frame) [frame == LINK]	// Receive Link command from TPU delay(TL2); trc_data_tpu_req(LINKACK); receivingTPD = True; updateTPUD(); startTimer(TNORU);	WAIT_LINK_ESTABLISHED
	trc_data_tpd_ind(frame) [frame == LINKACK]	// Receive Link command from TPD receivingTPD = True updateTPUD(); startTimer(TNORD); stopTimer(TL1);	
	trc_data_tpu_ind(frame); [(frame == RESET    frame == TOKEN) && linkTPU == True && forceOffTPU == False]	// Receive from TPU receivingTPU = True; updateTPUD(); startTimer(TNORU);	
	trc_data_tpd_ind(frame); [frame == RETURN && linkTPD == True && forceOffTPD == False]	// Receive from TPD receivingTPD = True; updateTPUD(); startTimer(TNORD);	
	expiredTimer(TNORU);	// TNORU timer expires, change Link status receivingTPU = False; updateTPUD();	
	expiredTimer(TNORD);	// TNORD timer expires, change Link status receivingTPD = False; updateTPUD(); startTimer(TL1);	
	expiredTimer(TL1)	// Timer for link establish expires if (linkTPD != True) { trc_data_tpd_req(LINK); } startTimer(TL1);	

**Table D.23 – Procedures in TPCM state machine**

Procedure	Description
updateTPUD()	<pre>// Update the status of link establishment of TPU and TPD. On detecting change, issue the primitive tpc_link_status_ind.  if (receivingTPU != linkTPU    receivingTPD != linkTPD) {     linkTPU = receivingTPU; linkTPD = receivingTPD;     tpc_link_status_ind(linkTPU, linkTPD); }</pre>

#### D.3.2.5.3.2 TPCM primitives

Primitives defined for TPCM are listed in Table D.24.

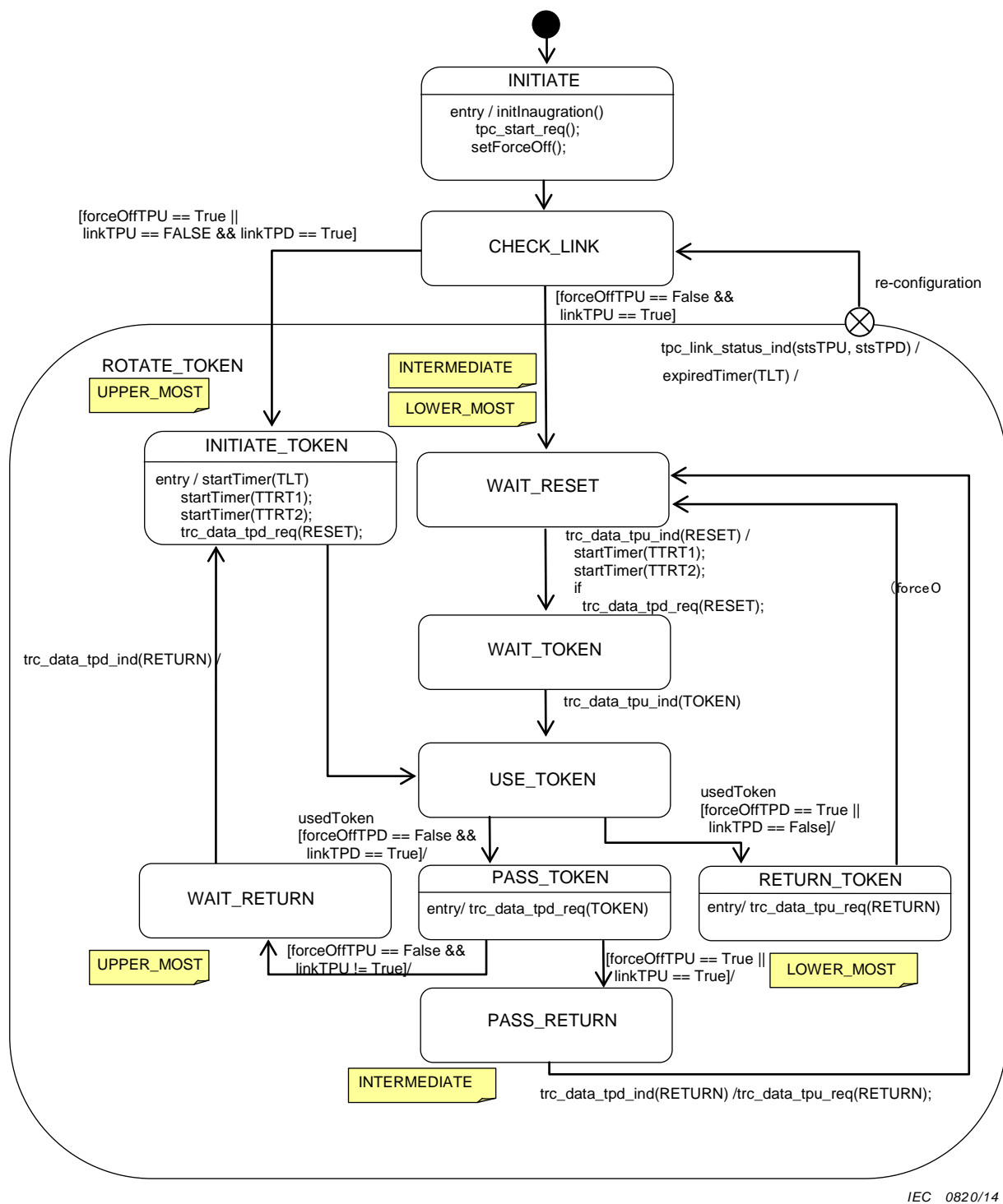
**Table D.24 – TPCM primitives**

Name	Meaning
tpc_start_req()	start TLC state machine
tpc_link_status_ind(stsTPU, stsTPD)	indication of trunk port states stsTPU: state of trunk port for up link stsTPD: state of trunk port for down link

#### D.3.2.5.4 ACM operation

##### D.3.2.5.4.1 ACM state machine

Figure D.17 shows ACM state machine and Figure D.18 shows state diagram of USE\_TOKEN. Table D.25 shows state transition table for ACM. And Table D.26 shows state transition table for USE\_TOKEN.



IEC 0820/14

Figure D.17 – ACM state machine

**Table D.25 – State transition table for ACM**

Current state	Event[condition]	Actions	Next State
INITIATE	entry	// Start initialization initReconfiguration(); tpc_start_req(); setForceOff();	CHECK_LINK
CHECK_LINK	[forceOffTPU == True    linkTPU == False && linkTPD == True]	-	INITIATE_TOKEN
	[forceOffTPU == False && linkTPD == True]	-	WAIT_RESET
INITIATE_TOKEN	entry	// Start Token rotation at Uppermost CNN startTimer(TLT); startTimer(TTTRT1); startTimer(TTTRT2); trc_data_tpd_req(RESET);	USE_TOKEN
WAIT_RESET	trc_data_tpd_ind(RESET)	// Receive RESET command at Intermediate CNN or Lowermost CNN startTimer(TTTRT1); startTimer(TTTRT2);  // If link for downward established, repeat RESET command if (forceOffTPD == False && linkTPD == True) { trc_data_tpd_req(RESET); }	WAIT_TOKEN
WAIT_TOKEN	trc_data_tpu_ind(TOKEN)	// Receive TOKEN	USE_TOKEN
USE_TOKEN	usedToken [forceOffTPD == False && linkTPD == True]	// Finish Use Token, downward link established	PASS_TOKEN
	usedToken [forceOffTPD == True    linkTPD == False]	// Finish Use Token, downward link not established	RETURN_TOKEN
PASS_TOKEN	entry [forceOffTPU == False && linkTPU == True]	// Send TOKEN downward, repeat RETURN trc_data_tpd_req(TOKEN);	PASS_RETURN
	entry [forceOffTPU == True    linkTPU != True]	// Send TOKEN downward, wait RETURN trc_data_tpd_req(TOKEN);	WAIT_RETURN
RETURN_TOKEN	entry	// In Lowermost CNN, Send RETURN upward trc_data_tpu_req(RETURN);	WAIT_RESET
PASS_RETURN	trc_data_tpd_ind(RETURN)	// In Intermediate CNN, forward RETURN upward after it received from the lower trc_data_tpu_req(RETURN);	WAIT_RESET
WAIT_RETURN	trc_data_tpd_int(RETURN)	// In Uppermost CNN, re-start TOKEN circulation after reception of RETURN	INITIATE_TOKEN

Current state	Event[condition]	Actions	Next State
Except INITIATE and CHECK_LINK state	tpc_link_status_ind(stsTPU, stsTPD)	// Network re-configuration generated	CHECK_LINK
	expiredTimer(TLT);	// Network re-configuration generated	

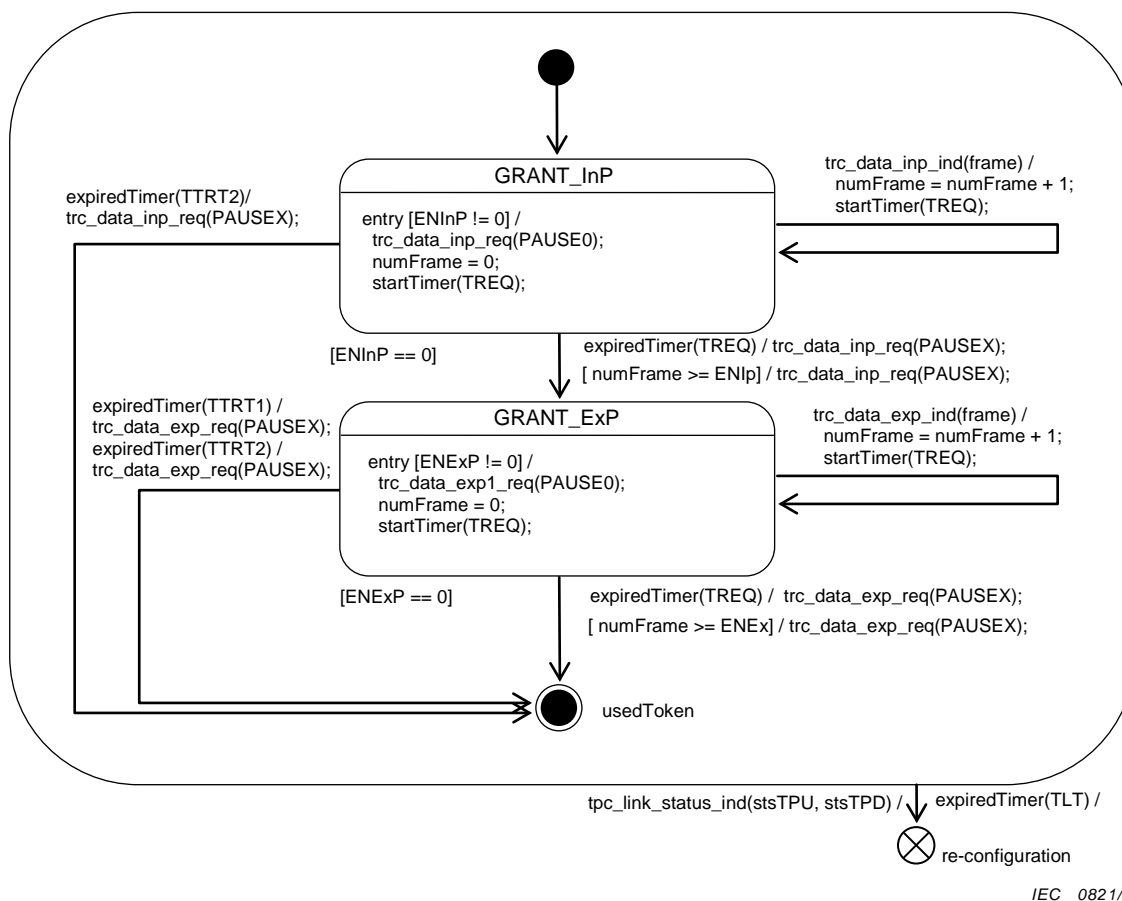


Figure D.18 – State diagram of USE\_TOKEN

**Table D.26 – State transition table for USE\_TOKEN**

Current state	Event	Actions	Next State
GRANT_InP	entry[ENInP != 0]	// transmission from InP is granted. trc_data_inp_req(PAUSE0); numFrame = 0; startTimer(TREQ);	GRANT_InP
	entry[ENInP == 0]	// transmission from InP is not granted.	GRANT_Exp
	trc_data_inp_ind(frame);	// frame from InP received numFrame++; startTimer(TREQ);	GRANT_InP
	expiredTimer(TREQ);	// Pause frame because of no frame transmitted from InP trc_data_inp_req(PAUSEX);	GRANT_Exp
	numFrame >= ENInP;	// Pause frame because number of transmitted frames from InP reaches to limit trc_data_inp_req(PAUSEX);	GRANT_Exp
	expired(TTTR2);	// Timer TTTR2 expires, pause frame from InP trc_data_inp_req(PAUSEX);	Final state
GRANT_Exp	entry[ENExp != 0]	// Transmission from Exp is granted. trc_data_exp1_req(PAUSE0); numFrame = 0; startTimer(TREQ);	GRANT_Exp
	entry[ENExp == 0]	// Transmission from Exp is not granted.	Final state
	trc_data_inp_ind(frame);	// Receive frame from Exp numFrame++; startTimer(TREQ);	GRANT_Exp
	expiredTimer(TREQ);	// Pause frame because of no frame transmitted from Exp trc_data_exp_req(PAUSEX);	Final state
	numFrame >= ENExp;	// Pause frame because number of transmitted frames from Exp reaches to limit trc_data_exp_req(PAUSEX);	Final state
	expired(TTTR2);    expired(TTTR1);	// Timer TTR1 or TTR2 expires, pause frame from Exp trc_data_exp_req(PAUSEX);	Final state
Any state	tpc_link_status_ind()	// Initiate re-configuration	Final state
	expiredTimer(TLT)	// Initiate re-configuration	

**D.3.2.5.4.2 Variable**

ACM uses local variable defined in Table D.27.

**Table D.27 – Variable for ACM**

Variable	Description
numFrame	number of received frames from internal port or external port during CNN holds Token

**D.3.2.5.5 Configuration for real time MAC**

Configuration parameters for real time MAC are defined in Table D.28. Configuration parameters shall be given by application and passed to real time MAC through CNN management.

**Table D.28 – Configuration parameters for real time MAC**

Parameter	Type	Meaning
NetworkTopology	ENUM2	Network topology [0]: Linear [1]: Reserved [2]: Ladder [3]: N/A
ForceSetCnnMode	BOOLEAN1	Force to set CNN mode FALSE: No TRUE: Yes
ForcedCnnMode	ENUM2	When ForceSetCnnMode is TRUE, set CNN mode; [0]: Stand alone CNN mode [1]: Uppermost CNN mode [2]: Lowermost CNN mode [3]: Intermediate CNN mode
DisableTrunkTxx	ENUM2	Disable to transmit and receive for trunk ports [0]: not disable either port [1]: disable down link port [2]: disable up link port [3]: disable both down link and up link ports
DirectionSwitch	BOOLEAN1	Switch direction of trunk ports FALSE: Set up link port to Direction_1 and down link port to Direction_2 TRUE: Set them to reverse combination of the above.
PermittedPacketCountInp	UNSIGNED4	Permitted packet count to send for internal port during Token holding [0]: no permission to send [1..15]: number of permitted packets to send
PermittedPacketCountExp	UNSIGNED4	Permitted packet count to send for external port during Token holding [0]: no permission to send [1..15]: number of permitted packets to send
CnnNumber	UNSIGNED5	CNN number: [1..31]
TotalNumberOfCnns	UNSIGNED6	Total number of CNNs: [1..31]
TransmissionLinkSubnetworkId	ENUM1	Identification of the sub-network for trunk link in which the CNN is placed [0]: sub-network 1 [1]: sub-network 2

Parameter	Type	Meaning
DataSizeProducerPacket1	UNSIGNED10	Data size for producer packet 1 (N-1): [0..1 023]
DataSizeProducerPacket2	UNSIGNED10	Data size for producer packet 2 (N-1): [0..1 023]
DataSizeCnnManagement	UNSIGNED10	Data size for CNN management (N-1): [0..1 023]
SubstituteTransmission	BOOLEAN1	Enable substitute transmission FALSE: No TRUE: Yes
PermittedPacketCountSubs	UNSIGNED4	Permitted packet count for substitute transmission: [1..15]  Internally, permitted packet count for internal port is changed to; [PermittedPacketCountInp] + [PermittedPacketCountSubs]
EnableTargetTokenRotationTime1	BOOLEAN1	Enable Target Token Rotation Time 1 (TTRT1) FALSE: No TRUE: Yes
TargetTokenRotationTime1	UNSIGNED7	Target Token Rotation Time 1 (TTRT1)  In order to keep token rotation time, when expired, transmission is restricted except for data frame from internal port. [1..127]: time value in unit of 0,1 ms
EnableTargetTokenRotationTime2	BOOLEAN1	Enable Target Token Rotation Time 2 (TTRT2) FALSE: No TRUE: Yes
TargetTokenRotationTime2	UNSIGNED7	Target Token Rotation Time 2 (TTRT2)  In order to keep token rotation time, when expired, transmission is restricted except for Token frame. [1..127]: time value in unit of 0,1 ms TTRT2 > TTRT1

### D.3.2.5.6 Real time control

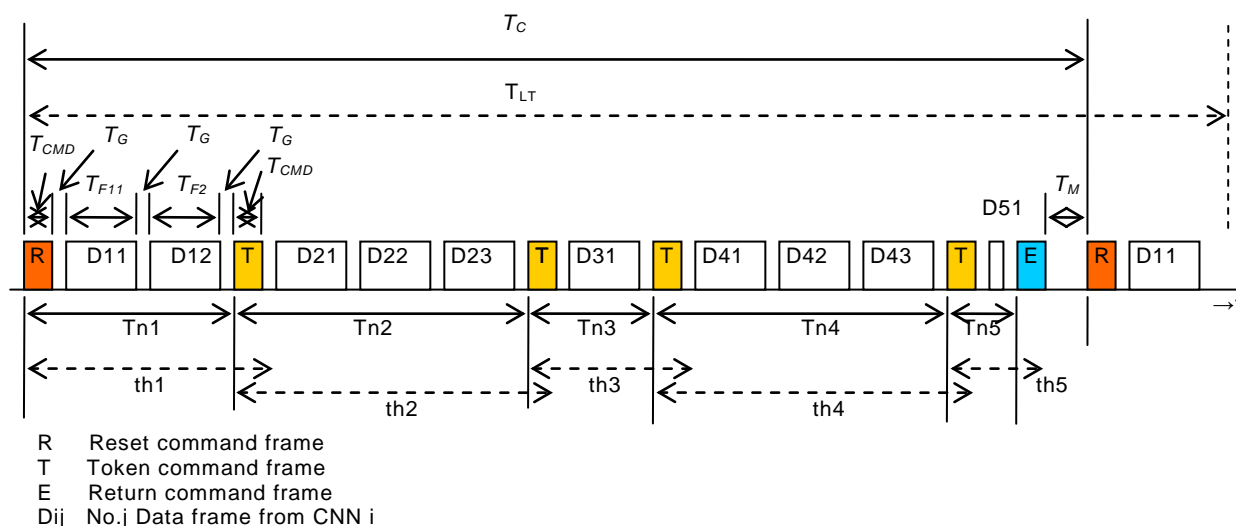
In each sub-network of the ladder topology, a CNN can transmit its frames to the sub-network while holding the token and the token circulates among all CNNs in turn.

EXAMPLE: Figure D.19 illustrates an example of sequence of transmission on the sub-network with five CNNs and the explanation is described below. The time elements for the sequence of transmission are described in Table D.29.

First, the uppermost CNN, or CNN 1, issues Reset command on the sub-network, after that, transmits two data frames and the subsequent Token command. The next lower CNN, or CNN 2, transmits three data frames and the subsequent Token command. CNN 3 transmits a single data frame and the subsequent Token command. CNN 4 transmits three data frames and subsequent Token command. Finally, the lowermost CNN, or CNN 5, transmits a data frame and the Return command.

After the end of cycle margin time ( $T_M$ ) from reception of the Return command, CNN 1 issues Reset command for the next cycle. When CNN 1 does not receive the Return command within the limit time ( $T_{LT}$ ), it issues Reset command compulsorily.





IEC 0822/14

Figure D.19 – Example of sequence of transmission

Table D.29 – Time elements for sequence of transmission

Time elements	Description
$T_C$	Cycle time at the cycle; varies every cycle.
$T_{C\_MAX}$	Maximum cycle time; can be calculated.
$T_{LT}$	Limit time for Return time out; pre-determined for waiting Return is sent back.
$T_{CMD}$	Command frame time; constant depending on the command frame length.
$T_G$	Inter frame gap time; defined in IEEE 802.3 with the minimum and depends on the implementation.
$T_{Fi}$	Data frame time; varies depending on the application data size.
$T_M$	End of cycle margin time; pre-determined by configuration, including the all latency of passing CNNs and all latencies of links between CNNs.
$T_{ni}$	Time for CNN i data transmission; varies depending on the amount of the data in the application.
$th_i$	Maximum token hold time for CNN i; pre-determined for each CNN depending on the application

#### D.3.2.5.7 Data class service parameters

Data class service parameters of the CNN with the real time MAC are described in Table D.30, in which, in order to guarantee deterministic responsibility, the maximum cycle time can be calculated with the equations for  $T_{C\_MAX}$ .

**Table D.30 – Data class service parameters**

Data class	Parameter	Value	Comments
Process Data	Cycle time	$T_{C\_MAX} = T_{CMD} \times N + T_G(N + F) + \sum_{i=1}^F T_{Fi} + T_M$ $T_{Fi} = (L_{Hi} + L_{Di}) \times 8 / BR$ <p>where</p> <p><math>T_{C\_MAX}</math>: Maximum cycle time</p> <p><math>T_{CMD}</math>: Command frame time (72 × 8 / BR)</p> <p><math>N</math>: Number of CNNs in the network,</p> <p><math>T_G</math>: Inter frame gap time including flow control frame time</p> <p><math>F</math>: Number of data frames transmitted on the network,</p> <p><math>T_{Fi}</math>: Time for transmission of data frame i</p> <p><math>L_{Hi}</math>: Length of preamble and headers for MAC, IP and UDP or TCP of data frame i in octets</p> <p><math>L_{Di}</math>: Length of service data of data frame i in octets.</p> <p><math>BR</math>: Bit rate (10 Mbps or 100 Mbps)</p> <p><math>T_M</math>: Margin time at the end of cycle</p>	Typically, $T_{C\_MAX}$ is less than 10 ms for 16 CNNs with the service data size of PD below; 128 octets/CNN for 10 Mbps, 1 280 octets/CNN for 100 Mbps.
	Latency	$T_X + T_{BL} \times N + \sum_{i=1}^{N-1} LL_i + T_{cj} + T_X$ <p>where</p> <p><math>N</math>: number of CNNs between sender and target EDs,</p> <p><math>T_X</math>: time for frame to send out depending on the length,</p> <p><math>T_{BL}</math>: Latency of passing a CNN; 128 bit time,</p> <p><math>LL_i</math>: Latencies of links between (i)th and (i+1)th CNNs from sender ED adding latency between sender ED and the CNN and latency between target ED and the CNN</p> <p><math>T_{cj}</math>: Jitter caused by the cycle time; 0 to <math>T_{C\_MAX}</math></p>	<p><math>N=2..31</math></p> <p>A bit time depends on transmission bit rate;</p> <p>0,1 μs for 10 Mbps,</p> <p>0,01 μs for 100 Mbps.</p>
	Jitter	0 to $T_{C\_MAX}$	
Message Data	Latency	(Same as that of Process Data)	
	Jitter	(Same as that of Process Data)	
Stream data	Latency	(Same as that of Process Data)	
	Jitter	(Same as that of Process Data)	
Best effort data	Latency	(Same as that of Process Data)	
	Jitter	(Same as that of Process Data)	
Supervisory data	Latency	(Same as that of Process Data)	
	Jitter	(Same as that of Process Data)	

#### D.3.2.5.8 Bandwidth control

The bandwidth of the network is distributed as the token holding periods of the respective CNNs except the margin of the cycle time, in which only the CNN holding the token can transmit its data frame to the network in turn.

During token holding time in a CNN, End devices connected to the CNN share the time to transmit their data frames.

This is controlled by the permitted maximum frame count and by the target token rotation time at each CNN, which are pre-configured by the application.

QoS shall be supported with the switch function of CNN according to 4.6.

### D.3.3 IP address and IP address management

#### D.3.3.1 General

General format of IP address for ECN is defined in this standard. This subclause defines the host field of the IP address for the network in ladder topology. Assignment to other fields than the host field shall follow the definition of this standard.

#### D.3.3.2 Individual IP address assignment

The IP address format in this network shall accord with the following.

00001010.xxxxxxxx.xxinnnnn.dddddddd /18

The notation for the IP address fields in the above is described in Table D.31.

**Table D.31 – Notation for IP address fields**

Notation	Description
[x]	(According to IP address in this standard.)
[i]	Subnet-id extension inside the ECN [0-1] (See NOTE 1)
[n]	Default number of the CNN [1-31] for inside CNN ports (See NOTE 2), or Upper 5 bit extension of [d] field for external End Devices (See NOTE 3)
[d]	<p>a) Default numbers for inside CNN ports;</p> <p>[1]: Port for CNN management of the CNN in the sub-network 1,            [2]: Port for CNN management of the CNN in the sub-network 2,            [3]: Port for the local link to the other side sub-network in the sub-network 1,            [4]: Port for the local link to the other side sub-network in the sub-network 2            [5-15]: Reserved</p> <p>b) For external End Devices (See NOTE 3);</p> <p>[0]: Not used            [1-254]: Device numbers for external End Devices            [255]: Not used</p>
<p>NOTE 1 Different subnet-IDs are used for each sub-network 1 and 2.</p> <p>NOTE 2 CNN number is defined in D.3.2.2 in this standard, which is assigned statically.</p> <p>NOTE 3 IP addresses for external End Devices may be assigned dynamically with the ranges of [n] and [d] by avoiding the default numbers used for the inside CNN ports and all '1' and all '0'.</p>	

## D.4 Consist Network Node management protocol

### D.4.1 General

This clause describes the CNN management protocol in the ladder topology.

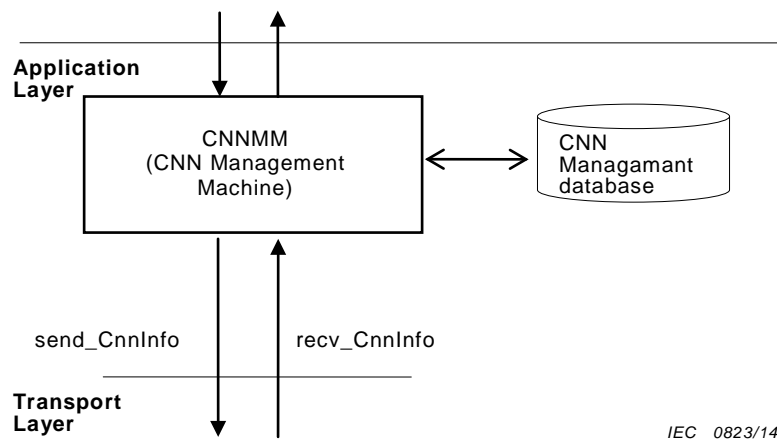
#### D.4.2 Architecture of CNN management

Figure D.20 shows the architecture of CNN management.

The CNN management periodically updates the CNN management database with the link status of the up link, down link and local links in the CNN and sends the link status as CNN management information to other CNNs with multicast communication.

When a CNN receives the CNN management information from the other CNN, the CNN management updates the CNN management database with the link status corresponding to the source CNN.

By executing the above periodically and also in every change of the link status, each CNN is possible to recognize the all link status of CNNs and all CNN healthiness on the network.



IEC 0823/14

**Figure D.20 – Architecture of CNN management**

#### D.4.3 Individual CNN management information

After cyclic transmission starts over the sub-networks, each CNN shall send its individual CNN management information to the sub-networks by cyclic transmission mechanism with CNN management protocol, so that all CNNs can obtain all the individual CNN management information of other CNNs.

Individual CNN management information is contained in service data unit of UDP packet. Transmission frequency of individual CNN management information with priority as same as PD data class should be restricted to less than that for PD in order to keep bandwidth for real time control data.

Data format of the individual CNN management information is shown in Table D.32, and the parameters in Table D.33.

**Table D.32 – Format of individual CNN management information**

Bit->	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	CateVer															
2	ServiceDataSize															
4	reserved															
6	reserved								null				ConnectionSts			
8	Null				CnnSts				null							
10	BypassedCnnDetect															
12																
14	SubsCnnExec															
16																
18	Null				ConnectionStsOth (*)				null				CnnStsOth (*)			
20	BypassedCnnDetectOth (*)															
22																
24	SubsCnnExecOth (*)															
26																
28	CnnHltyCountOth (*)								null							
30	CnnIpAddr3Oth (*)								CnnIpAddr4Oth (*)							
32	reserved								ForcLinkOffSts							
34	UpDwHead								reserved							
36	reserved (96 octests)															
132																
134																
136																
138																
140																
142	SubsCnnExecNr1															
144	SubsReqFlag2								SubsDstCnnNr2							
146	SubsSrcCnnNr2								reserved							
148	SubsCnnExecNr2															
150																
152	reserved								null							
154	reserved (48 octets)															
200																

(\*) Parameters which have suffixed names with Oth are used for ladder topology, the fields for these parameters remain reserved if the network is not ladder topology.

**Table D.33 – Description of parameters for individual CNN management information**

Parameter	Type	Description
CateVer	UNSIGNED16	Category and version of transmission data; MSB octet indicates CNN Management Information: '10'H, LSB octet indicates the version of the format starting from: '00'H.
ServiceDataSize	UNSIGNED16	Size of service data
ConnectionSts	Type_Connec tion_Status	Connection status of CNN
CnnSts	UNSIGNED4	CNN status  '0100'B: off line  '0010'B: standby  '0001'B: on line  other : n/a
BypassedCnnDetect	Type_CNN_FI ags	Bypassed CNN detection flags, for each entry;  '1': bypass detected, '0': none
SubsCnnExec	Type_CNN_FI ags	Flags for CNNs for which the substitute transmission are executed by other CNNs  '1':executed, '0': none
ConnectionStsOth	BITSET4	Connection status of CNN in the other sub-network in ladder topology  cn_u_oth(0): up link port ('0':normal, '1':abnormal) cn_d_oth(1): down link port ('0':normal, '1':abnormal) cn_l_oth (2): local port for the other sub-network ('0':normal, '1':abnormal)  reserved (3): n/a
CnnStsOth	UNSIGNED4	CNN status of CNN in the other sub-network in ladder topology  '0100'B: off line  '0010'B: standby  '0001'B: on line  Other : n/a
BypassedCnnDetectOth	Type_CNN_FI ags	Flags for CNNs which are detected to be bypassed in the other sub- network in ladder topology  1 <sup>st</sup> 16 bits: (MSB) CNN 15 – CNN 1 ('1': bypass detected, '0': none) 2 <sup>nd</sup> 16 bits: CNN 31 – (LSB) CNN 16 ('1': bypass detected, '0': none)
SubsCnnExecOth	Type_CNN_FI ags	Flags for CNNs for which the substitute transmission are executed by other CNNs on the other sub-network in ladder topology  '1':executed, '0': none
CnnHltyCountOth	UNSIGNED8	CNN healthy count of CNN in the other sub-network in ladder topology (modulo 256)
CnnIpAddrOth	Type_Ip_Addr _3_4	The 3rd and the 4th octets of IP address of CNN in the other sub- network in ladder topology (*1)
ForcLinkOffSts	BITSET8	Forced link off status of CNN  not used (0)-(5): null  ulp_f_off (6): up link port forced link off ('1': forced off, '0': none) dlp_f_off (7): down link port forced link off ('1': forced off, '0': none)
UpDwHead	UNSIGNED8	Up or down head flag of CNN placement  (0: Intermediate, 1: Up head, 2: Down head, 3-255: n/a)
CnnHltyCount	UNSIGNED8	CNN healthy count (modulo 256)

Parameter	Type	Description
CnnNr	UNSIGNED8	CNN number (1 – 31: valid, 0 and 32 – 255: n/a)
SubsCnnFlag	UNSIGNED8	Substitute transmission request flag (0: none, 1: requested, 2 -255: n/a)
SubsDstCnnNr	UNSIGNED8	Substitute transmission destination CNN number (1 – 31: valid, 0 and 32 – 255: n/a)
SubsSrcCnnNr	UNSIGNED8	Substitute transmission source CNN number (1 – 31: valid, 0 and 32 – 255: n/a)
SubsCnnExecNr	Type_CNN_Flags	Flags for CNNs for which the substitute transmission are executed by other CNNs in the requested CNNs  '1':requested, '0': none
NOTE IP address of CNN means the default IP address for the CNN management.		

**Table D.34 – Type\_Connection\_Status**

Type name	Type	Description
Type_Connection_Status	UNSIGNED4	Connection status of ports in CNN  cn_u (0): up link port ('0':normal, '1':abnormal)  cn_d (1): down link port ('0':normal, '1':abnormal)  cn_l (2): local port for the other sub-network ('0':normal, '1':abnormal)  reserved (3): n/a

**Table D.35 – Type\_CNN\_Flags**

Bit->	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-
2	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16

NOTE1 Number in each entry means corresponding CNN number.

NOTE2 “-” means “not used”.

**Table D.36 – Type\_Ip\_Addr\_3\_4**

Type name	Type	Description
ip_ad_3_4	UNSIGNED16	The 3rd and the 4th octets of IP address of CNN (the least significant octets)

#### D.4.4 CNN management database

After more than one cycle time of the individual CNN management information has past, each CNN shall calculate a CNN management database in it with the individual CNN management information received from other CNNs. The contents of the database become identical among all CNNs on the network.

The parameters with flags in the CNN management database are calculated in logical ORed of the identical parts in all of the individual CNN management information. The parameters with numerical values are packed into one parameter for all CNNs.

Table D.37 lists parameters of the CNN management database.

**Table D.37 – Parameters of CNN management database**

Parameter	Type	Description
BypassedCnnDetectAll1	Type_CNN_Flags	Bypassed CNN detection flags of all CNNs in sub-network 1, for each entry; ‘1’: bypass detected, ‘0’: none
BypassedCnnDetectAll2 (*)	Type_CNN_Flags	Bypassed CNN detection flags of all CNNs in sub-network 2, for each entry; ‘1’: bypass detected, ‘0’: none
SubsCnnExecAll1	Type_CNN_Flags	Flags for CNNs for which substitute transmission are executed by other CNNs in sub-network 1; ‘1’:executed, ‘0’: none
SubsCnnExecAll2 (*)	Type_CNN_Flags	Flags for CNNs for which substitute transmission are executed by other CNNs in sub-network 2; ‘1’:executed, ‘0’: none
ConnectionStsAll1	Type_Connection_Status_All	Connection status flags of trunk links and local links for all CNNs in sub-network 1
ConnectionStsAll2 (*)	Type_Connection_Status_All	Connection status flags of trunk links and local links for all CNNs in sub-network 2
IpAddrAll1	Type_Ip_Addr_3_4_All	Individual IP addresses for all CNNs in sub-network 1
IpAddrAll2 (*)	Type_Ip_Addr_3_4_All	Individual IP addresses for all CNNs in sub-network 2
OnlStsAll1	Type_CNN_Flags	On-line status flags for all CNNs in sub-network 1; ‘1’: On-line, ‘0’: None
OnlStsAll2 (*)	Type_CNN_Flags	On-line status flags for all CNNs in sub-network 2; ‘1’: On-line, ‘0’: None
StbyStsAll1	Type_CNN_Flags	Standby status flags for all CNNs in sub-network 1; ‘1’:Standby, ‘0’: None
StbyStsAll2 (*)	Type_CNN_Flags	Standby status flags for all CNNs in sub-network 2; ‘1’:Standby, ‘0’: None
HltyCountAll1	Type_Healthy_Count_All	Healthy counts for all CNNs in sub-network 1
HltyCountAll2 (*)	Type_Healthy_Count_All	Healthy counts for all CNNs in sub-network 2
(*) If the network topology is not ladder topology, parameters for the sub-network 2 are not used.		

**Table D.38 – Type\_Connection\_Status\_All**

Bit->	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	ARRAY [32] Type_Connection_Status															
0	CNN 3				CNN 2				CNN 1				Not used			
2	CNN 7				CNN 6				CNN 5				CNN 4			
	---				---				---				---			
14	CNN 31				CNN 30				CNN 29				CNN 28			

NOTE In case that no corresponding CNN exists, content of the entry is null.



**Table D.39 – Type\_Ip\_ Addr\_3\_4\_All**

Bit->	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	ARRAY [32] Type_Ip_Addr_3_4															
0	Not used															
2	CNN 1															
	---															
62	CNN 31															

NOTE In case that no corresponding CNN exists, content of the entry is null.

**Table D.40 – Type\_Healthy\_Count\_All**

Bit->	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	ARRAY [32] UNSIGNED8															
0	CNN 1									Not used						
2	CNN 3									CNN 2						
	---															
30	CNN 31									CNN 30						

NOTE In case that no corresponding CNN exists, content of the entry is null.

#### D.4.5 Primitives for CNN management protocol

CNN management uses the primitives to the lower protocol layer listed in Table D.41.

**Table D.41 – Primitives to the lower protocol layer for CNN management**

Primitives	Description
send_CnnInfo	Send CNN management information to the transport layer
recv_CnnInfo	Receive CNN management information from the transport layer

#### D.4.6 Parameters for CNN management protocol

The parameters for CNN management are listed in Table D.42, which are used in D.4.8.

**Table D.42 – Parameters for CNN management**

Parameters	Type	Description
Topology	ENUM2	Network topology; LINEAR (linear topology) or LADDER (ladder topology)
CnnMode	ENUM2	A mode of the CNN; UpperMost (Uppermost CNN mode), LowerMost (Lowermost CNN mode), InterMediate (Intermediate CNN mode) or Standalone (Stand alone CNN mode).
MyCnn	UNSIGNED5	Own CNN number of the CNN; [1..31]
MaxCnn	UNSIGNED5	The maximum CNN number of the network
TokenCnn	UNSIGNED5	The number of the CNN which is included in the Token command frame received from the upper CNN.
StatTpu	ENUM1	Status of the trunk port for up link; Normal: when link on state of the port (linkTPU == True) lasts more than the limit of the timer TRTPU, Failure: when link off state of the port (linkTPU == False) lasts more than the limit of the timer TFTPUP.
StatTpd	ENUM1	Status of the trunk port for down link; Normal: when link on state of the port (linkTPD == True) lasts more than the limit of the timer TRTPD, Failure: when link off state of the port (linkTPD == False) lasts more than the limit of the timer TFTPDP.
StatLpr	ENUM1	Status of the local port for the other sub-network; Normal: when link on state of the port lasts more than the limit of the timer TRLPR, Failure: when link off state of the local-link lasts more than the limit of the timer TFLPR.
ForceOffTpu	BOOLEAN1	Status of TPU forced off True: Forced off False: Not forced off
ForceOffTpd	BOOLEAN1	Status of TPD forced off True: Forced off False: Not forced off
SubsCnnFlags	Type_CNN_Flags	Flags for CNNs substituted by this CNN. A bit position in SubsCnnFlags corresponds to the one of CNNs: "1": the CNN is substituted by this CNN, "0": the CNN is not substituted by this CNN.
TempSubsCnnFlags	Type_CNN_Flags	Temporal flags for CNNs substituted by this CNN, which is stored temporally to send afterwards in the subusXmit() procedure. The content and the form of TempSubsCnnFlags are the same as SubsCnnFlags.

**D.4.7 Timers for CNN management protocol**

The timers for the CNN management are listed in Table D.43.

**Table D.43 – Timers for CNN management**

Timers	Description
TNMS	Timer for sending CNN management information periodically; default value is 100 ms.
TFTPU	Timer for the trunk port for up link to be failed when expired; default value is 30 ms.
TRTPU	Timer for the trunk port for up link to be recovered when expired; default value is 0 ms.
TFTPD	Timer for the trunk port for down link to be failed when expired; default value is 30 ms.
TRTPD	Timer for the trunk port for down link to be recovered when expired; default value is 0 ms.
TFLPR	Timer for the local port for the other sub-network to be failed when expired; default value is 30 ms.
TRLPR	Timer for the local port for the other sub-network to be recovered when expired; default value is 0 ms.

**D.4.8 Procedures for CNN management protocol****D.4.8.1 Procedures and functions**

The procedures for CNN management are listed in Table D.44 and the related functions are described in Table D.45 and Table D.46.

**Table D.44 – Procedures for CNN management**

Procedures	Description
initNDB()	Initialize CNN management database. All data are cleared to 0.
buildCnnInfo(frame)	Build CNN management information frame for this CNN to send. Refer to Table D.32 for the frame format.
sourceCnn(frame)	Extract the CNN number from the frame designated in (frame).
startTimer(timer )	Start the timer designated in (timer). If the timer has already started, the timer is reset to restart.
updateNDB(cnn, value1, ...)	Update the value of variables enumerated in the area for the CNN designated in (cnn) in CNN management database in this CNN.
updateMyNDB(value1, ...)	Update the value of variables enumerated in the area of the MyCnn in CNN management database in this CNN.
genSubsXRqBNStat()	Generate the information for the request frame for substitute transmission. (SubsReqFlag1, SubsDstCnnNr1, SubsCnnExecNr1 and SubsSrcCnnNr1) Table D.45 shows functions for substitute transmission with the related activities which generate the frame by detecting CNN bypassed. (See NOTE.)
genSubsXRqTPStat(statTPU, statTPD)	Generate the information for the request frame for substitute transmission according to status of the trunk port in the CNN. (SubsReqFlag2, SSubsDstCnnNr2, SubsCnnExecNr2 and SubsSrcCnnNr2) Table D.46 shows functions for generating the request frame with the related activities when detecting trunk port failure. (See NOTE.)
subsXmit()	subsXmit() finds the CNN(s) which, because of bypassed or link failure, shall be substituted by this CNN by means of calculating the data in the individual CNN management information from CNN 1 to MaxCnn, and then executes periodical transmission of the PD. subsXmit() also finds the CNN(s) for which the substitute transmission shall be stopped because of no need to be substituted by this CNN any more. Start or termination of substitute transmission of the PD for the CNN(s) with using PD service in Application Layer is executed in the following steps.

Procedures	Description
	<p>a)</p> <p>For the case of bypassed CNN(s), find the CNN(s) to be substituted by means of calculating logical OR of all SubsCnnExecNr1 with the condition of both SubsReqFlag1 equals “1” and SubsDstCnnNr1 equals MyCnn in all the individual CNN management information from CNN 1 to MaxCnn.</p> <p>b)</p> <p>For the case of link failures, find the CNN(s) to be substituted by means of calculating logical OR of all SubsCnnExecNr2 with the condition of both SubsReqFlag2 equals “1” and SubsDstCnnNr2 equals MyCnn in all the individual CNN management information from CNN 1 to MaxCnn.</p> <p>c)</p> <p>Because the CNN(s) for which both the logical OR of a) SubsCnnExecNr1 and b) SubsCnnExecNr2 in the above are “1” shall be substituted by this CNN, request to transmit the PD of the CNN(s) periodically by using the data in the traffic store for the other side sub-network.</p> <p>The result in this step is stored as TempSubsCnnFlags.</p> <p>d)</p> <p>Calculates exclusive OR of TempSubsCnnFlags, the result of c) in the above, and SubsCnnFlags, and then calculates logical AND of this result and SubsCnnFlags.</p> <p>Because the CNN(s) for which the corresponding bits are “1” in this result are the previous substitution CNN(s), the substitute transmission shall be stopped at this time.</p> <p>e)</p> <p>Request to stop transmitting the PD of the CNN(s) to which the original producer ED(s) belongs.</p> <p>In order to detect the condition to stop the substitute transmission by this CNN in the next time calling, save TempSubsCnnFlags, the result of c) in the above, as new SubsCnnFlags.</p>
<p>NOTE The CNN which executes substitute transmission is named as substitution CNN, while the CNN for which substitute transmission is executed by other CNN is named as substituted CNN.</p>	

**Table D.45 – Functions for substitution transmission by detecting bypassed CNN**

Function name	Operations
genSubsXRqBNStat()	<p>Calculate difference between TokenCnn and MyCnn.</p> <p>If the difference is greater than 1, then, since the previous CNN is bypassed, create the information for substitute transmission in the individual CNN management information of this CNN. (SubsReqFlag1, SubsDstCnnNr1, SubsSrcCnnNr1 and SubsCnnExecNr1)</p> <p>If the difference is 1, then, since no CNN is bypassed, clear the information for substitute transmission to 0.</p> <p>prevSubsDstCnnNr1 = SubsDstCnnNr1;</p> <p>prevSubsCnnExecNr1 = SubsCnnExecNr1;</p> <p>if ((MyCnn – TokenCnn) &gt; 1) {</p> <p>    // On detecting one or more bypassed CNN(s) in upward</p> <p>    if (isOthCnnTPD(myCnn – 1) == Normal) {</p> <p>        if (isOthCnnHealty(MyCnn, MaxCnn)) {</p> <p>            SubsDstCnnNr1 = getMinCnnHealtyOthCnn(MyCnn, MaxCnn);</p> <p>            SubsCnnExecNr1 = setBits(TokenCnn + 1, MyCnn – 1);</p> <p>        } else if (isOthCnnHealty (1, TokenCnn)) {</p> <p>            SubsDstCnnNr1 = getMaxCnnHealtyOthCnn(1, TokenCnn);</p> <p>            SubsCnnExecNr1 = setBits(TokenCnn + 1, MyCnn – 1));</p> <p>        } else {</p>

Function name	Operations
	<pre> SubsDstCnnNr1 = 0; SubsCnnExecNr1 = 0; } else if (isOthCnnTPU(TokenCnn + 1) == Normal) {     if (isOthCnnHealthy (1, TokenCnn)) {         SubsDstCnnNr1 = getMaxCnnHealthyOthCnn(1, TokenCnn);         SubsCnnExecNr1 = setBits(TokenCnn + 1, MyCnn - 1);     } else {         SubsDstCnnNr1 = 0; SubsCnnExecNr1 = 0;     } } else {     SubsDstCnnNr1 = 0; SubsCnnExecNr1 = 0; } } else {     SubsDstCnnNr1 = 0; SubsCnnExecNr1 = 0; } } else {     SubsDstCnnNr1 = 0; SubsCnnExecNr1 = 0; } } if (SubsDstCnnNr1 != 0) {     SubsReqFlag1 = 1; SubsSrcCnnNr1 = MyCnn; } else {     SubsReqFlag1 = 0; SubsSrcCnnNr1 = 0; } } if (prevSubsDstNr1 != SubsDstNr1    prevSubsCnnExecNr1 != SubsCnnExecNr1)     return TRUE; return FALSE; </pre>
isOthCnnTPD(n)	<p>Return the status of the down link of the CNN designated with (n) which is paired on the other side sub-network;</p> <p>Normal state: when the CNN is normal, or in case of the lowermost CNN force state is returned,</p> <p>Failure state: when the CNN in failure.</p>
isOthCnnTPU(n)	<p>Return the status of the up link of the CNN designated with (n) which is paired on the other side sub-network;</p> <p>Normal state: when the CNN is normal, or in case of the lowermost CNN force state is returned,</p> <p>Failure state when the CNN in failure.</p>
isOthCnnHealthy(n1, n2)	<p>If local ports of CNNs designated with from n1 to n2 in the same sub-network are normal and the corresponding CNNs in the other side sub-network are healthy, then return normal state.</p> <p>Else, return failure state.</p>
getMinCnnHealthyOthCnn (n1, n2)	<p>If local ports of CNNs designated with from n1 to n2 on the same sub-network are normal and the corresponding CNNs on the other side sub-network are healthy, then return the least CNN number.</p>
getMaxCnnHealthyOthCnn (n1, n2)	<p>If local ports of CNNs designated with from n1 to n2 on the same sub-network are normal and the corresponding CNNs on the other side sub-network are healthy, then return the most CNN number</p>
setBits(n1, n2);	Set "1" for bits from $2^{(n1)}$ to $2^{(n2)}$ .

**Table D.46 – Functions for substitution transmission by detecting link failure**

Function name	Operations
genSubsXRqTPStat(statTPU, statTPD)	<p>Generate the information for the request frame for substitute transmission according to status of the trunk ports of TPU and TPD in the individual CNN management information in the CNN. (SubsReqFlag2, SubsDstCnnNr2, SubsCnnExecNr2 and SubsSrcCnnNr2)</p> <pre> if ((StatTpu == Failure) &amp;&amp; (StatTpd == Normal)) {     // in case of failure at trunk port for up link     if (isOthCnnHealty (MyCnn, MaxCnn)) {         SubsDstCnnNr2 = getMinCnnHealtyOthCnn(MyCnn, MaxCnn);         SubsCnnExecNr2 = setBits(1, MyCnn - 1);     } else         SubsDstCnnNr2 = 0; } else if ((StatTpu == Normal) &amp;&amp; (StatTpd == Failure)) {     // in case of failure at trunk port for down link     if (isOthCnnHealthy (1, MyCnn-1)) {         SubsDstCnnNr2 = getMaxCnnHealthyOthCnn(1, MyCnn-1);         SubsCnnExecNr2 = setBits(MyCnn + 1, MaxCnn);     } else         SubsDstCnnNr2 = 0; } else     SubsDstCnnNr2 = 0; if (SubsDstCnnNr2 != 0) {     SubsReqFlag2 = 1; SubsSrcCnnNr2 = MyCnn; } else     SubsReqFlag2 = 0; SubsSrcCnnNr2 = 0; </pre>

#### D.4.8.2 Events

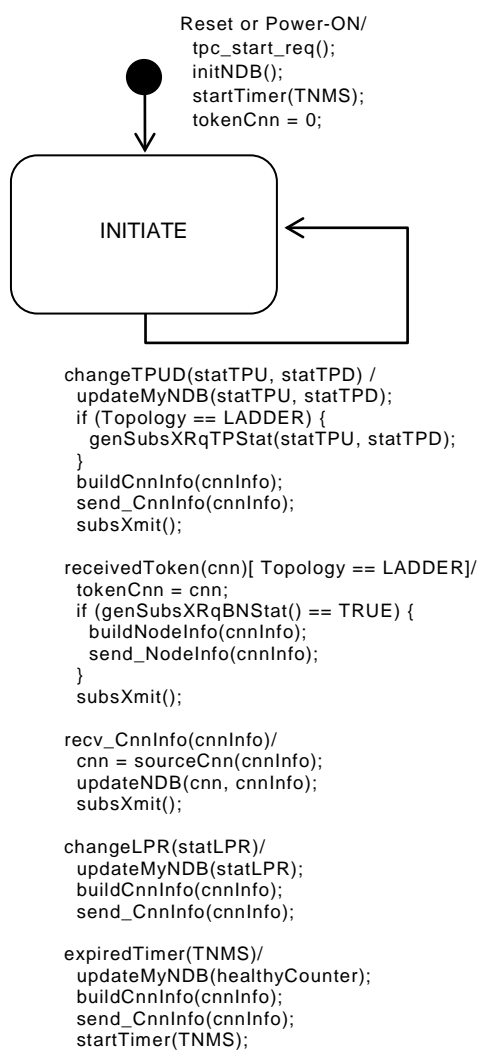
Events for CNN management are listed in Table D.47.

**Table D.47 – Events for CNN management**

Events	Description
Reset or Power ON	Hardware reset or power on.
receivedToken(Cnn)	Receive token with CNN number which sent the token.
changeTPUD (statTPU, statTPD)	Change occurs in the status of trunk port for up link or trunk port for down link, which indicates failure or normal.
changeLPR(statLPR)	Change occurs in the status of local port for the other sub-network, which indicates failure or normal.
expiredTimer(timer)	Expires the timer started by startTimer activity.

#### D.4.9 Operation of CNN management machine

Figure D.21 shows the state diagram for CNN management machine and the state transition table is described in Table D.48.



IEC 0824/14

**Figure D.21 – State diagram for CNNMM**

**Table D.48 – State transition table for CNNMM**

Current state	Event[condition]	Actions	Next State
Initial state	Reset or Power ON	<i>// Reset or power on</i> tpc_start_req(); initNDB(); startTimer(TNMS); tokenCnn = 0;	INITIATE
INITIATE	changeTPUD(statTPU, statTPD)	<i>// Change in link status of trunk ports</i> updateMyNDB(statTPU, statTPD); if (topology == LADDER) { genSubsXRqTPStat(statTPU, statTPD); } buildCnnInfo(cnnInfo); send_CnnInfo(cnnInfo); subsXmit();	INITIATE
INITIATE	receivedToken(Cnn) [Topology == LADDER]	<i>// Receive token</i> tokenCnn = cnn; if (genSubsXRqBNStat() == TRUE) { buildCnnInfo(cnnInfo); send_CnnInfo(cnnInfo); } subsXmit();	INITIATE
INITIATE	recv_CnnInfo(CnnInfo)	<i>// Receive individual CNN management information from other CNN</i> cnn = sourceCnn(cnnInfo); updateNDB(cnn, cnnInfo); subsXmit();	INITIATE
INITIATE	changeLPR(statLPR)	<i>// Change in link state of local port for the other sub-network</i> updateMyNDB(statLPR); buildCnnInfo(cnnInfo); send_CnnInfo(cnnInfo);	INITIATE
INITIATE	expiredTimer(TNMS)	<i>// TNMS timer expire to send individual CNN management information periodically.</i> updateMyNDB(healthyCounter); buildCnnInfo(cnnInfo); send_CnnInfo(cnnInfo); startTimer(TNMS);	INITIATE

#### **D.4.10 Port number assignment for CNN management protocol**

For interoperable data communication, the port assignments in Transport Layer for CNN management protocol listed in Table D.49 should be used as default, which shall not be duplicated with the port numbers for PD, MD or other application protocols:



Table D.49 – Default port number for CNN management protocol

Protocol	Destination Port	Source Port
CNN Management Data (UDP)	49 154	49 154
NOTE Using different port number is allowed for project specific purposes.		

D.5 Failure cases in ladder topology

D.5.1 General

This clause describes various failure cases in the ladder topology, in which re-configuration of the transmission paths for PD is performed by the substitute transmission function.

D.5.2 Failure cases

Hereinafter, various failure cases are shown with examples of five pair CNN sub-networks in the ladder topology.

NOTE In figures in this clause, henceforth, the examples assume five pair CNN sub-network in the ladder topology. Not all End Devices attached to the paired CNNs in dual homing are illustrated for simplification. The thick arrows mean the data frames transmitted over the sub-network 1, and thin arrows those over the sub-network 2. The CNN indicated by shading box means that the CNN executes the substitute transmission. The CNN numbers are not actual but abstract for explanation.

a) Normal operation

In Figure D.22, the data originated from an attached End Device is transmitted to both the sub-network 1 and 2 simultaneously, and also delivered to the CNNs in the other side sub-network mutually through the local links at each of the CNNs.

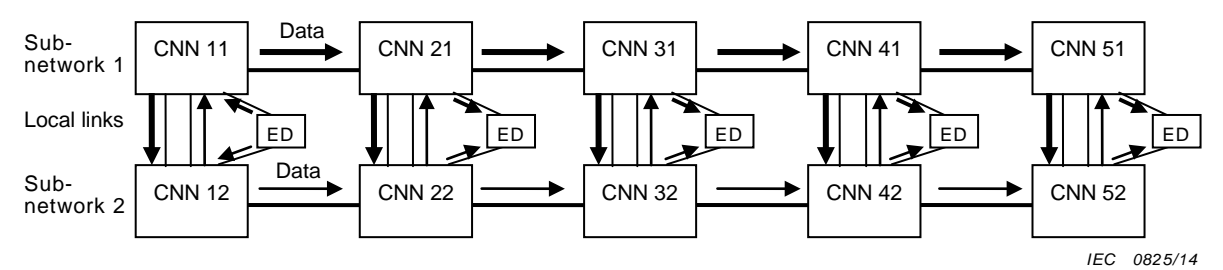
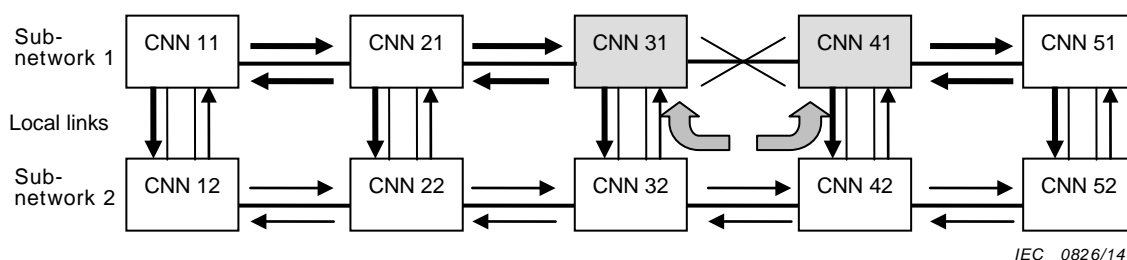


Figure D.22 – Normal configuration of transmission paths in ladder topology

b) A single link failure in a sub-network

In Figure D.23, in case of a link failure in the sub-network 1, CNN 41 utilizes the data received from CNN 12, CNN 22 and CNN 32 via the local link between CNN 42, to re-transmit the data to the one intact part of the sub-network 1, in which the data are the same that should be received from CNN 11, 21 and 31 respectively.

On the other hand, CNN 31 utilizes the data received from CNN 42 and CNN 52 via the local link between CNN 32, to re-transmit the data to the other intact part of the sub-network 1, in which the data are the same that should be received from CNN 41 and CNN 51 respectively.

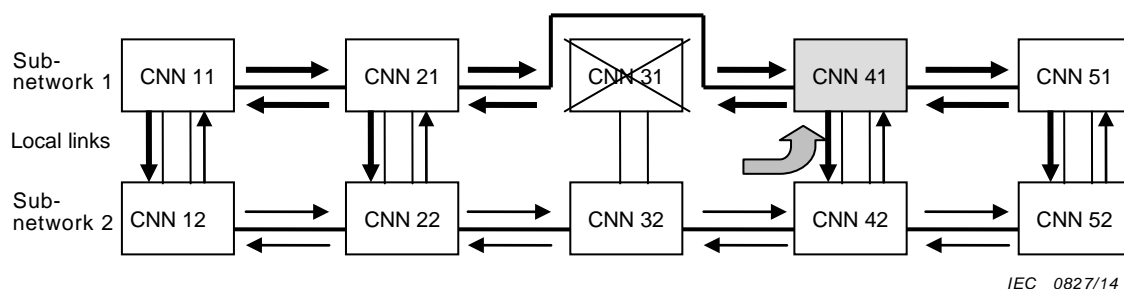


**Figure D.23 – Re-configuration of transmission paths with a single link failure in a sub-network**

c) A single CNN failure in a sub-network

In Figure D.24, in case of a CNN failure in the sub-network 1, the link of the CNN is bypassed with the relay circuit. CNN 32 works for backup of the failed CNN 31.

CNN 41 utilizes the data received from CNN 32 at the local link via CNN 42, which is the same that should be received from CNN 31, to re-transmit the data to the sub-network 1 as the substitute transmission.



**Figure D.24 – Re-configuration of transmission paths with a single CNN failure in a sub-network**

d) Double failures of links in a sub-network

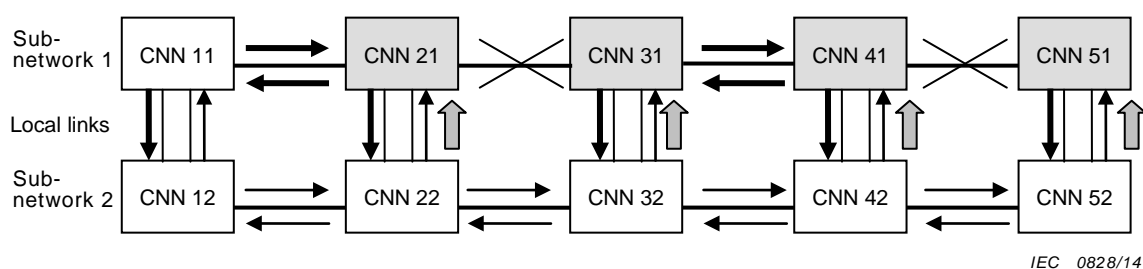
In Figure D.25, in case of double failures of different links in the sub-network 1;

CNN 21 executes the substitute transmission of CNN 31, 41 and 51,

CNN 31 executes the substitute transmission of CNN 11 and 21,

CNN 41 executes the substitute transmission of CNN 51,

CNN 51 executes the substitute transmission of CNN 11, 21, 31 and 41.



**Figure D.25 – Re-configuration of transmission paths with double failures of links in a sub-network**

e) Double failures of different links over both sub-networks

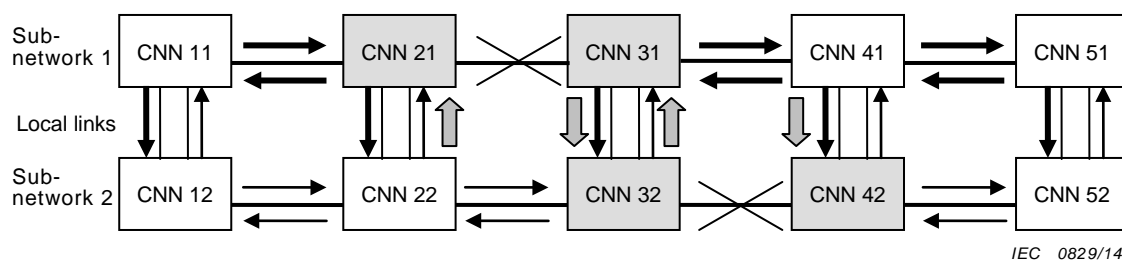
In Figure D.26, in case of double failures of different links over both sub-network 1 and sub-network 2;

CNN 21 executes the substitute transmission of CNN 31, 41 and 51,

CNN 31 executes the substitute transmission of CNN 11 and 21,

CNN 32 executes the substitute transmission of CNN 42 and 52,

CNN 42 executes the substitute transmission of CNN 12, 22 and 32.



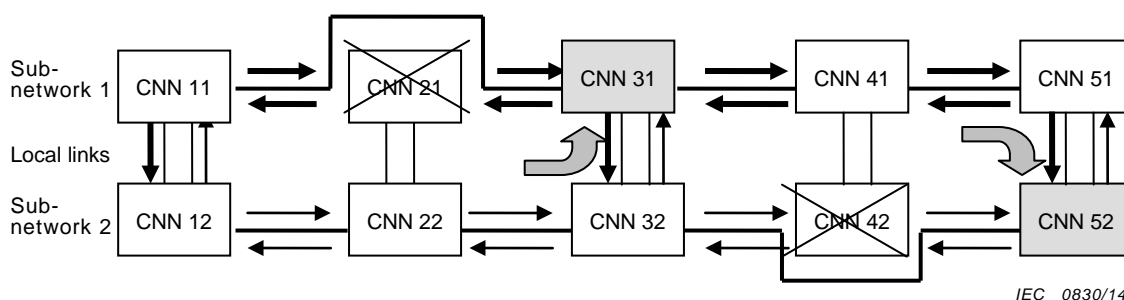
**Figure D.26 – Re-configuration of transmission paths with double failures of links over both sub-networks**

f) Double CNN failures over both sub-networks

In Figure D.27, in case of a CNN failure in the sub-network 1 and another failure of the CNN in the sub-network 2;

CNN 31 executes the substitute transmission of CNN 21 in the sub-network 1, by using the data from CNN 22,

CNN 52 executes the substitute transmission of CNN 42 in the sub-network 2, by using the data from CNN 41.



**Figure D.27 – Re-configuration of transmission paths with double failures of CNNs over both sub-networks**

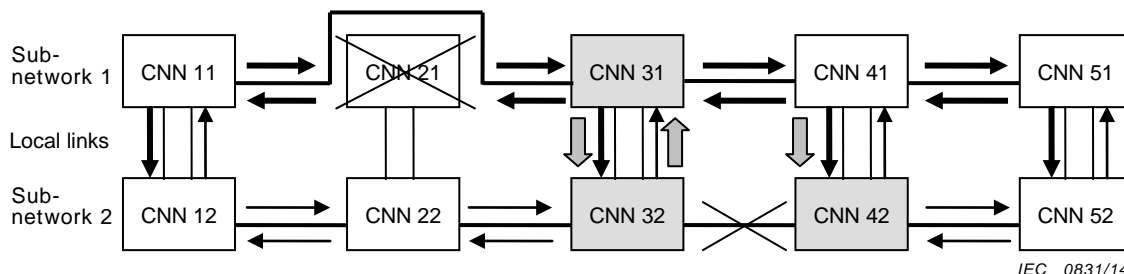
g) Double failures of a CNN and a link over both sub-networks

In Figure D.28, in case of a CNN failure in the sub-network 1 and another failure of a link in the sub-network 2;

CNN 31 executes the substitute transmission of CNN 21 in the sub-network 1, by using the data from CNN 22,

CNN 32 executes the substitute transmission of CNN 42 and 52 in the sub-network 2, by using the data from CNN 41 and 51,

CNN 42 executes the substitute transmission of CNN 12, 22 and 32 in the sub-network 2, by using the data from CNN 11, 22 and 31.



**Figure D.28 – Re-configuration of transmission paths with double failures of a link and a CNN over both sub-networks**

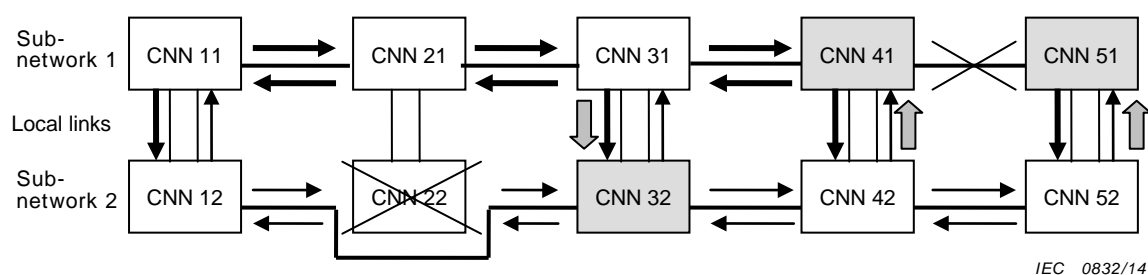
h) Double failures of a CNN and a link over both sub-networks

In Figure D.29, in case of a CNN failure in the sub-network 1 and another failure of the a link in the sub-network 2;

CNN 32 executes the substitute transmission of CNN 22 in the sub-network 2, by using the data from CNN 21,

CNN 41 executes the substitute transmission of CNN 51 in the sub-network 1, by using the data from CNN 52,

CNN 51 executes the substitute transmission of CNN 11, 21, 31 and 41 in the sub-network 1, by using the data from CNN 12, 21, 32 and 42.



**Figure D.29 – Re-configuration of transmission paths  
with double failures of a link and a CNN over both sub-networks**

### D.5.3 Restore of the network

In case that the failures of links or CNNs are restored, when CNNs at both sides of the failure points find the points to be normal condition, they remove the control of the detour route from the failure points, then re-start normal operation in both of the sub-networks.

## Bibliography

IETF RFC 768, *User Datagram Protocol*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc768.txt>>

IETF RFC 791, *Internet Protocol*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc769.txt>>

IETF RFC 792, *Internet Control Message Protocol*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc792.txt>>

IETF RFC 793, *Transmission Control Protocol*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc793.txt>>

IETF RFC 826, *An Ethernet Address Resolution Protocol: Or Converting Network Protocol Addresses to 48.bit Ethernet Address for Transmission on Ethernet Hardware*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc826.txt>>

IETF RFC 854, *TELNET Protocol specification*, available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc854.txt>>

IETF RFC 959, *File Transfer Protocol (FTP)*, available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc959.txt>>

IETF RFC 1034, *Domain Names – Concepts and Facilities*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1034.txt>>

IETF RFC 1035, *Domain Names – Implementation and Specification*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1035.txt>>

IETF RFC 1112, *Host Extensions for IP Multicasting*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1112.txt>>

IETF RFC 1122, *Requirements for Internet Hosts -- Communication Layers*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1122.txt>>

IETF RFC 1166, *Internet Numbers*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1166.txt>>

IETF RFC 1213, *Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets: MIB-II*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1213.txt>>

IETF RFC 1305, *Network Time Protocol (Version 3) Specification, Implementation and Analysis*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1305.txt>>

IETF RFC 1350, *THE TFTP Protocol (REVISION 2)*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1350.txt>>

IETF RFC 1361, *Simple Network Time Protocol (SNTP)*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1361.txt>>

IETF RFC 1901, *Introduction to Community-based SNMPv2*  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1901.txt>>

IETF RFC 1905, *Protocol Operations for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2)*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1905.txt>>

IETF RFC 1906, *Transport Mappings for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2)*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1906.txt>>

IETF RFC 1918, *Address Allocation for Private Internets*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1918.txt>>

IETF RFC 2131, *Dynamic Host Configuration Protocol*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2131.txt>>

IETF RFC 2132, *DHCP Options and BOOTP Vendor Extensions*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2132.txt>>

IETF RFC 2236, *Internet Group Management Protocol, Version 2*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2236.txt>>

IETF RFC 2365, *Administratively Scoped IP Multicast*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2365.txt>>

IETF RFC 2474, *Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2474.txt>>

IETF RFC 2544, *Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2544.txt>>

IETF RFC 2616, *Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2616.txt>>

IETF RFC 3022, *Traditional IP Network Address Translator (Traditional NAT)*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc3022.txt>>

IETF RFC 3046, *DHCP Relay Agent Information Option*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc3046.txt>>

IETF RFC 3203, *DHCP reconfigure extension*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc3203.txt>>

IETF RFC 3376, *Internet Group Management Protocol, Version 3*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc3376.txt>>

IETF RFC 3768, *Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP)*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc3768.txt>>

IETF RFC 4251, *The Secure Shell (SSH) Protocol Architecture*,  
available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc4251.txt>>

IETF RFC 4541, *Considerations for Internet Group Management Protocol (IGMP) and Multicast Listener Discovery (MLD) Snooping Switches*, available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc4541.txt>>

---





## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	131
INTRODUCTION .....	133
1 Domaine d'application .....	134
2 Références normatives .....	134
3 Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions .....	135
3.1 Termes et définitions .....	135
3.2 Symboles et abréviations .....	136
3.3 Conventions .....	139
3.3.1 Conventions de numérotation de bit .....	139
3.3.2 Convention d'ordre des octets .....	139
3.3.3 Types de données .....	139
4 Partie commune .....	140
4.1 Généralités .....	140
4.2 Architecture .....	140
4.2.1 Structure du réseau .....	140
4.2.2 Topologie du réseau .....	142
4.2.3 Classes d'Équipements Terminaux .....	144
4.2.4 Types d'Équipements Réseau et classes de Commutateurs de Rame .....	144
4.3 Classe de données .....	145
4.4 Fonctions et services .....	146
4.5 Redondance .....	147
4.5.1 Généralités .....	147
4.5.2 Définitions .....	148
4.5.3 Redondance gérée au niveau du réseau .....	149
4.5.4 Redondance gérée au niveau de l'Équipement terminal .....	149
4.6 Qualité de service .....	150
4.6.1 Généralités .....	150
4.6.2 Niveau de priorité .....	150
4.6.3 Affectation du niveau de priorité .....	151
4.6.4 Comportement du Commutateur Réseau de Rame .....	151
4.6.5 Limitation du flux d'entrée .....	151
4.6.6 Lissage du flux de sortie .....	152
4.7 Adresse IP et définitions connexes .....	152
4.7.1 Adresse du Réseau de Rame .....	152
4.7.2 Adresse du Réseau train .....	153
4.7.3 Adresse de groupe .....	153
4.7.4 Résolution de nom et règles de nommage .....	154
4.8 Gestion de la configuration de l'adresse IP et du réseau .....	154
4.8.1 Gestion de l'adresse du Réseau de Rame .....	154
4.8.2 Gestion de l'adresse du Réseau train .....	154
4.8.3 Paramètres de configuration du réseau statique .....	155
4.8.4 Paramètres de configuration DHCP .....	155
4.8.5 Gestion de l'adresse IP pour la redondance du TBN .....	156
4.9 Interface de l'Équipement réseau .....	157
4.9.1 Généralités .....	157

4.9.2	Exigences de fonctionnement .....	157
4.9.3	Exigences de performances .....	159
4.9.4	Couche Physique .....	159
4.9.5	Couche Liaison .....	162
4.9.6	Couche Réseau .....	163
4.9.7	Couche Transport .....	163
4.9.8	Couches d'application .....	163
4.10	Interface de l'Équipement terminal .....	164
4.10.1	Généralités .....	164
4.10.2	Couche Physique .....	165
4.10.3	Couche Liaison .....	166
4.10.4	Couche Réseau .....	166
4.10.5	Couche Transport .....	166
4.10.6	Couche Application .....	166
4.11	Fonctions passerelle .....	167
4.11.1	Fonctions passerelle du WTB .....	167
4.11.2	Fonctions passerelle de l'ETB .....	168
4.12	Gestion du réseau .....	168
4.12.1	Cas du réseau ECN .....	168
4.12.2	Cas du réseau WTB .....	168
4.12.3	Cas du réseau ETB .....	169
5	Essai de conformité .....	169
Annexe A (informative) Comparaison de la fiabilité et de la disponibilité entre architectures d'ECN .....		170
A.1	Généralités .....	170
A.2	Cas de défaillances .....	170
A.2.1	Définitions .....	170
A.2.2	Exemple de cas de défaillances – Topologie linéaire .....	171
A.2.3	Exemple de cas de défaillance – Réseaux parallèles .....	172
A.2.4	Exemple de cas de défaillances – Topologie en anneau .....	173
A.2.5	Exemple de cas de défaillances – Topologie en échelle .....	174
A.3	Niveau de redondance de l'architecture de l'ECN .....	176
A.4	Analyse de la fiabilité du niveau de redondance .....	177
A.5	Redondance des Équipements Terminaux .....	180
Annexe B (informative) Translation d'adresse de réseau ferroviaire (R-NAT) .....		182
B.1	Généralités .....	182
B.2	Adresse IP du sous-réseau local de Rame .....	182
B.3	R-NAT du TBN .....	183
B.4	Problème d'interopérabilité entre les TBN .....	184
Annexe C (normative) Définition du protocole de l'émetteur-récepteur à signaux amplifiés .....		185
C.1	Généralités .....	185
C.2	Type A: émetteur-récepteur à signaux amplifiés pour la Couche Physique fondé sur l'IEEE 802.3 (10BASE-T) .....	185
C.2.1	Généralités .....	185
C.2.2	Unité d'émetteur-récepteur .....	185
C.2.3	Caractéristiques des signaux de transmission .....	186
C.2.4	Caractéristiques des signaux de réception .....	189

C.3	Type B: émetteur-récepteur à signaux amplifiés pour la Couche Physique fondé sur l'IEEE 802.3 (100BASE-TX) .....	190
C.3.1	Généralités .....	190
C.3.2	Unité d'émetteur-récepteur .....	190
C.3.3	Caractéristiques des signaux de transmission.....	191
C.3.4	Caractéristiques des signaux de réception.....	191
Annexe D (informative)	Définition du protocole de topologie en échelle .....	193
D.1	Généralités .....	193
D.2	Architecture d'un Nœud de Réseau de Rame.....	193
D.2.1	Généralités .....	193
D.2.2	Concept de topologie en échelle .....	194
D.2.3	Configuration de la topologie en échelle .....	194
D.2.4	Structure fonctionnelle du Nœud de Réseau de Rame .....	196
D.2.5	Traffic Store pour les Données de Processus .....	197
D.2.6	Redondance dans la topologie en échelle.....	198
D.2.7	Paramètres de configuration pour la topologie en échelle .....	200
D.2.8	Connexion du signal pour le lien trunk .....	201
D.2.9	Connexion à la liaison locale .....	202
D.3	Couche Liaison .....	203
D.3.1	Généralités .....	203
D.3.2	MAC – Media Access Control .....	203
D.3.3	Adresse IP et gestion de l'adresse IP .....	228
D.4	Protocole de gestion du Nœud de Réseau de Rame .....	229
D.4.1	Généralités .....	229
D.4.2	Architecture de la gestion du CNN .....	229
D.4.3	Informations individuelles de gestion du CNN .....	229
D.4.4	Base de données de gestion du CNN.....	232
D.4.5	Primitives pour le protocole de gestion du CNN .....	234
D.4.6	Paramètres pour le protocole de gestion du CNN .....	234
D.4.7	Compteurs de temps pour le protocole de gestion du CNN .....	235
D.4.8	Procédures pour le protocole de gestion du CNN.....	236
D.4.9	Fonctionnement du diagramme de gestion du CNN.....	240
D.4.10	Affectation du numéro de port pour le protocole de gestion du CNN .....	241
D.5	Situations de défaillance dans la topologie en échelle.....	242
D.5.1	Généralités .....	242
D.5.2	Cas de défaillances .....	242
D.5.3	Restauration du réseau.....	246
Bibliographie.....		247
Figure 1 – Vue logique de l'ECN .....		142
Figure 2 – Exemples de topologies physiques d'ECN.....		143
Figure 3 – Exemple d'éléments de réseau .....		148
Figure 4 – Exemples de connexions à double anneau .....		150
Figure 5 – Connecteur M12 code D.....		161
Figure 6 – Structure logique de la passerelle entre l'ECN et le WTB .....		168
Figure A.1 – Exemple de défaillance d'un élément de réseau simple .....		170
Figure A.2 – Exemple de doubles défaillances d'éléments de réseau.....		171

Figure A.3 – Exemple de simple défaillance d'un élément au niveau d'une liaison sur une topologie linéaire.....	171
Figure A.4 – Exemple de simple défaillance d'un élément au niveau d'un élément actif sur une topologie linéaire.....	172
Figure A.5 – Exemple de simple défaillance d'un élément au niveau d'une liaison sur des réseaux parallèles .....	172
Figure A.6 – Exemple de simple défaillance d'un élément au niveau d'un élément actif sur des réseaux parallèles .....	173
Figure A.7 – Exemple de simple défaillance d'un élément au niveau d'une liaison sur une topologie en anneau.....	173
Figure A.8 – Exemple de simple défaillance d'un élément au niveau d'un élément actif sur une topologie en anneau.....	174
Figure A.9 – Exemple de simple défaillance d'un élément au niveau d'un élément actif sur une topologie en anneau (avec ED à connexion à double attachement) .....	174
Figure A.10 – Exemple de simple défaillance d'un élément au niveau d'une liaison sur une topologie en échelle .....	175
Figure A.11 – Exemple de simple défaillance d'un élément au niveau d'un élément actif sur une topologie en échelle .....	175
Figure A.12 – Exemple de doubles défaillances d'éléments au niveau de liaisons sur une topologie en échelle .....	175
Figure A.13 – Exemple de doubles défaillances d'éléments au niveau d'éléments actifs sur une topologie en échelle (avec shuntage) .....	176
Figure A.14 – Exemple d'architecture d'ECN classée par niveau de redondance .....	177
Figure B.1 – Exemple de plage d'IP locales d'ECN, «image» de plage d'IP de train pour le R-NAT.....	182
Figure B.2 – Exemple de R-NAT .....	183
Figure B.3 – Du R-NAT TBN au TBN.....	184
Figure B.4 – Du TBN au R-NAT TBN.....	184
Figure C.1 – Schéma fonctionnel d'une unité d'émetteur-récepteur pour MAU 10BASE-T ...	186
Figure C.2 – Essai de la tension de sortie différentielle .....	186
Figure C.3 – Modèle à paire torsadée .....	187
Figure C.4 – Modèle de tension amplifiée .....	187
Figure C.5 – Forme d'onde amplifiée de l'émetteur pour démarrer TP_IDL .....	188
Figure C.6 – Charge de test au début de TP_IDL.....	189
Figure C.7 – Forme d'onde amplifiée de l'émetteur pour impulsion de test de la liaison .....	189
Figure C.8 – Tension d'entrée différentielle amplifiée du récepteur – Impulsion étroite .....	190
Figure C.9 – Tension d'entrée différentielle amplifiée du récepteur – Impulsion large .....	190
Figure C.10 – Schéma fonctionnel de l'unité d'émetteur-récepteur .....	191
Figure C.11 – Seuil de mise à 1 de Signal_detect .....	192
Figure D.1 – Concept de topologie en échelle .....	194
Figure D.2 – Configuration de la topologie en échelle .....	195
Figure D.3 – Flux de base des trames de données sur les liaisons troncs et les liaisons locales dans la topologie en échelle.....	195
Figure D.4 – Structure fonctionnelle du Nœud de Réseau de Rame .....	197
Figure D.5 – Concept de Traffic Store dans la topologie en échelle .....	198
Figure D.6 – Exemple de configuration de topologie en échelle .....	199

Figure D.7 – Schéma fonctionnel de l'unité de l'émetteur-récepteur pour une connexion avec un câble à paire torsadée .....	202
Figure D.8 – Connexion par câble pour un câble à paire torsadée .....	202
Figure D.9 – Exemple d'affectation de numéro de CNN dans la topologie en échelle .....	204
Figure D.10 – Format de trame pour les commandes .....	205
Figure D.11 – Etablissement de liaison entre deux CNN .....	207
Figure D.12 – Etablissement de liaisons dans la topologie en échelle .....	208
Figure D.13 – Liaisons locales entre CNN redondants .....	208
Figure D.14 – Exemple de modes de CNN .....	209
Figure D.15 – Structure et primitives de la sous-couche MAC temps réel.....	211
Figure D.16 – Diagramme d'états de la TPCM .....	217
Figure D.17 – Diagramme d'états de l'ACM.....	220
Figure D.18 – Diagramme d'états de USE_TOKEN .....	222
Figure D.19 – Exemple de séquence de transmission .....	226
Figure D.20 – Architecture de la gestion du CNN .....	229
Figure D.21 – Diagramme d'états de CNNMM.....	240
Figure D.22 – Configuration normale des chemins de transmission dans la topologie en échelle.....	242
Figure D.23 – Reconfiguration des chemins de transmission avec défaillance de liaison simple dans un sous-réseau .....	243
Figure D.24 – Reconfiguration des chemins de transmission avec défaillance de CNN simple dans un sous-réseau .....	243
Figure D.25 – Reconfiguration des chemins de transmission avec double défaillance de liaisons dans un sous-réseau.....	244
Figure D.26 – Reconfiguration des chemins de transmission avec double défaillance de liaisons dans les deux sous-réseaux .....	244
Figure D.27 – Reconfiguration des chemins de transmission avec double défaillance de CNN dans les deux sous-réseaux .....	245
Figure D.28 – Reconfiguration des chemins de transmission avec double défaillance d'une liaison et d'un CNN sur les deux sous-réseaux.....	245
Figure D.29 – Reconfiguration des chemins de transmission avec double défaillance d'une liaison et d'un CNN sur les deux sous-réseaux.....	246
Tableau 1 – Classes d'Équipements Terminaux (1).....	144
Tableau 2 – Classes d'Équipements Terminaux (2).....	144
Tableau 3 – Types d'Équipements Réseau .....	145
Tableau 4 – Classes de Commutateurs de Rame.....	145
Tableau 5 – Paramètres de service des classes de données .....	146
Tableau 6 – Valeurs types pour les paramètres de service des classes de données .....	146
Tableau 7 – Mise en correspondance des priorités pour les classes de données .....	151
Tableau 8 – Paramètres de configuration du réseau statique des Équipements Terminaux.....	155
Tableau 9 – Options DHCP .....	156
Tableau 10 – Récapitulatif des interfaces de Commutateur Réseau .....	157
Tableau 11 – Brochage du connecteur M12 code D .....	161
Tableau 12 – Récapitulatif des interfaces d'Équipements Terminaux .....	164

Tableau A.1 – Niveau de redondance de l'architecture de l'ECN .....	176
Tableau A.2 – Fiabilité du niveau de redondance .....	178
Tableau A.3 – Fiabilité lors de la prise en considération des pannes de mode commun .....	178
Tableau A.4 – Paramètres pour le calcul de la fiabilité et de la disponibilité .....	180
Tableau A.5 – Valeurs d'exemple de fiabilité et de disponibilité .....	180
Tableau A.6 – Comparaison de la fiabilité avec redondance d'ED .....	181
Tableau A.7 – Comparaison des ratios des temps moyens entre défaillances avec redondance d'ED .....	181
Tableau C.1 – Tableau de modèle de tension de sortie .....	187
Tableau C.2 – Interface active de sortie de la paire torsadée .....	191
Tableau D.1 – Paramètres de configuration pour le CNN dans le sous-réseau 1 .....	200
Tableau D.2 – Paramètres de configuration pour le CNN dans le sous-réseau 2 .....	200
Tableau D.3 – Configuration_Process_Data_Transmission_Substitute .....	201
Tableau D.4 – Type_Configuration_Substitute .....	201
Tableau D.5 – Connexion par signal entre émetteurs-récepteurs (un câble à paire torsadée) .....	202
Tableau D.6 – Numéro de CNN .....	203
Tableau D.7 – Contenu du champ Adresse de Destination .....	205
Tableau D.8 – Contenu du champ Adresse Source .....	205
Tableau D.9 – Contenu du champ Longueur/Type .....	205
Tableau D.10 – Contenu des champs Commande et Code de Vérification .....	206
Tableau D.11 – Contenu du champ Bourrage .....	206
Tableau D.12 – Mode de CNN dans la topologie en échelle .....	209
Tableau D.13 – Primitives de la Couche Physique .....	211
Tableau D.14 – Variables et paramètres pour le protocole MAC temps réel .....	212
Tableau D.15 – Nom de trame .....	213
Tableau D.16 – Compteurs de temps pour le protocole MAC temps réel .....	213
Tableau D.17 – Procédures pour le protocole MAC temps réel .....	214
Tableau D.18 – Événements pour le protocole MAC temps réel .....	214
Tableau D.19 – Primitives TRRC .....	214
Tableau D.20 – Opération TRRC sur acceptation des primitives de requête .....	215
Tableau D.21 – Opération TRRC sur acceptation des primitives d'indication physiques .....	216
Tableau D.22 – Tableau de transition des états pour la TPCM .....	217
Tableau D.23 – Procédures du diagramme d'états de la TPCM .....	218
Tableau D.24 – Primitives TPCM .....	219
Tableau D.25 – Tableau de transition des états pour l'ACM .....	221
Tableau D.26 – Tableau de transition des états pour USE_TOKEN .....	223
Tableau D.27 – Variable pour l'ACM .....	224
Tableau D.28 – Paramètres de configuration pour le protocole MAC temps réel .....	224
Tableau D.29 – Éléments temporels pour la séquence de transmission .....	226
Tableau D.30 – Paramètres de service des classes de données .....	227
Tableau D.31 – Notation pour les champs d'adresse IP .....	228
Tableau D.32 – Format des informations individuelles de gestion du CNN .....	230

Tableau D.33 – Description des paramètres pour les informations individuelles de gestion du CNN .....	231
Tableau D.34 – Type_Connection_Status .....	232
Tableau D.35 – Type_CNN_Flags .....	232
Tableau D.36 – Type_Ip_Addr_3_4 .....	232
Tableau D.37 – Paramètres de la base de données de gestion des CNN .....	233
Tableau D.38 – Type_Connection_Status_All .....	234
Tableau D.39 – Type_Ip_Addr_3_4_All .....	234
Tableau D.40 – Type_Healthy_Count_All .....	234
Tableau D.41 – Primitives de la couche basse de protocole pour la gestion du CNN .....	234
Tableau D.42 – Paramètres pour la gestion du CNN .....	235
Tableau D.43 – Compteurs de temps pour la gestion du CNN .....	236
Tableau D.44 – Procédures pour la gestion du CNN .....	236
Tableau D.45 – Fonctions pour la transmission de substitution lors de la détection de CNN shuntés .....	238
Tableau D.46 – Fonctions pour la transmission de substitution lors de la détection de défaillance de liaison .....	239
Tableau D.47 – Événements pour la gestion du CNN .....	240
Tableau D.48 – Tableau de transition des états pour CNNMM .....	241
Tableau D.49 – Numéro de port par défaut pour le protocole de gestion du CNN .....	242



## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MATÉRIEL ÉLECTRONIQUE FERROVIAIRE –  
RÉSEAU EMBARQUÉ DE TRAIN (TCN) –****Partie 3-4: Réseau Ethernet de Rame (ECN)****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 de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 61375-3-4 a été établie par le comité d'études 9 de l'IEC: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/1873/FDIS	9/1904/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.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61375, publiées sous le titre général *Matériel électronique ferroviaire – Réseau embarqué de train (TCN)*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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.**

## INTRODUCTION

La présente partie de la Norme internationale IEC 61375 spécifie le Réseau de Rame fondé sur la technologie Ethernet, c'est-à-dire le Réseau Ethernet de Rame (ECN, pour Ethernet Consist Network) au sein de l'architecture du Réseau Embarqué de Train (TCN, pour Train Communication Network) tel que défini dans l'IEC 61375-1, et les Équipements Terminaux qui peuvent être connectés à l'ECN. En outre, les services de passerelle entre le Réseau Central de Train et l'ECN y sont spécifiés.

L'architecture générale du TCN (voir l'IEC 61375-1) définit une structure hiérarchique à deux niveaux de réseaux: les Réseaux Centraux de Train et les Réseaux de Rame. Cette structure hiérarchique spécifie les Réseaux de Rame fondés sur différentes technologies telles que le Bus de Véhicule Multifonctions (MVB, pour Multifunction Vehicle Bus), CANopen ou l'ECN et s'interfaçant avec un Réseau Central de Train. Les ECN fondés sur différentes conceptions et mises en œuvre peuvent accéder à un même Réseau Central de Train, de sorte que ce dernier garantisse une totale interopérabilité entre les Réseaux de Rame mis en œuvre différemment.

La partie commune, constituée des Articles 1 à 4, définit les exigences et les spécifications communes à toutes les mises en œuvre d'ECN, aux Équipements Terminaux et aux passerelles.

La partie commune définit:

- l'interface de communication de données des Équipements Terminaux connectés à l'ECN,
- les fonctions et services assurés par l'ECN aux Équipements Terminaux,
- les fonctions de passerelle pour le transfert de données entre le Réseau Central de Train et l'ECN, et
- les performances de l'ECN.

## MATÉRIEL ÉLECTRONIQUE FERROVIAIRE – RÉSEAU EMBARQUÉ DE TRAIN (TCN) –

### Partie 3-4: Réseau Ethernet de Rame (ECN)

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61375 spécifie le réseau de communication de données au sein d'une Rame fondée sur la technologie Ethernet, le Réseau Ethernet de Rame (ECN).

L'applicabilité de la présente partie de l'IEC 61375 au Réseau Ethernet de Rame permet l'interopérabilité de chaque rame des Trains à rames multiples dans le trafic international.

Après accord entre acheteur et fournisseur, la présente partie de l'IEC 61375 peut s'appliquer en outre aux Rames et aux Trains à rames multiples.

#### 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).

IEC 61076-2-101, *Connecteurs pour équipements électroniques – Exigences de produit – Partie 2-101: Connecteurs circulaires – Spécification particulière pour les connecteurs M12 à vis*

IEC 61076-3-104, *Connecteurs pour équipements électroniques – Exigences de produit – Partie 3-104: Spécification particulière pour les fiches et les embases écrantées à 8 voies pour la transmission de données à des fréquences jusqu'à 1 000 MHz*

IEC 61156-6, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 6: Symmetrical pair/quad cables with transmission characteristics up to 1 000 MHz – Work area wiring – Sectional specification* (disponible en anglais seulement)

IEC 61375-1, *Matériel électrique ferroviaire – Réseau Embarqué de Train (TCN) – Partie 1: Architecture générale*

IEC 61375-2-1, *Matériel électronique ferroviaire – Réseau Embarqué de Train (TCN) – Partie 2-1: Bus de Train Filaire (WTB)*

IEC 61375-2-5, *Matériel électronique ferroviaire – Réseau Embarqué de Train (TCN) – Partie 2-5: Réseau Central de Train Ethernet (ETB)*

IEC 62439 (toutes les parties), *Réseaux de communication industriels – Réseaux de haute disponibilité pour l'automatisation*

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

ISO/IEC 8824 (toutes les parties), *Technologies de l'information – Notation de syntaxe abstraite numéro un (ASN.1)*

ISO/IEC 11801, *Technologies de l'information – Câblage générique des locaux d'utilisateurs* (disponible en anglais seulement)

TIA/EIA-568-B, *Commercial Building Telecommunications Cabling Standard – Part 1: General Requirements* (ANSI/TIA/EIA-568-B.1-2001)

ANSI X3.263:1995, *EN-Information Technology - Fibre Distributed Data Interface (FDDI) - Token Ring Twisted Pair Physical Layer Medium Dependent (TP-PMD)* (order number ANSI INCITS 263)

IEEE 802.1D, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Media Access Control (MAC) Bridges*

IEEE 802.1Q, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Virtual Bridged Local Area Networks*

IEEE 802.3, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications*

### 3 Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions

#### 3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 61375-1 ainsi que les suivants s'appliquent.

##### 3.1.1

##### **auto négociation**

fonction d'auto négociation qui permet à deux équipements de réseau sur une liaison point à point de choisir la meilleure configuration possible, par exemple la vitesse de transmission en mode duplex ou simplex

##### 3.1.2

##### **auto polarité**

fonction d'auto polarité qui corrige automatiquement la polarité du signal

##### 3.1.3

##### **fonction de croisement**

fonction de croisement qui connecte le transmetteur de PHY au récepteur de PHY en fin de liaison de transmission-réception point à point

##### 3.1.4

##### **mode duplex**

mode duplex qui permet l'envoi et la réception simultanés de trames entre stations sur une même liaison

##### 3.1.5

##### **connexion intra voiture**

connexion (liaison) entre équipements de communication à l'intérieur d'une voiture

##### 3.1.6

##### **connexion inter voitures**

connexion (liaison) entre équipements de communication à l'interface entre deux voitures, à l'exception de l'interface entre Rames

### 3.1.7

#### **couche Liaison**

couche dans le modèle OSI établissant les connexions point à point, de diffusion et de publipostage entre équipements connectés au canal de communication logique composé d'un ou de plusieurs liaisons physiques

### 3.1.8

#### **couche physique**

couche dans le modèle OSI permettant la transmission de bits bruts via une liaison physique

### 3.1.9

#### **power over ethernet**

technologie Power over Ethernet qui utilise le câble Ethernet à la fois pour les transmissions et l'alimentation; il existe des terminaux PSE (Power Sourcing Equipment) et PD (Power Device)

### 3.1.10

#### **couche présentation**

couche dans le modèle OSI pour la représentation et le formatage des informations des applications

### 3.1.11

#### **couche session**

couche dans le modèle OSI pour la gestion d'une session entre applications

### 3.1.12

#### **étiquette**

zone insérée dans la trame MAC de la IEEE 802.3, qui est insérée après la zone d'adresse MAC source

### 3.1.13

#### **jeton**

signal utilisé pour le contrôle d'accès au support permettant d'éviter les collisions et transmis entre équipements de communication

### 3.1.14

#### **réseau local virtuel**

technologie de réseau local virtuel qui divise un réseau local physique en plusieurs réseaux logiques sur la Couche Liaison, c'est-à-dire qu'il existe plusieurs domaines de diffusion distincts au sein d'un réseau local physique

## **3.2 Symboles et abréviations**

ACK	Acknowledgement (Acquittement)
ACM	Access Control Machine (machine de contrôle des accès)
ALG	Application Layer Gateway (passerelle de la couche Application)
ANSI	American National Standard Institute, une entité de normalisation aux États-Unis
ARP	Address Resolution Protocol (protocole de résolution d'adresses)
ASN.1	Abstract Syntax Notation Number 1 (notation de syntaxe abstraite numéro un), concernant la présentation des données (ISO/IEC 8824)
AWG	American Wire Gauge (unité de mesure aux États-Unis)
bps	bits par seconde
BT	Bit Time (temps de bit)
CCF	Common Cause Failure (Point de Panne Unique)
CI	Control In (contrôle en entrée)

CNN	Consist Network Node (Nœud de Réseau de Rame)
CS	Consist Switch (Commutateur Réseau de Rame)
DA	Destination Address (adresse de destination)
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol (protocole DHCP)
DI	Data In (données en entrée)
DNS	Domain Name System (système de nom de domaine)
DO	Data Out (données en sortie)
DSCP	Differentiated Services Code Point (code d'accès aux services différenciés), défini dans RFC 2474
ECN	Ethernet Consist Network (Réseau Ethernet de Rame)
ED	End Device (Équipement terminal)
EIA	Electronics Industries Association, organisme de normalisation américain
CEM	compatibilité électromagnétique
EMU	Electric Multiple Unit (unité multiple électrique)
ETB	Ethernet Train Backbone (Réseau Central de Train Ethernet)
ExP	External Port (port externe)
FCS	Frame Check Sequence (séquence de contrôle de trame)
FTP	File Transfer Protocol (protocole de transfert de fichiers)
FQDN	Full Qualified Domain Name (nom de domaine totalement qualifié)
HTTP	Hypertext Transfer Protocol (protocole HTTP)
ICMP	Internet Control Message Protocol (protocole de message de contrôle internet)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York
IETF	groupe Internet Engineering Task Force
IGMP	Internet Group Management Protocol (protocole IGMP)
InP	Internal Port (port interne)
I/O	Input and Output (entrée et sortie)
IP	Internet Protocol (protocole Internet)
LAN	Local Area Network (réseau local)
LPR	Local Port for Reception (port local pour réception)
LPT	Local Port for Transmission (port local pour transmission)
LSB	Least Significant Bit (bit de poids faible)
MAC	Medium Access Control (contrôle d'accès au support), sous-couche au sein de la Couche Liaison décidant quel équipement est autorisé à émettre vers le bus
MAU	Medium Attachment Unit (unité de connexion au support)
MD	Message Data (données de messagerie)
MDI	Media Dependent Interface (interface dépendant du support)
MDI-X	MDI avec fonction de croisement
MRP	Media Redundancy Protocol (protocole de redondance des supports)
MSB	Most Significant Bit (bit de poids fort)
MTBF	Mean Time Between Failures (temps moyen entre défaillances)
MVB	Multifunction Vehicle Bus (bus de véhicule multifonctions)
NAT	Network Address Translation (translation d'adresse réseau)
ND	Network Device (équipement réseau)
NTP	Network Time Protocol (protocole d'heure réseau)

OSI	Open System Interconnection (modèle de référence OSI), modèle de communication universel défini dans l'ISO/IEC 7498
OSPF	Open Shortest Path First (protocole OSPF)
PC	Personal Computer (ordinateur personnel)
PCS	Physical Coding Sublayer (sous-couche physique de codage)
PD	Process Data (données de processus)
PHY	Physical Layer (couche physique), équipement de la couche physique
PMA	Physical Media Attachment (connexion au support physique)
PMD	Physical Medium Dependent (dépendant du support physique)
PoE	Power over Ethernet
QoS	Quality of Service (qualité de service)
RD	Receive Data (données de réception)
RDA	Receive Data Amplified (données de réception amplifiées)
RFC	Request for Comments (document RFC), Norme Internet publiée par le groupe Internet Engineering Task Force (IETF)
R-NAT	Railway Network Address Translation (translation d'adresse de réseau ferroviaire)
RX	Receive (réception)
SFD	Start Frame Delimiter (délimiteur de trame de début)
SNMP	Simple Network Management Protocol (protocole simple de gestion de réseau)
SNTP	Simple Network Time Protocol (protocole simple d'heure réseau)
SS	Signal Status (état de signaux)
STP	Shielded Twisted Pair (paire torsadée blindée), câble dont chacune des paires de conducteurs est torsadée et blindée
TBN	Train Backbone Node (Nœud de Réseau Central de Train)
TCN	Train Communication Network (Réseau Embarqué de Train), ensemble de véhicules et de Réseaux Centraux de Trains communiquant entre eux
TCP	Transmission Control Protocol (protocole TCP)
TD	Transmit Data (données de transmission)
TDA	Transmit Data Amplified (données de transmission amplifiées)
TDRD	Transmit Data and Receive Data (données de transmission et données de réception)
TFLPR	Timer for Failure of Local Port for Reception (compteur de temps pour défaillance du port local pour réception)
TFTP	Trivial File Transfer Protocol (protocole simplifié de transfert de fichiers)
TFTPU	Timer for Failure of Trunk Port Up link (compteur de temps pour défaillance du port trunk pour liaison ascendante)
TIA	Telecommunications Industry Association
TLT	Timer for Limit Time (compteur de temps pour temps limite)
TNM	Train Network Management (gestion de réseau train)
TNMS	Timer for CNN Management Sending (compteur de temps pour envoi de gestion du CNN)
TNORD	Timer for No Reception Down link (compteur de temps pour non-réception de liaison descendante)
TNORU	Timer for No Reception Up link (compteur de temps pour non-réception de liaison ascendante)
TPCM	Trunk Port Control Machine (machine de contrôle de port trunk)



TPD	Trunk Port Down link (port trunk pour liaison descendante)
TPU	Trunk Port UP link (port trunk pour liaison ascendante)
TPUD	Trunk Port Up link and Down link (port trunk pour liaisons ascendante et descendante)
TREQ	Timer for Transmit Request (compteur de temps pour demande de transmission)
TRLPR	Timer for Recovery of Local Port for Reception (compteur de temps pour récupération du port local pour réception)
TRTPD	Timer for Recovery of Trunk Port Down link (compteur de temps pour récupération du port trunk pour liaison descendante)
TRTPU	Timer for Recovery of Trunk Port Up link (compteur de temps pour récupération du port trunk pour liaison ascendante)
TRRC	Transmission, Reception and Repeat Control (contrôle de la transmission, de la réception et de la répétition)
TTRT	Target Token Rotation Timer (compteur de temps de rotation de jeton cible)
TX	Transmit (transmission)
UDP	User Datagram Protocol (protocole UDP)
UTP	Unshielded Twisted Pair (paire torsadée non blindée), câble dont chacune des paires de conducteurs est torsadée et non blindée
VLAN	réseau local virtuel
VTLT	Value to Timer for Limit Time (valeur applicable au compteur de temps pour temps limite)
VTREQ	Value to Timer for Transmit Request (valeur applicable au compteur de temps pour demande de transmission)
VTTRT	Value to Target Token Rotation Timer (valeur applicable au compteur de temps de rotation de jeton cible)
WTB	Wire Train Bus (bus de train filaire)

### 3.3 Conventions

Les conventions définies dans l'IEC 61375-1 ainsi que les suivantes s'appliquent.

#### 3.3.1 Conventions de numérotation de bit

Dans la représentation des formats de message définis dans la présente norme, la numérotation de bit suit la représentation de puissance deux dans un octet ou un mot.

#### 3.3.2 Convention d'ordre des octets

Dans la représentation des formats de message définis dans la présente norme, le codage de valeurs entières est en gros-boutiste (big-endian) sauf spécification contraire.

Le format d'un message est spécifié sous la forme d'un graphique suivi d'un tableau afin d'en montrer le détail. Les octets dans le format sont ordonnés de gauche à droite et de haut en bas lorsqu'ils sont codés dans une trame Ethernet, sauf spécification contraire.

#### 3.3.3 Types de données

##### 3.3.3.1 Généralités

Dans la représentation des formats de message définis dans la présente norme, les types de données sont spécifiés conformément à l'ASN.1. Toutefois, les règles de codage ASN.1 ne

sont pas appliquées pour passer outre l'identifiant, la longueur et les octets de fin de contenu. Les types de données ajoutés sont les suivants.

NOTE Les types sont pour la plupart identiques à ceux définis dans l'IEC 61375-2-1.

### 3.3.3.2 Notation pour le type booléen

Type simple à deux valeurs distinctes: TRUE et FALSE.

NOTE Cette définition est identique à celle de l'IEC 61375-2-1.

La syntaxe est la suivante:

BooleanType ::= BOOLEAN1

Cette expression doit être codée comme un seul bit, avec la valeur 1 pour TRUE et la valeur 0 pour FALSE.

### 3.3.3.3 Notation pour les types entiers non signés

Type simple à deux valeurs distinctes représentées par des nombres positifs ou zéro. Trois types sont spécifiés avec une taille fixe (en bits) définie par le suffixe #; la taille est de 8, 16 ou 32 bits.

NOTE Cette définition est identique à celle de l'IEC 61375-2-1, mais # est limité à 8, 16 ou 32.

La syntaxe est la suivante:

UnsignedType ::= UNSIGNED#, (# = {8,16,32})

Plage de UNSIGNED8: 0..255

Plage de UNSIGNED16: 0..65535

Plage de UNSIGNED32: 0..2<sup>32</sup>-1

Les valeurs doivent être codées à l'aide d'un nombre binaire composé de 8, 16 ou 32 bits.

### 3.3.3.4 Notation pour le type octetstring

La définition du type octetstring doit être conforme à celle d'ASN.1.

Il doit être codé à l'aide d'une suite d'octets respectant l'ordre dans lequel ils apparaissent dans la valeur de données.

## 4 Partie commune

### 4.1 Généralités

L'Article 4 définit les exigences et spécifications communes pour les Équipements Terminaux, les Équipements de réseau, les TBN et l'ensemble des ECN.

### 4.2 Architecture

#### 4.2.1 Structure du réseau

La vue logique de l'ECN est montrée en Figure 1. L'ECN interconnecte les Équipements Terminaux au sein d'une même Rame. Lorsqu'un ECN est connecté à un Réseau Central de

Train, il doit être connecté au Réseau Central de Train via un Nœud de Réseau Central de Train (TBN) ou un ensemble de TBN redondants du Réseau Central de Train. Le fait qu'un seul TBN peut faire suivre les paquets de données utilisateur entre l'ECN et le Réseau Central de Train est une exigence commune. Toutefois, tous les TBN redondants pourraient éventuellement faire suivre les paquets de données utilisateur entre l'ECN et le Réseau Central de Train.

NOTE 1 Dans le cas d'un WTB, un seul TBN est actif pour un ECN. Dans le cas d'un ETB, tous les TBN redondants sont actifs. Voir les IEC 61375-2-1 et 61375-2-5.

L'ECN doit être basé sur l'Ethernet commuté. Un ECN se compose de Commutateurs de Rame, de connecteurs, de câbles et éventuellement de répéteurs et transmet les trames de données entre les Équipements Terminaux et entre les Équipements Terminaux et les TBN. L'ECN peut comporter des sous-réseaux internes et des routeurs reliant ces sous-réseaux peuvent être déployés.

Une Rame peut avoir un ou plusieurs ECN internes, qui peuvent ou non s'interfacer au(x) même(s) Réseau(x) Central(ux) de Train. Un Équipement terminal est connecté à un Réseau de Rame ou à un ensemble de Réseaux de Rame préparé à des fins de redondance. Un Équipement terminal pourrait se connecter à différents Réseaux de Rame via des interfaces différentes sur l'équipement, mais on considère qu'un Équipement terminal physique contient plusieurs Équipements Terminaux logiques.

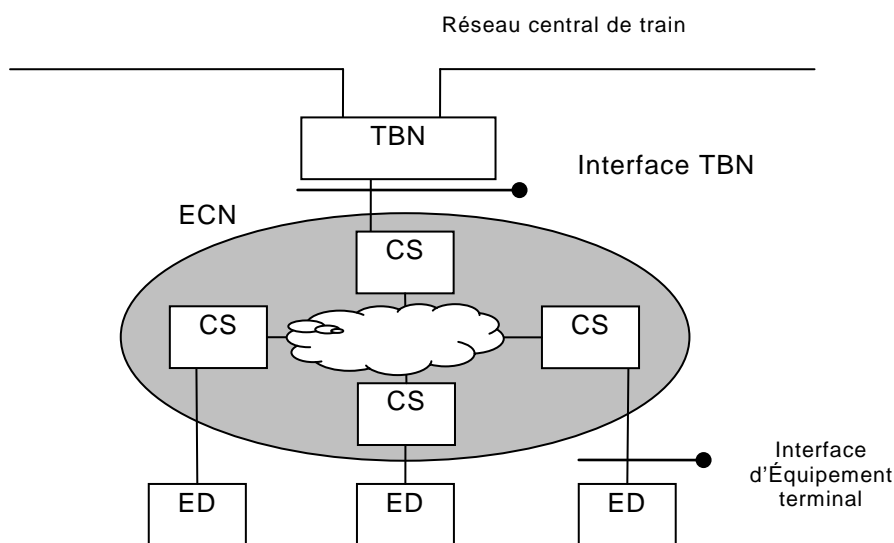
EXEMPLE Un Équipement terminal peut se connecter à un Réseau de Rame pour les services de gestion de train et se connecter à un autre Réseau de Rame pour les services multimédia.

Les ports Ethernet entre les Équipements Terminaux et les Commutateurs de Rame et entre les TBN et les Commutateurs de Rame doivent être conformes à la norme IEEE 802.3. Il convient que les ports Ethernet utilisés pour les connexions entre Commutateurs de Rame soient conformes à la norme IEEE 802.3 mais ceci n'est pas obligatoire pour satisfaire aux exigences spécifiques au domaine ferroviaire.

La topologie de l'ECN peut varier en fonction des mises en œuvre de l'ECN, mais les exigences communes sont définies dans la présente partie de la Norme.

NOTE 2 C'est pourquoi les Commutateurs de Rame représentés à la Figure 1 ne sont pas directement connectés.

Le TBN auquel est connecté l'ECN doit comporter une fonction de passerelle permettant le transfert de données entre l'ECN et le Réseau Central de Train. Le Réseau Central de Train auquel un ECN est connecté peut être de type WTB ou ETB. Les communications entre les Réseaux de Rame peuvent être directes ou indirectes sur le Réseau Central de Train, c'est-à-dire que la fonction de passerelle peut être mise en œuvre comme une fonction de routage au niveau de la couche réseau ou comme passerelle de couche Application.



IEC 0760/14

**Figure 1 – Vue logique de l'ECN**

#### 4.2.2 Topologie du réseau

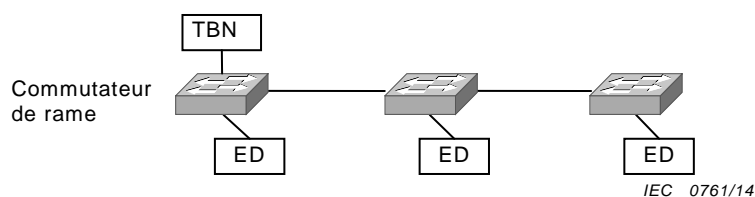
N'importe quelle topologie physique peut être déployée en conformité avec les exigences des applications, mais l'ECN ne doit pas former de boucle(s) dans la topologie logique. La liste ci-dessous énumère quelques exemples.

- La topologie physique de l'ECN pourrait être linéaire, en anneau, en échelle ou autres afin de mettre en œuvre différents niveaux de redondance.
- Un ECN pourrait avoir un ou plusieurs sous-réseaux.

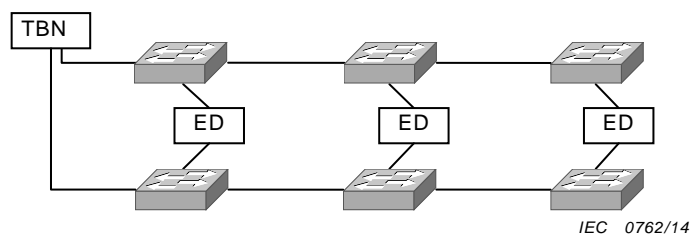
Les topologies linéaires, en anneau ou en échelle sont des topologies typiques comme présentées dans l'IEC 61375-1. Concernant la redondance de liaison des Équipements Terminaux, un Équipement terminal peut être connecté à deux Commutateurs de Rame différents par deux liaisons de communication indépendantes (comme présenté dans l'IEC 61375-1) et défini comme connexion à double attachement en 4.5.4 de la présente norme. La Figure 2 montre des exemples d'ECN avec diverses topologies physiques et redondances de liaison d'Équipements Terminaux.

NOTE Voir également en 4.5 et à l'Annexe A pour des informations sur la topologie du point de vue de la redondance.

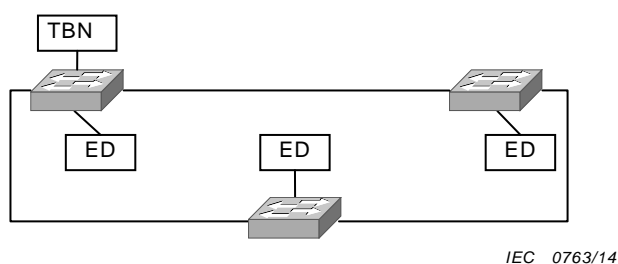
## 1) Topologie linéaire



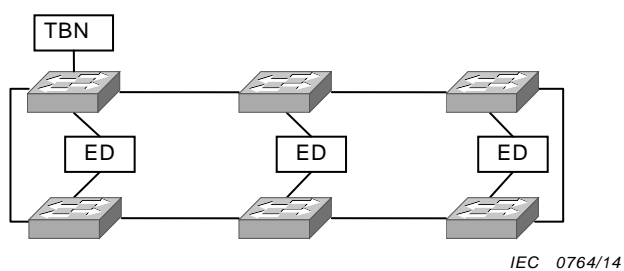
## 2) Topologie linéaire (réseau parallèle) avec connexion à double attachement



## 3) Topologie en anneau



## 4) Topologie en anneau avec connexion à double attachement



## 5) Topologie en échelle avec connexion à double attachement

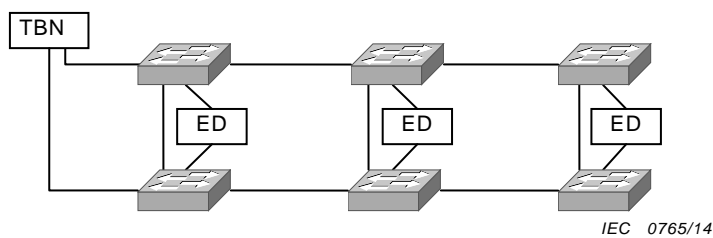


Figure 2 – Exemples de topologies physiques d'ECN

### 4.2.3 Classes d'Équipements Terminaux

Les Équipements Terminaux sont classés du point de vue de leur installation, comme le montre le Tableau 1 ci-dessous.

**Tableau 1 – Classes d'Équipements Terminaux (1)**

Classe d'Équipements Terminaux	Description
Équipement terminal temporaire	Un Équipement terminal temporaire est un Équipement terminal non monté de façon fixe sur le train, mais connecté à l'ECN sur une base temporaire, à des fins de maintenance, par exemple. Un PC portable servant à récupérer l'état opérationnel de l'équipement est un exemple type d'Équipement terminal temporaire.
Équipement terminal standard	Un Équipement terminal standard est un Équipement terminal monté de façon fixe sur le train. Il s'agit de la principale classe d'Équipements Terminaux.

Les Équipements Terminaux standard sont en outre classés du point de vue des exigences de communication, comme le montre le Tableau 2 ci-dessous.

**Tableau 2 – Classes d'Équipements Terminaux (2)**

Classe d'Équipements Terminaux	Description
Équipement terminal local de rame	Un Équipement terminal local de rame est un Équipement terminal qui communique uniquement avec les équipements du même ECN. Cette classe d'Équipements Terminaux ne requiert pas systématiquement de connaître la topologie du train.
Équipement terminal embarqué de train	<p>Un Équipement terminal embarqué de train est un Équipement terminal qui utilise le Réseau Central de Train et communique avec les équipements présents dans d'autres CN ou avec des équipements directement connectés aux TBN.</p> <p>Cette classe d'Équipement terminal doit pouvoir savoir que la topologie de train a été modifiée afin de ne pas communiquer avec les mauvais équipements après inauguration. Toutefois, il n'est pas nécessaire que ces équipements découvrent la topologie de train par eux-mêmes, c'est-à-dire qu'ils n'initient pas de communications sur le Réseau Central de Train. Le compteur de topographie du Réseau Central de Train est l'exemple type d'information sur la topologie de train.</p> <p>L'Équipement terminal embarqué de train doit respecter les mêmes exigences que l'Équipement terminal local de rame.</p>
Équipement terminal informé de la topologie de train	<p>Un Équipement terminal informé de la topologie de train est un Équipement terminal qui initie des communications sur le Réseau Central de Train et qui nécessite de connaître la topologie de train, c'est-à-dire de connaître les adresses du réseau train sur les équipements en dehors de l'ECN.</p> <p>Par exemple, un contrôleur (Équipement terminal informé de la topologie de train) crée des connexions avec les équipements E/S (Équipement terminal embarqué de train) dans un ECN distant sur le Réseau Train. Dans ce cas, le contrôleur a besoin de connaître les adresses des équipements E/S distants en utilisant la base de données des topologies de train, ce que ne nécessitent pas systématiquement les équipements E/S distants.</p> <p>Les Équipements Terminaux informés de la topologie de train doivent respecter les mêmes exigences que les Équipements Terminaux embarqués de train.</p>

NOTE Les protocoles fournissant des informations concernant la topologie de train sont spécifiés dans l'IEC 61375-2-3.

### 4.2.4 Types d'Équipements Réseau et classes de Commutateurs de Rame

Les Équipements Réseau dans l'ECN sont classés du point de vue de leur fonctionnalité, comme le montre le Tableau 3.

**Tableau 3 – Types d'Équipements Réseau**

Type d'Équipements Réseau	Description
Répéteur	Ce type d'Équipements Réseau pourrait être utilisé pour garantir le respect des règles physiques Ethernet entre deux équipements de communication. La principale caractéristique d'un tel Équipement réseau est d'être aussi transparent que possible pour tous les protocoles, à partir de la Couche Liaison et sur les autres couches.
Commutateur Réseau de Rame	Ce type d'Équipement réseau représente le type principal pour l'ECN. Le Commutateur Réseau de Rame doit relayer les trames au niveau de la couche Liaison entre deux équipements.  Un Commutateur Réseau de Rame est classé dans deux catégories (Commutateur Réseau de Rame administré et non administré), comme donné dans le Tableau 4.
Routeur	Cet Équipement réseau possède au moins deux interfaces IP et assure la communication entre divers sous-réseaux IP au niveau de la couche réseau.  Les TBN entre l'ETB et l'ECN contiennent des routeurs spécialisés pour la communication embarquée de train. Les routeurs TBN pourraient mettre en œuvre des applications réseau standard telles que des serveurs DHCP, DNS, NTP, etc.  NOTE: les TBN entre l'ETB et l'ECN pourraient également constituer des passerelles d'application. Les serveurs DHCP, DNS et NTP pourraient en outre résider sur d'autres Équipements Réseau et Équipements Terminaux.

Les Commutateurs de Rame sont classés du point de vue des fonctions, comme le montre le Tableau 4.

**Tableau 4 – Classes de Commutateurs de Rame**

Classe de Commutateurs de Rame	Description
Commutateur Réseau de Rame non administré	Un Commutateur Réseau de Rame non administré est un Commutateur Réseau de Rame disposant de fonctions limitées. Cette classe de commutateurs doit au minimum prendre en charge les fonctions de pont MAC de la norme IEEE 802.1D comme défini en 4.9, mais il n'est pas nécessaire qu'elle prenne en charge des fonctions supplémentaires telles que la fonction de gestion en ligne ou la fonction de communication IP.
Commutateur Réseau de Rame administré	Un Commutateur Réseau de Rame administré est un Commutateur Réseau de Rame qui dispose des fonctions de pont MAC, de gestion en ligne, de communication IP, etc.  Un Commutateur Réseau de Rame administré doit répondre aux mêmes exigences qu'un Commutateur Réseau de Rame non administré.

### 4.3 Classe de données

L'IEC 61375-1 définit cinq grandes classes de données:

- Données de Supervision
- Données de Processus
- Données de Messagerie
- Données de Flux
- Données de Service au mieux

EXEMPLE Les messages échangés entre Commutateurs de Rame, dans le cadre de la gestion de la topologie du réseau, sont des exemples types de Données de Supervision utilisées dans l'ECN.

Le Tableau 5 montre des paramètres de service types pour chacune des classes de données et le Tableau 6 montre les valeurs de paramètres de service types pour chaque classe de données. Cependant, la définition spécifique des paramètres de service et de leurs valeurs doit être déterminée en fonction des exigences des applications spécifiques; il convient que

l'ECN prene en charge ces valeurs de paramètres de service types pour chacune des classes de données.

NOTE La QoS est utilisée pour mettre en œuvre les paramètres de service. Voir en 4.6.

**Tableau 5 – Paramètres de service des classes de données**

Paramètre de service	Description	Unité de mesure
Durée de cycle	Intervalle de temps entre deux trames successives transmises de façon cyclique.	Secondes
Volume des données	Longueur du champ de données (charge utile) au sein d'une trame transmise au niveau de la couche Liaison.	Octets
Latence	Temps de transmission d'une trame au niveau de la couche Liaison entre deux ED.  L'heure de début de transmission ne doit pas être postérieure au début de la transmission des données vers le service de la Couche Liaison dans la pile du protocole de communication.  L'heure de fin de transmission ne doit pas être antérieure à la réception de la totalité de la trame de données au niveau de la couche Liaison dans la pile du protocole de communication.	Secondes
Gigue	Ecart dans la durée de transmission pour des transmissions consécutives de trames.	Secondes

**Tableau 6 – Valeurs types pour les paramètres de service des classes de données**

Classe de données	Paramètre de service	Valeur
Données de Processus	durée de cycle minimale	20 ms
	volume de données maximal	1 500 octets
	latence maximale	10 ms
	gigue maximale	10 ms
Données de Messagerie	durée de cycle minimale	Non applicable
	volume de données maximal	1 500 octets
	latence maximale	100 ms
	gigue maximale	Non applicable
Données de Flux	durée de cycle minimale	Non applicable
	volume de données maximal	1 500 octets
	latence maximale	125 ms
	gigue maximale	25 ms
Données de Service au mieux	durée de cycle minimale	Non applicable
	volume de données maximal	1 500 octets
	latence maximale	Non applicable
	gigue maximale	Non applicable
Données de Supervision	durée de cycle minimale	10 ms
	volume de données maximal	1 500 octets
	latence maximale	10 ms
	gigue maximale	10 ms

#### 4.4 Fonctions et services

L'ECN doit fournir les fonctions et services énumérés ci-dessous.



- Relayage de trames

L'ECN doit recevoir les trames MAC définies dans l'IEEE 802.3 depuis les Équipements Terminaux et faire suivre ces trames MAC vers les Équipements Terminaux désignés et identifiés par les champs d'adresse de destination des trames MAC. Pour la mise en œuvre de cette fonction, des spécifications pour les Commutateurs de Rame sont définies conformément à l'IEEE 802.1D en 4.9. Les Commutateurs de Rame doivent pouvoir relayer les trames MAC de base (non étiquetées) et étiquetées.

- Réseau local virtuel

L'ECN doit pouvoir fournir les fonctions VLAN définies dans l'IEEE 802.1Q. Les fonctions VLAN requises dans l'ECN sont définies en 4.9.

NOTE 1 Une configuration méticuleuse des VLAN est importante car les erreurs de configuration peuvent aisément rendre inaccessibles des Équipements Terminaux.

- Gestion des redondances

L'ECN doit permettre la redondance et la gestion de la redondance lorsque cela est nécessaire selon les exigences de l'application. La redondance de l'ECN est définie en 4.5.

Une mise en œuvre de l'ECN peut ne pas offrir de redondance lorsque cela n'est pas nécessaire.

- Qualité de service

L'ECN doit fournir une QoS en établissant des priorités au niveau du trafic lorsque cela est nécessaire selon les exigences de l'application. La qualité de service dans l'ECN est définie en 4.6.

- Fonctions de passerelle

Lorsqu'un ECN est connecté à un Réseau Central de Train, le TBN doit fournir des fonctions de passerelle pour le transfert de données entre le Réseau Central de Train et l'ECN. Les fonctions de passerelle sont définies en 4.11.

- Gestion du réseau train

Lorsqu'un ECN est connecté à un Réseau Central de Train, le TBN doit fournir des services de gestion du Réseau train en fonction de ceux du Réseau Central de Train. La gestion du réseau train est définie en 4.12.

Il convient que l'ECN fournisse les fonctions et services énumérés ci-dessous.

- Affectation d'adresse IP dynamique

Il convient que l'ECN fournisse des fonctions d'affectation d'adresse IP dynamique pour les équipements. Les équipements peuvent également utiliser l'affectation d'adresse IP statique. Les exigences pour l'affectation et la gestion des adresses IP sont définies en 4.7 et 4.8.

- Résolution de nom

Il convient que l'ECN fournisse les fonctions de résolution de nom entre les adresses IP et les noms tels que les noms d'hôtes et les noms de fonctions. Les exigences pour la résolution de nom sont définies en 4.7.

NOTE 2 La définition de l'adressage fonctionnel est en dehors du domaine d'application de la présente partie de la norme.

## 4.5 Redondance

### 4.5.1 Généralités

Le présent paragraphe décrit les exigences et les définitions pour la redondance dans l'ECN.

La redondance gérée au niveau du réseau et la redondance gérée au niveau de l'ED sont décrites dans le présent paragraphe. Il convient de sélectionner une ou plusieurs méthodes de redondance afin de se conformer au mieux aux exigences de l'application pour une mise

en œuvre spécifique de l'ECN. Des situations de défaillance prises en charge et des comparaisons de fiabilité et de disponibilité sont décrites dans l'Annexe A afin d'aider lors de la sélection.

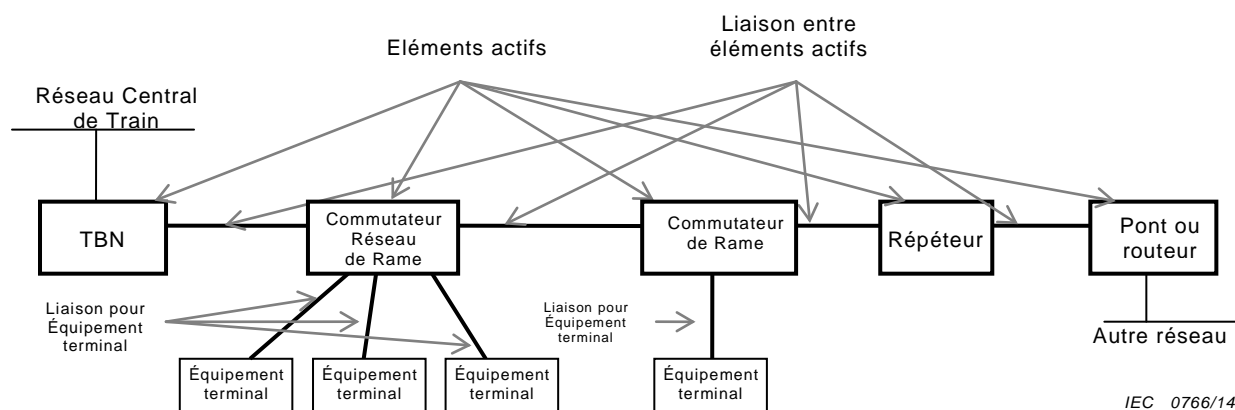
NOTE La redondance des Équipements Terminaux eux-mêmes est en dehors du domaine d'application de la présente partie de la norme, mais l'avantage de la redondance des Équipements Terminaux est également décrit dans l'Annexe A.

## 4.5.2 Définitions

### 4.5.2.1 Élément de réseau

Un élément de réseau se définit comme une entité affectée par la défaillance d'un élément, c'est-à-dire un élément actif dans l'Équipement réseau, une liaison entre les éléments actifs ou une liaison pour l'interface de l'Équipement terminal dans la présente partie de la norme. La Figure 3 donne un exemple d'élément de réseau.

NOTE Les éléments actifs des Équipements Réseau sont décrits en 4.2.2 de l'IEC 61375-1 (Types d'éléments).



NOTE Les encadrés et les traits en gras indiquent des exemples d'éléments de réseau.

**Figure 3 – Exemple d'éléments de réseau**

### 4.5.2.2 Temps de récupération

Lorsque le mécanisme de redondance géré au niveau du réseau est appliqué dans l'ECN, le temps de récupération de la fonction réseau de l'ECN est attendu plus court que le temps pendant lequel le fonctionnement de la Rame peut être maintenu sans perte de fonctions d'application de train.

En cas de défaillance dans un ECN avec redondance, la fonction de communication standard de l'ECN est interrompue et redémarrée après le temps de récupération.

Le temps de récupération dans l'ECN doit intégrer

- le temps de détection de la défaillance,
- le temps de basculement (voir la NOTE), et
- le temps de reconfiguration dans l'ECN, le cas échéant.

NOTE Le temps de basculement correspond au temps nécessaire pour réaliser la commutation de la fonction des éléments défectueux vers d'autres éléments.

Le temps de récupération du réseau doit être mesuré lors de l'essai de conformité.

### 4.5.3 Redondance gérée au niveau du réseau

La redondance gérée au niveau du réseau, c'est-à-dire faire le choix d'une topologie de réseau avec redondance, est une méthode pour récupérer la fonction réseau en cas de défaillance des éléments de réseau. Le paragraphe 4.2.2 montre des exemples d'ECN avec des topologies de réseau types.

Les exigences en matière de redondance gérée au niveau du réseau sont les suivantes.

- Lorsqu'un mécanisme de redondance est utilisé dans l'ECN, une défaillance simple d'élément de réseau unique ne doit pas empêcher le reste du réseau de fonctionner sans séparation du réseau de sorte que l'application puisse maintenir sa fonction.
- Lorsqu'un élément de réseau se connecte avec du retard ou se connecte à nouveau (lors d'un redémarrage), la durée de la perte de connectivité causée par la reconfiguration du réseau doit être inférieure ou égale à la valeur de l'exigence en matière de temps de récupération.
- Aucune boucle d'acheminement ne doit être formée afin d'éviter toute tempête de diffusion, par exemple.

Le MRP défini dans l'IEC 62439 peut être utilisé pour la gestion de la topologie en anneau. Le protocole de topologie en échelle défini dans l'Annexe D peut être utilisé pour la gestion de la topologie en échelle.

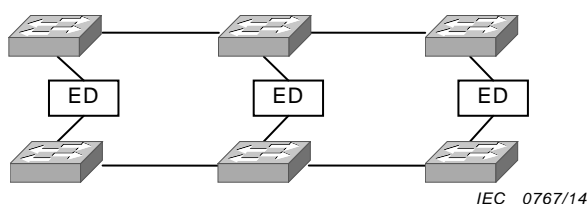
### 4.5.4 Redondance gérée au niveau de l'Équipement terminal

Pour les Équipements Terminaux dont la disponibilité est essentielle, il convient de gérer la redondance gérée au niveau de l'Équipement terminal par des liaisons redondantes au réseau. Les Équipements Terminaux peuvent continuer à communiquer en cas de défaillance sur l'une des liaisons redondantes. Si des liaisons redondantes sont connectées à plusieurs Commutateurs de Rame, l'équipement peut continuer à communiquer en cas de défaillance d'un Commutateur Réseau de Rame. Un Équipement terminal a généralement deux liaisons, ce que l'on appelle une connexion à double attachement. Les Équipements Terminaux en connexion à double attachement doivent utiliser des interfaces réseau physiques distinctes et ne doivent pas créer de boucle sur l'ECN. Un commutateur non administré ne doit pas être utilisé pour émuler un système de connexion à double attachement. La Figure 4 montre des exemples avec connexion à double attachement.

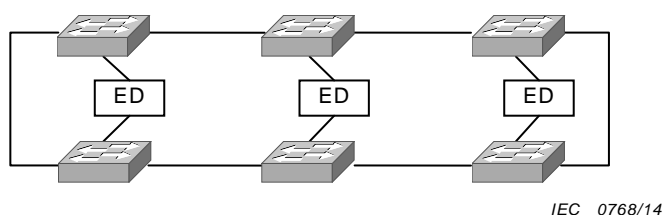
La duplication et l'envoi de paquets depuis les deux interfaces est un exemple d'utilisation de connexion à double attachement. À la réception des paquets, l'équipement accepte le paquet réceptionné en premier et en ignore l'autre. Afin d'identifier les paquets dupliqués, un champ de numéro de séquence peut être présent dans les messages. Lorsque cette méthode est utilisée, aucune interruption de la communication ne se produit en cas de défaillance.

Il se peut que l'une des liaisons redondantes de l'Équipement terminal soit utilisée et que l'autre liaison prenne sa place en cas de défaillance de la liaison. Dans ce cas, la commutation entre les liaisons redondantes peut être perçue par les autres équipements comme une commutation entre les équipements redondants. Lorsque cette méthode est utilisée, une interruption de la communication peut se produire en cas de défaillance.

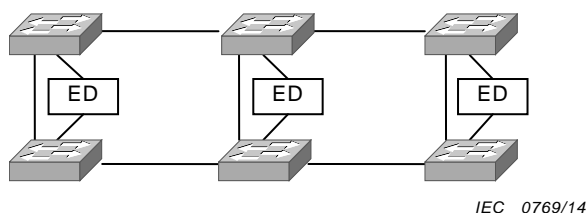
1) Connexion à double attachement dans des réseaux parallèles



2) Connexion à double attachement dans une topologie en anneau



3) Connexion à double attachement dans une topologie en échelle



**Figure 4 – Exemples de connexions à double anneau**

## 4.6 Qualité de service

### 4.6.1 Généralités

L'ECN doit fournir une QoS en établissant des priorités au niveau du trafic lorsque cela est nécessaire selon les exigences de l'application.

La qualité de service doit être assurée par les Commutateurs de Rame tandis que les Équipements Terminaux peuvent affecter des priorités aux paquets qu'ils transmettent si cela est nécessaire.

NOTE Il n'est pas interdit d'utiliser les Commutateurs de Rame pour affecter des priorités aux paquets en fonction des ports, des protocoles et des adresses par exemple.

### 4.6.2 Niveau de priorité

Conformément à l'IEEE 802.1D, il existe huit niveaux de priorités, le plus élevé étant le niveau 7 et le plus faible, le niveau 0. Le niveau de priorité par défaut doit être 0.

Les Commutateurs de Rame doivent prendre en charge au minimum deux files d'attente de priorités lorsque la QoS est assurée. Lorsque deux files d'attente de priorités sont prises en charge, les niveaux de priorité peuvent être groupés respectivement de 0 à 3 et de 4 à 7. Lorsque quatre files d'attente de priorités sont prises en charge, les niveaux de priorité peuvent être groupés respectivement de 0 à 1, de 2 à 3, de 4 à 5 et de 6 à 7.

La mise en correspondance des niveaux de priorités aux classes de données doit être déterminée selon les exigences des applications utilisées dans l'ECN étant donné que les classes de données à utiliser et leurs paramètres de performances dépendent des applications. Le Tableau 7 montre une mise en correspondance par défaut des priorités pour chacune des classes de données dans le cas de quatre files d'attente de priorités.

Dans le cas de communication via l'ETB, le niveau de priorité d'un paquet doit être conforme à l'IEC 61375-2-5.

**Tableau 7 – Mise en correspondance des priorités pour les classes de données**

Priorité	Niveau de priorité en valeurs binaires (X: indifférent)	Classe de données	Exigence (M: obligatoire R: recommandé)
Niveau le plus élevé	11X	Données de Supervision	M
2 <sup>ème</sup> niveau intermédiaire	10X	Données de Processus	R
3 <sup>ème</sup> niveau intermédiaire	01X	Données de Messagerie et Données de Flux	R
Niveau le plus faible (par défaut)	00X	Données de Service au mieux	M

NOTE 1 Les priorités pour certaines Données de Processus, Données de Messagerie et Données de Flux sont définies dans l'IEC 61375-2-3.

NOTE 2 Si la bande passante des classes de données de priorité plus élevée n'est pas limitée, les données de faible priorité peuvent ne pas être transmises.

#### 4.6.3 Affectation du niveau de priorité

Lorsque l'Équipement terminal affecte des priorités aux paquets à envoyer, il convient que l'Équipement terminal utilise le champ DSCP dans le datagramme IP tel que défini dans le document RFC2474. L'Équipement terminal peut utiliser le champ PCP (Priority Code Point, pour point de code de priorité) dans la trame MAC étiquetée.

La représentation en valeurs binaires du champ DSCP doit être comme suit.

**LLL000**

où

LLL: niveau de priorité (0 à 7) défini en 4.6.2.

#### 4.6.4 Comportement du Commutateur Réseau de Rame

Lorsque le Commutateur Réseau de Rame assure la qualité de service, le Commutateur Réseau de Rame doit être en mesure d'évaluer le niveau de priorité du paquet tel que défini en 4.6.3 et de placer le paquet dans la file d'attente en fonction du niveau de priorité et du nombre de files d'attente disponibles tel que défini dans l'IEEE 802.1D.

Lorsque le Commutateur Réseau de Rame assure la qualité de service, il convient que le Commutateur Réseau de Rame applique une commutation strictement basée sur les priorités pour toutes les files d'attente, c'est-à-dire que toutes les trames à priorité élevée doivent être émises avant les trames à faible priorité.

#### 4.6.5 Limitation du flux d'entrée

La limitation du flux d'entrée est une caractéristique optionnelle du Commutateur Réseau de Rame. Le Commutateur Réseau de Rame offre la possibilité de limiter le taux d'entrée des trames provenant des Équipements Terminaux ou des TBN.

S'il est nécessaire d'ignorer certaines trames afin de respecter le taux limite, les trames à faible priorité doivent être ignorées en premier.

NOTE La caractéristique de limitation du flux d'entrée permet d'éviter que l'ECN ne soit involontairement saturé par des trames provenant d'un ED défectueux par exemple.

#### 4.6.6 Lissage du flux de sortie

Le lissage du flux de sortie est une caractéristique optionnelle du Commutateur Réseau de Rame. Le Commutateur Réseau de Rame offre la possibilité de limiter le taux de sortie des trames vers les Équipements Terminaux ou les TBN.

S'il est nécessaire d'ignorer certaines trames afin de respecter le taux limite, les trames à faible priorité doivent être ignorées en premier.

### 4.7 Adresse IP et définitions connexes

#### 4.7.1 Adresse du Réseau de Rame

Chaque équipement de communication prenant en charge la communication IP et connecté à l'ECN doit avoir une ou plusieurs adresses comme adresses de Réseau de Rame. L'adresse du Réseau de Rame doit être unique au sein d'un même Réseau de Rame.

NOTE Les équipements de communication connectés à différents Réseaux de Rame peuvent avoir des adresses de Réseau de Rame identiques ou différentes.

Les adresses de Réseau de Rame doivent utiliser un espace d'adressage privé IPv4 défini dans l'IETF RFC1918; il convient d'utiliser une adresse privée de classe A.

Lorsque

- une adresse privée de classe A est utilisée,
- l'ECN est connecté à l'ETB, et
- l'adresse du Réseau de Rame n'est pas identique à l'adresse du Réseau train,

des adresses de 10.0.0.0 à 10.127.255.255 (10.0/9) doivent être utilisées. La présentation en valeurs binaires doit être la suivante.

**00001010.0ddddddd.dddddddd.dddddddd / 9**

où:

Notation	Description
[d]	<p>Ce champ est utilisé librement pour identification de l'hôte de l'ECN. Ce champ peut être divisé, par exemple:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– l'ECN est divisé en sous-réseaux,</li> <li>– il utilise les mêmes valeurs d'adresse de Réseau train dans les trois bits de poids fort pour l'identification des divers ECN, ou</li> <li>– il utilise uniquement les 14 bits de poids faible pour garantir la possibilité du NAT. (R-NAT en Annexe B en est un exemple)</li> </ul> <p>NOTE Lors de l'utilisation d'un R-NAT, les équipements de l'ECN ont logiquement une adresse IP au sein des 14 bits uniquement. Si cela est réalisé au sein d'un train EMU fixe déterministe, la méthode d'affectation suivante est utile pour effectuer l'unification sans risque de confusion. Cette méthode contribue également à l'affectation d'adresses IP avec préfixes aux Équipements Terminaux.</p> <p>14 bits de poids faible: r.ccccc.eeeeeeee</p> <p>r: identifiant de la redondance/du sous-réseau 0/1</p> <p>c: numéro de voiture 1 à 31 (nombre suffisant pour une EMU fixe)</p> <p>e: identifiant de l'Équipement terminal 1 à 255 (nombre suffisant au sein d'une voiture)</p>

Ce sous-réseau (10.0/9) appliqué à l'ECN est ce que l'on appelle un sous-réseau d'ECN local.

#### 4.7.2 Adresse du Réseau train

L'adressage à l'échelle du train d'un équipement de communication doit être possible avec une adresse de Réseau train unique dans le train si l'ECN est connecté à l'ETB. L'adresse du Réseau train peut changer à chaque inauguration de train. Il n'est pas obligatoire pour tous les équipements de communication d'avoir une adresse à l'échelle du train: pour un grand nombre d'entre eux, une adresse ECN suffit. Les adresses source et de destination pour la communication sur l'ETB doivent être des adresses du Réseau train. L'adresse du Réseau train et l'adresse du Réseau de Rame peuvent être identiques.

Si l'adresse du Réseau train n'est pas identique à l'adresse du Réseau de Rame, l'ECN doit prendre en charge un service qui établit une correspondance entre les adresses du Réseau train et les adresses du Réseau de Rame. Les adresses qui ne respectent pas les spécifications concernant l'adresse du Réseau train ne doivent pas être utilisées comme adresses source et de destination dans l'ETB comme l'indique l'IEC 61375-2-5.

NOTE Les technologies Network Address Translation (NAT), Application Layer Gateway (ALG) et le proxy sont des services standard pour la mise en correspondance d'adresses.

L'adresse du Réseau train doit utiliser l'adresse privée IPv4 définie dans l'IETF RFC 1918 et se conformer aux définitions dans l'IEC 61375-2-5. La présentation en valeurs binaires de l'adresse du Réseau train doit être la suivante.

**00001010.1bbxssss.sshhhhhh.hhhhhhhh / 18**

où

Notation	Description
[b]	Identifiant de l'ETB auquel est connecté l'ECN.
[x]	Réservé. Doit être 0.
[s]	Identification du Réseau de Rame affectée en conformité avec les résultats des inaugurations. La valeur 0 est réservée pour le sous-réseau central de l'ETB.
[h]	Identification d'hôte unique au sein de l'ECN, jusqu'à 16 382 hôtes par Rame. Certains bits de poids fort peuvent être utilisés pour définir les sous-réseaux locaux dédiés internes à la Rame. Dans ce cas, il convient que le masque de l'adresse (du côté de l'ECN) tienne compte de cette décomposition (il doit être étendu).

#### 4.7.3 Adresse de groupe

Les équipements de communication peuvent être groupés au niveau de la Rame ou du train. Les équipements de communication peuvent appartenir à plusieurs groupes. Au niveau de la Rame, tous les membres du groupe appartiennent à un même Réseau de Rame. Les adresses de groupe de la Rame affectées à ces groupes doivent être uniques au sein du Réseau de Rame. Les appartenances des groupes de Rame sont généralement statiques. Au niveau du train, tous les membres du groupe appartiennent à un ou plusieurs Réseaux de Rame. Les adresses de groupes de train affectées à ces groupes doivent être uniques au sein du train. Les appartenances à un groupe de train peuvent varier à chaque inauguration de train.

L'adresse de groupe doit être une adresse IP de diffusion définie dans l'IETF RFC 2365.

Lorsque l'ECN est connecté à l'ETB, l'adresse IP de diffusion au niveau de l'ECN doit être 239.255.0.0/16 (domaine d'application local défini dans le document RFC 2365).

L'adresse IP de diffusion au niveau du train est 239.192.0.0/14 (domaine d'application de l'organisation défini dans le document RFC 2365) telle que la définit l'IEC 61375-2-5.



Le TBN ne doit pas faire suivre le datagramme IP de diffusion à l'ETB si l'adresse de destination est une adresse IP de diffusion au niveau de l'ECN.

#### 4.7.4 Résolution de nom et règles de nommage

##### 4.7.4.1 Résolution de nom

Il convient de mettre en œuvre la résolution de nom pour les adresses du Réseau de Rame et les adresses du Réseau train par une base de données locale dans l'équipement de communication ou via la fonction DNS.

Il convient que l'ECN dispose d'une fonction de serveur DNS. L'emplacement du serveur dépend de la mise en œuvre; les serveurs peuvent être mis en œuvre sur n'importe quel Équipement terminal et Équipement réseau dans l'ECN ou sur les TBN auxquels est connecté l'ECN. Si l'ECN est connecté à l'ETB, il est recommandé de mettre en œuvre le serveur dans le TBN. Il convient que le serveur DNS soit redondant.

Chaque équipement de communication pouvant servir d'équipement de destination pour la communication via l'ETB doit être adressable dans l'espace de nom de domaine à l'échelle du train.

NOTE L'espace de nom de domaine à l'échelle du train est géré conformément à l'IEC 61375-2-5, par exemple «ltrain».

##### 4.7.4.2 Auto-identification de l'Équipement terminal

Pour les Équipements Terminaux avec auto-adressage, le nom d'hôte interne doit être déclaré:

"localhost"                      127.0.0.1

##### 4.7.4.3 Identification locale de l'Équipement terminal

Par défaut, tous les hôtes sont déclarés dans le domaine «lcst» qui est local pour chaque ECN.

EXEMPLE «mpu» ou «mpu.lcst.» sont associés à la même adresse IP de l'Équipement terminal local «mpu».

#### 4.8 Gestion de la configuration de l'adresse IP et du réseau

##### 4.8.1 Gestion de l'adresse du Réseau de Rame

L'adresse du Réseau de Rame dans un équipement peut être configurée de façon statique ou dynamique.

Lorsque l'adresse de Réseau de Rame est configurée de façon dynamique, il convient d'utiliser le DHCP.

Lorsque le DHCP est utilisé, l'ECN doit disposer d'une fonction de serveur DHCP. L'emplacement du serveur dépend de la mise en œuvre; les serveurs peuvent être mis en œuvre sur n'importe quel Équipement terminal et Équipement réseau dans l'ECN ou sur les TBN auxquels est connecté l'ECN. Si l'ECN est connecté à l'ETB, il est recommandé de le mettre en œuvre dans le TBN. Il convient que le serveur DHCP soit redondant.

##### 4.8.2 Gestion de l'adresse du Réseau train

Lorsque l'adresse IP du Réseau train est affectée à un équipement, l'équipement peut ou peut ne pas configurer l'adresse du Réseau train au niveau de son port Ethernet.

En tant que routeur, le TBN doit prendre en charge le NAT pour mettre en correspondance les adresses du Réseau train avec les adresses du Réseau de Rame pour les équipements qui



ne configurent pas les adresses du réseau train au niveau de leurs propres interfaces Ethernet. Le R-NAT défini en Annexe B peut être utilisé afin de simplifier l'algorithme de translation d'adresse au niveau des TBN.

Etant donné que le NAT peut causer des problèmes pour certains protocoles, par exemple la nécessité de remplacer les adresses dans les charges utiles des datagrammes IP, il convient d'utiliser un NAT étendu pouvant gérer ces problèmes pour ces protocoles spécifiques. Sinon, il convient que les Équipements Terminaux adressables par les adresses du réseau train disposent d'une fonction d'alias IP, c'est-à-dire que deux adresses IP différentes peuvent être configurées pour une seule interface Ethernet. Les adresses locales de l'ECN sont utilisées pour les communications locales dans l'ECN, les adresses du réseau train sont utilisées pour les communications via l'ETB. Le TBN doit pouvoir faire suivre un datagramme IP en fonction de l'adresse de destination qui correspond à l'adresse du réseau train.

Après chaque nouvelle inauguration, le renouvellement de l'adresse du réseau train est obligatoire. Ceci s'applique aux adresses du réseau train gérées au niveau de chacun des équipements de communication et aux adresses du réseau train gérées dans divers services, dont le routage, le NAT, le serveur DHCP et le serveur DNS.

Au cas où les adresses du réseau train sont gérées par des Équipements Terminaux avec client DHCP, les Équipements Terminaux et serveurs DHCP doivent prendre en charge le message DHCP FORCERENEW défini dans l'IETF RFC 3203. Les serveurs DHCP doivent envoyer le message FORCERENEW aux clients DHCP disposant d'adresses du réseau train après inauguration et les clients DHCP doivent renouveler leurs adresses du réseau train à la réception du message FORCERENEW.

NOTE L'occurrence d'inauguration est limitée à l'initialisation au démarrage et au temps de couplage et de découplage. Perdre ou trouver un routeur au niveau du train n'entraîne pas systématiquement de nouvelle inauguration. La décision de modifier les adresses IP au niveau train est toujours soumise à l'approbation et sous la responsabilité de l'application train. Voir l'IEC 61375-2-5.

#### 4.8.3 Paramètres de configuration du réseau statique

Le Tableau 8 montre les paramètres de configuration du réseau pour les Équipements Terminaux lorsque la configuration des adresses du réseau statique est utilisée.

**Tableau 8 – Paramètres de configuration du réseau statique des Équipements Terminaux**

(M: obligatoire, C: conditionnel, O: facultatif)

Paramètre	Type	Description
Nom d'hôte	M	Le nom d'hôte doit être unique dans un ECN.
Nom de domaine par défaut	C	Donnée obligatoire si utilisation du DNS. Pour la définition du nom de domaine, voir 4.7.4.
Adresse IPv4	M	Pour la définition de l'adresse du Réseau de Rame, voir 4.7.
Masque de l'adresse IPv4	M	Pour la définition de l'adresse du Réseau de Rame, voir 4.7.
Adresse du serveur DNS IPv4	C	Donnée obligatoire si utilisation du DNS.
Chemin IPv4 par défaut	O	Le TBN est une passerelle par défaut type.
Chemin IPv4 statique	O	Peut être utilisé pour accéder à des équipements et des sous-réseaux spécifiques.

#### 4.8.4 Paramètres de configuration DHCP

Le Tableau 9 présente les exigences pour les options DHCP lors de l'utilisation de DHCP.

**Tableau 9 – Options DHCP**

(M: obligatoire, C: Conditionnel, O: facultatif)

Numéro d'option	Exigence	Nom	Description
1	M	Masque de sous-réseau	Masque de l'adresse IPv4
3	M	Option du routeur	Liste des routeurs IPv4 disponibles sur le sous-réseau
6	C	Option DNS	Liste des adresses du serveur DNS Donnée obligatoire pour les ED si utilisation du DNS.
12	O	Option du Nom d'hôte	Nom du client DHCP
28	O	Option de l'adresse de diffusion	Adresse de diffusion en cours d'utilisation sur le sous-réseau du client DHCP
42	C	Option des serveurs NTP	Liste des adresses du serveur NTP Donnée obligatoire pour les ED si utilisation du NTP ou du SNTP.
43	O	Informations spécifiques du fournisseur	Utilisées pour échanger des informations spécifiques du fournisseur entre les serveurs et les clients. Cette option peut être prise en charge.
51	M	Durée du bail des adresses IP	Durée autorisée du bail pour l'adresse IP affectée.
53	M	Type de message DHCP	Doit être utilisé pour identifier le type du message DHCP
54	M	Identifiant du serveur	Cette option est utilisée pour identifier l'adresse du serveur DHCP.
55	M	Liste de demandes de paramètres	Peut être utilisée pour les clients DHCP pour demander des paramètres de configuration spécifiques.
56	O	Message	Cette option est utilisée pour envoyer un message d'erreur du serveur DHCP aux clients DHCP. Le client DHCP peut utiliser cette option pour indiquer la raison justifiant le refus de l'offre.
61	O	Identifiant client	Identifiant unique du client DHCP. Cette option peut être utilisée pour conserver la même adresse IP pour le client DHCP; voir la NOTE.
82	O	Option d'informations d'agent de relais	Cette option peut être utilisée pour indiquer l'emplacement du client DHCP.
NOTE Afin de toujours conserver la même adresse IP depuis le serveur DHCP, en fonction de l'emplacement ou du type des Équipements Terminaux, l'Équipement terminal envoie l'option DHCP 61 (identifiant client) ou le Commutateur Réseau de Rame où est connecté l'Équipement terminal insère l'option DHCP 82 définie dans l'IETF RFC 3046.			

#### 4.8.5 Gestion de l'adresse IP pour la redondance du TBN

Pour gérer la redondance de connexion du Réseau Central de Train à l'intérieur d'un ECN, l'ECN peut être connecté au Réseau Central de Train par plusieurs TBN.

La redondance du TBN est gérée conformément au WTB ou à l'ETB.

Lorsqu'un groupe redondant du TBN est mis en œuvre et que les TBN sont des routeurs entre l'ECN et le Réseau Central de Train, le groupe redondant du TBN doit exporter une adresse de Réseau de Rame commune pour le service de routage du côté de l'ECN. Lorsqu'un nouveau TBN est désigné comme routeur actif, le TBN doit envoyer une requête «gratuitous ARP» à l'ECN afin d'actualiser les tables ARP dans les Équipements Terminaux.

## 4.9 Interface de l'Équipement réseau

### 4.9.1 Généralités

Le paragraphe 4.9 définit les interfaces pour les Équipements Réseau, c'est-à-dire les répéteurs, les Commutateurs de Rame et les routeurs. Un Commutateur Réseau de Rame et un routeur peuvent jouer le rôle d'Équipement terminal; dans ce cas, ils doivent eux aussi se conformer aux interfaces des Équipements Terminaux au niveau de la couche réseau et des couches supérieures définies ci-dessous en 4.10.

Il existe deux classes de Commutateurs de Rame, définies en 4.2.4; les Commutateurs de Rame non administrés et les Commutateurs de Rame administrés. Un Commutateur Réseau de Rame administré doit prendre en charge toutes les exigences pour un Commutateur Réseau de Rame non administré.

### 4.9.2 Exigences de fonctionnement

Le Tableau 10 montre un récapitulatif des interfaces de Commutateur Réseau de Rame; le détail en est donné dans les paragraphes suivants.

**Tableau 10 – Récapitulatif des interfaces de Commutateur Réseau**

Etat (M: obligatoire, O: facultatif, C: conditionnel, -: non disponible ou non requis)

Couche	Exigences	Etat				Références et notes
		Répéteur	Comm. de Rame non administré	Comm. de Rame administré	Routeur	
Couche Physique pour connexion de l'ED	100BASE-TX	-	M	M	-	IEEE 802.3
	10BASE-T	-	O	O	-	IEEE 802.3
	Mode duplex	-	M	M	-	IEEE 802.3
	Auto négociation	-	C	C	-	IEEE 802.3 Pour ED temporaires uniquement
	Croisement automatique MDI/MDI-X	-	O	O	-	
	Power over Ethernet (PoE)	-	O	O	-	IEEE 802.3
	Câble STP de classe D (catégorie 5e) avec 2 paires torsadées	-	O	O	-	ISO/IEC 11801 IEC 61156-6
	Câble UTP de classe D (catégorie 5e) avec 2 paires torsadées	-	O	O	-	ISO/IEC 11801 IEC 61156-6
	Connecteur M12 code D (prise femelle)	-	O	O	-	IEC 61076-2-101
	Connecteur IEC 61076-3-104 de sortie (prise femelle)	-	O	O	-	IEC 61076-3-104
	Connecteur RJ45 (prise femelle)	-	O	O	-	TIA/EIA-568-B Pour ED temporaires uniquement

Couche	Exigences	Etat				Références et notes
		Répéteur	Comm. de Rame non administré	Comm. de Rame administré	Routeur	
Couche Physique pour connexion du ND	Couche Physique IEEE 802.3	C	C	C	C	IEEE 802.3  Obligatoire si un émetteur-récepteur avec signaux amplifiés n'est pas utilisé.  100BASE-TX est recommandée
	Emetteur-récepteur avec signaux amplifiés	O	O	O	O	Annexe B Voir la NOTE 1
	Mode duplex	-	M	M	M	IEEE 802.3
	Auto négociation	-	O	O	O	IEEE 802.3
	Croisement automatique MDI/MDI-X	O	O	O	O	
	Câble STP de classe D (catégorie 5e) avec 2 paires torsadées	O	O	O	O	ISO/IEC 11801 IEC 61156-6 Pour 100BASE-TX et 10BASE-T
	Câble UTP de classe D (catégorie 5e) avec 2 paires torsadées	O	O	O	O	ISO/IEC 11801 IEC 61156-6 Pour 100BASE-TX et 10BASE-T
	Connecteur M12 code D (prise femelle)	C	C	C	C	IEC 61076-2-101 Pour 100BASE-TX et 10BASE-T
Couche Liaison	Services MAC avec trame MAC de base/étiquetée	-	M	M	M	IEEE 802.3
	Contrôle de flux	-	O	O	-	IEEE 802.3
	Relayage de trames	-	M	M	-	IEEE 802.1D
	Filtrage de trames	-	M	M	-	IEEE 802.1D
	Services VLAN	-	M	M	-	IEEE 802.1Q
	File d'attente de trames	-	M	M	-	IEEE 802.1D
	Étiquetage/non-étiquetage des trames	-	M	M	-	IEEE 802.1D
	Gestion et gestion à distance	-	-	M	-	IEEE 802.1D
	Limitation du flux d'entrée	-	O	O	-	
	Lissage du flux de sortie	-	O	O	-	
	Mise en miroir des ports	-	O	O	-	
Couche Réseau	IPv4	-	-	M	M	IETF RFC 791
	Transmission IPv4	-	-	-	M	
	ICMP	-	-	M	M	IETF RFC 792
	ARP	-	-	M	M	IETF RFC 826
Couche Transport	UDP	-	-	M	M	IETF RFC 768
	TCP	-	-	M	M	IETF RFC 793

Couche	Exigences	Etat				Références et notes
		Répéteur	Comm. de Rame non administré	Comm. de Rame administré	Routeur	
	IGMP version 2/3 (routeur)	-	-	-	O	IETF RFC 2236,3376
	IGMP version 2 (hôte)	-	-	M	O	IETF RFC 2236
	IGMP version 3 (hôte)	-	-	O	O	IETF RFC 3376
	Surveillance de trafic IGMP	-	-	M	-	IETF RFC 4541
Couche Application	DHCP (client)	-	-	C	C	IETF RFC 2131
	Option d'informations d'agent de relais DHCP	-	-	O	-	IETF RFC 3046
	DHCP (serveur)	-	-	O	O	IETF RFC 2131
	DNS (client)	-	-	C	C	IETF RFC 1034,1035
	DNS (serveur)	-	-	O	O	IETF RFC 1034,1035
	SNTP (client)	-	-	O	O	IETF RFC 1361
	NTP version 3 (client)	-	-	O	O	IETF RFC 1305
	NTP version 3 (serveur)	-	-	O	O	IETF RFC 1305
	SNMP version 2 (agent)	-	-	O	O	IETF RFC 1901
<p>NOTE 1 Si l'émetteur-récepteur avec signaux amplifiés, connecté en outre à la couche physique conformément à l'IEEE 802.3, est utilisé, la couche physique IEEE 802.3 n'est pas obligatoire.</p> <p>NOTE 2 L'interface de l'Équipement réseau pour la topologie en échelle définie dans l'Annexe D contient les exceptions qui ne sont pas conformes à l'IEEE 802.3 ou à l'IEEE 802.1D.</p>						

### 4.9.3 Exigences de performances

Le Commutateur Réseau de Rame doit prendre en charge au moins deux files d'attente de priorité comme cela est défini en 4.6.2.

Il convient que le Commutateur Réseau de Rame applique une commutation strictement basée sur les priorités pour toutes les files d'attente, comme cela est défini en 4.6.4.

### 4.9.4 Couche Physique

#### 4.9.4.1 Protocoles

##### 4.9.4.1.1 Interface de l'Équipement réseau pour les Équipements Terminaux

L'interface de dispositif de Réseau pour la connexion des Équipements Terminaux doit prendre en charge la norme 100BASE-TX. La norme 10BASE-T peut également être prise en charge afin de renforcer la résistance électrique et l'immunité CEM par exemple.

- Couche Physique 100BASE-TX
  - Sous-couche PCS et sous-couche PMA, type 100BASE-X, définies dans l'IEEE 802.3
  - Sous-couche PMD et support à bande de base, type 100BASE-TX, définis dans l'IEEE 802.3.
- Couche Physique 10BASE-T

- Unité de connexion au support (MAU) à paire torsadée et support à bande de base, type 10BASE-T, définis dans l'IEEE 802.3.

Le mode duplex, défini dans l'IEEE 802.3, doit être pris en charge afin d'éviter les collisions.

La fonction d'auto négociation, définie dans l'IEEE 802.3, doit être prise en charge pour la connexion des Équipements Terminaux temporaires. Il n'est pas recommandé de l'utiliser pour la connexion d'Équipements Terminaux standard afin d'éviter toute connexion avec un débit non voulu ou si le mode duplex est installé.

La fonction de croisement automatique MDI/MDI-X, qui configure automatiquement MDI ou MDI-X, peut être prise en charge.

Il n'est pas recommandé d'utiliser la fonction de sélection automatique de la polarité en raison de la spécificité de la solution.

La technologie Power Sourcing Equipment (PSE) basée sur le Power over Ethernet (PoE), qui est définie dans l'IEEE 802.3, peut être prise en charge.

#### **4.9.4.1.2 Interface de l'Équipement réseau pour d'autres Équipements Réseau**

L'interface de l'Équipement réseau pour la connexion d'autres Équipements Réseau doit prendre en charge la couche physique définie dans l'IEEE 802.3 lorsque l'option d'un émetteur-récepteur avec signaux amplifiés n'est pas utilisée.

La norme 100BASE-TX est préférentielle, mais la norme 10BASE-T peut être prise en charge également afin de renforcer la résistance électrique et l'immunité CEM par exemple.

Afin d'améliorer davantage l'immunité au bruit, l'émetteur-récepteur avec signaux amplifiés peut être connecté de façon facultative au PMD 100BASE-TX ou au MAU 10BASE-T, comme défini dans l'Annexe C.

L'interface 1000BASE ou supérieure peut être utilisée afin de prendre en charge plus de bande passante.

Le mode duplex, défini dans l'IEEE 802.3, doit être pris en charge afin d'éviter les collisions.

Pour éviter toute connexion avec un débit non voulu ou si le mode duplex est installé, il n'est pas recommandé d'utiliser la fonction d'auto négociation définie dans l'IEEE 802.3.

La fonction d'auto convergence MDI/MDI-X, qui configure automatiquement MDI ou MDI-X, peut être prise en charge.

Il n'est pas recommandé d'utiliser la fonction de sélection automatique de la polarité en raison de la spécificité de la solution.

#### **4.9.4.2 Câbles**

Le présent paragraphe doit être appliqué lorsque la norme 100BASE-TX ou 10BASE-T est utilisée.

Les câbles doivent se conformer à l'ISO/IEC 11801 et à l'IEC 61156-6. La classe D (catégorie 5e) avec deux paires torsadées doit être prise en charge.

Il convient d'utiliser un câble à paire torsadée blindée (STP). Un câble à paire torsadée non blindée (UTP) peut être utilisé.

Le gabarit de câble recommandé pour la Connexion intra voiture est de 0,5 mm<sup>2</sup> (AWG20), 0,34 mm<sup>2</sup> (AWG22) ou 0,25 mm<sup>2</sup> (AWG24).

Le gabarit de câble recommandé pour la connexion intervoiture est de 0,5 mm<sup>2</sup> (AWG20) ou plus.

#### 4.9.4.3 Connecteurs

##### 4.9.4.3.1 Interface de l'Équipement réseau pour Équipements Terminaux

Le présent paragraphe définit les exigences applicables aux connecteurs utilisés pour la connexion des Équipements Terminaux. Le présent paragraphe doit être appliqué lorsque la norme 100BASE-TX ou 10BASE-T est utilisée.

Le connecteur M12 code D (prise femelle), défini dans l'IEC 61076-2-101 est le connecteur recommandé pour la connexion des Équipements Terminaux. Dans ce cas, la fiche du connecteur M12 code D (prise mâle) doit être utilisée du côté du câble.

Le connecteur (prise femelle) défini dans l'IEC 61076-3-104 peut être aussi utilisé pour un Equipement Terminal. Dans ce cas, la fiche de ce connecteur (prise mâle), définie aussi dans l'IEC 61076-3-104 doit être utilisée du côté du câble

Le port RJ45 (prise femelle), défini dans la TIA/EIA-568-B, peut être utilisé pour la connexion des Équipements Terminaux temporaires. Dans ce cas, la fiche du connecteur RJ45 (prise mâle) doit être utilisée du côté du câble.

La Figure 5 représente les connecteurs. Le brochage du connecteur M12 doit être conforme au Tableau 11.

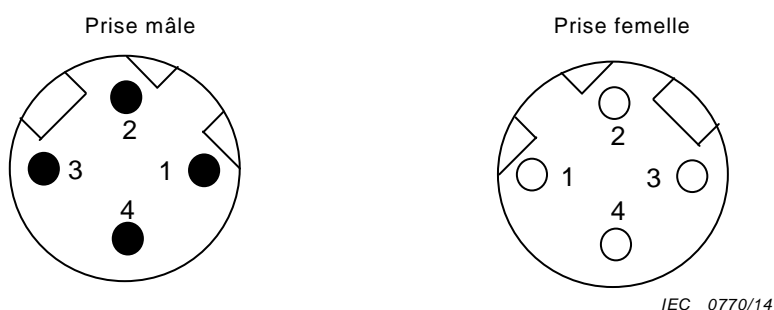


Figure 5 – Connecteur M12 code D

Tableau 11 – Brochage du connecteur M12 code D

Broche	Signal
1	TD+
2	RD+
3	TD-
4	RD-

##### 4.9.4.3.2 Interface de l'Équipement réseau pour d'autres Équipements Réseau

Le présent paragraphe définit les exigences applicables aux connecteurs utilisés pour la connexion des Équipements Réseau. Le présent paragraphe doit être appliqué lorsque la norme 100BASE-TX ou 10BASE-T est utilisée.

Le connecteur M12 code D (prise femelle), défini dans l'IEC 61076-2-101, doit être pris en charge du côté Equipement Réseau. La fiche du connecteur M12 code D (prise mâle) doit être utilisée du côté du câble.

#### **4.9.4.4 Concepts de blindage et de mise à la masse**

##### **4.9.4.4.1 Concepts de blindage intra voiture**

A l'intérieur d'une voiture, il convient que tous les blindages des câbles soient référencés et connectés à la terre mécanique de la voiture. Afin d'éviter les perturbations électromagnétiques, il convient de connecter le blindage du câble sur une base circulaire de 360° dans le connecteur.

##### **4.9.4.4.2 Concepts de blindage inter voitures**

Il convient de prendre en considération deux situations d'utilisation.

- Les deux voitures adjacentes sont au même potentiel
- Les deux voitures adjacentes sont à des potentiels différents

Lorsque les deux voitures adjacentes sont au même potentiel, il convient que le blindage du câble Ethernet soit continu et qu'aucune interruption du blindage ne soit nécessaire.

Lorsque les deux voitures adjacentes sont à des potentiels différents, il convient que le blindage du câble Ethernet soit interrompu afin d'éviter des flux de courant de terre entre les deux voitures.

#### **4.9.5 Couche Liaison**

##### **4.9.5.1 Commutateur Réseau de Rame**

Les exigences obligatoires pour les Commutateurs de Rame sont définies ci-dessous.

Le service MAC avec trames de base (non étiquetées) et étiquetées, défini dans l'IEEE 802.3, doit être pris en charge.

Le relayage de trames, défini dans l'IEEE 802.1D, doit être pris en charge. Le relayage de trames permet la réception, la transmission et le transfert des trames.

Le filtrage de trames, défini dans l'IEEE 802.1D, doit être pris en charge. Le filtrage de trames fournit l'apprentissage des adresses et de la base de données du filtrage.

Le service VLAN, défini dans l'IEEE 802.1Q, doit être pris en charge par les Commutateurs de Rame.

Les files d'attente de trames, définies dans l'IEEE 802.1D, doivent être prises en charge par les Commutateurs de Rame. Les files d'attente de trames peuvent gérer plusieurs classes de données lors du relayage de trames afin d'atteindre la qualité de service voulue.

NOTE Lorsque les files d'attente de trames sont prises en charge, le Commutateur Réseau de Rame lit le champ DSCP tel que défini en 4.6.

L'étiquetage/non-étiquetage de trame, défini dans l'IEEE 802.1Q, doit être pris en charge par les Commutateurs de Rame. L'étiquetage de trame peut insérer l'étiquette dans la trame de base (non étiquetée) pour les ports d'entrée, tandis que le non-étiquetage de trame peut supprimer l'étiquette de la trame étiquetée pour les ports de sortie.

Les exigences obligatoires applicables uniquement aux Commutateurs de Rame administrés sont définies ci-dessous.



La gestion et la gestion à distance, définies dans l'IEEE 802.1D, doivent être prises en charge par les Commutateurs de Rame.

Les exigences facultatives pour les Commutateurs de Rame sont définies ci-dessous.

Le contrôle de flux, défini comme l'opération «MAC Control PAUSE» dans l'IEEE 802.3, peut être pris en charge. Le contrôle de flux offre la possibilité de bloquer la transmission des trames.

La limitation du flux d'entrée et le lissage du flux de sortie, définis en 4.6.5 et 4.6.6, peuvent être pris en charge.

La mise en miroir des ports, qui configure un ou plusieurs ports pour mettre le trafic d'un autre/d'autres port(s) en miroir, peut être pris en charge.

#### **4.9.5.2 Routeur**

Les routeurs doivent prendre en charge les exigences de la Couche Liaison au niveau des Équipements Terminaux; voir 4.10.

#### **4.9.6 Couche Réseau**

Les Commutateurs de Rame administrés et les routeurs doivent prendre en charge les exigences de la Couche Réseau au niveau des Équipements Terminaux; voir 4.10.

Les routeurs doivent en outre prendre en charge la transmission IP (version 4).

#### **4.9.7 Couche Transport**

Les Commutateurs de Rame administrés et les routeurs doivent prendre en charge les exigences de la Couche Transport au niveau des Équipements Terminaux; voir 4.10.

Il convient que les routeurs prennent en charge les exigences d'IGMP version 2 relatives aux routeurs définies dans l'IETF RFC 2236 et peuvent prendre en charge les exigences d'IGMP version 3 relatives aux routeurs définies dans l'IETF RFC 3376.

Les Commutateurs de Rame administrés doivent prendre en charge les exigences d'IGMP version 2 relatives aux hôtes et peuvent prendre en charge les exigences d'IGMP version 3 relatives aux hôtes.

NOTE Il existe une interopérabilité d'IGMP version 3 avec IGMP version 2 et version 1. IGMP version 3 prend également en charge le filtrage de la source.

L'IGMP snooping, défini dans l'IETF RFC 4541, doit être prise en charge par les Commutateurs de Rame administrés. La surveillance de trafic IGMP filtre les trames de distribution destinées aux ports de commutation auxquels n'est connecté aucun membre de groupe de distribution.

#### **4.9.8 Couches d'application**

Les Commutateurs de Rame administrés et les routeurs doivent prendre en charge les exigences de la Couche Application au niveau des Équipements Terminaux; voir 4.10.

L'option d'informations d'agent de relais DHCP, définie dans l'IETF RFC 3046, peut être prise en charge par les Commutateurs de Rame administrés. Les Commutateurs de Rame peuvent jouer le rôle d'Agents de Relayage afin d'affecter des adresses IP spécifiques en fonction des informations insérées par les Commutateurs de Rame.

## 4.10 Interface de l'Équipement terminal

### 4.10.1 Généralités

Le paragraphe 4.10 définit les interfaces pour les Équipements Terminaux.

Le Tableau 12 montre un récapitulatif des interfaces d'Équipements Terminaux; le détail en est donné dans les paragraphes suivants. Il existe quatre classes d'Équipements Terminaux, comme donné en 4.2.3.

**Tableau 12 – Récapitulatif des interfaces d'Équipements Terminaux**

Etat (M: obligatoire, O: facultatif, C: Conditionnel)

Couche	Exigences	Etat				Références et notes
		Temporaire	Rame locale	Comm. train	Inf. de la top. de train	
Couche Physique	100BASE-TX	M	M	M	M	IEEE 802.3
	10BASE-T	O	O	O	O	IEEE 802.3
	Mode duplex	M	M	M	M	IEEE 802.3
	Auto négociation	M	O	O	O	IEEE 802.3
	Croisement automatique MDI/MDI-X	O	O	O	O	
	Power over Ethernet (PoE)	O	O	O	O	IEEE 802.3
	Câble STP de classe D (catégorie 5e) avec 2 paires torsadées	O	O	O	O	ISO/IEC 11801 IEC 61156-6
	Câble UTP de classe D (catégorie 5e) avec 2 paires torsadées	O	O	O	O	ISO/IEC 11801 IEC 61156-6
	Connecteur M12 code D (prise femelle)	O	O	O	O	IEC 61076-2-101
	Connecteur IEC 61076-3-104 de sortie (prise femelle)	O	O	O	O	IEC 61076-3-104
	Connecteur RJ45 (prise femelle)	O	O	O	O	TIA/EIA-568-B
Couche Liaison	Services MAC avec trame MAC de base	M	M	M	M	IEEE 802.3
	Services MAC avec trame MAC étiquetée	O	O	O	O	IEEE 802.1Q
Couche Réseau	IP version 4	M	M	M	M	IETF RFC 791
	ICMP	M	M	M	M	IETF RFC 792
	ARP	M	M	M	M	IETF RFC 826
Couche Transport	UDP	M	M	M	M	IETF RFC 768
	TCP	M	M	M	M	IETF RFC 793
	IGMP version 2/3 (hôte)	O	O	O	O	IETF RFC 2236, 3376
Couche Application	DHCP (client)	O	O	C	C	IETF RFC 2131
	DHCP (serveur)	O	O	O	O	IETF RFC 2131
	DNS (client)	O	O	O	M	IETF RFC 1034, 1035
	DNS (serveur)	O	O	O	O	IETF RFC 1034, 1035

Couche	Exigences	Etat				Références et notes
		Temporaire	Rame locale	Comm. train	Inf. de la top. de train	
	SNTP (client)	O	O	O	O	IETF RFC 1361
	NTP version 3 (client)	O	O	O	O	IETF RFC 1305
	NTP version 3 (serveur)	O	O	O	O	IETF RFC 1305
	SNMP version 2 (agent)	O	O	O	O	IETF RFC 1901
	Serveur Telnet ou SSH	O	O	O	O	IETF RFC 854 IETF RFC 4251

## 4.10.2 Couche Physique

### 4.10.2.1 Protocoles

La Couche Physique doit être conforme à la norme IEEE 802.3. La norme 100BASE-TX doit être prise en charge et la norme 10BASE-T peut être utilisée afin de renforcer la résistance électrique et l'immunité CEM par exemple.

- Couche Physique 100BASE-TX
  - Sous-couche PCS et sous-couche PMA, type 100BASE-X, définies dans l'IEEE 802.3
  - Sous-couche PMD et support à bande de base, type 100BASE-TX, définis dans l'IEEE 802.3.
- Couche Physique 10BASE-T
  - Unité de connexion au support (MAU) à paire torsadée et support à bande de base, type 10BASE-T, définis dans l'IEEE 802.3.

Le mode duplex, défini dans l'IEEE 802.3, doit être pris en charge afin d'éviter les collisions.

La fonction d'auto négociation, définie dans l'IEEE 802.3, doit être prise en charge pour la connexion des Équipements Terminaux temporaires. Il n'est pas recommandé de l'utiliser pour la connexion d'Équipements Terminaux standard afin d'éviter toute connexion avec un débit non voulu ou si le mode duplex est installé.

La fonction de croisement automatique MDI/MDI-X, qui configure automatiquement MDI ou MDI-X, peut être prise en charge.

Il n'est pas recommandé d'utiliser la fonction de sélection automatique de la polarité en raison de la spécificité de la solution.

La technologie Power Device (PD) basée sur le Power over Ethernet (PoE), comme défini dans l'IEEE 802.3, peut être prise en charge.

### 4.10.2.2 Câbles

Les câbles doivent se conformer à l'ISO/IEC 11801 et à l'IEC 61156-6. La classe D (catégorie 5e) avec deux paires torsadées doit être prise en charge.

Il convient d'utiliser un câble à paire torsadée blindée (STP). Un câble à paire torsadée non blindée (UTP) peut être utilisé.

Le gabarit de câble recommandé est de 0,5 mm<sup>2</sup> (AWG20), 0,34 mm<sup>2</sup> (AWG22) ou 0,25 mm<sup>2</sup> (AWG24).

#### 4.10.2.3 Connecteurs

Pour l'Équipement Terminal standard, il convient que le connecteur M12 code D (prise femelle), défini dans l'IEC 61076-2-101, soit pris en charge du côté de l'Équipement Terminal. Dans ce cas, la fiche du connecteur M12 code D (prise mâle) doit être utilisée du côté du câble.

Le port IEC 61076-3-104 (prise femelle) peut être utilisé du côté de l'Équipement Terminal. Dans ce cas, la fiche du connecteur IEC 61076-3-104 (prise mâle) doit être utilisée du côté du câble.

Le port RJ45 (prise femelle), défini dans la TIA/EIA-568-B, peut être utilisé pour l'Équipement Terminal temporaire du côté de l'Équipement Terminal. Dans ce cas, la fiche du connecteur RJ45 (prise mâle) doit être utilisée du côté du câble.

La Figure 5 en 4.9.4.3 présente les connecteurs. Le brochage doit se conformer aux spécifications du Tableau 11.

#### 4.10.2.4 Concepts de blindage et de mise à la masse

Il convient que tous les blindages des câbles soient référencés et connectés à la terre mécanique de la voiture. Afin d'éviter les perturbations électromagnétiques, il convient de connecter le blindage du câble sur une base circulaire de 360° dans le connecteur.

#### 4.10.3 Couche Liaison

Le service MAC au niveau de la couche Liaison doit être conforme à la norme IEEE 802.3.

Le service MAC avec trames de base, défini dans l'IEEE 802.3, doit être pris en charge.

Le service MAC avec trames étiquetées, défini dans l'IEEE 802.1Q, peut être pris en charge.

#### 4.10.4 Couche Réseau

La technologie IPv4, définie dans l'IETF RFC 791, doit être prise en charge.

La technologie ICMP, définie dans l'IETF RFC 792, doit être prise en charge.

La technologie ARP, définie dans l'IETF RFC 826, doit être prise en charge.

NOTE Voir 4.6 pour régler la valeur DSCP depuis l'Équipement terminal.

#### 4.10.5 Couche Transport

La technologie UDP, définie dans l'IETF RFC 768, doit être prise en charge.

La technologie TCP, définie dans l'IETF RFC 793, doit être prise en charge.

Il convient de prendre en charge les exigences d'IGMP version 2 relatives aux hôtes; les exigences d'IGMP version 3 relatives aux hôtes peuvent être prises en charge.

#### 4.10.6 Couche Application

La fonction client DHCP, définie dans l'IETF RFC 2131, peut être prise en charge. Dans le cas où les Équipements Terminaux Embarqués de Train et les Équipements Terminaux informés de la Topologie de Train gèrent les adresses du réseau train par eux-mêmes, la technologie DHCP doit être prise en charge.

La fonction client DNS, définie dans l'IETF RFC 1034, peut être prise en charge pour la mise en correspondance des noms avec les adresses IP (noms d'hôtes et noms de fonction représentés par un FQDN). Les Équipements Terminaux informés de la Topologie de Train doivent prendre en charge la fonction client DNS pour déterminer les adresses du réseau train depuis les noms d'hôtes ou les noms de fonction; les adresses du réseau train peuvent varier lors des inaugurations.

La fonction client SNTP, définie dans l'IETF RFC 1361, ou la fonction client NTP version 3, définie dans l'IETF RFC 1305, peuvent être prises en charge pour la synchronisation de l'heure. Lorsque le NTP est utilisé, l'ECN doit disposer d'une fonction de serveur NTP. L'emplacement du serveur dépend de la mise en œuvre, mais il est recommandé de le mettre en œuvre dans le TBN.

D'autres protocoles tels que le protocole FTP défini dans l'IETF RFC 959, le protocole HTTP défini dans l'IETF RFC 2616 et le protocole TFTP défini dans l'IETF RFC 1350 peuvent être pris en charge.

Il convient de prendre en charge la fonction agent SNMP version 2, définie dans l'IETF RFC 1901, 1905 et 1906.

Le serveur Telnet (IETF RFC 854) ou SSH (IETF RFC 4251 ou autres) peuvent être mis en œuvre afin de gérer les Équipements Terminaux.

NOTE 1 Les informations concernant la topologie de train sont spécifiées dans l'IEC 61375-2-3 et/ou l'IEC 61375-2-4.

NOTE 2 Les protocoles fournissant des Données de Processus et des Données de Messagerie définis dans l'IEC 61375-2-3 peuvent être utilisés à l'intérieur de l'ECN.

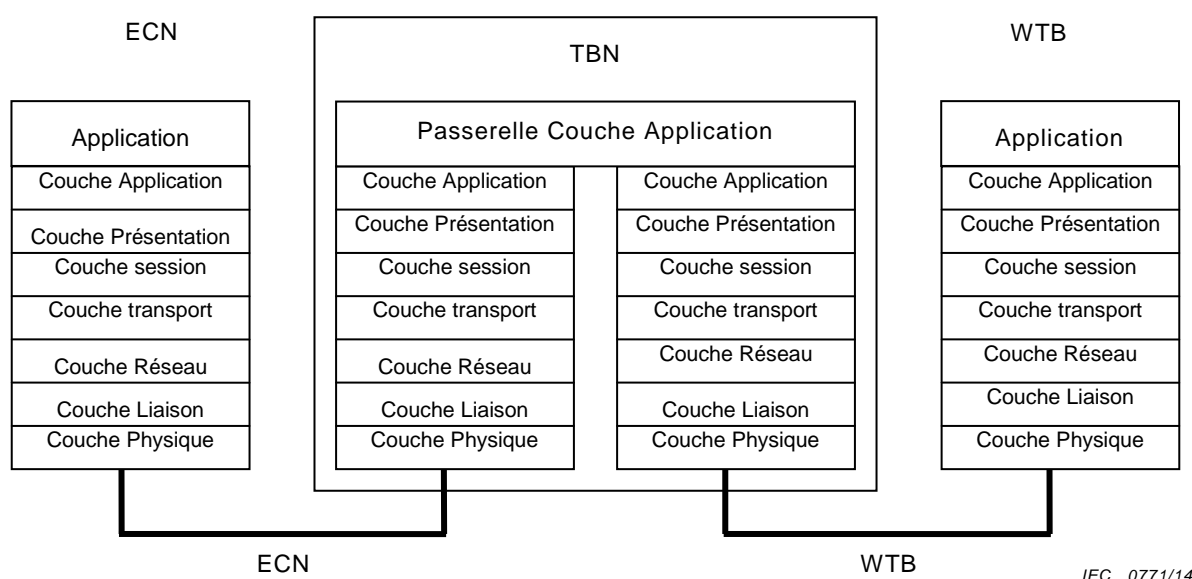
NOTE 3 Tous les protocoles fournissant des Données de Processus et des Données de Messagerie peuvent être utilisés à l'intérieur de l'ECN.

## **4.11 Fonctions passerelle**

### **4.11.1 Fonctions passerelle du WTB**

Les fonctions passerelle entre l'ECN et le WTB doivent être mises en œuvre dans le TBN si le TBN est connecté au WTB défini dans l'IEC 61375-2-1.

Le TBN entre l'ECN et le WTB est mis en œuvre comme passerelle de la Couche Application (ALG). La Figure 6 illustre la structure logique du TBN.



**Figure 6 – Structure logique de la passerelle entre l'ECN et le WTB**

#### 4.11.2 Fonctions passerelle de l'ETB

Les fonctions passerelle entre l'ECN et l'ETB doivent être mises en œuvre dans le TBN si le TBN est connecté à l'ETB défini dans l'IEC 61375-2-5.

Le TBN entre l'ECN et l'ETB est mis en œuvre comme routeur et/ou passerelle de la Couche Application (ALG).

Si l'adresse de réseau train affectée à l'équipement de communication dans l'ECN n'est pas identique à l'adresse du Réseau de Rame, le TBN doit prendre en charge un service qui met en correspondance l'adresse de réseau train avec la ou les adresses du Réseau de Rame, comme spécifié en 4.7. Les adresses qui ne se conforment pas aux spécifications pour l'adresse du réseau train ne doivent pas être utilisées comme adresses source ou de destination en dehors de l'ECN. Le NAT défini dans l'IETF RFC 3022 constitue la mise en œuvre type lorsque cette correspondance est mise en œuvre sur la fonction de routage du TBN. Voir en 4.8.

Une paire de TBN redondants partage une adresse IP du côté de l'ECN comme adresse de passerelle entre l'ECN et l'ETB. Voir en 4.8.5.

### 4.12 Gestion du réseau

#### 4.12.1 Cas du réseau ECN

Il convient que les équipements de communication dans l'ECN prennent en charge les fonctions d'agent SNMP pour la gestion du réseau. La technologie SNMPv2 définie dans l'IETF RFC 1901, 1905 et 1906 est le minimum requis.

Il convient de prendre en charge les bases d'informations de gestion (MIB) standard définies dans l'IETF RFC 1213.

#### 4.12.2 Cas du réseau WTB

Les fonctions TNM pour le WTB doivent être mises en œuvre dans le TBN si le TBN est connecté au WTB défini dans l'IEC 61375-2-1.

Il convient de rendre les services de gestion du réseau de l'ECN définis en 4.12.1 accessibles à la fonction TNM pour le WTB.

#### **4.12.3 Cas du réseau ETB**

La technologie SNMP est utilisée pour gérer les équipements de communication sur l'ETB tel que défini dans l'IEC 61375-2-5.

Il convient de rendre les services d'agent SNMP mis en œuvre sur les équipements de communication dans l'ECN accessibles via l'ETB.

### **5 Essai de conformité**

Pour être déclarés conformes à la présente partie de la norme, les équipements sont supposés satisfaire à une série d'essais. Ces essais doivent porter sur les équipements suivants

- Équipement terminal
- Équipement réseau, et
- TBN.

NOTE Le TBN est aussi conforme à l'IEC 61375-2-1 ou à l'IEC 61375-2-5.

Le plan d'essai de conformité pour l'ECN est en dehors du domaine d'application de la présente partie de la norme.

## Annexe A (informative)

### Comparaison de la fiabilité et de la disponibilité entre architectures d'ECN

#### A.1 Généralités

La présente Annexe présente la fiabilité et la disponibilité dans plusieurs architectures d'ECN pour mieux choisir l'architecture d'ECN appropriée. Des exemples de défaillances avec tolérance (et sans tolérance) de topologies de réseau types y sont décrits. Des formules pour le calcul de la fiabilité et de la disponibilité y sont également présentées.

#### A.2 Cas de défaillances

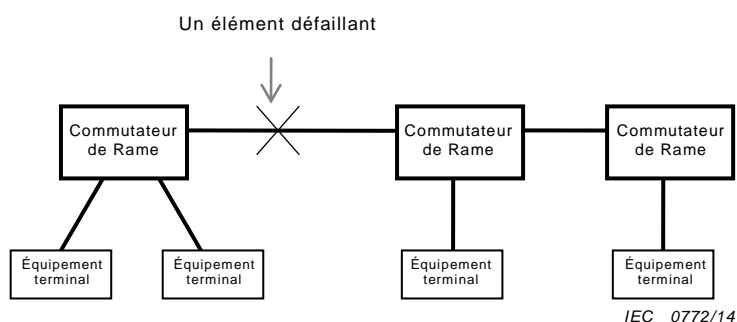
##### A.2.1 Définitions

Un cas de panne se définit comme le résultat de l'une des pannes possibles d'un composant réseau à un endroit donné.

Le terme de défaillance d'élément de réseau simple désigne la condition dans laquelle l'un des éléments du réseau cesse de fonctionner, comme le montre la Figure A.1.

Le terme de défaillances d'éléments de réseau doubles désigne la condition dans laquelle deux éléments de réseau cessent de fonctionner, comme le montre la Figure A.2.

NOTE L'élément de réseau (comme défini en 4.5.2.1) est un élément actif d'un équipement réseau, une liaison entre les éléments actifs ou une liaison pour l'Équipement terminal.

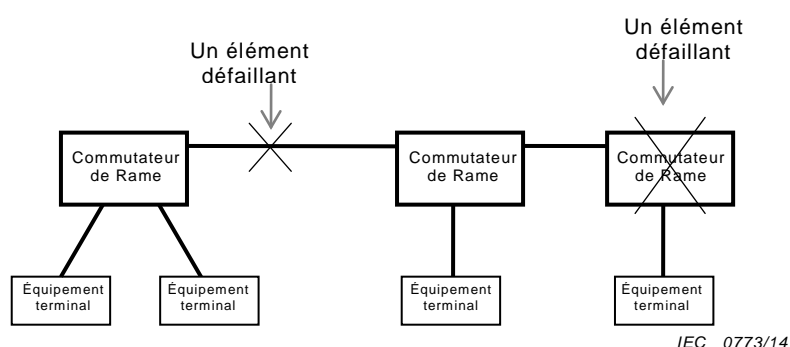


NOTE 1 Un élément marqué d'une croix indique un élément défaillant.

NOTE 2 Les encadrés et traits en gras indiquent les éléments de réseau.

**Figure A.1 – Exemple de défaillance d'un élément de réseau simple**





NOTE 1 Un élément marqué d'une croix indique un élément défaillant.

NOTE 2 Les encadrés et traits en gras indiquent les éléments de réseau.

**Figure A.2 – Exemple de doubles défaillances d'éléments de réseau**

En cas de défaillance d'un ou de plusieurs éléments de réseau, la condition du réseau peut passer de l'état standard (aucune défaillance dans le réseau) à l'un des états suivants.

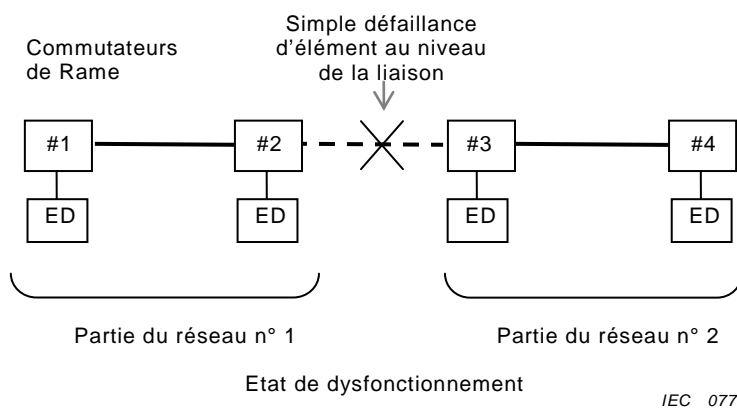
- Etat de dysfonctionnement. Dans cet état, le réseau est séparé.
- Etat de fonctionnement partiel. Dans cet état, le réseau n'est pas séparé, mais le réseau ne peut pas fournir les mêmes services que lorsqu'il a un état standard.
- Etat de fonctionnement complet. Dans cet état, le réseau peut fournir les mêmes services que lorsqu'il a un état standard.

### A.2.2 Exemple de cas de défaillances – Topologie linéaire

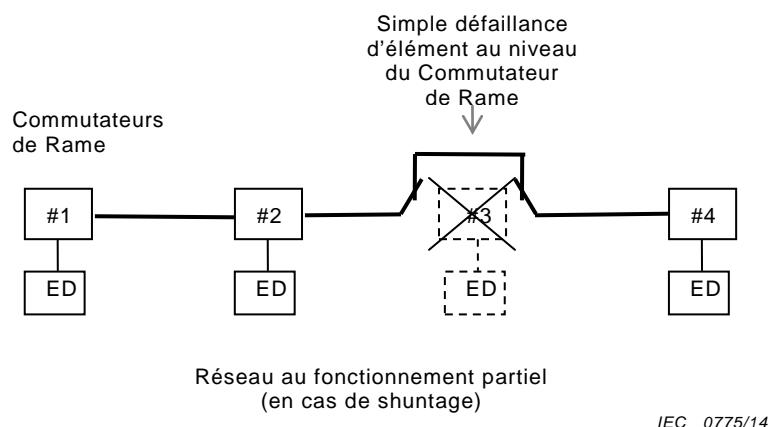
La topologie linéaire ne tolère pas les simples défaillances d'éléments de réseau, comme représenté à la Figure A.3.

Si une fonction de shuntage est appliquée à chacun des éléments actifs comme représenté à la Figure A.4, le réseau fonctionne ainsi partiellement en cas de défaillance d'un élément actif, c'est-à-dire que le réseau n'est pas séparé, mais que les Équipements Terminaux connectés à l'élément défaillant ne peuvent pas continuer à communiquer.

NOTE Les éléments de réseau actifs disposant d'une fonction de shuntage permettent d'éviter d'avoir à séparer le réseau et peuvent être appliqués à d'autres topologies.



**Figure A.3 – Exemple de simple défaillance d'un élément au niveau d'une liaison sur une topologie linéaire**



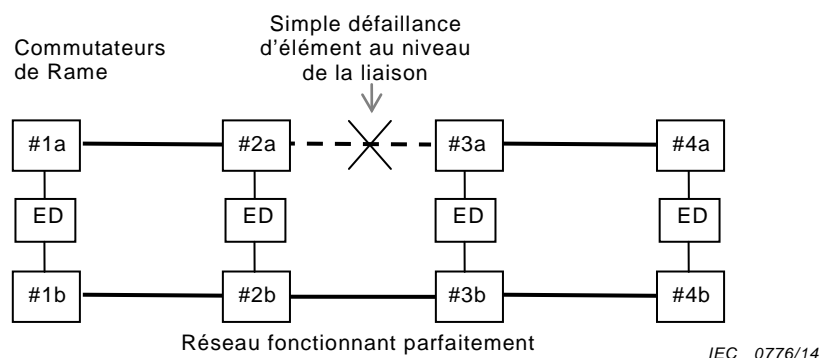
**Figure A.4 – Exemple de simple défaillance d'un élément au niveau d'un élément actif sur une topologie linéaire**

### A.2.3 Exemple de cas de défaillance – Réseaux parallèles

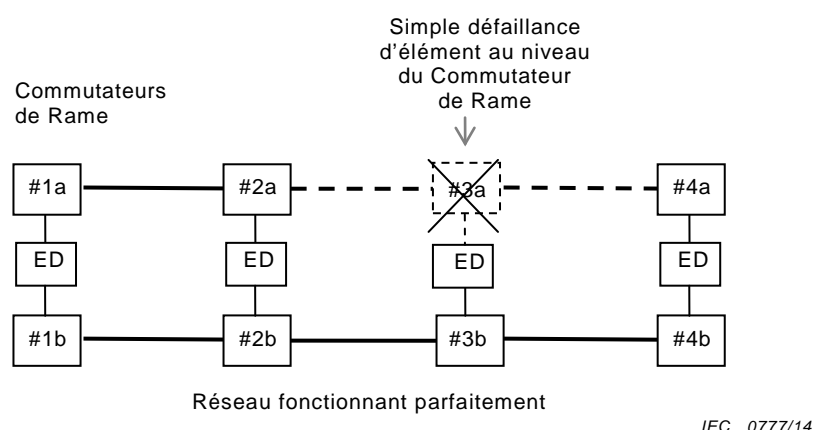
La simple défaillance d'un élément au niveau d'une liaison entre éléments actifs n'entraîne pas de dysfonctionnement du réseau, comme représenté à la Figure A.5.

En cas de simple défaillance d'un élément actif, les Équipements Terminaux à connexion à double attachement qui ont des liaisons redondantes vers plusieurs éléments actifs (Commutateurs de Rame) peuvent continuer à communiquer; la Figure A.6 illustre cette situation avec des liaisons redondantes.

NOTE Les réseaux parallèles avec shuntage tolèrent la plupart des défaillances d'éléments doubles.



**Figure A.5 – Exemple de simple défaillance d'un élément au niveau d'une liaison sur des réseaux parallèles**



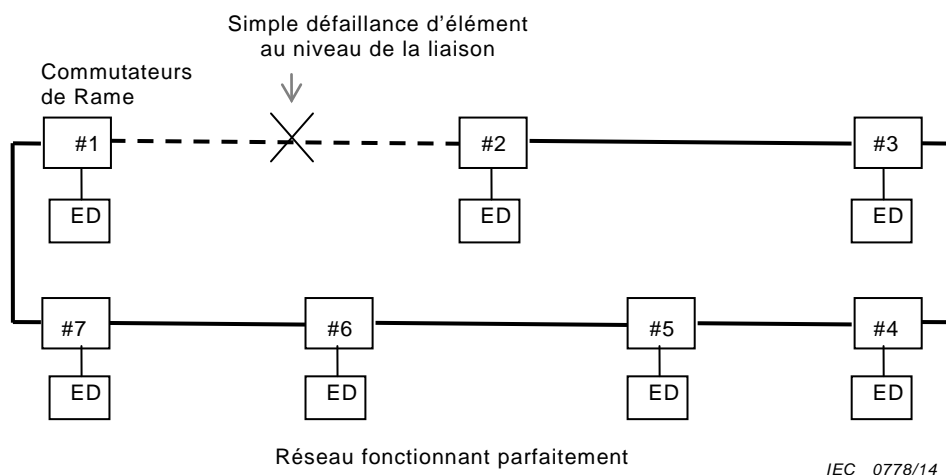
**Figure A.6 – Exemple de simple défaillance d'un élément au niveau d'un élément actif sur des réseaux parallèles**

#### A.2.4 Exemple de cas de défaillances – Topologie en anneau

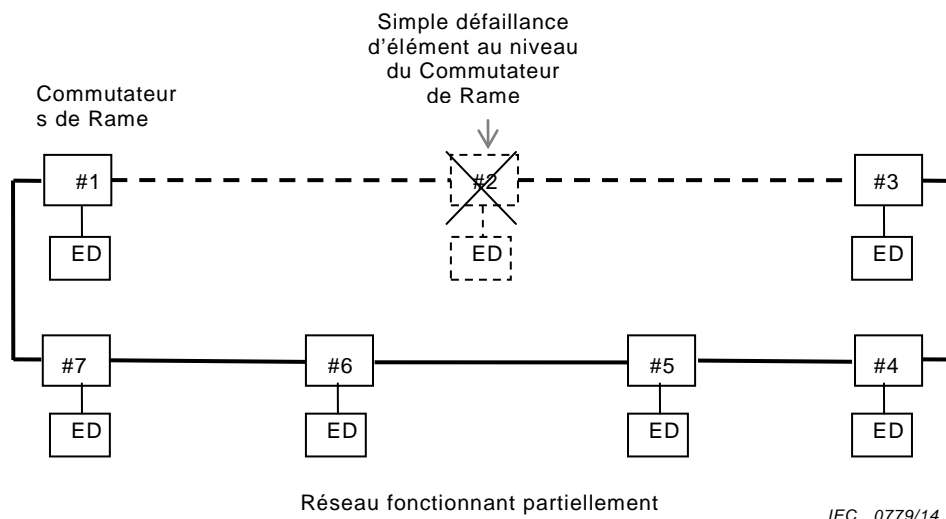
La simple défaillance d'un élément au niveau d'une liaison entre éléments actifs n'entraîne pas de dysfonctionnement du réseau, comme représenté à la Figure A.7.

La simple défaillance d'un élément au niveau d'un élément actif peut entraîner une baisse de fonctionnement du réseau, comme représenté à la Figure A.8. Toutefois, les Équipements Terminaux à connexion à double attachement qui ont des liaisons redondantes vers plusieurs éléments actifs (Commutateurs de Rame) peuvent continuer à communiquer. La Figure A.9 illustre cette situation avec des liaisons redondantes.

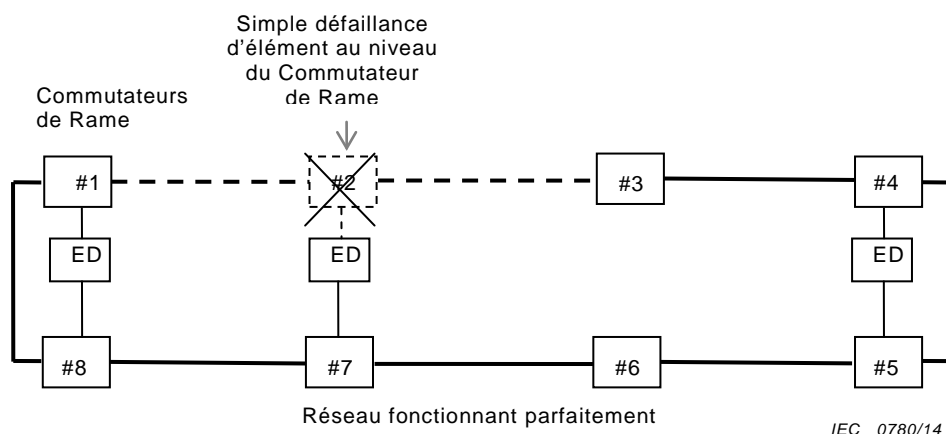
NOTE La topologie en anneau avec shuntage tolère la plupart des doubles défaillances d'éléments.



**Figure A.7 – Exemple de simple défaillance d'un élément au niveau d'une liaison sur une topologie en anneau**



**Figure A.8 – Exemple de simple défaillance d'un élément au niveau d'un élément actif sur une topologie en anneau**



**Figure A.9 – Exemple de simple défaillance d'un élément au niveau d'un élément actif sur une topologie en anneau (avec ED à connexion à double attachement)**

#### A.2.5 Exemple de cas de défaillances – Topologie en échelle

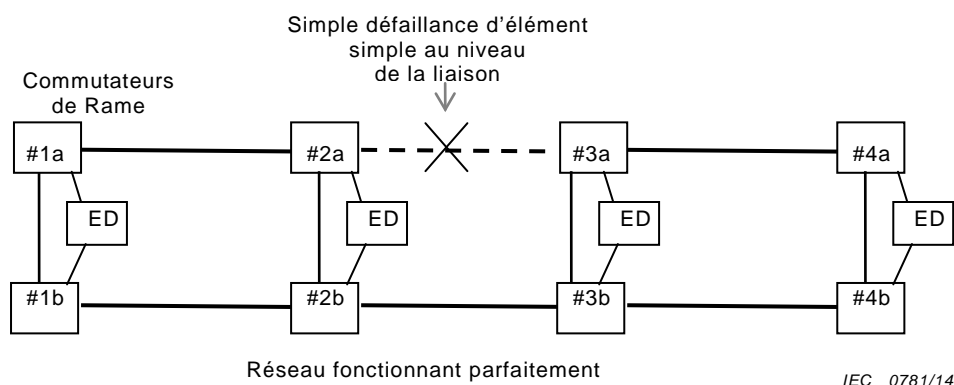
La simple défaillance d'un élément au niveau d'une liaison n'entraîne pas de dysfonctionnement du réseau, comme représenté à la Figure A.10.

En cas de simple défaillance d'un élément actif, les Équipements Terminaux à connexion à double attachement qui ont des liaisons redondantes vers plusieurs éléments actifs (Commutateurs de Rame) peuvent continuer à communiquer; la Figure A.11 illustre cette situation avec des liaisons redondantes.

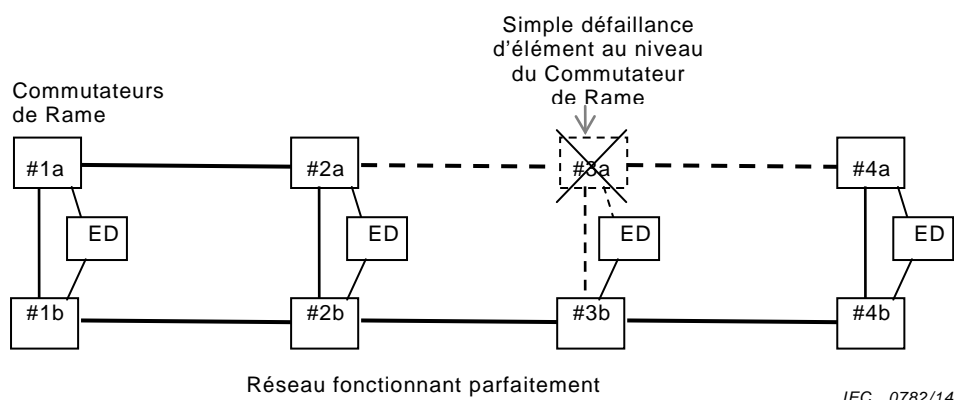
Lorsque des doubles défaillances d'éléments se produisent au niveau de liaisons à différents emplacements, le réseau peut continuer à fonctionner complètement à moins que les défaillances ne se produisent simultanément au niveau des mêmes éléments redondants, comme représenté à la Figure A.12.

Lorsque des doubles défaillances d'éléments se produisent au niveau d'éléments actifs, le réseau peut ou non continuer à fonctionner, en fonction de l'emplacement des défaillances. Le réseau ne fonctionne pas correctement dans le cas représenté à la Figure A.13, mais il

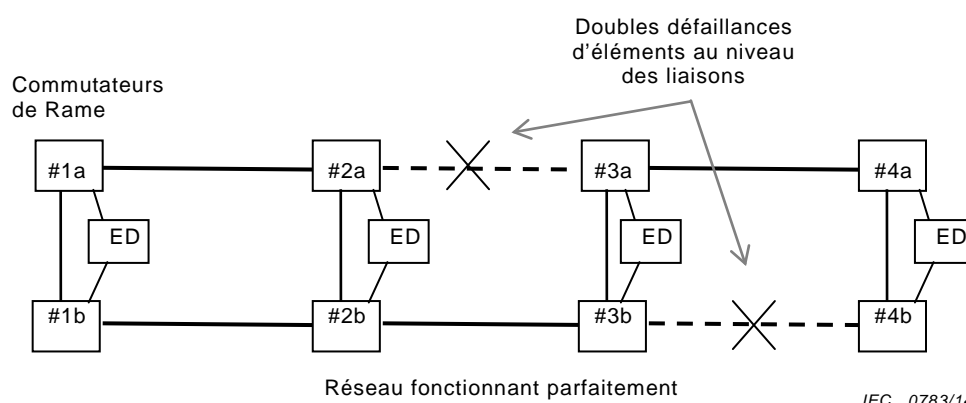
peut fonctionner partiellement si un shuntage est appliqué, comme représenté à la Figure A.13.



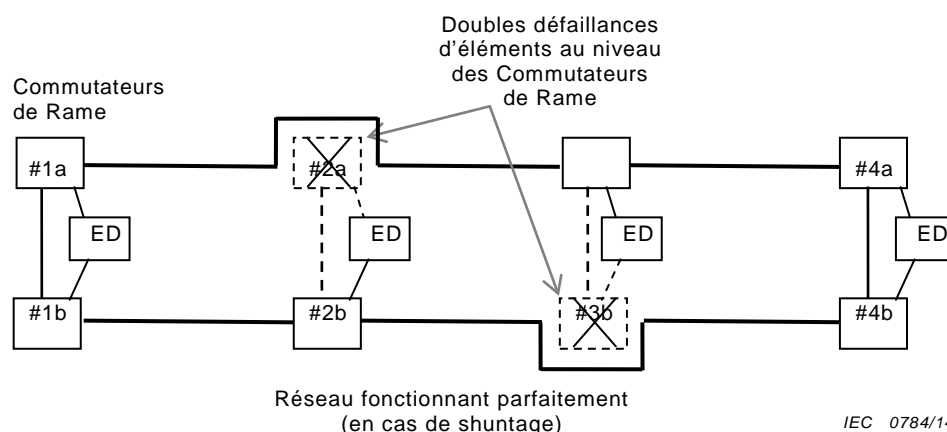
**Figure A.10 – Exemple de simple défaillance d'un élément au niveau d'une liaison sur une topologie en échelle**



**Figure A.11 – Exemple de simple défaillance d'un élément au niveau d'un élément actif sur une topologie en échelle**



**Figure A.12 – Exemple de doubles défaillances d'éléments au niveau de liaisons sur une topologie en échelle**



**Figure A.13 – Exemple de doubles défaillances d'éléments au niveau d'éléments actifs sur une topologie en échelle (avec shuntage)**

### A.3 Niveau de redondance de l'architecture de l'ECN

Il existe trois niveaux de redondance tels que les décrit le Tableau A.1. La Figure A.14 montre des exemples d'architectures d'ECN qui prennent en charge des niveaux spécifiques de redondance.

**Tableau A.1 – Niveau de redondance de l'architecture de l'ECN**

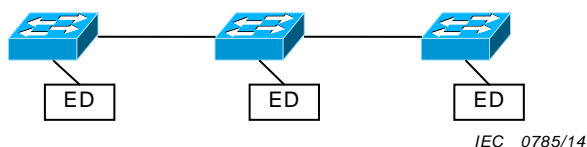
Niveau de redondance	Description	
	Élément défaillant	Influence de la défaillance
Niveau 1	Pas de redondance	
Niveau 2	Aucun point de défaillance unique n'existe dans le réseau, mais certaines fonctions ne sont pas opérationnelles en cas de défaillance.	
	Echec CS	Le réseau peut se rétablir, mais les ED connectés au CS défaillant ne peuvent pas communiquer avec les autres ED.
	Echec liaison CS-CS	Le réseau peut se rétablir.
	Echec liaison CS-ED	L'ED avec la liaison défaillante ne peut pas communiquer avec les autres ED.
Niveau 3	Il n'existe aucun point de défaillance unique et toutes les fonctions sont opérationnelles. Les doubles défaillances d'éléments doubles sont tolérées autant que possible.	
	Echec CS	Le réseau peut se rétablir et les ED connectés au CS défaillant peuvent toujours communiquer.
	Echec liaison CS-CS	Le réseau peut se rétablir.
	Echec liaison CS-ED	L'ED avec la liaison défaillante peut toujours communiquer.

NOTE 1 La défaillance et la redondance de l'ED lui-même sont en dehors du domaine d'application de la présente partie de la norme.

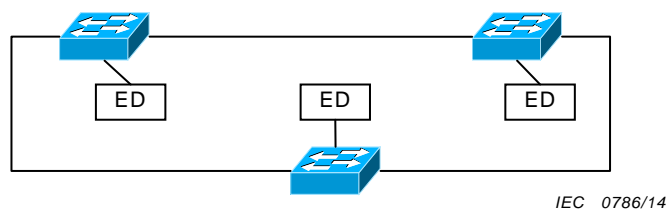
NOTE 2 Une défaillance de liaison inclut les défaillances de câble(s), des connecteurs et des interfaces Ethernet (ports) des deux côtés.

NOTE 3 Une défaillance de CS est une défaillance au niveau du réseau central, ce qui exclut les défaillances de port. Le taux de défaillance dépend de la complexité du matériel informatique et du logiciel du CS.

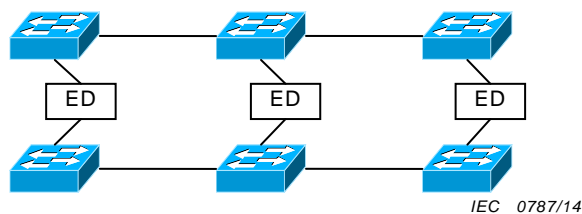
## Niveau 1) Topologie linéaire



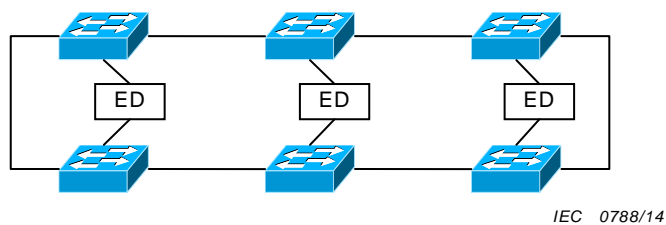
## Niveau 2) Topologie en anneau



## Niveau 3a) Réseaux parallèles avec connexion à double attachement



## Niveau 3b) Topologie en anneau avec connexion à double attachement



## Niveau 3c) Topologie en échelle avec connexion à double attachement

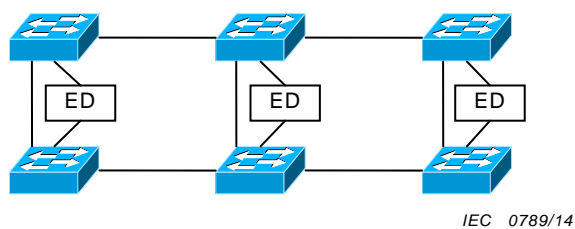


Figure A.14 – Exemple d'architecture d'ECN classée par niveau de redondance

## A.4 Analyse de la fiabilité du niveau de redondance

Le présent Article analyse la fiabilité de l'ECN avec un niveau de redondance spécifique.

Trois types de fiabilité sont analysés. Voir le Tableau A.2.

## a) Taux global de défaillance

- b) Temps moyen entre défaillances (MTBF) du réseau lui-même (le réseau est séparé en cas de défaillance); la défaillance de la liaison CS-ED n'est pas prise en compte dans l'analyse
- c) Temps moyen entre défaillances (MTBF) de la communication entre les ED (la communication est impossible entre les ED en cas de défaillance); la défaillance de la liaison CS-ED est prise en compte dans l'analyse

Les hypothèses pour la simplification sont les suivantes:

- Les valeurs de  $\lambda_S$  dans différents niveaux de redondance ne peuvent pas être équivalentes, mais la même étiquette  $\lambda_S$  est utilisée.
- Pour le calcul du temps moyen entre défaillances (MTBF) de la communication entre plusieurs ED, un seul ED par paire CS/CS est pris en considération.

**Tableau A.2 – Fiabilité du niveau de redondance**

Niveau de redondance	Taux global de défaillance	Temps moyen entre défaillances du réseau	Temps moyen entre défaillances de la communication entre plusieurs ED
Niveau 1	$\sim N(\lambda_S + \lambda_T + \lambda_B)$	$\sim 1 / N(\lambda_S + \lambda_T)$	$\sim 1 / N(\lambda_S + \lambda_T + \lambda_B)$
Niveau 2	$\sim N(\lambda_S + \lambda_T + \lambda_B)$	$\sim \mu / (N^2(\lambda_S + \lambda_T)^2)$	$\sim 1 / N(\lambda_S + \lambda_B)$
Niveaux 3a, 3b	$\sim 2N(\lambda_S + \lambda_T + \lambda_B)$	$\sim \mu / (2N^2(\lambda_S + \lambda_T)^2)$	$\sim \mu / (2N^2(\lambda_S + \lambda_T + \lambda_B)^2)$
Niveau 3c	$\sim 2N(\lambda_S + 3\lambda_T/2 + \lambda_B)$	$\sim \mu / 2N(3\lambda_S^2 + 4\lambda_S\lambda_T + \lambda_T^2)$	$\sim \mu / 2N(3\lambda_S^2 + 4\lambda_S\lambda_T + 2\lambda_S\lambda_B + \lambda_T^2 + \lambda_B^2)$
<p>où:</p> <p>N est le nombre de CS ou de paires de CS pour la redondance;</p> <p><math>\lambda_S</math> est le taux de défaillance d'un CS (réseau central);</p> <p><math>\lambda_T</math> est le taux de défaillance d'une liaison CS-CS;</p> <p><math>\lambda_B</math> est le taux de défaillance d'une liaison CS-ED;</p> <p><math>\mu</math> est le taux de récupération.</p>			

NOTE 1 Les modèles et formules des défaillances de l'IEC 62439 sont utilisés pour le calcul.

NOTE 2 Pour simplifier les formules dans le texte, 'N-1' est représenté par 'N'; néanmoins, ceci n'est pas approprié sur le plan mathématique. Aussi, les niveaux 3a et 3b ne sont pas strictement identiques, mais le sont quasiment.

Le niveau 3 offre une plus grande fiabilité comparé aux niveaux 1 et 2, mais cette fiabilité est moindre dès lors que l'on considère les pannes de mode commun (CCF) des éléments redondants. Il existe plusieurs méthodes pour modéliser les pannes de mode commun. Le Tableau A.3 montre la fiabilité de niveau 3 lorsque l'on utilise la méthode du coefficient bêta. La valeur du coefficient bêta varie habituellement de 0,5 % à 10 % conformément à l'IEC 61508.

**Tableau A.3 – Fiabilité lors de la prise en considération des pannes de mode commun**

Niveau de redondance	Temps moyen entre défaillances du réseau	Temps moyen entre défaillances de la communication entre plusieurs ED
Niveaux 3a, 3b	$\sim \mu / \{\mu N\beta(\lambda_S + \lambda_T) + 2N^2(\lambda_S + \lambda_T)^2\}$	$\sim \mu / \{\mu N\beta(\lambda_S + \lambda_T + \lambda_B) + 2N^2(\lambda_S + \lambda_T + \lambda_B)^2\}$
Niveau 3c	$\sim \mu / \{\mu N\beta(\lambda_S + \lambda_T) + 2N(3\lambda_S^2 + 4\lambda_S\lambda_T + \lambda_T^2)\}$	$\sim \mu / \{\mu N\beta(\lambda_S + \lambda_T + \lambda_B) + 2N(3\lambda_S^2 + 4\lambda_S\lambda_T + 2\lambda_S\lambda_B + \lambda_T^2 + \lambda_B^2)\}$

NOTE 3 Seules sont prises en considération les pannes de mode commun dans les CS, liaisons CS-ED et liaisons CS-CS redondantes. Les valeurs du coefficient bêta ( $\beta$ ) peuvent dépendre des éléments, mais le même coefficient est utilisé par souci de simplification.

Le Tableau A.5 montre des exemples de fiabilité et de disponibilité d'architectures d'ECN, dans les cas où les paramètres décrits dans le Tableau A.4 sont utilisés pour le calcul. Les valeurs du Tableau A.5 montrent que le niveau 3 de l'architecture offre une plus grande fiabilité et disponibilité que les niveaux 1 et 2. Toutefois, le niveau 3c offre une meilleure



fiabilité et disponibilité que les niveaux 3a et 3b en raison des nombreux chemins de substituts dans le réseau redondant; en considérant les pannes de mode commun (CCF), les niveaux 3a, 3b et 3c présentent un niveau de fiabilité et de disponibilité quasiment identique en raison des différentes architectures fondées sur la connexion à double attachement.

**Tableau A.4 – Paramètres pour le calcul de la fiabilité et de la disponibilité**

(h: heure)

Paramètre	Valeur	Commentaires
N: nombre de CS ou paires de CS	10	
$\lambda_S$ : taux de défaillance d'un CS (réseau central)	$5,00 \times 10^{-6} \text{ (h}^{-1}\text{)}$	MTTF: 200 000 h
$\lambda_T$ : taux de défaillance d'une liaison CS-CS	$3,33 \times 10^{-7} \text{ (h}^{-1}\text{)}$	MTTF: 3 000 000 h
$\lambda_B$ : taux de défaillance d'une liaison CS-ED	$3,33 \times 10^{-7} \text{ (h}^{-1}\text{)}$	MTTF: 3 000 000 h
$\mu$ : taux de récupération	$5,00 \times 10^{-2} \text{ (h}^{-1}\text{)}$	Temps moyen d'indisponibilité: 20 h
$\beta$ : coefficient bêta	0,01	1 % de la défaillance est commun aux éléments redondants.

**Tableau A.5 – Valeurs d'exemple de fiabilité et de disponibilité**

(h: Heure)

Niveau de redondance	Taux global de défaillance $\text{h}^{-1}$	Temps moyen entre défaillances du réseau $\text{h}$	Temps moyen entre défaillances de la communication entre plusieurs ED $\text{h}$	Disponibilité de la communication entre plusieurs ED (Indisponibilité)
Niveau1	$5,67 \times 10^{-5}$	$1,88 \times 10^4$	$1,76 \times 10^4$	0,9989 ( $1,13 \times 10^{-3}$ )
Niveau 2	$5,67 \times 10^{-5}$	$1,76 \times 10^7$	$1,88 \times 10^4$	0,9989 ( $1,07 \times 10^{-3}$ )
Niveaux 3a, 3b sans CCF	$1,13 \times 10^{-4}$	$8,79 \times 10^6$	$7,79 \times 10^6$	0,999997 ( $2,57 \times 10^{-6}$ )
Niveau 3c Sans CCF	$1,17 \times 10^{-4}$	$3,06 \times 10^7$	$2,93 \times 10^7$	0,9999993 ( $6,82 \times 10^{-7}$ )
Niveaux 3a, 3b avec CCF	$1,13 \times 10^{-4}$	$1,55 \times 10^6$	$1,44 \times 10^6$	0,999986 ( $1,39 \times 10^{-5}$ )
Niveau 3c avec CCF	$1,17 \times 10^{-4}$	$1,77 \times 10^6$	$1,66 \times 10^6$	0,999988 ( $1,20 \times 10^{-5}$ )

## A.5 Redondance des Équipements Terminaux

Il a été démontré que l'ECN en lui-même est un réseau fiable, sans prendre en considération la fiabilité des ED. Mais les ED ne sont pas aussi fiables. Un ED a le même ordre d'importance de temps moyen entre défaillances comparé à un CS, par exemple, 200 000 h chacun. Aussi, cela signifie que, lorsque l'on prend les ED en considération, la fiabilité/disponibilité générale du réseau est moindre. Le présent Article montre l'impact des ED et des ED redondants sur la fiabilité générale.

Le Tableau A.6 montre l'impact de la redondance des ED sur le temps moyen entre défaillances à tous les niveaux de l'architecture. Le Tableau A.7 montre l'impact de la redondance des ED sur le temps moyen entre défaillances à l'aide de ratios où le ratio 1 correspond à un temps moyen entre défaillances de 9 404 h. Les valeurs dans les deux tableaux sont calculées à l'aide des paramètres montrés dans le Tableau A.4.

Dans les cas où un ED est redondant, les valeurs indiquées ci-dessous dans le Tableau A.6 et le Tableau A.7 montrent que la fiabilité est considérablement renforcée en comparaison avec l'effet de la redondance sur l'architecture. Par exemple, dans une architecture à connexion à double attachement (Niveau 3 dans le Tableau A.6) avec ED redondants, les temps moyens entre défaillances sont 40 fois supérieurs au temps moyen entre défaillances

enregistré sans redondance d'ED. Cela est plus important que l'augmentation des temps moyens entre défaillances obtenue du niveau 1 au niveau 3 sans redondance d'ED.

**Tableau A.6 – Comparaison de la fiabilité avec redondance d'ED**

(h: heure)

Niveau de redondance	Temps moyen entre défaillances sans redondance d'ED h	Temps moyen entre défaillances avec redondance d'ED h
Niveau 1	9 404	19 785
Niveau 2	9 677	19 785
Niveaux 3a, 3b	19 696	857 345
Niveau 3c	19 774	931 641

**Tableau A.7 – Comparaison des ratios des temps moyens entre défaillances avec redondance d'ED**

(ratio=1 correspond à 9 404 h, voir Tableau A.6)

Niveau de redondance	Ratio des temps moyens entre défaillances sans redondance d'ED	Ratio des temps moyens entre défaillances avec redondance d'ED
Niveau 1	1	2,1
Niveau 2	1	2
Niveau 3a, 3b	2,1	43,5
Niveau 3c	2,1	47,1

## Annexe B (informative)

### Translation d'adresse de réseau ferroviaire (R-NAT)

#### B.1 Généralités

Le R-NAT est un algorithme pour la traduction de l'adresse réseau entre l'ETB et l'ECN. Cet algorithme utilise les règles pour les adresses de Réseau de Rame et de train, ce qui simplifie la gestion de la traduction des adresses.

#### B.2 Adresse IP du sous-réseau local de Rame

Lorsqu'une solution R-NAT est déployée, une adresse IP de sous-réseau d'ECN local doit être associée à chaque ED. Cette adresse de sous-réseau d'ECN local est prise dans la plage de sous-réseau 10.0/9, par exemple 10.0/18. Un exemple de mise en correspondance IP est donné dans la Figure B.1. Ci-dessous, le terme «local» est utilisé à la place de «sous-réseau d'ECN local».

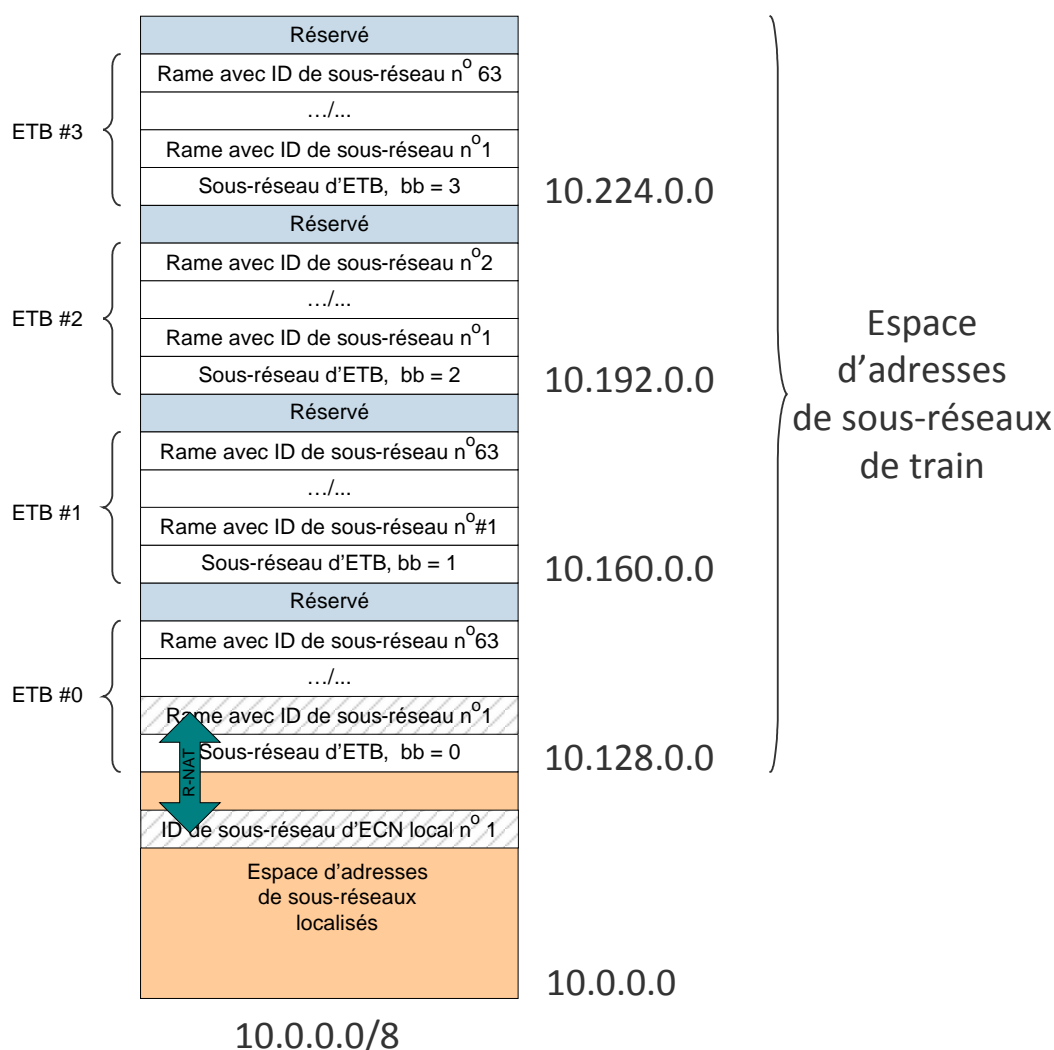


Figure B.1 – Exemple de plage d'IP locales d'ECN, «image» de plage d'IP de train pour le R-NAT

### B.3 R-NAT du TBN

La communication à l'échelle du train entre Équipements Terminaux, qui n'utilise qu'une adresse IP source statique, nécessite la traduction des adresses de réseau des adresses IP dans les routeurs IP de l'ECN et de l'ETB. Cette traduction des adresses de réseau doit, en règle générale, être conforme aux règles définies dans le document RFC 3022, mais étant donné l'utilisation particulière qui en est faite dans le cadre du routage de l'ECN et de l'ETB, elle est dénommée «translation d'adresse de réseau ferroviaire» (R-NAT).

Lorsqu'un paquet IP est routé entre l'ECN et l'ETB, les règles de translation d'adresses suivantes doivent être appliquées:

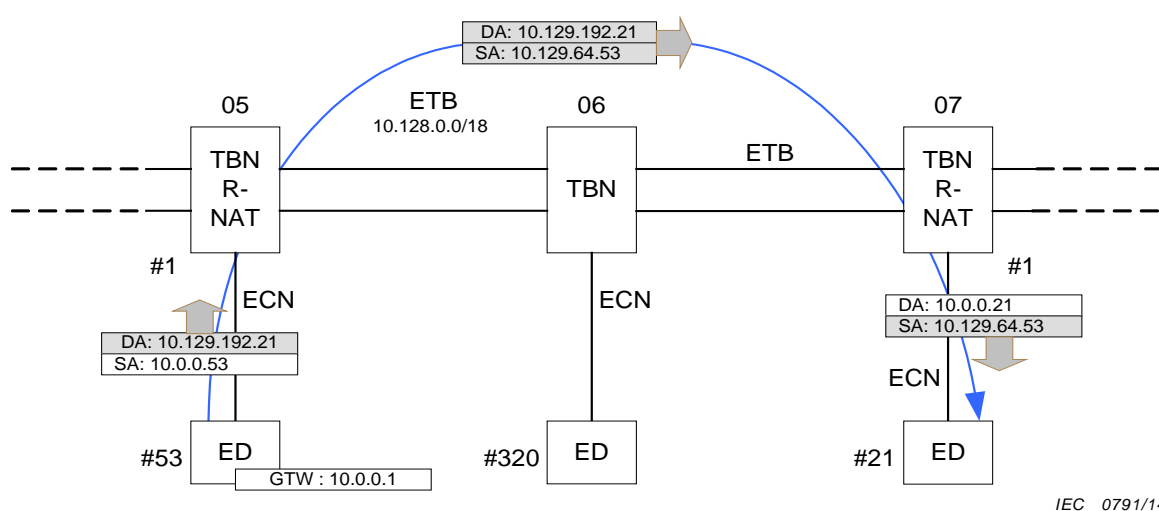
a) Lors du routage de l'ECN vers l'ETB, l'adresse IP source statique doit être traduite du niveau d'adresse de l'ECN vers le niveau d'adresse de l'ETB, ce qui signifie plus particulièrement que:

- l'espace d'adresses du niveau de l'ETB est appliqué à l'adresse IP source
- l'identifiant de Réseau de Rame du Réseau de Rame source doit être inséré dans l'adresse IP source

b) Lors du routage de l'ETB vers l'ECN, l'adresse IP de destination dynamique doit être traduite du niveau d'adresse de l'ETB vers le niveau d'adresse de l'ECN, ce qui signifie plus particulièrement que:

- l'espace d'adresses du niveau de l'ECN est appliqué à l'adresse IP de destination
- l'identifiant de Réseau de Rame dans l'adresse IP de destination doit être supprimé (remplacé par «0»)

Exemple – L'exemple doit illustrer le R-NAT, voir Figure B.2. Trois TBN qui ont reçu les adresses TBN 05, 06 et 07 après inauguration du train sont illustrés. Un Équipement terminal avec le numéro 53, connecté au TBN 05, envoie un paquet IP à l'Équipement terminal numéro 21 connecté au TBN 07. Le TBN 05 traduit l'adresse IP source de 10.0.0.53 (niveau d'adresse de l'ECN) vers l'adresse IP source 10.129.64.53 (niveau d'adresse de l'ETB). Le TBN 07 traduit ensuite l'adresse IP de destination 10.129.192.21 (niveau de l'ETB) vers l'adresse IP de destination 10.0.0.21 (niveau de l'ECN).



**Figure B.2 – Exemple de R-NAT**

NOTE La R-NAT peut être exécutée dans les routeurs IP lors du préroulage et du postroutage des paquets IP.

## B.4 Problème d'interopérabilité entre les TBN

Etant donné qu'un TBN avec R-NAT et qu'un TBN sans (R-)NAT respectent tous deux les définitions générales de mise en correspondance IP, il y a interopérabilité entre les deux TBN. Les exemples ci-dessous illustrent ce phénomène, voir Figures B.3 et B.4:

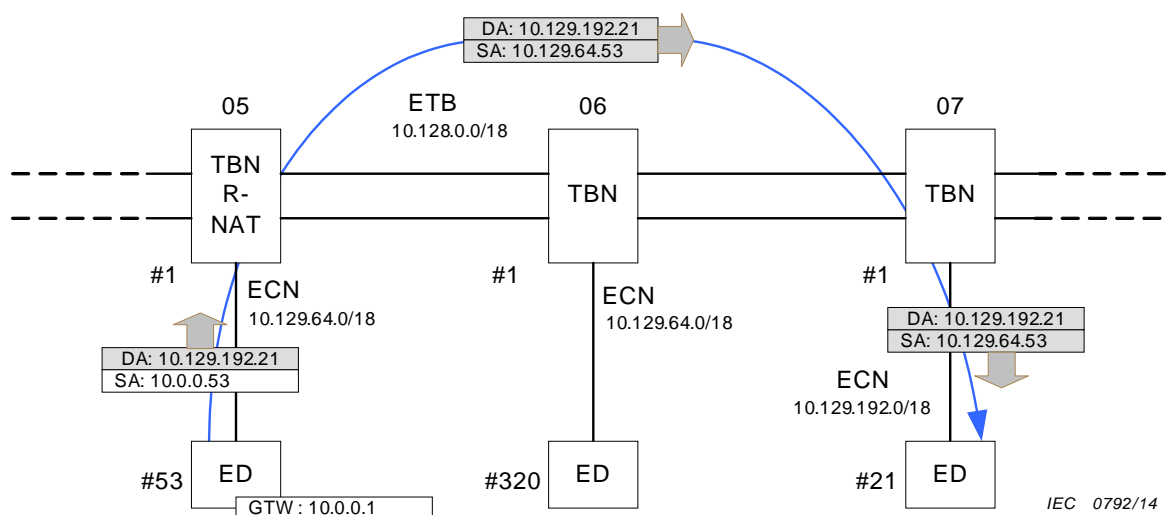


Figure B.3 – Du R-NAT TBN au TBN

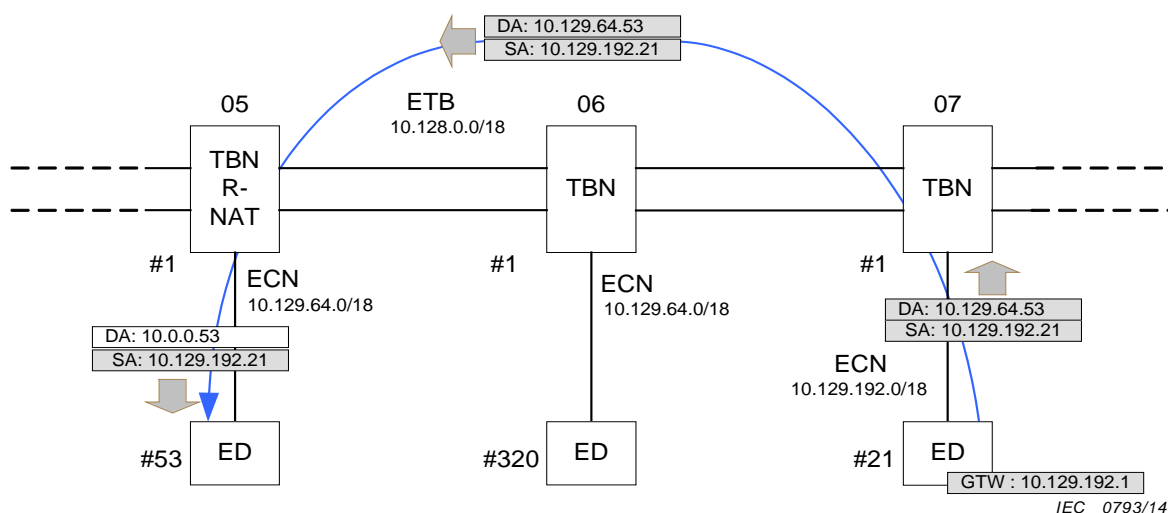


Figure B.4 – Du TBN au R-NAT TBN

Dans les deux cas, sur l'ETB, les adresses IP sont toujours conformes au plan d'adressage IP du train. Si elles sont définies, les adresses IP locales ne sont jamais utilisées comme adresses de destination hors de l'ECN (pour accéder à un ED dans l'ECN voisin).

## **Annexe C** (normative)

### **Définition du protocole de l'émetteur-récepteur à signaux amplifiés**

#### **C.1 Généralités**

Cette annexe définit l'émetteur-récepteur optionnel à signaux amplifiés, qui peut être connecté en dehors de la MAU 10BASE-T ou du PMD 100BASE-TX.

Afin d'améliorer davantage l'immunité au bruit du signal de transmission sur le support non seulement à l'intérieur d'un véhicule, mais également lors de la connexion de véhicules à l'aide de coupleurs, les signaux de transmission peuvent être amplifiés dans une limite supérieure à la tension normale.

NOTE Les spécifications pour l'émetteur-récepteur à signaux amplifiés constituent les exceptions qui ne sont pas conformes à l'IEEE 802.3.

Deux options sont disponibles en fonction du débit binaire de transmission, qui peut être sélectionné selon l'application.

##### **a) Type A**

Émetteur-récepteur à signaux amplifiés pour la Couche Physique fondé sur l'IEEE 802.3, Article 14 (10BASE-T).

##### **b) Type B**

Émetteur-récepteur à signaux amplifiés pour la Couche Physique fondé sur l'IEEE 802.3, Article 25 (100BASE-TX).

#### **C.2 Type A: émetteur-récepteur à signaux amplifiés pour la Couche Physique fondé sur l'IEEE 802.3 (10BASE-T)**

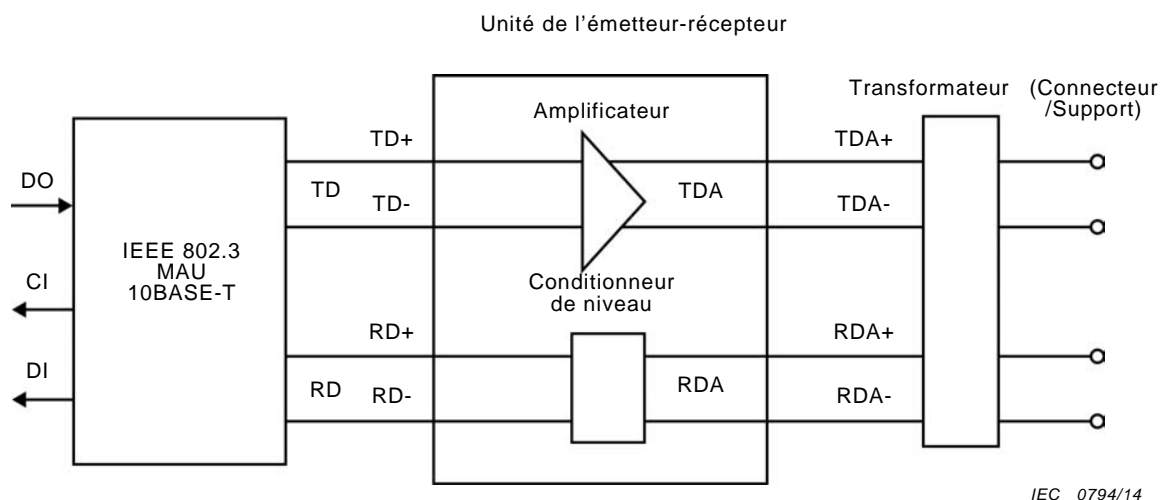
##### **C.2.1 Généralités**

Le présent Article définit l'émetteur-récepteur à signaux amplifiés pour la Couche Physique fondé sur l'IEEE 802.3, Article 14 (10BASE-T).

Les éléments non définis dans le présent Article doivent être conformes à l'IEEE 802.3, Article 14 (10BASE-T).

##### **C.2.2 Unité d'émetteur-récepteur**

Le schéma fonctionnel de l'unité d'émetteur-récepteur est montré en Figure C.1. Les signaux de données de transmission différentielle TD+ et TD- de la MAU 10BASE-T de l'IEEE 802.3 sont mis à niveau dans l'amplificateur. Un conditionneur de niveau est un circuit qui diminue les signaux RDA+ et RDA- reçus et les limite à un niveau de signaux recevable, même si la transmission est réalisée depuis une unité d'émetteur-récepteur à proximité.



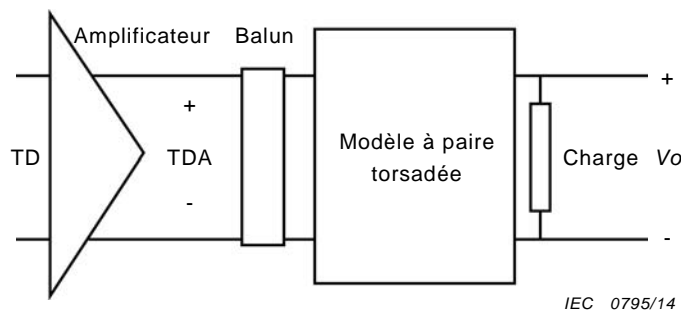
**Figure C.1 – Schéma fonctionnel d'une unité d'émetteur-récepteur pour MAU 10BASE-T**

### C.2.3 Caractéristiques des signaux de transmission

Les caractéristiques des signaux de transmission doivent être conformes à la description ci-dessous.

- Pour la forme d'onde différentielle de transmission, le signal  $V_o$  de la tension de sortie défini par le circuit montré en Figure C.2, dans lequel le modèle à paire torsadée est montré en Figure C.3 avec une charge résistive de  $100\ \Omega$ , doit correspondre au modèle montré en Figure C.4 et dans le Tableau C.1 avec une tolérance de  $\pm 10\%$ . Les spécifications du circuit équivalent au câble à paire torsadée doivent respecter les spécifications de 14.3.1.2 de l'IEEE 802.3 (10BASE-T).
- Le signal TP\_IDL doit satisfaire aux conditions montrées dans la Figure C.5 sous la charge montrée en Figure C.6, où BT est un intervalle de temps de 100 ns pour 10BASE-T.
- Lorsque des impulsions de liaison sont utilisées, les conditions montrées dans la Figure C.7 doivent être respectées. Lorsque l'état de connexion peut être confirmé sans avoir recours à des impulsions de liaison, cet élément peut être ignoré là où le BT est identique à celui décrit ci-dessus.

NOTE Les modèles des figures, de la Figure C.2 et à la Figure C.9, sont extraits de l'IEEE 802.3, Article 14 (10BASE-T).



**Figure C.2 – Essai de la tension de sortie différentielle**



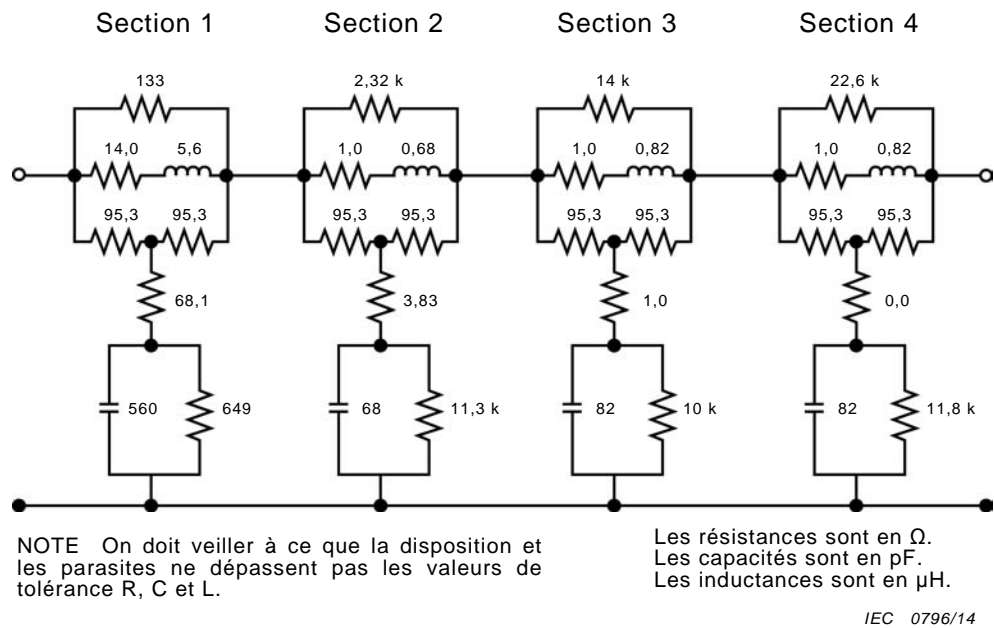
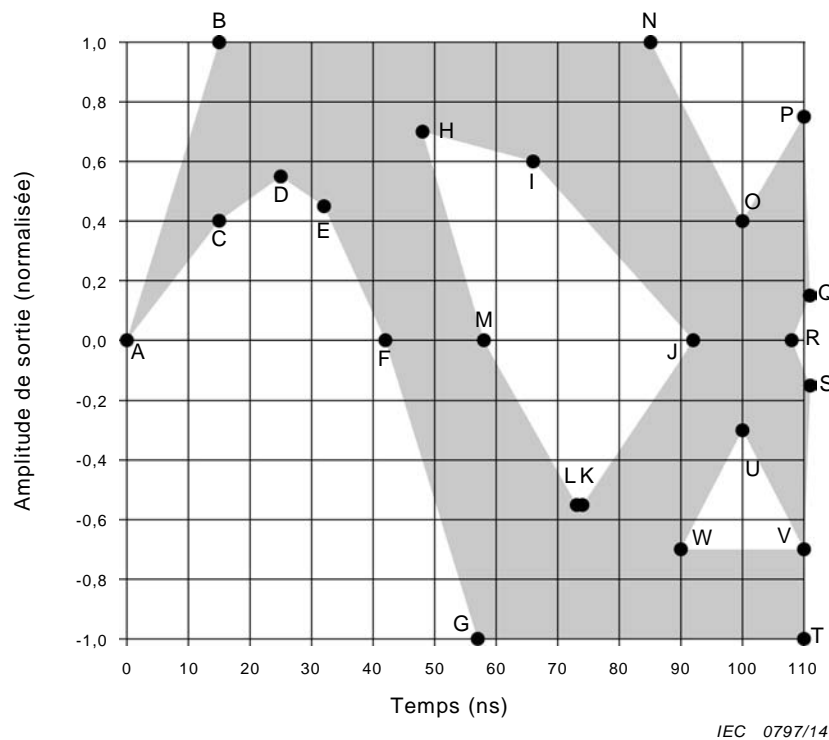


Figure C.3 – Modèle à paire torsadée



NOTE L'amplitude de sortie 1,0 équivaut à 3,636 V.

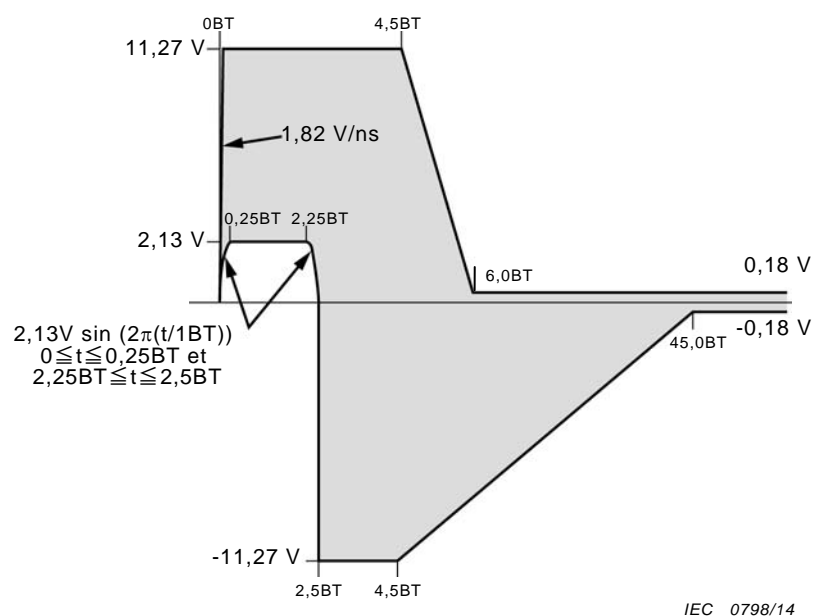
Figure C.4 – Modèle de tension amplifiée

Tableau C.1 – Tableau de modèle de tension de sortie

Référence	Temps ns	Amplitude de sortie (Voir la NOTE)
A	0	0
B	15	1,0

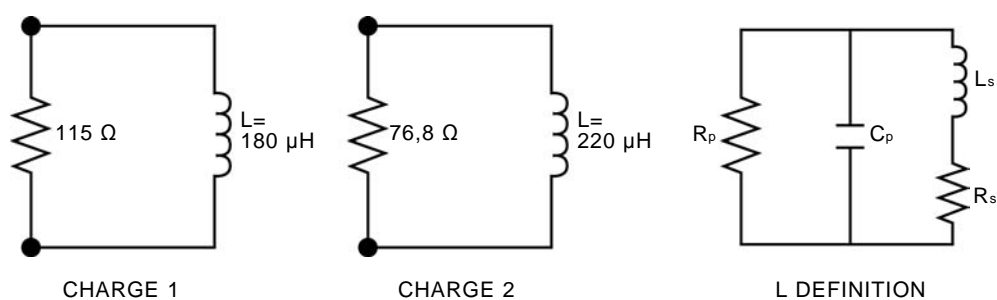
Référence	Temps ns	Amplitude de sortie (Voir la NOTE)
C	15	0,4
D	25	0,55
E	32	0,45
F	42	0
G	57	-1,0
H	48	0,7
I	67	0,6
J	92	0
K	74	-0,55
L	73	-0,55
M	58	0
N	85	1,0
O	100	0,4
P	110	0,75
Q	111	0,15
R	108	0
S	111	-0,15
T	110	-1,0
U	100	-0,3
V	110	-0,7
W	90	-0,7

NOTE L'amplitude de sortie est normalisée; la valeur 1,0 équivaut à 3,636 V.



IEC 0798/14

Figure C.5 – Forme d'onde amplifiée de l'émetteur pour démarrer TP\_IDL

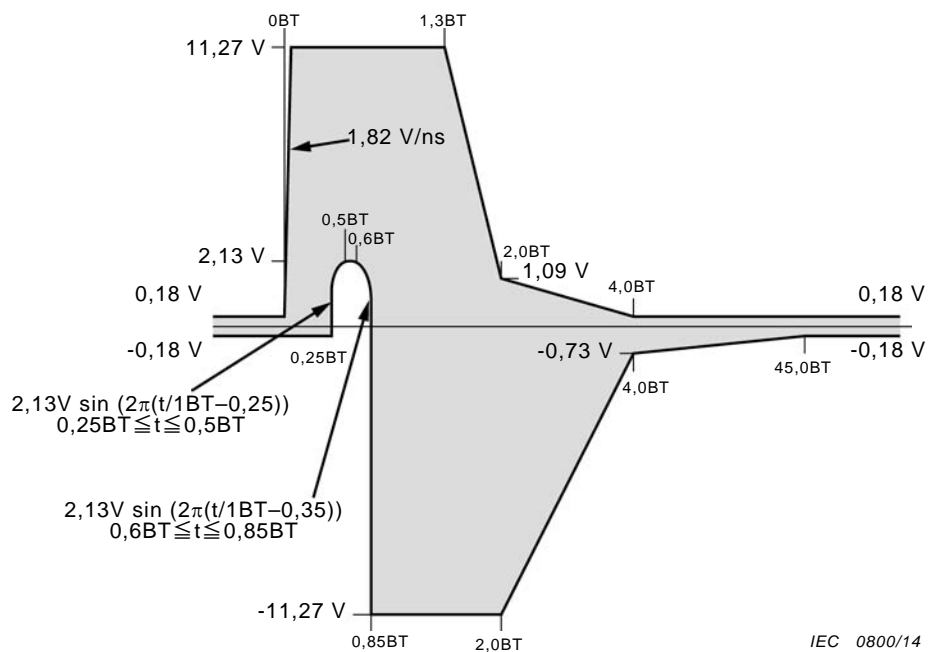


NOTE Tous les paramètres sont définis sur la gamme de fréquences de 250 kHz à 6 MHz.

$$\begin{aligned} L_s &= L \pm 1\% & R_p &\geq 2 \text{ k}\Omega \\ C_p &= 12 \text{ pF} \pm 20\% & R_s &\leq 0,5 \Omega \end{aligned}$$

IEC 0799/14

Figure C.6 – Charge de test au début de TP\_IDL

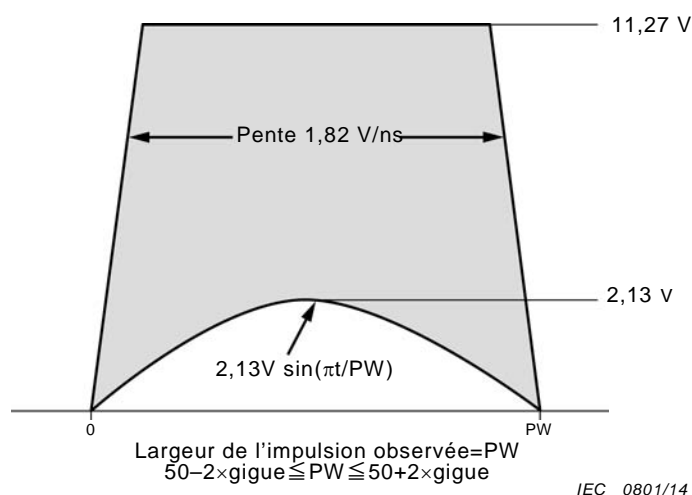


IEC 0800/14

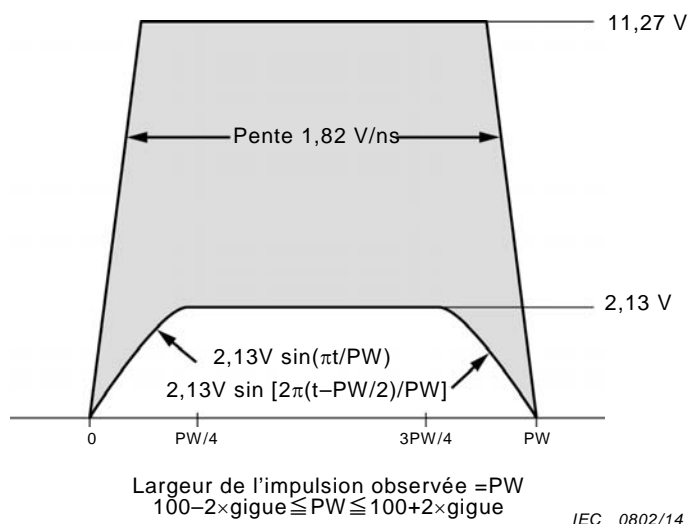
Figure C.7 – Forme d'onde amplifiée de l'émetteur pour impulsion de test de la liaison

#### C.2.4 Caractéristiques des signaux de réception

La forme d'onde de réception doit satisfaire aux conditions du modèle montré en Figure C.8 et en Figure C.9.



**Figure C.8 – Tension d'entrée différentielle amplifiée du récepteur – Impulsion étroite**



**Figure C.9 – Tension d'entrée différentielle amplifiée du récepteur – Impulsion large**

### **C.3 Type B: émetteur-récepteur à signaux amplifiés pour la Couche Physique fondé sur l'IEEE 802.3 (100BASE-TX)**

#### **C.3.1 Généralités**

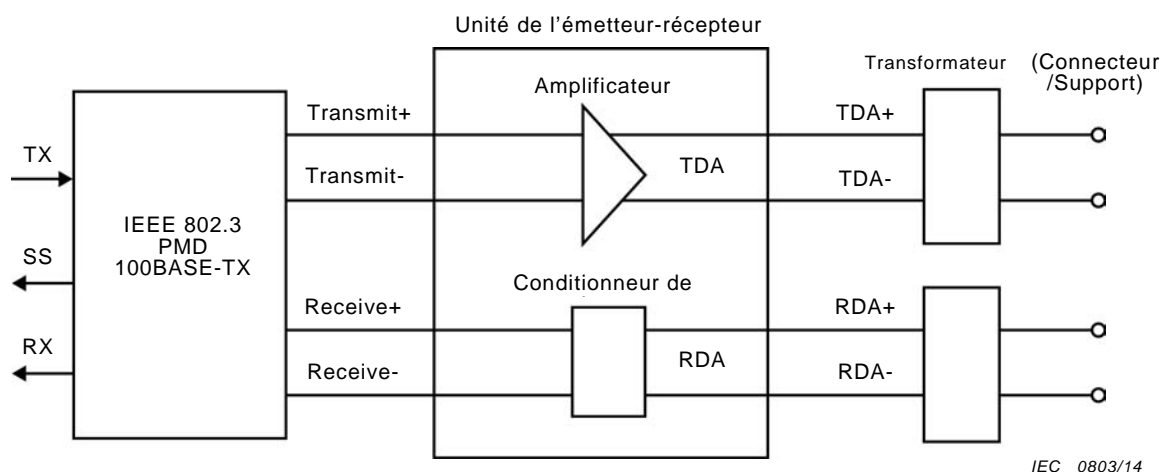
Le présent Article définit l'émetteur-récepteur à signaux amplifiés pour la Couche Physique fondé sur l'IEEE 802.3, Article 25 (100BASE-TX).

Les éléments non définis dans le présent Article doivent être conformes à l'IEEE 802.3, Article 25 (100BASE-TX).

#### **C.3.2 Unité d'émetteur-récepteur**

Le schéma fonctionnel de l'unité d'émetteur-récepteur est montré en Figure C.10. Les signaux de données de transmission différentiels Transmit+ et Transmit- du PMD 100BASE-TX de l'IEEE 802.3 sont mis à niveau dans le circuit de l'amplificateur et deviennent des signaux TDA+ et TDA- dirigés vers le transformateur. Un conditionneur de niveau est un circuit qui diminue les signaux RDA+ et RDA- reçus et les limite à un niveau de signaux

recevable pour le PMD, même si la transmission est réalisée depuis une unité d'émetteur-récepteur à proximité.



**Figure C.10 – Schéma fonctionnel de l'unité d'émetteur-récepteur**

### C.3.3 Caractéristiques des signaux de transmission

Les caractéristiques des signaux de transmission doivent être conformes à l'Article 9 de l'ANSI X3.263:1995 avec les exceptions énumérées ci-dessous.

- a) L'Article 9.1.1 «Interface active de sortie de la paire torsadée blindée» ne doit pas être appliqué.

NOTE Dans l'Article 9.1.1 est définie l'interface active de sortie (active output interface) pour STP avec impédance caractéristique de 150 Ω.

- b) La charge d'essai doit correspondre à la description contenue dans 9.1.2 «Interface active de sortie de la paire torsadée non blindée ».
- c) Pour obtenir la tension de sortie différentielle au lieu de la tension de sortie différentielle de l'UTP,  $V_{out}$  doit avoir la valeur suivante:

$$3\,800\text{ mV} \leq V_{out} \leq 4\,200\text{ mV}$$

Pour l'interface active de sortie de la paire torsadée, les caractéristiques du Signal Différentiel et le repère de fréquence nulle doivent être utilisés et conformes aux valeurs inscrites dans le Tableau C.2, à la place des caractéristiques du repère de fréquence nulle du Signal Différentiel de l'UTP et du repère de fréquence nulle du Signal Différentiel du STP.

**Tableau C.2 – Interface active de sortie de la paire torsadée**

Caractéristique	Minimum	Maximum	Unités
Signal Différentiel, UTP, repère de fréquence nulle	Non utilisé	Non utilisé	mVpk
Signal Différentiel, STP, repère de fréquence nulle	Non utilisé	Non utilisé	mVpk
Signal Différentiel, repère de fréquence nulle	3 800	4 200	mVpk

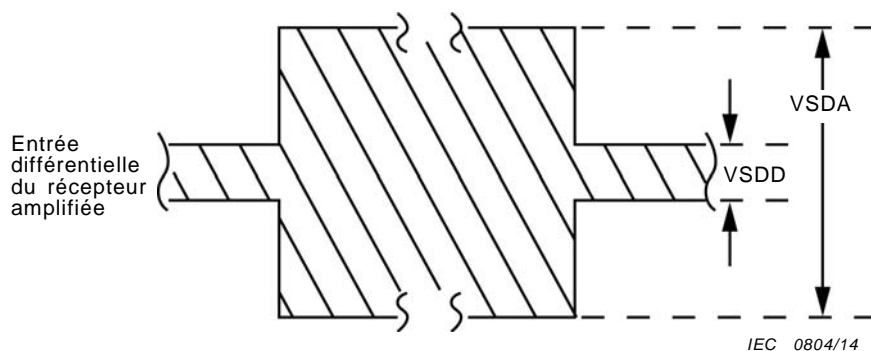
NOTE Les autres caractéristiques du Tableau 3 de l'Article 9 de l'ANSI X3.263-1995 restent inchangées.

### C.3.4 Caractéristiques des signaux de réception

Les caractéristiques des signaux de réception doivent être conformes à l'Article 10.1 de l'ANSI X3.263-1995 avec les exceptions indiquées ci-dessous.

- a) Signal\_detect doit être mise à 1 conformément à 10.1.2 pour tout signal crête à crête valide, VSDA, supérieur à 4 000 mV. Signal\_detect doit conserver sa mise à 1 en présence de signaux valides avec une faible densité de transitions.
- b) Signal\_detect doit être modifié lorsque le signal crête à crête reçu, VSDD, est inférieur à 800 mV.

La Figure C.11 illustre ces exigences.



**Figure C.11 – Seuil de mise à 1 de Signal\_detect**

NOTE Les modèles présentés en Figure C.11 sont extraits de l'ANSI X3.263-1995, Article 10.

## **Annexe D** (informative)

### **Définition du protocole de topologie en échelle**

#### **D.1 Généralités**

La présente annexe définit le protocole pour la topologie en échelle permettant une résistance renforcée et une meilleure disponibilité lors de la communication pour les applications de train afin de minimiser les risques relatifs à l'exploitation des trains.

La liste ci-dessous énumère les divers objectifs de la topologie en échelle.

- La poursuite de la communication sur l'ECN en cas de défaillance d'un élément simple,
- La poursuite de la communication sur l'ECN en cas de défaillances d'éléments doubles dans toute la mesure du possible, excepté pour les défaillances de cause commune,
- La transparence relative à la défaillance du réseau pour l'application de train au niveau des Équipements Terminaux, si la défaillance peut être résolue en temps voulu par contournement des points de défaillance.

Afin de réaliser ces objectifs, la topologie en échelle définie dans la présente applique les points de conception suivants:

- Doubles sous-réseaux de liens réseaux entre Commutateurs, qui constituent un système redondant,
- Liens locaux entre Commutateurs redondants,
- Transmission de trames de données sur les deux ou l'un des deux sous-réseaux en fonction des données d'application,
- Les trames de commande dédiées, habituellement utilisées dans le protocole de Couche Liaison pour la gestion des défaillances et des récupérations,
- Le protocole de gestion des redondances, qui contient les informations pour la gestion de la récupération,

Les protocoles pour l'interface de Commutateur Réseau de Rame doivent être conformes à la partie commune de la présente norme, à l'exception des protocoles requis pour l'administration de la redondance dans la topologie en échelle.

NOTE Ce protocole de topologie en échelle contient les exceptions qui ne sont pas conformes à l'IEEE 802.1D ou à l'IEEE 802.3, qui sont indiquées dans des notes aux endroits appropriés de la présente annexe.

Les protocoles pour l'interface des Équipements Terminaux du Commutateur Réseau de Rame doivent être conformes à la partie commune de la présente norme.

Dans la présente annexe, le terme «Commutateur Réseau de Rame» est remplacé par «CNN» ou «Nœud de Réseau de Rame».

#### **D.2 Architecture d'un Nœud de Réseau de Rame**

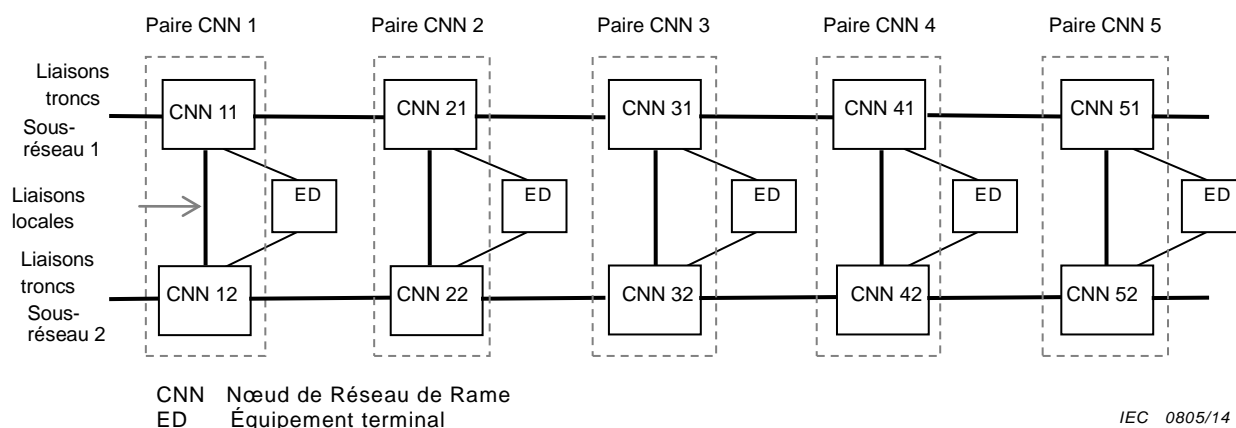
##### **D.2.1 Généralités**

Le présent Article définit les protocoles pour le CNN (Nœud de Réseau de Rame) dans la topologie en échelle.

## D.2.2 Concept de topologie en échelle

La Figure D.1 illustre un exemple de concept de topologie en échelle. Dans cet exemple, les CNN sont interconnectés en série avec des liaisons tronc sur chacun des sous-réseaux (sous-réseau 1 et sous-réseau 2). Les CNN sont également interconnectés entre eux de l'autre côté du réseau afin de former des paires avec les liaisons locales respectives.

En général, un Équipement terminal a deux liaisons (ce que l'on appelle connexion à double attachement); pour plus d'informations, se référer à 4.5.4.



NOTE 1 Dans cette figure, les CNN ont été numérotés uniquement à des fins de clarté.

NOTE 2 Les relais de shuntage facultatifs ne sont pas illustrés par souci de simplification.

**Figure D.1 – Concept de topologie en échelle**

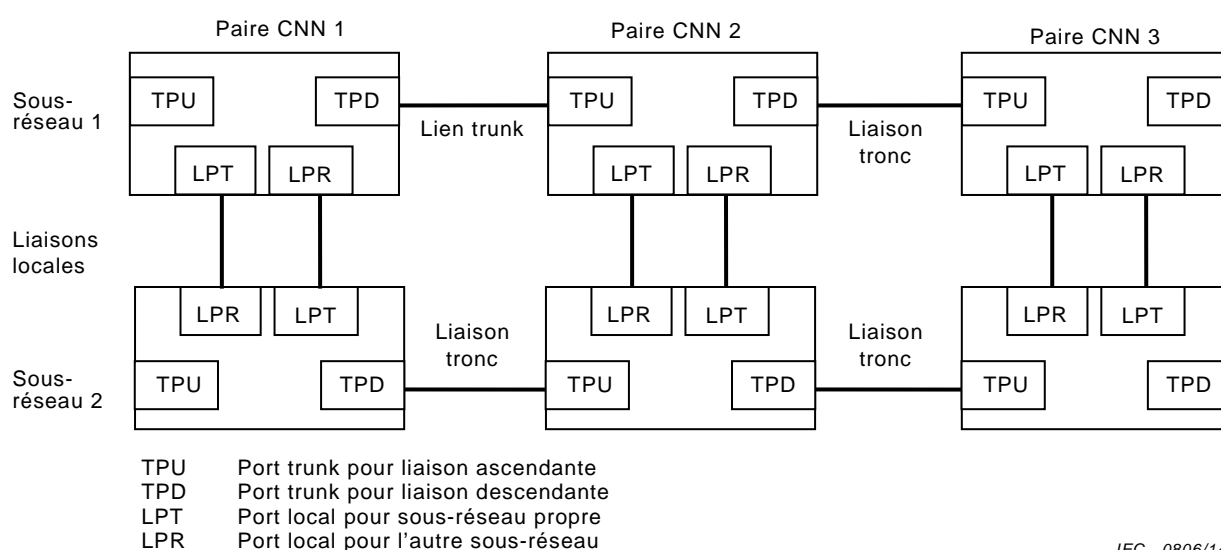
## D.2.3 Configuration de la topologie en échelle

La Figure D.2 illustre un exemple de configuration de topologie en échelle à trois CNN situés chacun dans un sous-réseau. Par souci de simplification, seules les parties pertinentes pour la connexion sont indiquées à l'intérieur du CNN.

Dans chacun des sous-réseaux de la Figure D.2, le lien trunk connecte le TPD et le TPU des CNN, mais le TPU ou le TPD en dehors des CNN d'extrémité est ouvert.

Concernant les liaisons locales, en cas de données de gestion de CNN et de PD (Process Data, pour Données de Processus), le LPT (port local propre au sous-réseau) sert exclusivement à la transmission de la trame de données et le LPR (port local pour l'autre sous-réseau) sert uniquement pour la réception. Dans les autres cas, chacun est utilisé en tant que moyen de communication bilatéral entre sous-réseaux. Le LTP du CNN dans le sous-réseau 1 est connecté au LPR du CNN dans le sous-réseau 2 et inversement pour une autre liaison locale.





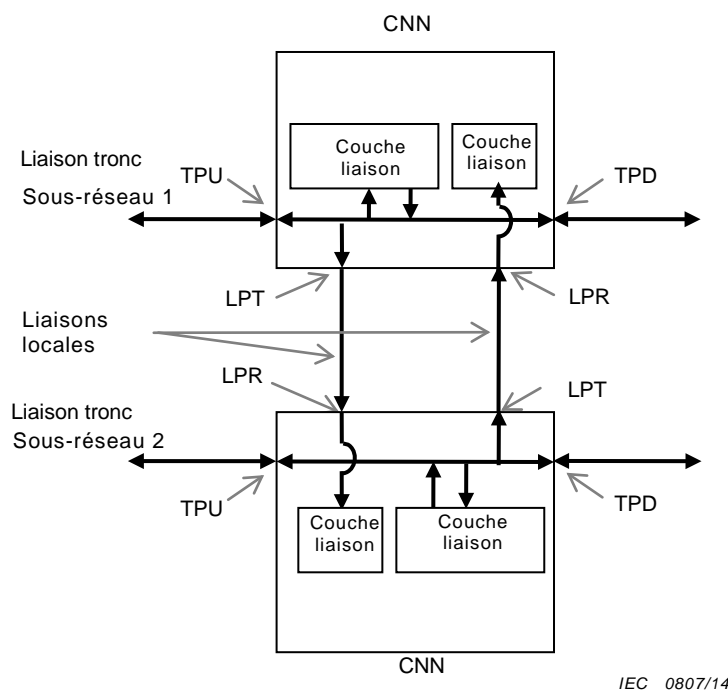
**Figure D.2 – Configuration de la topologie en échelle**

Les flux de base de trames de données dans les CNN dupliqués, en cas de données de gestion de CNN et de PD, sont montrés en Figure D.3.

La trame reçue au niveau de l'un des ports tronc (TPU ou TPD) est simultanément transférée à une Couche Liaison du CNN, à l'autre port du lien tronc (TPU ou TPD) et au LPT.

Inversement, la trame de données de la Couche Liaison du CNN est transmise aux liaisons tronc et au LPT en même temps.

Via le LPR, les trames de données transmises depuis le LPT de l'autre sous-réseau sont reçues par une autre Couche Liaison dans le CNN.



NOTE Les Couches Physiques sont remplacées par des flèches indiquant le sens des trames de données dans le schéma.

**Figure D.3 – Flux de base des trames de données sur les liaisons tronc et les liaisons locales dans la topologie en échelle**

#### D.2.4 Structure fonctionnelle du Nœud de Réseau de Rame

La Figure D.4 montre la structure fonctionnelle du CNN, qui est constituée d'une section de commutateurs, d'une section MAC temps réel et d'une section de gestion de topologie en échelle.

Le fonctionnement du commutateur doit être conforme à celui du Commutateur Réseau de Rame défini dans la présente norme.

Le protocole MAC temps réel prend en charge le contrôle du réseau afin d'éviter un engorgement du trafic en cas d'accès multiples au sein des CNN. Pour ce faire, il utilise un processus basé sur des jetons, où un jeton symbolise le droit de transmettre immédiatement ses trames de données au réseau.

NOTE 1 Le protocole MAC temps réel est défini en D.3.2.5 de la présente annexe. Le fonctionnement du protocole MAC temps réel constitue l'exception qui n'est pas conforme à l'IEEE 802.1D.

La section de gestion de la topologie en échelle inclut la gestion du CNN, la pile de protocole de la couche supérieure, la sous-couche MAC et les Couches Physiques. La gestion du CNN assure le contrôle de la redondance ainsi que du protocole MAC temps réel à l'aide des trames de commande dédiées pour la détection et la récupération après défaillance.

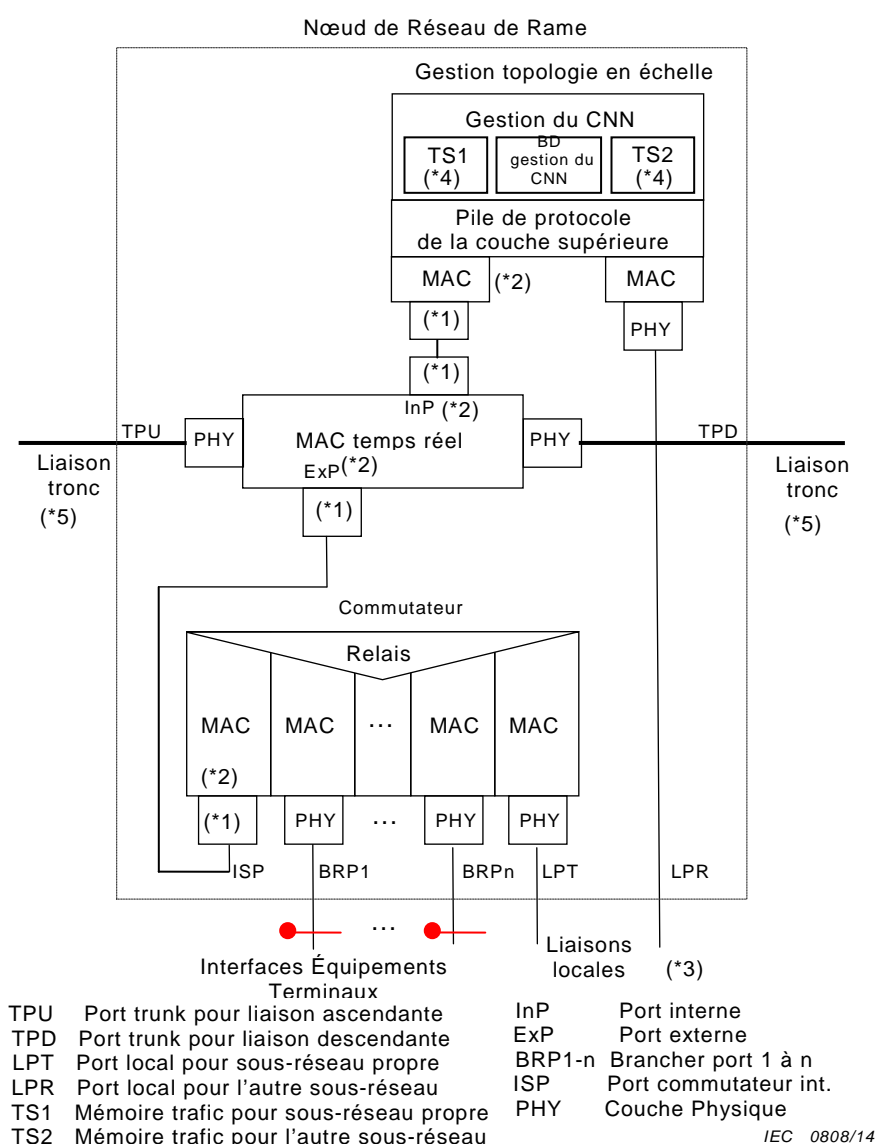
NOTE 2 Le protocole de la gestion du CNN est défini à l'Article D.4 de la présente annexe.

Le TPU et le TPD dans la Figure D.4 déterminent le sens des flux de jetons. Le TPU doit être connecté au TPD du CNN précédent et le TPD doit être connecté au TPU du CNN suivant pour faire en sorte que le jeton soit toujours reçu au niveau du TPU et envoyé vers le TPD dans le CNN.

Lorsque le CNN constitue l'origine de la trame de données, il transmet simultanément la trame de données au CNN précédent via le TPU et au CNN suivant via le TPD sur les liaisons troncs.

A l'inverse, lorsqu'un CNN reçoit une trame de données au niveau du TPU ou du TPD, le protocole MAC temps réel vérifie l'en-tête de la trame MAC pour voir s'il s'agit de l'une des trames de commande dédiées. Ensuite, la trame est traitée à l'intérieur du MAC temps réel, puis une autre trame de commande dédiée est diffusée sur le lien trunk.

Si la trame reçue n'est pas la trame de commande dédiée, elle est transférée au CNN suivant via le port trunk à l'opposé du port trunk de réception et diffusée simultanément aux Équipements Terminaux externes via le commutateur, ainsi qu'à la gestion du CNN via l'interface interne.



NOTE 1 Pour les interfaces internes, le PHY ou le MII (Media Independent Interface, pour interface indépendante du support) définis dans l'IEEE 802.3, Article 22 peuvent être utilisés.

NOTE 2 Le contrôle des flux, défini par le concept d'opération «MAC Control PAUSE» dans l'IEEE 802.3, est pris en charge dans les interfaces entre les MAC pour l'InP et l'ExP.

NOTE 3 Les liaisons locales sont utilisées pour la communication entre les CNN redondants dans la topologie en échelle.

NOTE 4 Le Traffic Store est une mémoire tampon pour les Données de Processus qui est rafraîchie lors de la transmission cyclique; la taille et l'espace d'adresses sont communs à tous les Traffic Stores dans le réseau.

NOTE 5 Le relais de shuntage optionnel de lien trunk pour la condition de coupure d'alimentation ou de défaillance du CNN n'est pas illustré dans cette figure.

**Figure D.4 – Structure fonctionnelle du Nœud de Réseau de Rame**

## D.2.5 Traffic Store pour les Données de Processus

Le concept de Traffic Store dans la présente topologie en échelle est similaire au Traffic Store du WTB défini dans l'IEC 61375-2-1, mais l'adresse et la taille de l'ensemble de données de PD peuvent être adaptées en fonction de l'application.

Dans la Figure D.5, le concept de Traffic Store est illustré au sein d'un réseau à 3 CNN. Le Traffic Store du CNN 1 diffuse sur le réseau l'ensemble de données A, auquel les autres CNN (le CNN 2 et le CNN 3) souscrivent. De la même façon, le Traffic Store du CNN 2 diffuse l'ensemble de données B et le Traffic Store du CNN 3 diffuse l'ensemble de données C.

L'adresse de décalage spécifie l'adresse de début pour l'ensemble de données dans l'espace d'adresses du Traffic Store. Un éditeur et plusieurs souscripteurs pour un ensemble de données sont configurés à l'identique dans les deux sous-réseaux. La totalité du contenu des ensembles de données des Traffic Store est rafraîchie pour être identique à un moment donné de la transmission cyclique.

La taille de l'espace d'adresses du Traffic Store doit être la même dans le réseau; il convient que sa taille soit de 64 ko par défaut. Deux ensembles de Traffic Store doivent être mis en œuvre pour le sous-réseau 1 et le sous-réseau 2 dans les CNN et les Équipements Terminaux.

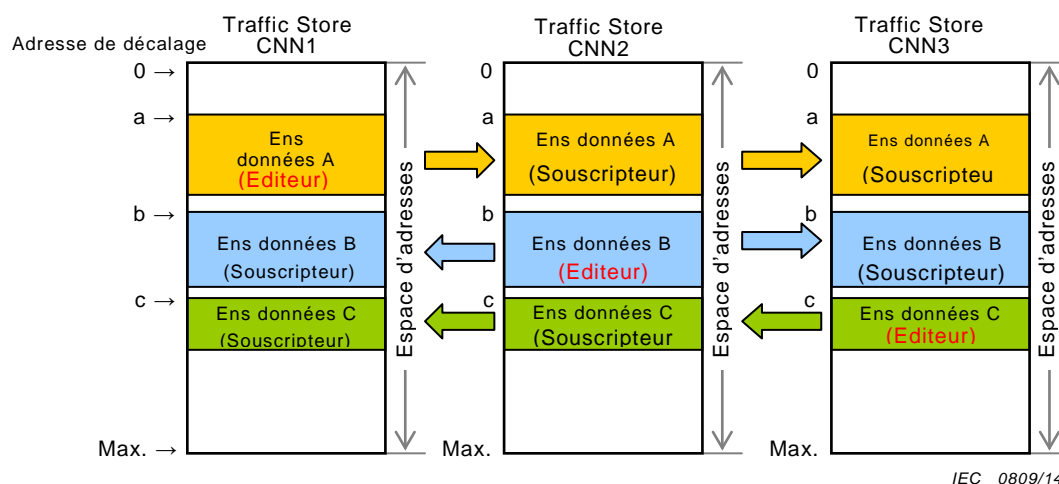


Figure D.5 – Concept de Traffic Store dans la topologie en échelle

## D.2.6 Redondance dans la topologie en échelle

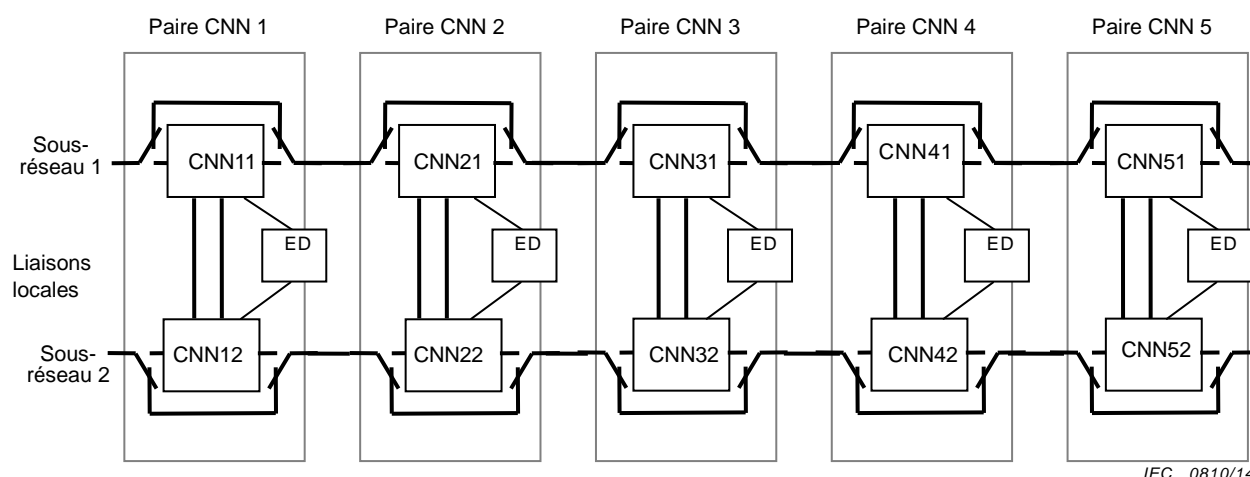
### D.2.6.1 Généralités

Le présent paragraphe décrit le comportement de la redondance dans la topologie en échelle, qui fait appel aux liaisons troncs dédiées et aux liaisons locales dédiées comme chemins redondants.

NOTE Pour obtenir une description formelle du diagramme d'états, se référer à D.4.9.

### D.2.6.2 Principes de redondance dans la topologie en échelle

La Figure D.6 montre un exemple de configuration de la topologie en échelle. Un CNN est connecté aux CNN voisins via des liaisons troncs et au CNN partenaire dans le sous-réseau de l'autre côté par des liaisons locales de sorte à former une paire de CNN. Bien qu'ils soient facultatifs dans les CNN, les relais de shuntage sont mis en évidence dans cet exemple.



NOTE Il n'est pas nécessaire de mettre en œuvre des relais de shuntage aux deux CNN d'extrémité, présents sur le schéma pour unification.

**Figure D.6 – Exemple de configuration de topologie en échelle**

Les principes de redondance dans la topologie en échelle sont:

- Toutes les trames PD (Données de Processus) des Équipements Terminaux sont transmises simultanément aux deux sous-réseaux ou liaisons troncs des deux sous-réseaux, via les deux paires de CNN, dans lesquelles les données sont identiques; les trames de données peuvent être reçues par les Équipements Terminaux au niveau de tous les autres CNN dans les deux sous-réseaux.
- Lorsque se produit une défaillance au niveau d'une liaison ou d'un CNN des sous-réseaux, provoquant ainsi la perte des trames de données, les autres CNN assurent la transmission des trames de données à la place du CNN défaillant en effectuant un détournement des liaisons locales. C'est ce que l'on appelle la transmission de substitution.
- La transmission de substitution n'est appliquée qu'aux Données de Processus. Toutefois, en cas de défaillance, les MD (Données de Messagerie) transmises de façon sporadique à l'un des sous-réseaux doivent être détournées par le protocole de routage OSPF (Open Shortest Pass First) version 2 défini dans la RFC 2328 avec les extensions du document RFC 1793 et du document RFC 4136.

### D.2.6.3 Transmission de substitution

La transmission de substitution est le système de secours dans lequel la transmission de données des CNN dans le sous-réseau séparé par la défaillance est substituée par les autres CNN dans le sous-réseau de sorte que la transmission de données puisse continuer comme si les données se trouvaient dans le même CNN qu'auparavant, même après défaillance.

Grâce à cela, les Équipements Terminaux connectés aux paires de CNN en connexion à double attachement n'ont pas besoin de traiter la défaillance, ni de basculer l'interface de l'autre côté pour la réception des données en cas de défaillance d'un élément simple ou d'éléments doubles, à l'exception des pannes de mode commun sur les sous-réseaux redondants.

Dans le mécanisme de la transmission de substitution, afin d'éviter la condition dans laquelle les CNN ne peuvent pas recevoir les Données de Processus du CNN éditeur lorsqu'il est défaillant et étant donné que des données avec le même contenu sont transmises normalement depuis le CNN partenaire du CNN éditeur défaillant, les données peuvent être transmises à nouveau par les autres CNN dans le cadre d'une substitution à l'aide des données du partenaire.

Dans les liaisons locales, les données reçues au niveau du LPR sont stockées pour mettre à jour le contenu du Traffic Store correspondant. Lorsque la transmission de substitution est effectuée, les données sont reprises pour être transmises au sous-réseau.

La transmission de substitution doit être lancée dans les situations énumérées ci-dessous:

- a) Lorsqu'un CNN détecte une défaillance de lien trunk entre le CNN voisin lors d'un contrôle périodique de l'état des liaisons troncs,
- b) Lorsqu'un CNN détecte un ou plusieurs CNN shuntés via des liaisons ascendantes,
- c) Lorsqu'un CNN reçoit la requête contenue dans les informations de gestion de CNN de l'autre CNN.

Dans de tels cas, le CNN transmet les données reçues des autres CNN dans le sous-réseau opposé en lisant les données depuis le Traffic Store dédié au LPR, en plus de ses propres données.

NOTE Pour obtenir une description formelle de la transmission de substitution dans la topologie en échelle, se référer au Tableau D.45 et au Tableau D.46 de D.4.8. Pour les cas de défaillance dans la topologie en échelle avec transmission de substitution, se référer à l'Article D.5.

## **D.2.7 Paramètres de configuration pour la topologie en échelle**

### **D.2.7.1 Généralités**

Le présent paragraphe décrit les paramètres de configuration pour la topologie en échelle.

### **D.2.7.2 Paramètres de configuration pour le CNN**

Dans la topologie en échelle, différentes adresses IP individuelles doivent être affectées aux Équipements Terminaux correspondants avec des ID de sous-réseaux différents, connectés aux CNN dans les sous-réseaux séparés du sous-réseau 1 et du sous-réseau 2.

NOTE Pour l'affectation des adresses IP, se référer à D.3.3.

Le Tableau D.1 montre les paramètres de configuration pour le CNN dans le sous-réseau 1; le Tableau D.2 montre les paramètres de configuration pour le CNN dans le sous-réseau 2 dans la topologie en échelle.

**Tableau D.1 – Paramètres de configuration pour le CNN dans le sous-réseau 1**

Paramètre	Type	Description
IndividualIpAddressledS1	UNSIGNED32	Adresse IP individuelle pour la gestion du CNN du sous-réseau 1.
IndividualIpAddressLprS1	UNSIGNED32	Adresse IP individuelle pour le port local de l'autre sous-réseau dans le CNN du sous-réseau 1.

**Tableau D.2 – Paramètres de configuration pour le CNN dans le sous-réseau 2**

Paramètre	Type	Description
IndividualIpAddressledS2	UNSIGNED32	Adresse IP individuelle pour la gestion du CNN du sous-réseau 2.
IndividualIpAddressLprS2	UNSIGNED32	Adresse IP individuelle pour le port local de l'autre sous-réseau dans le CNN du sous-réseau 2.

### **D.2.7.3 Paramètres de configuration pour la transmission de substitution**

Le Tableau D.3 montre les paramètres de configuration pour la transmission de substitution des Données de Processus. Lorsque la fonction de transmission de substitution est appliquée

dans la topologie en échelle, le nombre d'entrées et le contenu doivent être identiques pour tous les CNN du sous-réseau.

NOTE Pour la fonction de transmission de substitution, se référer à D.2.6.3.

**Tableau D.3 – Configuration\_Process\_Data\_Transmission\_Substitute**

Paramètre	Type	Description
ConfigurationSubsCnnK	Type_Configuration_ Substitute	Données de configuration pour la transmission de substitution de CNN k
ConfigurationSubsCnnL	Type_Configuration_ Substitute	Données de configuration pour la transmission de substitution de CNN l
ConfigurationSubsCnnM	Type_Configuration_ Substitute	Données de configuration pour la transmission de substitution de CNN m
...	...	...

k, l, m: numéro CNN à substituer pour transmission

La structure de données Type\_Configuration\_ Substitute doit contenir les éléments suivants, énumérés dans le Tableau D.4.

**Tableau D.4 – Type\_Configuration\_Substitute**

Paramètre	Type	Description
OffsetPdSubs1	UNSIGNED16	Adresses de décalage des Données de Processus pour le paquet producteur 1 pour la transmission de substitution
SizePdSubs1	UNSIGNED12	Volume des Données de Processus pour le paquet producteur 1 pour la transmission de substitution [0..1 464]
OffsetPdSubs2	UNSIGNED16	Adresses de décalage des Données de Processus pour le paquet producteur 2 pour la transmission de substitution
SizePdSubs2	UNSIGNED12	Volume des Données de Processus pour le paquet producteur 2 pour la transmission de substitution [0..1 464]

## D.2.8 Connexion du signal pour le lien trunk

### D.2.8.1 Généralités

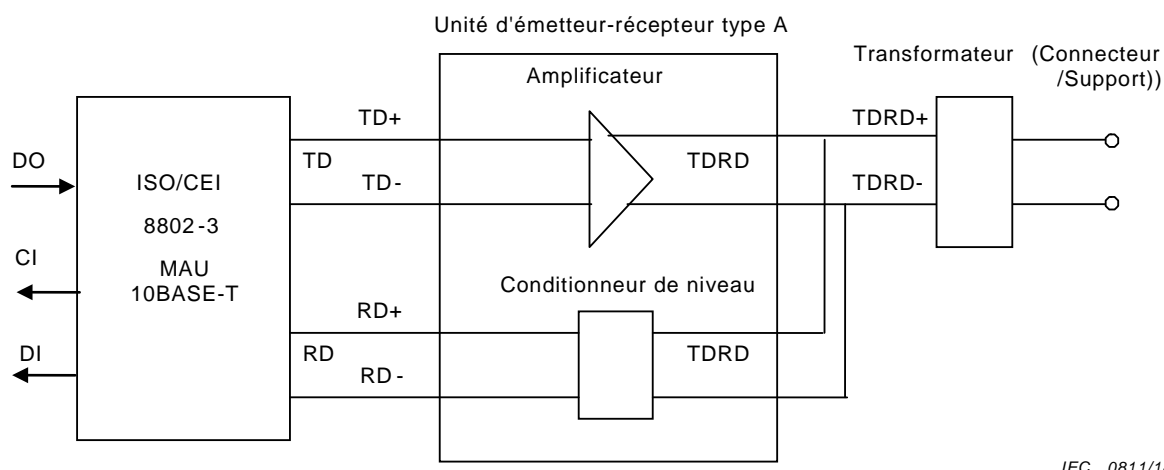
Afin de réduire le poids et le coût de câblage des véhicules, il est souhaitable de réduire le nombre de câbles et de broches du connecteur, particulièrement lorsque l'ECN est appliqué à des véhicules existants utilisant des coupleurs électriques traditionnels entre eux. En utilisant le protocole MAC temps réel au niveau de la couche Liaison, la transmission et réception simultanées des signaux ne se produisent pas dans la liaison, si bien qu'un même câble à paire torsadée peut être utilisé au lieu de deux câbles à paire torsadée en mode duplex défini dans la présente norme, en cas d'utilisation d'une Couche Physique avec débit binaire de transmission de 10 Mbps et émetteur-récepteur à amplification pour une résistance accrue.

NOTE La communication avec un câble à paire torsadée et l'émetteur-récepteur à signaux amplifiés constituent les deux exceptions qui ne sont pas conformes à l'IEEE 802.3.

### D.2.8.2 Connexion avec un câble à paire torsadée (en option)

La Figure D.7 montre le schéma fonctionnel de l'unité de l'émetteur-récepteur de type A, défini dans l'Annexe C, avec un câble à paire torsadée. Les signaux de données de transmission différentiels TD+ et TD- de la MAU 10BASE-T de l'IEEE 802.3 sont mis à niveau dans l'amplificateur et deviennent des signaux TDRD+ et TDRD- dirigés vers le

transformateur. Les signaux de transmission et les signaux reçus sont multiplexés au niveau de la sortie de l'amplificateur, ce qui correspond également à l'entrée du conditionneur de niveau.



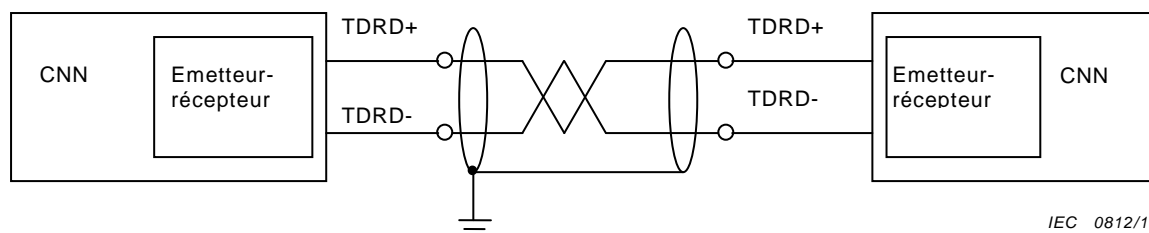
IEC 0811/14

**Figure D.7 – Schéma fonctionnel de l'unité de l'émetteur-récepteur pour une connexion avec un câble à paire torsadée**

La connexion par signal pour un câble à paire torsadée est donnée dans le Tableau D.5, qui montre la connexion entre les deux émetteurs-récepteurs. La Figure D.8 illustre la connexion par câble avec un câble à paire torsadée blindée.

**Tableau D.5 – Connexion par signal entre émetteurs-récepteurs (un câble à paire torsadée)**

Nom du signal	Symbole	Direction du signal	Symbole	Nom du signal
Transmission/ réception	TDRD (+)	$\longleftrightarrow$	TDRD (+)	Transmission/ réception
	TDRD (-)		TDRD (-)	



IEC 0812/14

**Figure D.8 – Connexion par câble pour un câble à paire torsadée**

### D.2.9 Connexion à la liaison locale

Pour les ports de liaisons locales dans la topologie en échelle, le connecteur décrit ci-dessous doit être utilisé.

- Connecteur M12 code D

Ce connecteur à brochage est conforme à 4.9.4.3 de la présente norme.

NOTE Lorsqu'une paire de CNN est mise en œuvre dans une même unité, n'importe quel type de connexion peut être utilisé, par exemple une connexion par fond de panier, qui n'est pas définie dans la présente norme.



## D.3 Couche Liaison

### D.3.1 Généralités

Le présent Article définit la Couche Liaison du CNN pour la topologie en échelle.

Afin de mettre en œuvre une topologie en échelle, le protocole MAC temps réel est adopté au niveau du lien trunk dédiée entre les CNN en supplément de la fonction de Commutateur Réseau de Rame MAC définie dans la présente norme.

NOTE Le protocole MAC temps réel constitue l'exception qui n'est pas conforme à l'IEEE 802.1D.

### D.3.2 MAC – Media Access Control

#### D.3.2.1 Généralités

Le présent paragraphe définit le protocole MAC temps réel, qui effectue un contrôle en temps réel garantissant la responsabilité déterministe dans une durée de cycle plus court.

Les trames de commande pour le protocole MAC temps réel sont également utilisées pour la détection et la récupération après défaillances dans la topologie en échelle.

A l'aide du protocole MAC temps réel défini dans le présent paragraphe, la transmission de secours est effectuée sur les liaisons troncs, car le protocole MAC temps réel contrôle le trafic de sorte qu'un seul CNN à la fois puisse transmettre sa trame dans le sous-réseau.

Le contrôle des flux défini comme l'opération «MAC Control PAUSE» dans l'IEEE 802.3 doit être pris en charge dans les interfaces au niveau de l'InP et de l'ExP dans le protocole MAC temps réel, comme le montre la Figure D.4. Les éléments non définis dans le présent paragraphe doivent être conformes à l'IEEE 802.3, Article 2 (Spécification quant au fonctionnement du protocole Media Access Control).

#### D.3.2.2 Numéro de CNN

##### D.3.2.2.1 Généralités

Des numéros individuels sont affectés aux CNN. Ils indiquent la séquence des CNN dans le réseau. Le format du numéro de CNN est donné dans le Tableau D.6.

**Tableau D.6 – Numéro de CNN**

Paramètre	Type	Description
CnnNumber	UNSIGNED5	Numéro de CNN, initialement paramétré par l'application et inchangé pendant l'exploitation. [1..31]

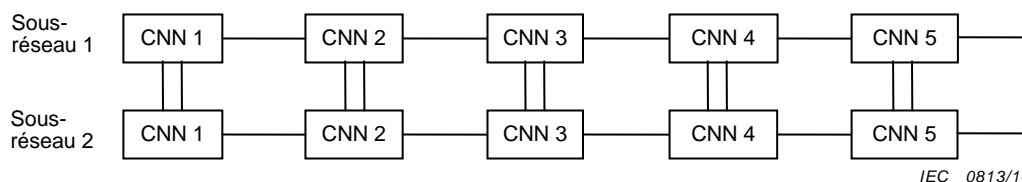
##### D.3.2.2.2 Affectation du numéro de CNN

Le numéro de chaque CNN doit être paramétré par l'application et doit suivre un ordre incrémentiel d'un CNN d'extrémité à l'autre. Il n'est pas permis d'affecter les numéros de CNN de façon discontinue ou irrégulière ou en les dupliquant dans l'ordre.

Le CNN d'extrémité auquel est affecté le plus petit numéro est désigné comme «CNN supérieur» et celui à l'autre extrémité comme le «CNN inférieur». Le sens allant du CNN supérieur au CNN inférieur est ce que l'on appelle la direction descendante et le sens inverse est la direction ascendante.

Dans la topologie en échelle représentée à la Figure D.9, l'un des CNN d'extrémité du sous-réseau 1 reçoit le plus petit numéro (le 1). Le numéro de chaque CNN suivant dans la

direction descendante est incrémenté de 1 jusqu'à l'autre CNN d'extrémité. Dans le sous-réseau 2, les CNN doivent être numérotés de la même manière que son CNN de paire.



**Figure D.9 – Exemple d'affectation de numéro de CNN dans la topologie en échelle**

### D.3.2.3 Définition de la trame de commande

#### D.3.2.3.1 Généralités

Cinq types de trames de commande dédiées pour le protocole MAC temps réel sont définis et doivent être appliqués au protocole de liaison de données. Ces trames de commande ne sont appliquées qu'entre deux CNN voisins à la fois. C'est-à-dire que ces trames de commande ne sont pas transférées immédiatement au CNN suivant, mais reçues, interprétées puis transmises à nouveau au CNN suivant si nécessaire.

- a) Commande de réinitialisation
- b) Commande jeton
- c) Commande de retour
- d) Commande liaison
- e) Commande liaison ACK

#### a) Commande de réinitialisation

La commande de réinitialisation est émise du CNN supérieur vers les CNN inférieurs pour synchroniser le début de la transmission cyclique. Lorsque le CNN suivant reçoit la commande de réinitialisation du CNN supérieur, le CNN revient à un état initial puisqu'il n'a plus de jeton, puis il retransmet la commande de réinitialisation au CNN inférieur suivant et ainsi de suite.

#### b) Commande jeton

La commande jeton est utilisée pour transférer le droit de transmission au CNN suivant. Le CNN qui a reçu la commande jeton d'un CNN supérieur a l'autorisation de transmettre ses propres trames de données au sous-réseau. Après transmission des trames de données par le CNN, ce dernier transmet la commande jeton au CNN inférieur suivant.

#### c) Commande de retour

La commande de retour est émise depuis le CNN inférieur dans la direction ascendante afin de renvoyer le droit de transmission au CNN supérieur. Lorsqu'un CNN intermédiaire reçoit la commande de retour depuis un CNN inférieur, le CNN la renvoie à son CNN supérieur.

#### d) Commande liaison

La commande liaison est utilisée pour solliciter un nouveau CNN pour le sous-réseau au niveau du CNN inférieur. Si un nouveau CNN demande l'accès au sous-réseau, il envoie la commande liaison ACK en réponse à la commande liaison.

#### e) Commande liaison ACK

La commande liaison ACK est la réponse à la commande liaison pour rejoindre le sous-réseau. Initialement, un CNN autonome attend la commande liaison depuis un CNN supérieur.

Lorsque le CNN reçoit la commande liaison, le CNN envoie la commande liaison ACK au CNN supérieur.

### D.3.2.3.2 Formats de la trame de commande

Le format d'une trame pour la commande est indiqué en Figure D.10, fondée sur la taille minimale de la trame de liaison de données.

Préambule (7)	SFD (1)	Adresse de destination (6)	Adresse source (6)	Longueur / type (2)	Données et Bourrage			FCS (4)
					Commande (2)	Code de vérification (1)	Bourrage (43)	

NOTE Les nombres entre parenthèses indiquent la taille du champ en octets.

**Figure D.10 – Format de trame pour les commandes**

NOTE 1 Ci-après dans le présent paragraphe, les octets représentés dans le champ sont transmis de gauche à droite.

#### a) Champ Adresse de Destination

Une adresse de groupe de diffusion particulière doit être affectée au champ Adresse de Destination. Le nombre spécifié dans le champ Adresse de Destination est indiqué dans le Tableau D.7.

**Tableau D.7 – Contenu du champ Adresse de Destination**

Champ	Octets en nombres hexadécimaux
Adresse de Destination,	01 80 C2 00 00 01

NOTE 2 L'adresse est fondée sur l'adresse de diffusion affectée de manière globale pour l'opération «MAC control PAUSE» définie dans l'IEEE 802.3, Annexe 31B.

#### b) Champ Adresse Source

Une adresse doit être affectée au champ Adresse Source. Le nombre spécifié dans le champ Adresse Source est indiqué dans le Tableau D.8.

**Tableau D.8 – Contenu du champ Adresse Source**

Champ	Octets en nombres hexadécimaux
Adresse Source	00 00 00 00 00 00

NOTE 3 Le champ Adresse source n'est pas interprété par la Couche Liaison dans cette opération.

#### c) Champ Longueur/Type

Un numéro doit être affecté au champ Longueur/Type. Le nombre spécifié dans le champ Longueur/Type est indiqué dans le Tableau D.9.

**Tableau D.9 – Contenu du champ Longueur/Type**

Champ	Octets en nombres hexadécimaux
Longueur/Type	22 DF

NOTE 4 Le numéro de Type Ethernet est affecté pour ce type de trame Ethernet par l'IEEE

#### d) Champs Commande et Code de Vérification

Un champ Commande de deux octets est appliqué au protocole de liaison de données et un champ Code de Vérification d'un octet permet d'avoir une commande fiable. Les lignes qui suivent décrivent l'arithmétique du code de vérification.

Ajouter les nombres du premier octet du champ Adresse de Destination au dernier octet du champ Commande, puis prendre le complément à 2 de la somme.

Les champs Commande et Code de Vérification doivent être paramétrés avec les nombres spécifiés dans le Tableau D.10.

**Tableau D.10 – Contenu des champs Commande et Code de Vérification**

Trames de commande	Champs	Octets en nombres hexadécimaux	Remarques
Commande de réinitialisation	Commande	80 nn	nn: '00'h par défaut, les autres valeurs sont réservées.
	Code de Vérification	kk	(Voir la NOTE 2)
Commande jeton	Commande	10 nn	(Voir la NOTE 1)
	Code de Vérification	kk	(Voir la NOTE 2)
Commande de retour	Commande	20 00	
	Code de Vérification	0C	
Commande liaison	Commande	08 nn	(Voir la NOTE 1)
	Code de Vérification	kk	(Voir la NOTE 2)
Commande liaison ACK	Commande	04 nn	(Voir la NOTE 1)
	Code de Vérification	kk	(Voir la NOTE 2)
NOTE 1 nn: numéro du CNN qui transmet la commande.			
NOTE 2 kk: valeur qui varie en fonction du résultat du calcul.			

#### e) Champ Bourrage

Un champ Bourrage de quarante-trois octets doit être paramétré à l'aide des nombres indiqués dans le Tableau D.11.

**Tableau D.11 – Contenu du champ Bourrage**

Champ	Octets en nombres hexadécimaux
Bourrage	00 ----- 00 (tous les 00 pour 43 octets)

#### f) Champ Séquence de Contrôle de Trame (FCS)

Un champ Séquence de Contrôle de Trame de quatre octets doit être fondé sur l'IEEE 802.3, Article 3 (Structure de trame Media Access Control).

### D.3.2.4 Reconfiguration du réseau

#### D.3.2.4.1 Généralités

Le présent paragraphe décrit l'établissement d'une liaison pour la reconfiguration du réseau.

Dans le présent paragraphe, le terme de liaison acquittée ne couvre pas uniquement la liaison physique, mais également la liaison avec établissement d'une liaison au niveau des trames de commande Liaison et Liaison ACK.

#### D.3.2.4.2 Configuration initiale

Lors de l'installation du réseau, les règles de configuration initiale énumérées ci-dessous doivent être appliquées.

- Deux ports troncs dans un CNN doivent être configurés au préalable: le premier comme port de liaison ascendante, l'autre comme port de liaison descendante. Les connexions physiques entre CNN voisins sont déterminées en conséquence.
- Deux CNN voisins sont connectés à l'aide d'un lien trunk entre le port de liaison descendante de l'un des CNN et le port de liaison ascendante du second CNN.
- Au niveau du CNN d'extrémité inférieur dans le réseau, le port de liaison ascendante dans le CNN doit être réglé sur le mode liaison forcée désactivée, mais pas pour le port de liaison descendante.
- Au niveau du CNN d'extrémité supérieur dans le réseau, le port de liaison descendante dans le CNN doit être réglé sur le mode liaison forcée désactivée, mais pas pour le port de liaison ascendante.
- Au niveau des CNN intermédiaires, ni les ports de liaison ascendante, ni les ports de liaison descendante ne doivent être réglés sur le mode liaison forcée désactivée.

Au niveau du CNN pour lequel le port de liaison ascendante est réglé sur le mode liaison forcée désactivée, la transmission des trames de données est bloquée au niveau du port de liaison ascendante, à l'exception de la trame de commande Liaison ACK répondant à la trame de commande Liaison, si elle est reçue au port. Toutefois, au niveau du CNN pour lequel le port de liaison descendante est réglé sur le mode liaison forcée désactivée, la transmission des trames de données est bloquée, à l'exception de la trame de commande Liaison qui effectue des envois toutes les 20 ms.

#### D.3.2.4.3 Séquence d'établissement de liaison

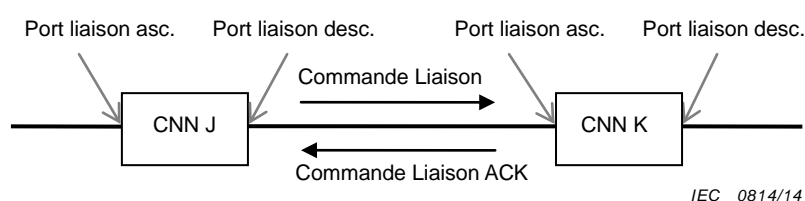
- Liaisons troncs

L'établissement d'une liaison acquittée entre deux CNN est représenté à la Figure D.11.

Dans la Figure D.11, le CNN supérieur (CNN J), après mise sous tension, transmet une trame de commande Liaison via son port de liaison descendante au port de liaison ascendante du CNN inférieur (CNN K); cette opération est répétée jusqu'à ce que l'expéditeur reçoive une trame de commande Liaison ACK du CNN suivant.

Par ailleurs, au niveau du CNN inférieur (CNN K), après mise sous tension, lorsque le CNN reçoit une trame de commande Liaison, il envoie une trame de commande Liaison ACK au CNN supérieur (CNN J), via son port de liaison ascendante.

Cet établissement de liaison permet l'obtention d'une liaison acquittée entre les deux CNN.

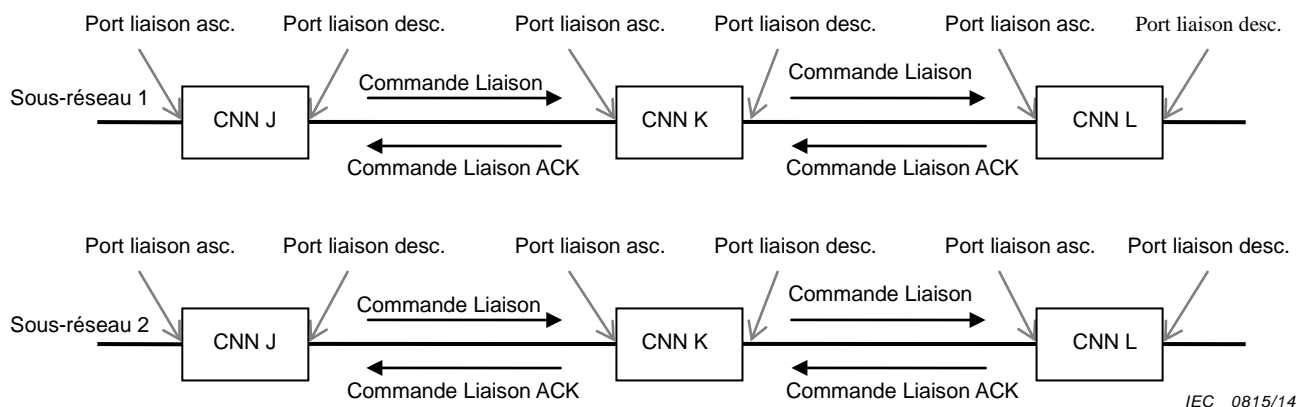


**Figure D.11 – Etablissement de liaison entre deux CNN**

Cette procédure est effectuée sur chacune des liaisons trunks entre deux CNN voisins dans les sous-réseaux respectifs. Les liaisons acquittées sont établies sur tous les ports trunks dans le sous-réseau.

Si la trame de commande Liaison ou la trame de commande Liaison ACK n'est pas reçue normalement dans un lien trunk, la liaison acquittée n'est pas établie au niveau du lien trunk. Dans ce cas, les liaisons acquittées sont établies dans des plages séparées de CNN successifs.

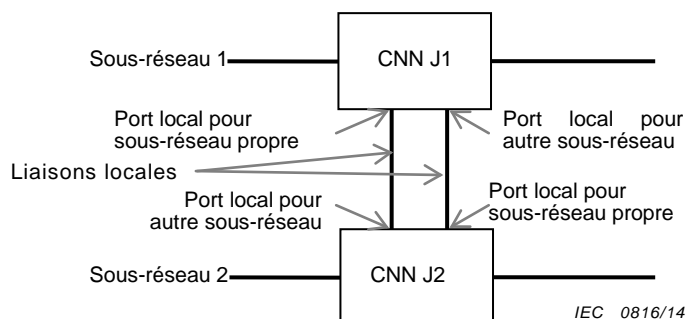
Dans la topologie en échelle, l'établissement de liaisons acquittées est exécuté indépendamment dans les deux sous-réseaux séparés (voir Figure D.12). Une fois que toutes les liaisons acquittées entre les CNN ont été établies dans chacun des sous-réseaux, le réseau forme un domaine de diffusion dans la plage entre les deux CNN d'extrémité au sein du sous-réseau respectif.



**Figure D.12 – Etablissement de liaisons dans la topologie en échelle**

#### b) Liaison locale

Les CNN redondants dans une paire sont interconnectés à l'aide de deux liaisons en mode duplex (voir Figure D.13). Les liaisons standards de Couche Physique qui ne sont pas des liaisons acquittées doivent être établies dans les liaisons locales respectives.



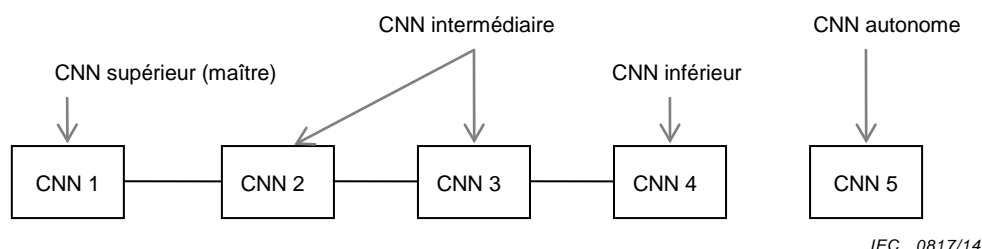
**Figure D.13 – Liaisons locales entre CNN redondants**

#### D.3.2.4.4 Détermination du mode de CNN

Si un CNN ne reçoit aucune trame de commande Liaison au niveau de son port de liaison ascendante, le CNN se trouve en mode CNN supérieur. A l'inverse, si un CNN ne reçoit

aucune trame de commande Liaison ACK au niveau de son port de liaison descendante, le CNN se trouve en mode CNN inférieur.

Un CNN dans lequel des liaisons acquittées ont été établies au niveau du port de liaison ascendante et du port de liaison descendante se trouve en mode CNN intermédiaire. Lorsqu'un CNN n'a aucune liaison de port trunk établie, il se trouve en mode CNN autonome (voir Figure D.14).



**Figure D.14 – Exemple de modes de CNN**

En mode CNN autonome, le CNN a l'état hors-ligne et attend une trame de commande Liaison au niveau de son port de liaison ascendante. Il continue d'envoyer une trame de commande Liaison toutes les 2 ms vers le port de liaison descendante jusqu'à ce qu'il reçoive une trame de commande Liaison ACK.

Dans les deux sous-réseaux de la topologie en échelle, le mode de CNN est déterminé de la même manière. Cette décision est prise pour les CNN comme le résume le Tableau D.12. Le CNN supérieur devient également le maître du réseau.

Lors de l'installation des réseaux dans la topologie en échelle, il convient que les modes des deux CNN d'une paire soient identiques.

**Tableau D.12 – Mode de CNN dans la topologie en échelle**

Sous-réseau	Mode de CNN	Liaison acquittée établie au niveau du port de liaison ascendante	Liaison acquittée établie au niveau du port de liaison descendante	Remarques
Sous-réseau 1	CNN supérieur (maître)	Non (liaison forcée désactivée)	Oui	Préconfiguré
	CNN inférieur	Oui	Non (liaison forcée désactivée)	Préconfiguré
	CNN intermédiaire	Oui	Oui	
	CNN autonome	Non	Non	
Sous-réseau 2	CNN supérieur (maître)	Non (liaison forcée désactivée)	Oui	Préconfiguré
	CNN inférieur	Oui	Non (liaison forcée désactivée)	Préconfiguré
	CNN intermédiaire	Oui	Oui	
	CNN autonome	Non	Non	

#### D.3.2.4.5 Fin d'établissement de liaison

Le CNN qui achève le processus d'établissement de liaison de son port trunk pour la liaison descendante, en tant que maître et sur la base du «premier arrivé, premier servi», envoie la trame de commande de réinitialisation au CNN inférieur afin de démarrer la transmission cyclique.

Bien que le CNN envoie la commande de réinitialisation très tôt, lorsque le CNN reçoit une trame de commande au niveau de son port de liaison ascendante, le mode du CNN change de CNN supérieur à CNN intermédiaire. Au final, le CNN supérieur effectif devient le maître qui lance la transmission cyclique avec passage du jeton sur le sous-réseau. La transmission cyclique est exécutée indépendamment sur le sous-réseau respectif dans la topologie en échelle.

Les diagrammes d'états de la reconfiguration du réseau en relation avec le jeton sont décrits en D.3.2.5.

### **D.3.2.5 Protocole MAC temps réel**

#### **D.3.2.5.1 Structure MAC temps réel**

##### **D.3.2.5.1.1 Généralités**

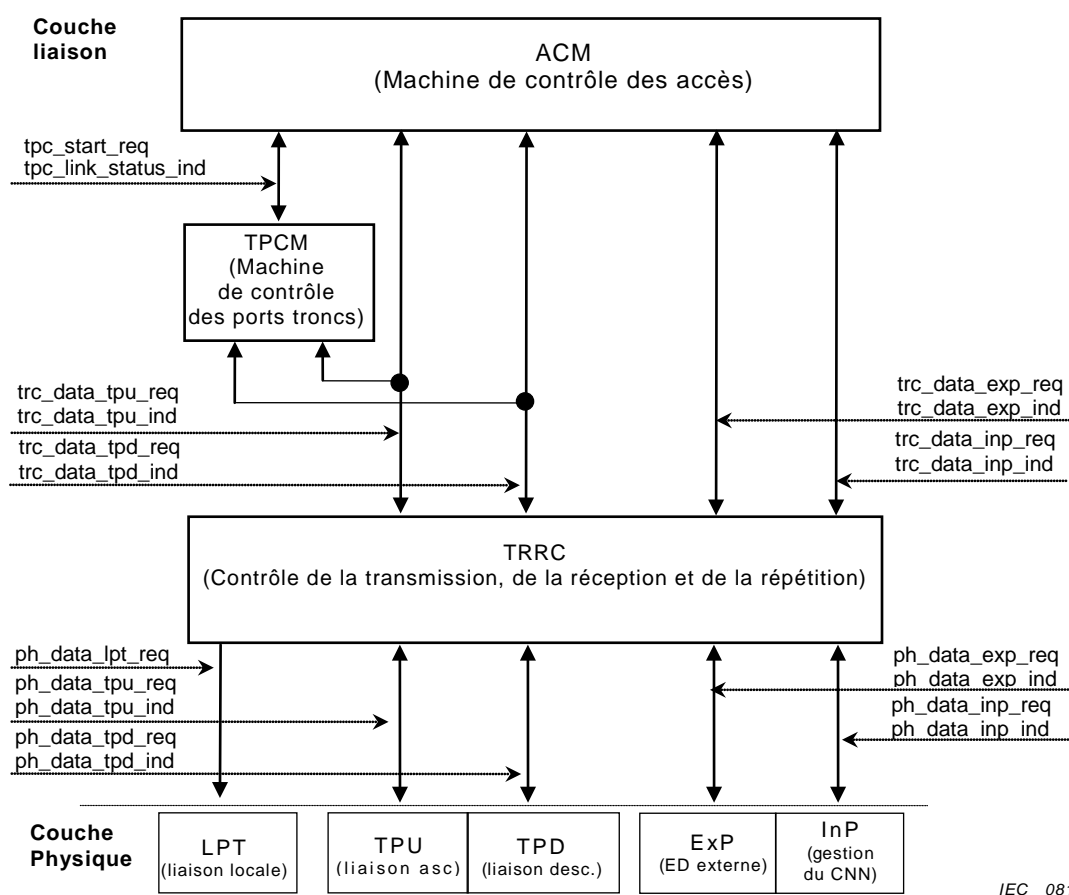
Dans la Figure D.15, les cadres à l'intérieur de la Couche Liaison constituent des blocs de fonctions qui composent la sous-couche du protocole MAC temps réel. Les flèches en trait continu représentent la direction des primitives entre les cadres. Le nom des primitives est indiqué à côté des flèches.

L'ACM (Access Control Machine, pour machine de contrôle des accès) prend en charge le contrôle des accès au support du réseau. Après l'établissement de la liaison acquittée, l'ACM contrôle le passage de jeton et la répétition des trames reçues d'un port trunk sur l'autre.

La TPCM (Trunk Port Control Machine, pour machine de contrôle des ports troncs) contrôle les liaisons acquittées des ports troncs. La TPCM envoie la trame de commande Liaison à son port de liaison descendante, après réception de la trame de commande Liaison ACK, puis établit la liaison acquittée entre le CNN inférieur. Lorsque la trame de commande Liaison a été reçue au niveau du port de liaison ascendante, la TPCM retourne la trame de commande Liaison ACK au port de liaison ascendante pour établir la liaison acquittée entre CNN supérieurs.

Le TRRC (Transmission, Reception and Repeat Control, pour contrôle de la transmission, de la réception et de la répétition) émet une primitive de demande de données de la Couche Physique au port trunk adéquat à l'aide des données demandées depuis l'ACM vers le TRRC. La primitive reçue au niveau du port trunk est désérialisée, puis envoyée à l'ACM, à la TPCM et à l'autre port trunk avec la primitive correspondante.





**Figure D.15 – Structure et primitives de la sous-couche MAC temps réel**

#### D.3.2.5.1.2 Primitives

Les primitives fournissent des services aux diagrammes d'états respectifs.

Les primitives de la couche Physique définies dans l'IEEE 802.3, Article 6 sont également utilisées dans la présente norme et énumérées dans le Tableau D.13.

**Tableau D.13 – Primitives de la Couche Physique**

Nom	Description
ph_data_tpu_req()	Primitive de requête au port TPU, correspondant à la primitive de requête PLS_DATA.
ph_data_tpu_ind()	Primitive d'indication depuis le port TPU, correspondant à la primitive d'indication PLS_DATA.
ph_data_tpd_req()	Primitive de requête au port TPD, correspondant à la primitive de requête PLS_DATA.
ph_data_tpd_ind()	Primitive d'indication depuis le port TPD, correspondant à la primitive d'indication PLS_DATA.
ph_data_inp_req()	Primitive de requête au port InP, correspondant à la primitive de requête PLS_DATA.
ph_data_inp_ind()	Primitive d'indication depuis le port InP, correspondant à la primitive d'indication PLS_DATA.
ph_data_exp_req()	Primitive de requête au port ExP, correspondant à la primitive de requête PLS_DATA.
ph_data_exp_ind()	Primitive d'indication depuis le port ExP, correspondant à la primitive d'indication PLS_DATA.
ph_data_lpt_req()	Primitive de requête au port LPT, correspondant à la primitive de requête PLS_DATA.

### D.3.2.5.1.3 Variables et paramètres

Les variables et les paramètres utilisés dans la description du protocole MAC temps réel sont définis dans le Tableau D.14.

**Tableau D.14 – Variables et paramètres pour le protocole MAC temps réel**

Variables et paramètres	Description
CnnMode	L'un des modes de CNN déterminé dans la topologie: Supérieur, Inférieur, Intermédiaire ou Autonome
forceOffTPU	True lorsque le port trunk de la liaison supérieure est réglé sur liaison forcée désactivée, sinon False (voir la NOTE).
forceOffTPD	True lorsque le port trunk de la liaison inférieure est réglé sur liaison forcée désactivée, sinon False (voir la NOTE).
ENInp	Nombre toléré de trames du port interne, lorsque le CNN a conservé un jeton et que TTRT2 n'a pas expiré.
ENExp	Nombre toléré de trames du port externe, lorsque le CNN a conservé un jeton et que TTRT2 n'a pas expiré.
frame	Trame livrée avec primitive, dont les valeurs spécifiques sont énumérées dans le Tableau D.15.
linkTPU	True lorsque la liaison du port trunk est établie entre les CNN supérieurs avec couplage de la commande Liaison avec la commande Liaison ACK, sinon False.
linkTPD	True lorsque la liaison du port trunk est établie entre les CNN inférieurs avec couplage de la commande Liaison avec la commande Liaison ACK, sinon False.
receivingTPU	True lorsque la liaison TPU est True et que la commande de repos ou la commande jeton est reçue.  False lorsque le compteur de temps TNORU est expiré ou a débuté après que la liaison TPU soit devenue True.
receivingTPD	True lorsque la liaison TPD est True et que la commande de retour est reçue.  False lorsque le compteur de temps TNORD est expiré ou a débuté après que la liaison TPD soit devenue True.
VTL1	Valeur attribuée au compteur de temps pour le cycle; 2 ms par défaut pour le mode CNN inférieur et le mode autonome.
VTL2	Valeur de temps attribuée au compteur de temps TL2 pour le délai lors de l'envoi de la trame de commande Liaison ACK après réception de la trame de commande Liaison; 0,5 ms par défaut
VTLT	Valeur de temps attribuée au compteur de temps TLT pour la reconfiguration de la supervision; 15 ms par défaut
VTNORU	Valeur de temps attribuée au compteur de temps TNORU pour la supervision de l'état de réception au niveau du port trunk pour la liaison ascendante; deux fois la valeur de VTLT par défaut
VTNORD	Valeur de temps attribuée au compteur de temps TNORD pour la supervision de l'état de réception au niveau du port trunk pour la liaison descendante; deux fois la valeur de VTLT par défaut
VTTRT1	Valeur de temps attribuée au compteur de temps TTRT1; 8 ms par défaut
VTTRT2	Valeur de temps attribuée au compteur de temps TTRT2; 9 ms par défaut
VTREQ	Valeur de temps pour la supervision de la requête de transmission d'une trame après envoi de la trame PAUSE0 au niveau du port; 50 µs par défaut
PortDirection	True lorsque le TPU correspond aux primitives de trc_data_tpu_req et trc_data_tpu_ind, et TPD aux primitives de trc_data_tpd_req et trc_data_tpd_ind.  False lorsque, à l'inverse, le TPU correspond aux primitives de trc_data_tpd_req et trc_data_tpd_ind, et TPD aux primitives de trc_data_tpu_req et trc_data_tpu_ind.
NOTE «Liaison forcée désactivée» signifie l'état dans lequel il est interdit de faire suivre les trames de données reçues au niveau du port trunk aux deux CNN suivants et aux Équipements Terminaux.	

**Tableau D.15 – Nom de trame**

Nom de trame	Description
LINK	Trame de commande Liaison
LINKACK	Trame de commande Liaison ACK
PAUSE0	Trame PAUSE avec temps de repos égal à 0 (voir la NOTE)
PAUSEX	Trame PAUSE avec temps de repos égal à x; deux fois la valeur de TLT par défaut (voir la NOTE)
RESET	Trame de commande de réinitialisation
TOKEN	Trame de commande jeton
RETURN	Trame de commande de retour
NOTE Le fonctionnement des trames PAUSE0 et PAUSEX est conforme à l'opération «MAC Control PAUSE» décrite dans l'IEEE 802.3.	

#### D.3.2.5.1.4 Compteurs de temps

Les compteurs de temps utilisés dans la description du protocole MAC temps réel sont définis dans le Tableau D.16.

**Tableau D.16 – Compteurs de temps pour le protocole MAC temps réel**

Compteurs de temps	Description
TL1	Période d'établissement de liaison au niveau du port trunk sur une base cyclique ou dépassement de temporisation à recevoir
TL2	Temps du délai après réception de la trame de commande Liaison pour envoyer la trame de commande Liaison ACK
TLT	Compteur de temps limite pour le dépassement de temporisation pour la réception de la trame de commande de retour, qui doit être supérieur à $T_{TTRT2}$
TNORU	Compteur de temps pour la détection de la non-réception de signaux au niveau de TPU
TNORD	Compteur de temps pour la détection de la non-réception de signaux au niveau de TPD
TTRT1	Cible-Jeton-Rotation-Compteur de temps-1; débute lors de l'envoi ou de la réception de la trame de commande de réinitialisation, lorsqu'expirée; le CNN avec le jeton renvoie le jeton au CNN suivant et, s'il s'agit du CNN inférieur, envoie la trame de commande de retour avec la permission d'envoyer une trame de données pour le port interne, mais avec interdiction de le faire pour le port externe. ( $T_{TTRT1} \leq T_{TTRT2}$ )
TTRT2	Cible-Jeton-Rotation-Compteur de temps-2; débute lors de l'envoi ou de la réception de la trame de commande de réinitialisation, lorsqu'expirée; le CNN avec le jeton doit immédiatement renvoyer le jeton au CNN suivant et, s'il s'agit du CNN inférieur, envoie la trame de commande de retour avec l'interdiction d'envoyer une trame de données pour le port interne et pour le port externe. ( $T_{TTRT1} \leq T_{TTRT2}$ )
TREQ	Compteur de temps pour la détection de la non-transmission de trames de données demandées depuis le port qui est autorisé à effectuer des envois après l'envoi de la trame PAUSE avec un temps de repos égal à 0.

#### D.3.2.5.1.5 Procédures

Les procédures qui sont communes au protocole MAC temps réel sont définies dans le Tableau D.17.

**Tableau D.17 – Procédures pour le protocole MAC temps réel**

Procédures	Description
delay(timer)	Délai spécifié dans (compteur de temps)
detectCNNLocation	Détermine l'état initial des ports troncs en fonction du mode de CNN préconfiguré. Pour le mode de CNN supérieur, régler le port de liaison ascendante sur désactivé et le port de liaison descendante sur activé. Pour le mode de CNN inférieur, régler le port de liaison ascendante sur activé et le port de liaison descendante sur désactivé. Pour le mode de CNN intermédiaire, régler le port de liaison ascendante sur activé et le port de liaison descendante sur activé également.
initReconfiguration	Exécuter l'initialisation suivante, nécessaire à la reconfiguration a) Régler la liaison TPD sur False b) Envoyer des trames PAUSE avec un temps TPAUSE aux ports interne et externe TPAUSE doit être supérieur à TCYCLE, qui par défaut est égal à trois fois la valeur de TCYCLE
startTimer(timer)	Démarrer le compteur de temps spécifié dans (compteur de temps). Si le compteur de temps spécifié est déjà en cours de fonctionnement, il est réinitialisé et relancé.
stopTimer(timer)	Arrêter le compteur de temps spécifié dans (compteur de temps).

#### D.3.2.5.1.6 Événements

Les événements qui sont communs au protocole MAC temps réel sont définis dans le Tableau D.18.

**Tableau D.18 – Événements pour le protocole MAC temps réel**

Événements	Description
request primitive	La requête est émise.
indication primitive	Indication des données ou de l'état.
expiredTimer(timer)	Compteur de temps lancé par la procédure startTimer (lancer le compteur de temps) et qui a expiré.

#### D.3.2.5.2 Opération TRRC

##### D.3.2.5.2.1 Primitives TRRC

Les primitives définies pour l'opération TRRC sont énumérées dans le Tableau D.19.

**Tableau D.19 – Primitives TRRC**

Nom	Signification
trc_data_tpu_req(frame)	Primitive de requête pour TPU
trc_data_tpu_ind(frame)	Primitive d'indication de TPU
trc_data_tpd_req(frame)	Primitive de requête pour TPD
trc_data_tpd_ind(frame)	Primitive d'indication de TPD
trc_data_inp_req(frame)	Primitive de requête pour le port InP
trc_data_inp_ind(frame)	Primitive d'indication du port InP
trc_data_exp_req(frame)	Primitive de requête pour le port ExP
trc_data_exp_ind(frame)	Primitive d'indication du port ExP

##### D.3.2.5.2.2 Opération et primitive de requête TRRC

L'opération TRRC sur acceptation des primitives de requête est définie dans le Tableau D.20.

Après que le TRRC ait accepté une primitive de requête émise depuis l'ACM ou la TPCM, le TRRC met les données reçues dans des trames et les sérialise comme cela est défini dans l'IEEE 802.3, puis émet une primitive de requête physique correspondant à la primitive de requête du TRRC.

**Tableau D.20 – Opération TRRC sur acceptation des primitives de requête**

Primitive de requête acceptée	Opération TRRC
trc_data_tpu_req	met les données reçues dans des trames et les sérialise, puis émet la primitive ph_data_tpu_req.
trc_data_tpd_req	met les données reçues dans des trames et les sérialise, puis émet la primitive ph_data_tpd_req.
trc_data_inp_req	met les données reçues dans des trames et les sérialise, puis émet la primitive ph_data_inp_req.
trc_data_exp_req	met les données reçues dans des trames et les sérialise, puis émet la primitive ph_data_exp_req.

#### **D.3.2.5.2.3 Opération et primitive d'indication physique TRRC**

Le TRRC crée des trames au format indiqué dans l'IEEE 802.3 à partir des signaux reçus au niveau des ports TPU, TPD, InP ou ExP à l'aide de la primitive d'indication physique, puis émet la primitive d'indication physique correspondante depuis le TRRC vers la TPCM et l'ACM.

En outre, si l'adresse de destination de la trame reçue ne correspond pas à celle de la trame de contrôle MAC, le TRRC fait suivre la trame à tous les autres ports.

L'opération TRRC sur acceptation des primitives d'indication physiques est définie dans le Tableau D.21.

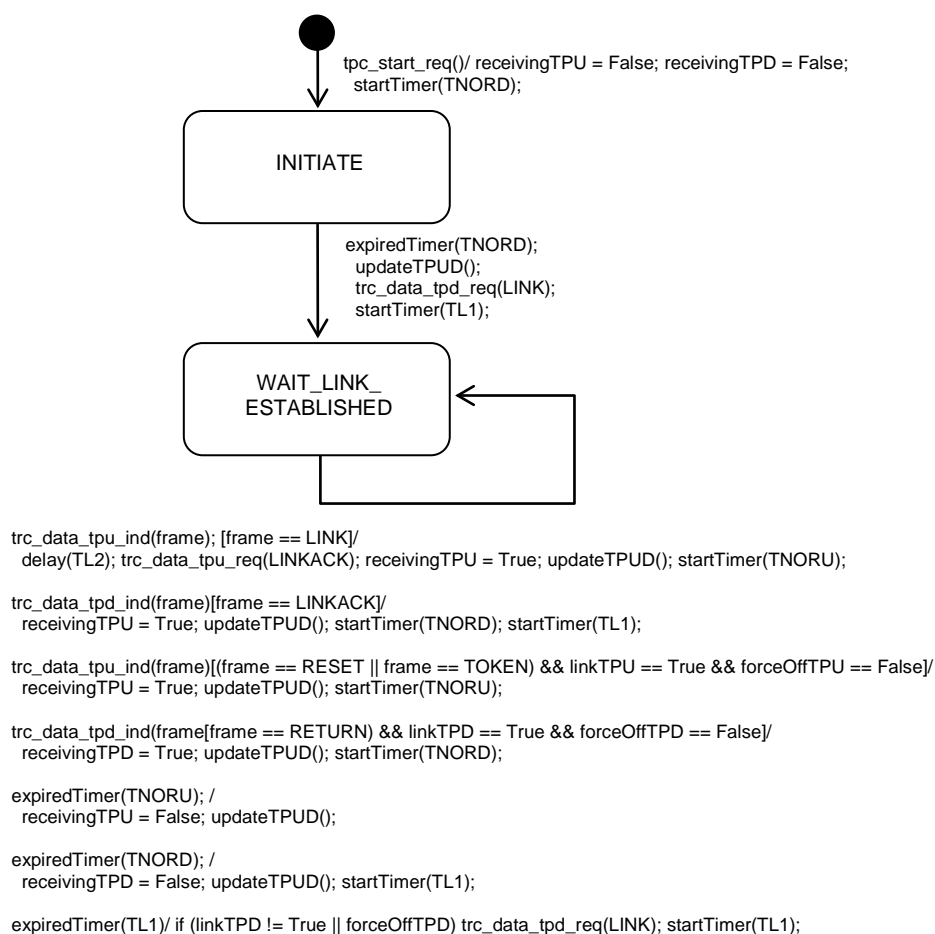
**Tableau D.21 – Opération TRRC sur acceptation des primitives d'indication physiques**

Primitive d'indication physique acceptée	Opération TRRC
ph_data_tpu_ind	<p>SI l'adresse de destination ne correspond pas à celle de la trame de contrôle MAC temps réel;</p> <p>ALORS</p> <p>Transférer l'adresse de destination et les signaux suivants à tous les autres ports LPT, TPD, InP, ExP.</p> <p>FIN, SI</p> <p>Créer la trame à partir des signaux reçus et effectuer l'émission des primitives trc_data_tpu_ind et trc_data_tpd_ind.</p>
ph_data_tpd_ind	<p>SI l'adresse de destination ne correspond pas à celle de la trame de contrôle MAC temps réel;</p> <p>ALORS</p> <p>Transférer l'adresse de destination et les signaux suivants à tous les autres ports LPT, TPU, InP, ExP.</p> <p>FIN, SI</p> <p>Créer la trame à partir des signaux reçus et effectuer l'émission des primitives trc_data_tpd_ind et trc_data_tpd_ind.</p>
ph_data_inp_ind	<p>SI l'adresse de destination ne correspond pas à celle de la trame de contrôle MAC temps réel;</p> <p>ALORS</p> <p>Transférer l'adresse de destination et les signaux suivants à tous les autres ports LPT, TPU, TPD, ExP.</p> <p>FIN, SI</p> <p>Créer la trame à partir des signaux reçus et effectuer l'émission de la primitive trc_data_inp_ind.</p>
ph_data_exp_ind	<p>SI l'adresse de destination ne correspond pas à celle de la trame de contrôle MAC temps réel;</p> <p>ALORS</p> <p>Transférer l'adresse de destination et les signaux suivants à tous les autres ports LPT, TPU, TPD, InP.</p> <p>FIN, SI</p> <p>Créer la trame à partir des signaux reçus et effectuer l'émission de la primitive trc_data_exp_ind.</p>

### D.3.2.5.3 Opération TPCM

#### D.3.2.5.3.1 Diagramme d'états de la TPCM

La Figure D.16 montre le diagramme d'états des protocoles de la TPCM. Le Tableau D.22 montre le tableau de transition des états pour la TPCM. Les procédures du diagramme d'états de la TPCM sont énumérées dans le Tableau D.23.



IEC 0819/14

Figure D.16 – Diagramme d'états de la TPCM

Tableau D.22 – Tableau de transition des états pour la TPCM

Etat actuel	Événement[Condition]	Actions	Etat suivant
Initial state	tpc_start_req()	// Démarrage du diagramme d'états, initialisation des variables et démarrage du compteur de temps TNORD  receivingTPU = False; receivingTPD = False; startTimer(TNORD);	INITIATE
INITIATE	expiredTimer(TNORD);	// Expiration du compteur de temps TNORD, indication de l'état de la liaison et envoi de la première commande Liaison  updateTPUD(); trc_data_tpd_req(LINK); startTimer(TL1);	WAIT_LINK_ ESTABLISHED
WAIT_LINK_ ESTABLISHED	trc_data_tpu_ind(frame) [frame == LINK]	// Réception de la commande Liaison depuis le TPU  delay(TL2); trc_data_tpu_req(LINKACK); receivingTPD = True; updateTPUD(); startTimer(TNORU);	WAIT_LINK_ ESTABLISHED

Etat actuel	Evénement[Condition]	Actions	Etat suivant
	trc_data_tpd_ind(frame) [frame == LINKACK]	// Réception de la commande Liaison depuis le TPD receivingTPD = True updateTPUD(); startTimer(TNORD); stopTimer(TL1);	
	trc_data_tpu_ind(frame); [(frame == RESET    frame == TOKEN) && linkTPU == True && forceOffTPU == False]	// Réception depuis le TPU receivingTPU = True; updateTPUD(); startTimer(TNORU);	
	trc_data_tpd_ind(frame); [frame == RETURN && linkTPD == True && forceOffTPD == False]	// Réception depuis le TPD receivingTPD = True; updateTPUD(); startTimer(TNORD);	
	expiredTimer(TNORU);	// Expiration du compteur de temps TNORU, modification de l'état de la liaison receivingTPU = False; updateTPUD();	
	expiredTimer(TNORD);	// Expiration du compteur de temps TNORD, modification de l'état de la liaison receivingTPD = False; updateTPUD(); startTimer(TL1);	
	expiredTimer(TL1)	// Expiration du compteur de temps pour l'établissement de la liaison if (linkTPD != True) { trc_data_tpd_req(LINK); } startTimer(TL1);	

**Tableau D.23 – Procédures du diagramme d'états de la TPCM**

Procédure	Description
updateTPUD()	// Mise à jour de l'état de l'établissement de la liaison de TPU et TPD. Lors de la détection de la modification, émission de la primitive tpc_link_status_ind.  if (receivingTPU != linkTPU    receivingTPD != linkTPD) { linkTPU = receivingTPU; linkTPD = receivingTPD; tpc_link_status_ind(linkTPU, linkTPD); }

#### D.3.2.5.3.2 Primitives TPCM

Les primitives définies pour TPCM sont répertoriées dans le Tableau D.24.



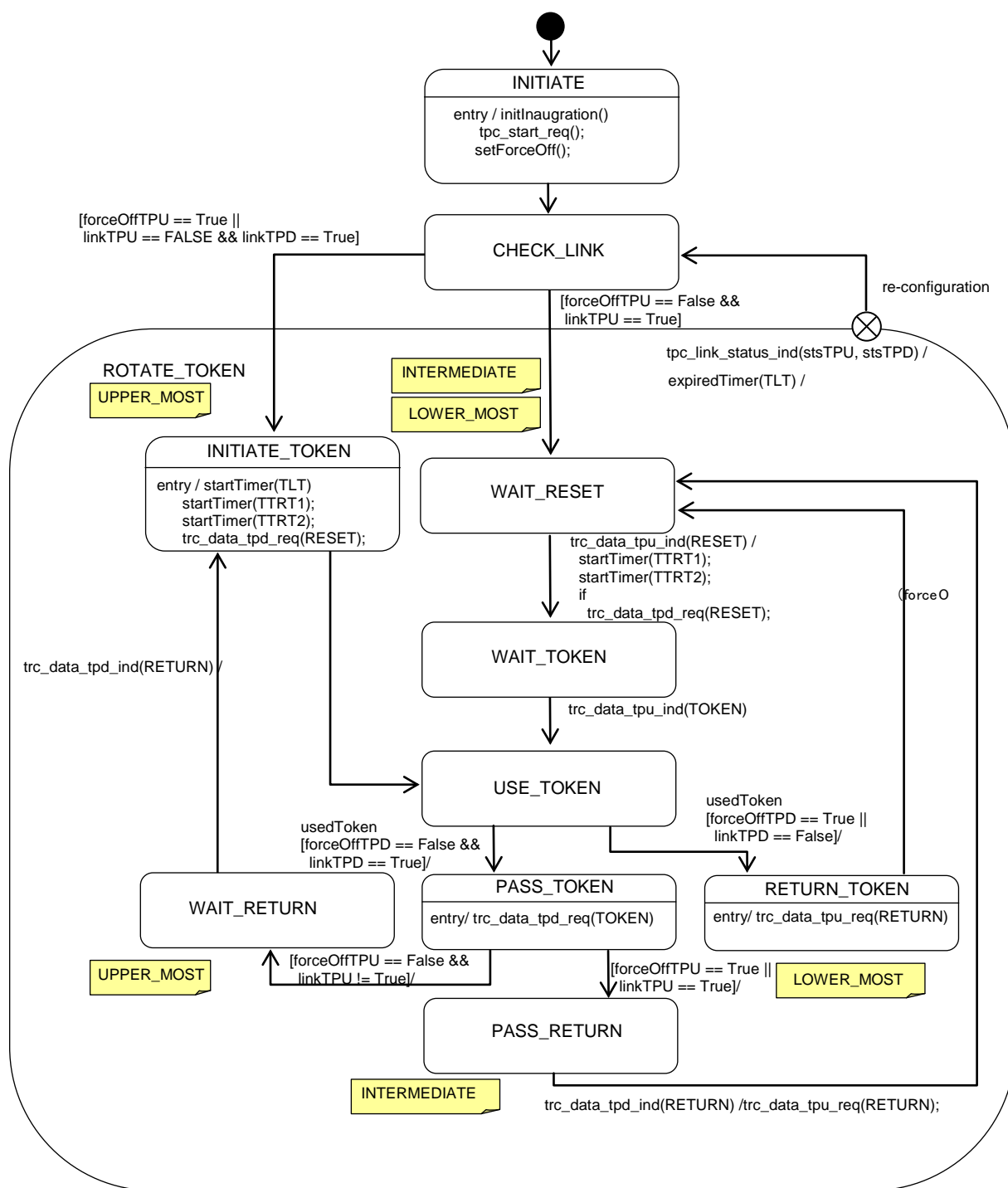
**Tableau D.24 – Primitives TPCM**

Nom	Signification
tpc_start_req()	Démarrage du diagramme d'états TLC
tpc_link_status_ind(stsTPU, stsTPD)	Indication des états des ports troncs stsTPU: état du port trunk pour la liaison ascendante stsTPD: état du port trunk pour la liaison descendante

#### **D.3.2.5.4      Fonctionnement de l'ACM**

##### **D.3.2.5.4.1      Diagramme d'états de l'ACM**

La Figure D.17 montre le diagramme d'états de l'ACM et la Figure D.18 montre le diagramme d'états de USE\_TOKEN. Le Tableau D.25 montre le tableau de transition des états pour l'ACM. Enfin, le Tableau D.26 illustre la transition des états pour USE\_TOKEN.



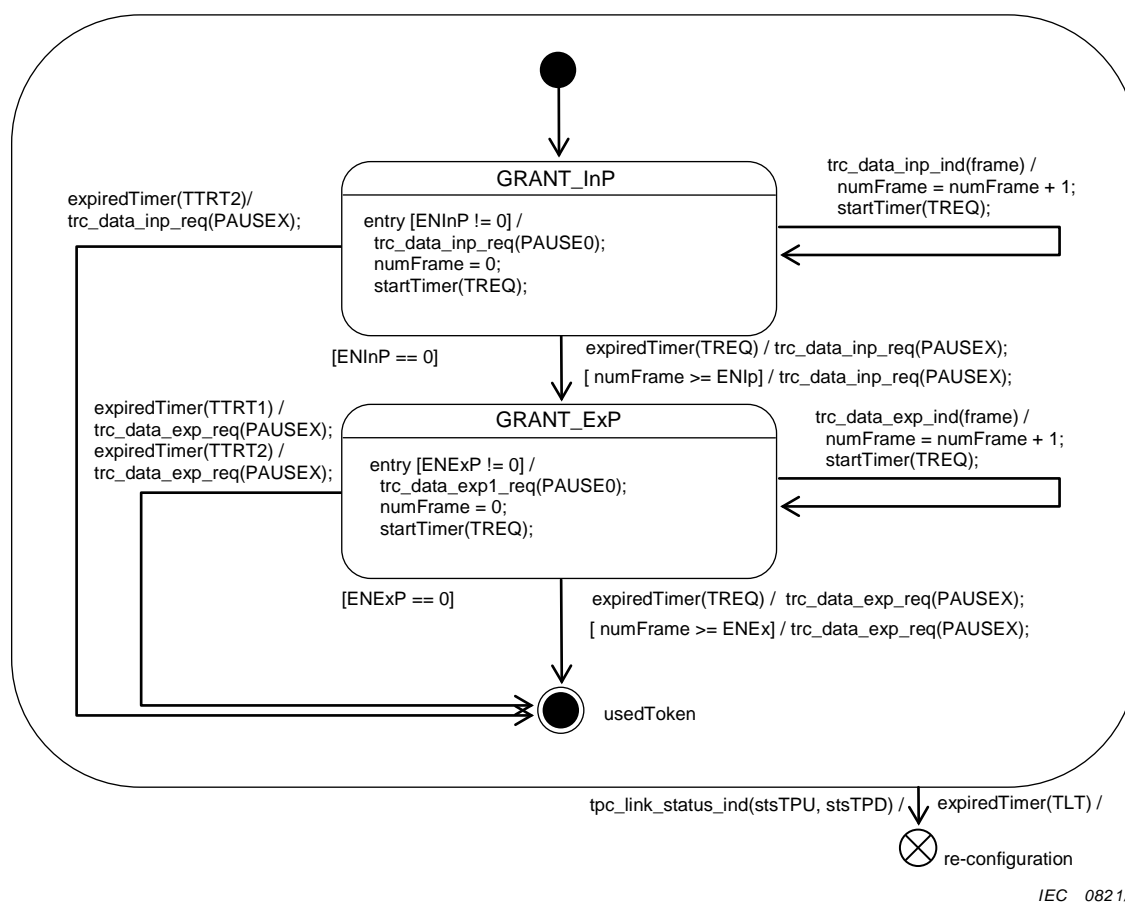
IEC 0820/14

Figure D.17 – Diagramme d'états de l'ACM

**Tableau D.25 – Tableau de transition des états pour l'ACM**

Etat actuel	Événement[Condition]	Actions	Etat suivant
INITIATE	entry	// Démarrage de l'initialisation initReconfiguration(); tpc_start_req(); setForceOff();	CHECK_LINK
CHECK_LINK	[forceOffTPU == True    linkTPU == False && linkTPD == True]	-	INITIATE_TOKEN
	[forceOffTPU == False && linkTPD == True]	-	WAIT_RESET
INITIATE_TOKEN	entry	/// Démarrage de la rotation du jeton dans le CNN supérieur startTimer(TLT); startTimer(TTRT1); startTimer(TTRT2); trc_data_tpd_req(RESET);	USE_TOKEN
WAIT_RESET	trc_data_tpd_ind(RESET)	// Réception de la commande de réinitialisation dans les CNN intermédiaires ou le CNN inférieur startTimer(TTRT1); startTimer(TTRT2);  // Si la liaison descendante est établie, répétition de la commande de réinitialisation if (forceOffTPD == False && linkTPD == True) { trc_data_tpd_req(RESET); }	WAIT_TOKEN
WAIT_TOKEN	trc_data_tpu_ind(TOKEN)	// Réception du jeton	USE_TOKEN
USE_TOKEN	usedToken [forceOffTPD == False && linkTPD == True]	// Utilisation finie du jeton, liaison descendante établie	PASS_TOKEN
	usedToken [forceOffTPD == True    linkTPD == False]	// Utilisation finie du jeton, liaison descendante non établie	RETURN_TOKEN
PASS_TOKEN	entry [forceOffTPU == False && linkTPU == True]	// Envoi du jeton au CNN inférieur, répétition de la commande de retour trc_data_tpd_req(TOKEN);	PASS_RETURN
	entry [forceOffTPU == True    linkTPU != True]	// Envoi du jeton au CNN inférieur, attente de la commande de retour trc_data_tpd_req(TOKEN);	WAIT_RETURN
RETURN_TOKEN	entry	// Dans le CNN inférieur CNN, envoi de la commande de retour au CNN supérieur trc_data_tpu_req(RETURN);	WAIT_RESET

Etat actuel	Evénement[Condition]	Actions	Etat suivant
PASS_RET URN	trc_data_tpd_ind(RETURN)	// Dans les CNN intermédiaires, transmission de la commande de retour vers le CNN supérieur après réception de la part du CNN inférieur  trc_data_tpu_req(RETURN);	WAIT_RESET
WAIT_RET URN	trc_data_tpd_int(RETURN)	// Dans le CNN supérieur, remise en circulation du jeton après réception de la commande de retour	INITIATE_TOKEN
Except INITIATE and CHECK_LI NK state	tpc_link_status_ind(stsTPU, stsTPD)	// Génération de la reconfiguration du réseau	CHECK_LINK
	expiredTimer(TLT);	// Génération de la reconfiguration du réseau	



IEC 0821/14

Figure D.18 – Diagramme d'états de USE\_TOKEN

**Tableau D.26 – Tableau de transition des états pour USE\_TOKEN**

Etat actuel	Événement	Actions	Etat suivant
GRANT_InP	entry[ENInP != 0]	// Transmission depuis l'InP est acceptée. trc_data_inp_req(PAUSE0); numFrame = 0; startTimer(TREQ);	GRANT_InP
	entry[ENInP == 0]	// Transmission depuis l'InP n'est pas acceptée.	GRANT_Exp
	trc_data_inp_ind(frame);	// Trame depuis l'InP reçue numFrame++; startTimer(TREQ);	GRANT_InP
	expiredTimer(TREQ);	// Trame Pause car aucune trame transmise depuis l'InP trc_data_inp_req(PAUSEX);	GRANT_Exp
	numFrame >= ENInP;	// Trame Pause car beaucoup de trames transmises depuis l'InP ont atteint la limite trc_data_inp_req(PAUSEX);	GRANT_Exp
	expired(TTTR2);	// Expiration du compteur de temps TTTR2, trame pause depuis l'InP trc_data_inp_req(PAUSEX);	Final state
GRANT_Exp	entry[ENExp != 0]	// Transmission depuis l'Exp est acceptée. trc_data_exp1_req(PAUSE0); numFrame = 0; startTimer(TREQ);	GRANT_Exp
	entry[ENExp == 0]	// Transmission depuis l'Exp n'est pas acceptée.	Final state
	trc_data_exp1_ind(frame);	// Trame reçue depuis l'Exp numFrame++; startTimer(TREQ);	GRANT_Exp
	expiredTimer(TREQ);	// Trame Pause car aucune trame transmise depuis l'Exp trc_data_exp_req(PAUSEX);	Final state
	numFrame >= ENExp;	// Trame Pause car beaucoup des trames transmises depuis l'Exp ont atteint la limite trc_data_exp_req(PAUSEX);	Final state
	expired(TTTR2);    expired(TTTR1);	// Expiration du compteur de temps TTR1 ou TTR2, trame pause depuis l'Exp trc_data_exp_req(PAUSEX);	Final state
Any state	tpc_link_status_ind()	// Initiation de la reconfiguration	Final state
	expiredTimer(TLT)	c) // Initiation de la reconfiguration	

**D.3.2.5.4.2 Variable**

L'ACM utilise une variable locale définie dans le Tableau D.27.

**Tableau D.27 – Variable pour l'ACM**

Variable	Description
numFrame	Nombre de trames reçues depuis le port interne ou le port externe pendant que le CNN dispose du jeton

**D.3.2.5.5 Configuration pour le protocole MAC temps réel**

Les paramètres de configuration pour le protocole MAC temps réel sont définis dans le Tableau D.28. Les paramètres de configuration doivent être indiqués en fonction de l'application et transmis au protocole MAC temps réel via la gestion du CNN.

**Tableau D.28 – Paramètres de configuration pour le protocole MAC temps réel**

Paramètre	Type	Signification
NetworkTopology	ENUM2	Topologie du réseau [0]: Linéaire [1]: Réserve [2]: A plusieurs niveaux [3]: N/A
ForceSetCnnMode	BOOLEAN1	Forcer le réglage du mode de CNN FALSE: Non TRUE: Oui
ForcedCnnMode	ENUM2	Lorsque ForceSetCnnMode est TRUE, régler le mode de CNN; [0]: Mode de CNN autonome [1]: Mode de CNN supérieur [2]: Mode de CNN inférieur [3]: Mode de CNN intermédiaire
DisableTrunkTxx	ENUM2	Désactivation de la transmission et la réception pour les ports troncs [0]: aucun port désactivé [1]: port de liaison descendante désactivé [2]: port de liaison ascendante désactivé [3]: port de liaison ascendante et port de liaison descendante désactivés
DirectionSwitch	BOOLEAN1	Inversement du sens des ports troncs FALSE: paramétrage du port de liaison ascendante sur Direction_1 et du port de liaison descendante sur Direction_2 TRUE: paramétrage inverse de la combinaison ci-dessus.
PermittedPacketCountInp	UNSIGNED4	Compte de paquet autorisé à envoyer pour le port interne pendant que le jeton est disponible [0]: aucune autorisation d'envoi [1..15]: nombre de paquets autorisés à l'envoi
PermittedPacketCountExp	UNSIGNED4	Compte de paquet autorisé à envoyer pour le port externe pendant que le jeton est disponible [0]: aucune autorisation d'envoi [1..15]: nombre de paquets autorisés à l'envoi
CnnNumber	UNSIGNED5	Numéro de CNN: [1..31]

Paramètre	Type	Signification
TotalNumberOfCnns	UNSIGNED6	Nombre total de CNN: [1..31]
TransmissionLinkSubnetworkId	ENUM1	Identification du sous-réseau pour le lien trunk dans laquelle est placé le CNN [0]: sous-réseau 1 [1]: sous-réseau 2
DataSizeProducerPacket1	UNSIGNED10	Volume de données pour le paquet producteur 1 (N-1): [0..1 023]
DataSizeProducerPacket2	UNSIGNED10	Volume de données pour le paquet producteur 2 (N-1): [0..1 023]
DataSizeCnnManagement	UNSIGNED10	Volume de données pour la gestion du CNN (N-1): [0..1 023]
SubstituteTransmission	BOOLEAN1	Activation de la transmission de substitution FALSE: Non TRUE: Oui
PermittedPacketCountSubs	UNSIGNED4	Compte de paquets autorisés pour la transmission de substitution: [1..15]  Au niveau interne, le compte de paquets autorisés pour le port interne est modifié par; [PermittedPacketCountInp] + [PermittedPacketCountSubs]
EnableTargetTokenRotationTime1	BOOLEAN1	Activation du Target Token Rotation Time 1 ou TTRT1 (temps de rotation cible du jeton) FALSE: Non TRUE: Oui
TargetTokenRotationTime1	UNSIGNED7	Target Token Rotation Time 1 ou TTRT1 (temps de rotation cible du jeton)  Afin de conserver le temps de rotation du jeton, lorsqu'il est expiré, la transmission est limitée, sauf pour les trames de données venant du port interne.  [1..127]: valeur de temps exprimée en unité de 0,1 ms
EnableTargetTokenRotationTime2	BOOLEAN1	Activation du Target Token Rotation Time 2 (TTRT2) FALSE: Non TRUE: Oui
TargetTokenRotationTime2	UNSIGNED7	Target Token Rotation Time 2 (TTRT2)  Afin de conserver le temps de rotation du jeton, lorsqu'il est expiré, la transmission est limitée, sauf pour les trames de jeton.  [1..127]: valeur de temps exprimée en unité de 0,1 ms  TTRT2 > TTRT1

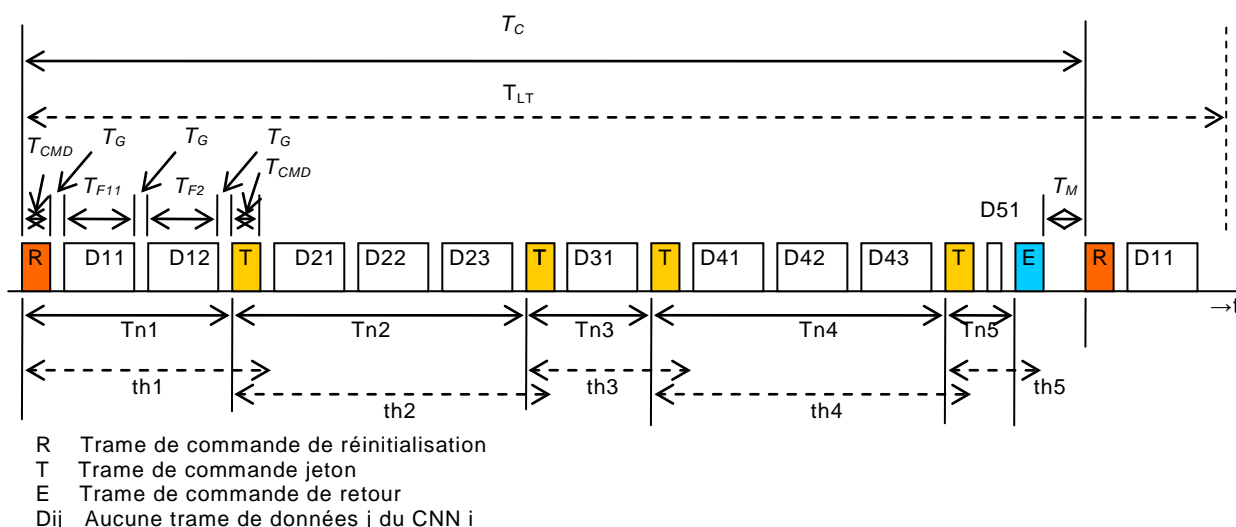
### D.3.2.5.6 Contrôle en temps réel

Dans chaque sous-réseau de la topologie en échelle, un CNN peut transmettre ses trames au sous-réseau tout en conservant le jeton; le jeton circule alors parmi tous les CNN à tour de rôle.

EXEMPLE: La Figure D.19 donne un exemple de séquence de transmission sur le sous-réseau avec cinq CNN; le schéma est expliqué ci-après. Les éléments temporels pour la séquence de transmission sont décrits dans le Tableau D.29.

Premièrement, le CNN supérieur (CNN 1) émet une commande de réinitialisation dans le sous-réseau, puis transmet deux trames de données et la commande jeton qui en résulte. Le CNN inférieur suivant (CNN 2) transmet trois trames de données et la commande jeton qui en résulte. Le CNN 3 transmet une seule trame de données et la commande jeton qui en résulte. Le CNN 4 transmet trois trames de données et la commande jeton qui en résulte. Pour finir, le CNN inférieur (CNN 5) transmet une trame de données et la commande de retour.

A la fin du temps marginal de cycle ( $T_M$ ) à partir de la réception de la commande de retour, le CNN 1 émet la commande de réinitialisation pour le prochain cycle. Lorsque le CNN 1 ne reçoit pas de commande de retour dans le temps imparti ( $T_{LT}$ ), il émet obligatoirement la commande de réinitialisation.



IEC 0822/14

Figure D.19 – Exemple de séquence de transmission

Tableau D.29 – Eléments temporels pour la séquence de transmission

Eléments temporels	Description
$T_C$	Durée de cycle; varie pour chaque cycle.
$T_{C\_MAX}$	Durée de cycle maximale; peut être calculé.
$T_{LT}$	Temps limite pour la temporisation de la commande de retour; prédéterminé pour l'attente de la commande de retour retournée.
$T_{CMD}$	Temps de la trame de commande; constante dépendante de la longueur de la trame de commande.
$T_G$	Délai inter-trames; défini dans l'IEEE 802.3 avec le minimum et dépend de la mise en œuvre.
$T_{Fi}$	Temps de la trame de données; varie en fonction du volume des données de l'application.
$T_M$	Fin du temps marginal de cycle; prédéterminé par la configuration, y compris toutes les latences des CNN passants et toutes les latences des liaisons entre les CNN.
$T_{ni}$	Temps pour la transmission de données CNN i; varie en fonction de la quantité de données dans l'application.
$th_i$	Temps maximal de conservation du jeton pour le CNN i; prédéterminé pour chacun des CNN en fonction de l'application



**D.3.2.5.7 Paramètres de service des classes de données**

Les paramètres de service des classes de données du CNN avec le protocole MAC temps réel sont décrits dans le Tableau D.30, dans lequel la durée de cycle maximale peut être calculée à l'aide des équations pour  $T_{C\_MAX}$  afin de garantir la responsabilité déterministe.

**Tableau D.30 – Paramètres de service des classes de données**

Classe de données	Paramètre	Valeur	Commentaires
Données de Processus	Durée de cycle	$T_{C\_MAX} = T_{CMD} \times N + T_G(N + F) + \sum_{i=1}^F T_{Fi} + T_M$ $T_{Fi} = (L_{Hi} + L_{Di}) \times 8 / BR$ <p>où</p> <p><math>T_{C\_MAX}</math>: Durée de cycle maximale</p> <p><math>T_{CMD}</math>: Temps de trame de commande (<math>72 \times 8 / BR</math>)</p> <p><math>N</math>: Nombre de CNN dans le réseau,</p> <p><math>T_G</math>: Délai inter-trames incluant le temps de la trame de contrôle des flux</p> <p><math>F</math>: Nombre de trames de données transmises sur le réseau,</p> <p><math>T_{Fi}</math>: Temps de transmission de la trame de données <math>i</math></p> <p><math>L_{Hi}</math>: Longueur du préambule et des en-têtes pour MAC, IP et UDP ou TCP de la trame de données <math>i</math> en octets</p> <p><math>L_{Di}</math>: Longueur des données de service de la trame de données <math>i</math> en octets.</p> <p><math>BR</math>: Débit binaire (10 Mbps ou 100 Mbps)</p> <p><math>T_M</math>: Temps marginal en fin de cycle</p>	En général, $T_{C\_MAX}$ est inférieur à 10 ms pour 16 CNN avec un volume de données de service de Données de Processus ci-dessous; 128 octets/CNN pour 10 Mbps, 1 280 octets/CNN pour 100 Mbps.
	Latence	$T_X + T_{BL} \times N + \sum_{i=1}^{N-1} LL_i + T_{cj} + T_X$ <p>où</p> <p><math>N</math>: nombre de CNN entre l'ED émetteur et cible,</p> <p><math>T_X</math>: temps que met la trame pour effectuer l'envoi en fonction de la longueur,</p> <p><math>T_{BL}</math>: latence du suivi d'un CNN; 128 bits,</p> <p><math>LL_i</math>: latences des liaisons entre les CNN (<math>i</math>) et (<math>i+1</math>) depuis l'ED émetteur, ajoutées à la latence entre l'ED émetteur et le CNN et à la latence entre l'ED cible et le CNN</p> <p><math>T_{cj}</math>: gigue causée par la durée de cycle; 0 pour <math>T_{C\_MAX}</math></p>	$N=2..31$ Le temps de bits dépend du débit binaire de transmission; 0,1 $\mu s$ pour 10 Mbps, 0,01 $\mu s$ pour 100 Mbps.
	Gigue	0 pour $T_{C\_MAX}$	
Données de Messagerie	Latence	(Identique à celle des Données de Processus)	
	Gigue	(Identique à celle des Données de Processus)	
Données de flux	Latence	(Identique à celle des Données de Processus)	
	Gigue	(Identique à celle des Données de Processus)	
Données de service au mieux	Latence	(Identique à celle des Données de Processus)	
	Gigue	(Identique à celle des Données de Processus)	
Données de supervision	Latence	(Identique à celle des Données de Processus)	
	Gigue	(Identique à celle des Données de Processus)	

### D.3.2.5.8 Contrôle de la bande passante

La bande passante est accordée aux CNN qui disposent du jeton, à l'exception de la marge de la durée de cycle, dans laquelle seul le CNN avec le jeton peut à son tour transmettre ses trames de données au réseau.

Pendant la période de disponibilité du jeton dans un CNN, les Équipements Terminaux connectés au CNN partagent le temps pour transmettre leurs trames de données.

Ceci est contrôlé par le compte maximal de trames autorisées et par le temps de rotation cible du jeton de chaque CNN, qui sont préconfigurés par l'application.

La QoS doit être prise en charge à l'aide de la fonction de commutation du CNN conformément à 4.6.

## D.3.3 Adresse IP et gestion de l'adresse IP

### D.3.3.1 Généralités

Le format général de l'adresse IP pour l'ECN est défini dans la présente norme. Le présent paragraphe définit le champ d'hôte de l'adresse IP pour le réseau dans la topologie en échelle. L'affectation à des champs autres que le champ d'hôte doit être conforme à la définition de la présente norme.

### D.3.3.2 Affectation d'une adresse IP individuelle

Le format de l'adresse IP dans ce réseau doit être conforme aux points suivants.

00001010.xxxxxxxx.xxinnnnn.dddddddd /18

La notation pour les champs d'adresse IP ci-dessus est décrite dans le Tableau D.31.

**Tableau D.31 – Notation pour les champs d'adresse IP**

Notation	Description
[x]	(Conformément à l'adresse IP de la présente norme).
[i]	Extension de l'ID du sous-réseau à l'intérieur de l'ECN [0-1] (voir la NOTE 1)
[n]	Numéro par défaut du CNN [1-131] pour les ports à l'intérieur du CNN (voir la NOTE 2), ou Extension supérieure de 5 bits du champ [d] pour les Équipements Terminaux (voir la NOTE 3)
[d]	<p>a) Numéros par défaut pour les ports à l'intérieur du CNN;</p> <p>[1]: Port pour la gestion du CNN dans le sous-réseau 1,</p> <p>[2]: Port pour la gestion du CNN dans le sous-réseau 2,</p> <p>[3]: Port pour la liaison locale de l'autre côté du sous-réseau dans le sous-réseau 1,</p> <p>[4]: Port pour la liaison locale de l'autre côté du sous-réseau dans le sous-réseau 2,</p> <p>[5-15]: Réserve</p> <p>b) Pour les Équipements Terminaux externes (voir la NOTE 3);</p> <p>[0]: Non utilisé</p> <p>[1-254]: Numéros d'équipement pour les Équipements Terminaux externes</p> <p>[255]: Non utilisé</p>

NOTE 1 Des ID de sous-réseau différents sont utilisés pour chacun des sous-réseaux 1 et 2.

NOTE 2 Le numéro de CNN est défini en D.3.2.2 de la présente norme; il est affecté de façon statique.

NOTE 3 Les adresses IP des Équipements Terminaux externes peuvent être affectées de façon dynamique avec les plages de [n] et [d] en évitant les numéros par défaut utilisés pour les ports à l'intérieur du CNN et tous les '1' et les '0'.

## D.4 Protocole de gestion du Nœud de Réseau de Rame

### D.4.1 Généralités

Le présent Article décrit le protocole de gestion du CNN dans la topologie en échelle.

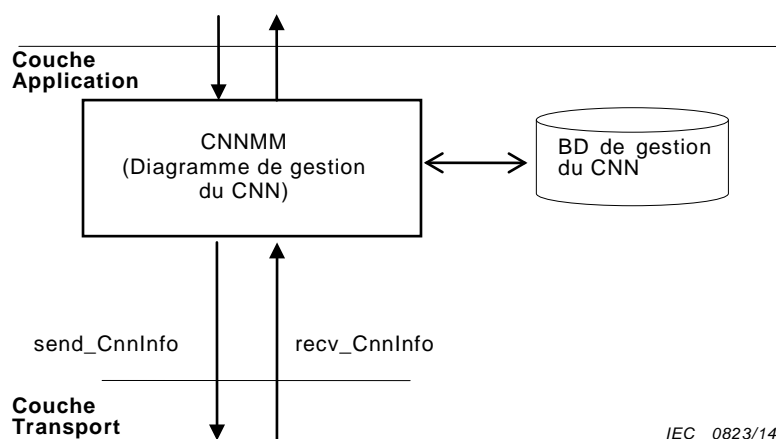
### D.4.2 Architecture de la gestion du CNN

La Figure D.20 montre l'architecture de la gestion du CNN.

La gestion du CNN met à jour de façon périodique la base de données de gestion du CNN avec les états des liaisons de la liaison ascendante, de la liaison descendante et des liaisons locales dans le CNN et envoie les états des liaisons sous forme d'informations de gestion aux autres CNN.

Lorsqu'un CNN reçoit les informations de gestion d'un autre CNN, la gestion du CNN met à jour la base de données de gestion avec les états des liaisons correspondant au CNN source.

Grâce à la réalisation de cette procédure sur une base périodique et aussi à chaque modification d'état d'une liaison, il est possible pour chaque ECN de connaître l'état de toutes les liaisons des CNN et de bon fonctionnement de tous les CNN sur le réseau.



IEC 0823/14

Figure D.20 – Architecture de la gestion du CNN

### D.4.3 Informations individuelles de gestion du CNN

Lorsque la transmission cyclique est lancée sur tous les sous-réseaux, chaque CNN doit envoyer ses propres informations de gestion aux sous-réseaux à l'aide d'un mécanisme de transmission cyclique fondé sur le protocole de gestion du CNN, de sorte que tous les CNN puissent obtenir toutes les informations individuelles de gestion des autres CNN.

Les informations de gestion de chaque CNN sont contenues dans l'unité des données de service du paquet UDP. La fréquence de transmission des informations de gestion de chaque CNN ayant un niveau de priorité équivalent à celui de la classe des Données de Processus, il convient qu'elle soit limitée (inférieure à celle des Données de Processus) afin de préserver la bande passante pour les données de contrôle en temps réel.

Le format des données des informations individuelles de gestion du CNN est indiqué dans le Tableau D.32, les paramètres dans le Tableau D.33.

**Tableau D.32 – Format des informations individuelles de gestion du CNN**

Bit->	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	CateVer															
2	ServiceDataSize															
4	réservé															
6	réservé								null				ConnectionSts			
8	Null				CnnSts				null							
10	BypassedCnnDetect															
12																
14	SubsCnnExec															
16																
18	Null				ConnectionStsOth (*)				null				CnnStsOth (*)			
20	BypassedCnnDetectOth (*)															
22																
24	SubsCnnExecOth (*)															
26																
28	CnnHltyCountOth (*)								null							
	réservé															
30	CnnIpAddr3Oth (*)								CnnIpAddr4Oth (*)							
	réservé								réservé							
32	réservé								ForcLinkOffSts							
34	UpDwHead								réservé							
36	réservé (96 octets)															
132	CnnHealthyCount								null							
134	CnnNr															
136	SubsReqFlag1								SubsDstCnnNr1							
138	SubsSrcCnnNr1								réservé							
140	SubsCnnExecNr1															
142																
144	SubsReqFlag2								SubsDstCnnNr2							
146	SubsSrcCnnNr2								réservé							
148	SubsCnnExecNr2															
150																
152	réservé								null							
154	réservé (48 octets)															
200																

(\*) Les paramètres ayant des noms avec le suffixe «Oth» (Autre) sont utilisés pour la topologie en échelle; les champs pour ces paramètres restent réservés si le réseau n'utilise pas de topologie en échelle.

**Tableau D.33 – Description des paramètres pour les informations individuelles de gestion du CNN**

Paramètre	Type	Description
CateVer	UNSIGNED16	Catégorie et version des données de transmission; Octet MSB indique les informations de gestion du CNN: '10'H, Octet LSB indique la version du format à partir de: '00'H.
ServiceDataSize	UNSIGNED16	Volume des données de service
ConnectionSts	Type_Connect ion_Status	Etat de connexion du CNN
CnnSts	UNSIGNED4	Etat du CNN  '0100'B: off line (hors ligne) '0010'B: standby (en attente) '0001'B: on line (en ligne) autre : n/a
BypassedCnnDetect	Type_CNN_Flags	Drapeau de détection des CNN shuntés, pour chaque entrée;  '1': shuntage détecté, '0': aucun
SubsCnnExec	Type_CNN_Flags	Drapeaux pour les CNN pour lesquels la transmission de substitution est exécutée par d'autres CNN  '1': exécuté, '0': aucun
ConnectionStsOth	BITSET4	Etat de connexion du CNN dans l'autre sous-réseau dans la topologie en échelle  cn_u_oth(0): port de liaison ascendante ('0': normal, '1': anormal) cn_d_oth(1): port de liaison descendante ('0': normal, '1': anormal) cn_l_oth (2): port local pour l'autre sous-réseau ('0': normal, '1': anormal) réservé (3): n/a
CnnStsOth	UNSIGNED4	Etat du CNN dans l'autre sous-réseau dans la topologie en échelle  '0100'B: off line (hors ligne) '0010'B: standby (en attente) '0001'B: on line (en ligne) Autre : n/a
BypassedCnnDetectOth	Type_CNN_Flags	Drapeaux pour les CNN détectés comme étant à shunter dans l'autre sous-réseau de la topologie en échelle  1er 16 bits: (MSB) CNN 15 – CNN 1 ('1': shuntage détecté, '0': aucun) 2ème 16 bits: CNN 31 – (LSB) CNN 16 ('1': shuntage détecté, '0': aucun)
SubsCnnExecOth	Type_CNN_Flags	Drapeaux pour les CNN pour lesquels la transmission de substitution est exécutée par les autres CNN sur l'autre sous-réseau dans la topologie en échelle  '1': exécuté, '0': aucun
CnnHltyCountOth	UNSIGNED8	Nombre de CNN fonctionnant correctement dans l'autre sous-réseau dans la topologie en échelle (modulo 256)
CnnIpAddrOth	Type_Ip_Addr_3_4	Les 3ème et 4ème octets de l'adresse IP du CNN dans l'autre sous-réseau dans la topologie en échelle (*1)

Paramètre	Type	Description
ForcLinkOffSts	BITSET8	Etat du CNN avec la liaison forcée désactivée non utilisé (0)-(5): nul ulp_f_off (6): port de liaison ascendante avec liaison forcée désactivée ('1': désactivé, '0': aucun) dlp_f_off (7): port de liaison descendante avec liaison forcée désactivée ('1': désactivé, '0': aucun)
UpDwHead	UNSIGNED8	Drapeau ascendant ou descendant de l'emplacement du CNN (0: Intermédiaire, 1: ascendant, 2: descendant, 3-255: n/a)
CnnHltyCount	UNSIGNED8	Nombre de CNN fonctionnement correctement (modulo 256)
CnnNr	UNSIGNED8	Numéro de CNN (1-31: valide, 0 et 32-255: n/a)
SubsCnnFlag	UNSIGNED8	Drapeau de requête de transmission de substitution (0: aucun, 1: requête effectuée, 2-255: n/a)
SubsDstCnnNr	UNSIGNED8	Numéro de CNN de destination pour la transmission de substitution (1 – 31: valide, 0 et 32-255: n/a)
SubsSrcCnnNr	UNSIGNED8	Numéro de CNN source pour la transmission de substitution (1 – 31: valide, 0 et 32-255: n/a)
SubsCnnExecNr	Type_CNN_Flags	Drapeaux pour les CNN pour lesquels la transmission de substitution est exécutée par d'autres CNN dans les CNN sur lesquels porte la requête '1': requête effectuée, '0': aucun
NOTE L'adresse IP du CNN correspond à l'adresse IP par défaut pour la gestion du CNN.		

**Tableau D.34 – Type\_Connection\_Status**

Nom du type	Type	Description
Type_Connection_Status	UNSIGNED4	Etat de connexion des ports dans le CNN cn_u (0): port de liaison ascendante ('0': normal, '1': anormal) cn_d (1): port de liaison descendante ('0': normal, '1': anormal) cn_l (2): port local pour l'autre sous-réseau ('0': normal, '1': anormal) réservé (3): n/a

**Tableau D.35 – Type\_CNN\_Flags**

Bit- >	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-
2	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16

NOTE 1 Le numéro dans chaque entrée correspond au numéro du CNN.

NOTE 2 “-” signifie “non utilisé”.

**Tableau D.36 – Type\_Ip\_Addr\_3\_4**

Nom du type	Type	Description
ip_ad_3_4	UNSIGNED16	Les 3 <sup>ème</sup> et 4 <sup>ème</sup> octets de l'adresse IP du CNN (octets de poids faible)

#### D.4.4 Base de données de gestion du CNN

Après au moins une durée de cycle d'envoi des informations individuelles de gestion des CNN, chaque CNN doit calculer une base de données de gestion à l'aide des informations de

gestion envoyées par tous les autres CNN. Le contenu de la base de données devient identique pour tous les CNN sur le réseau.

Les paramètres avec drapeaux dans la base de données de gestion sont des parties communes à toutes les informations de gestion des CNN auxquelles sont appliquées une logique «OR» (ou). Les paramètres avec des valeurs numériques sont rassemblés dans un seul paramètre pour tous les CNN.

Le Tableau D.37 énumère les paramètres de la base de données de gestion des CNN.

**Tableau D.37 – Paramètres de la base de données de gestion des CNN**

Paramètre	Type	Description
BypassedCnnDetectAll1	Type_CNN_Flags	Drapeaux de détection des CNN shuntés pour tous les CNN dans le sous-réseau 1, pour chaque entrée; ‘1’: shuntage détecté, ‘0’: aucun
BypassedCnnDetectAll2 (*)	Type_CNN_Flags	Drapeaux de détection des CNN shuntés pour tous les CNN dans le sous-réseau 2, pour chaque entrée; ‘1’: shuntage détecté, ‘0’: aucun
SubsCnnExecAll1	Type_CNN_Flags	Drapeaux pour les CNN pour lesquels la transmission de substitution est exécutée par les autres CNN dans le sous-réseau 1; ‘1’: exécuté, ‘0’: aucun
SubsCnnExecAll2 (*)	Type_CNN_Flags	Drapeaux pour les CNN pour lesquels la transmission de substitution est exécutée par les autres CNN dans le sous-réseau 2; ‘1’: exécuté, ‘0’: aucun
ConnectionStsAll1	Type_Connection_Status_All	Drapeaux d'état de connexion pour les liaisons troncs et les liaisons locales de tous les CNN dans le sous-réseau 1
ConnectionStsAll2 (*)	Type_Connection_Status_All	Drapeaux d'état de connexion pour les liaisons troncs et les liaisons locales de tous les CNN dans le sous-réseau 2
IpAddrAll1	Type_Ip_Addr_3_4_All	Les adresses IP individuelles de tous les CNN dans le sous-réseau 1
IpAddrAll2 (*)	Type_Ip_Addr_3_4_All	Les adresses IP individuelles de tous les CNN dans le sous-réseau 2
OnlStsAll1	Type_CNN_Flags	Drapeaux d'état en ligne de tous les CNN dans le sous-réseau 1; ‘1’: en ligne, ‘0’: aucun
OnlStsAll2 (*)	Type_CNN_Flags	Drapeaux d'état en ligne de tous les CNN dans le sous-réseau 2; ‘1’: en ligne, ‘0’: aucun
StbyStsAll1	Type_CNN_Flags	Drapeaux d'état en attente de tous les CNN dans le sous-réseau 1; ‘1’: en attente, ‘0’: aucun
StbyStsAll2 (*)	Type_CNN_Flags	Drapeaux d'état en attente de tous les CNN dans le sous-réseau 2; ‘1’: en attente, ‘0’: aucun
HltyCountAll1	Type_Healthy_Count_All	Nombre de CNN fonctionnant correctement dans le sous-réseau 1
HltyCountAll2 (*)	Type_Healthy_Count_All	Nombre de CNN fonctionnant correctement dans le sous-réseau 2
(*) Si le réseau n'utilise pas une topologie en échelle, les paramètres du sous-réseau 2 ne sont pas utilisés.		

**Tableau D.38 – Type\_Connection\_Status\_All**

Bit->	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	ARRAY [32] Type_Connection_Status															
0	CNN 3				CNN 2				CNN 1				Not used			
2	CNN 7				CNN 6				CNN 5				CNN 4			
	---				---				---				---			
1 4	CNN 31				CNN 30				CNN 29				CNN 28			

NOTE Si aucun CNN correspondant n'existe, le contenu de l'entrée est nul.

**Tableau D.39 – Type\_Ip\_Addr\_3\_4\_All**

Bit->	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	ARRAY [32] Type_Ip_Addr_3_4															
0	Non utilisé															
2	CNN 1															
	---															
6 2	CNN 31															

NOTE Si aucun CNN correspondant n'existe, le contenu de l'entrée est nul.

**Tableau D.40 – Type\_Healthy\_Count\_All**

Bit->	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	ARRAY [32] UNSIGNED8															
0	CNN 1									Non utilisé						
2	CNN 3									CNN 2						
	---															
30	CNN 31									CNN 30						

NOTE Si aucun CNN correspondant n'existe, le contenu de l'entrée est nul.

#### D.4.5 Primitives pour le protocole de gestion du CNN

La gestion du CNN utilise les primitives de la couche basse de protocole énumérées dans le Tableau D.41.

**Tableau D.41 – Primitives de la couche basse de protocole pour la gestion du CNN**

Primitives	Description
send_CnnInfo	Envoi des informations de gestion du CNN à la Couche Transport
recv_CnnInfo	Réception des informations de gestion du CNN de la Couche Transport

#### D.4.6 Paramètres pour le protocole de gestion du CNN

Les paramètres pour la gestion du CNN sont énumérés dans le Tableau D.42 et sont utilisés en D.4.8.



**Tableau D.42 – Paramètres pour la gestion du CNN**

Paramètres	Type	Description
Topology	ENUM2	Topologie du réseau; LINEAIRE (topologie linéaire) ou A PLUSIEURS NIVEAUX (topologie en échelle)
CnnMode	ENUM2	Un mode pour le CNN; Supérieur (mode de CNN supérieur), Inférieur (mode de CNN inférieur), Intermédiaire (mode de CNN intermédiaire) ou Autonome (mode de CNN autonome).
MyCnn	UNSIGNED5	Numéro du CNN; [1..31]
MaxCnn	UNSIGNED5	Nombre maximal de CNN du réseau
TokenCnn	UNSIGNED5	Nombre de CNN qui est inclus dans la trame de commande jeton reçue depuis le CNN supérieur.
StatTpu	ENUM1	Etat du port trunk pour la liaison ascendante;  Normal: lorsque l'état liaison activée du port (liaison TPU == True) dure plus longtemps que la limite du compteur de temps TRTPU,  Echec: lorsque l'état liaison désactivée du port (liaison TPU == False) dure plus longtemps que la limite du compteur de temps TFTPu.
StatTpd	ENUM1	Etat du port trunk pour la liaison descendante;  Normal: lorsque l'état liaison activée du port (liaison TPD == True) dure plus longtemps que la limite du compteur de temps TRTPD,  Echec: lorsque l'état liaison désactivée du port (liaison TPD == False) dure plus longtemps que la limite du compteur de temps TFTPd.
StatLpr	ENUM1	Etat du port local de l'autre sous-réseau;  Normal: lorsque l'état liaison activée du port dure plus longtemps que la limite du compteur de temps TRLPR,  Echec: lorsque l'état liaison désactivée de la liaison locale dure plus longtemps que la limite du compteur de temps TFLPR.
ForceOffTpu	BOOLEAN1	Etat désactivé forcé du TPU True: désactivé forcé False: non désactivé forcé
ForceOffTpd	BOOLEAN1	Etat désactivé forcé du TPD True: désactivé forcé False: non désactivé forcé
SubsCnnFlags	Type_CNN_Flags	Drapeaux des CNN auxquels se substitue ce CNN.  Une position de bit dans SubsCnnFlags correspond à celle des CNN:  "1": ce CNN se substitue au CNN, "0": ce CNN ne se substitue pas au CNN.
TempSubsCnnFlags	Type_CNN_Flags	Drapeaux temporaires des CNN auxquels se substitue ce CNN, temporairement stockés pour envoi ultérieur dans la procédure subusXmit().  Le contenu et la forme de TempSubsCnnFlags sont identiques à ceux de SubsCnnFlags.

**D.4.7 Compteurs de temps pour le protocole de gestion du CNN**

Les compteurs de temps pour la gestion du CNN sont énumérés dans le Tableau D.43.

**Tableau D.43 – Compteurs de temps pour la gestion du CNN**

Compteurs de temps	Description
TNMS	Compteur de temps pour l'envoi périodique d'informations de gestion du CNN; la valeur par défaut est de 100 ms.
TFTPU	Compteur de temps pour le port trunk pour la liaison ascendante avec échec lors de l'expiration; la valeur par défaut est de 30 ms.
TRTPU	Compteur de temps pour le port trunk pour la liaison ascendante avec récupération lors de l'expiration; la valeur par défaut est de 0 ms.
TFTPD	Compteur de temps pour le port trunk pour la liaison descendante avec échec lors de l'expiration; la valeur par défaut est de 30 ms.
TRTPD	Compteur de temps pour le port trunk pour la liaison descendante avec récupération lors de l'expiration; la valeur par défaut est de 0 ms.
TFLPR	Compteur de temps pour le port local pour l'autre sous-réseau avec échec lors de l'expiration; la valeur par défaut est de 30 ms.
TRLPR	Compteur de temps pour le port local pour l'autre sous-réseau avec récupération lors de l'expiration; la valeur par défaut est de 0 ms.

#### D.4.8 Procédures pour le protocole de gestion du CNN

##### D.4.8.1 Procédures et fonctions

Les procédures pour la gestion du CNN sont énumérées dans le Tableau D.44 et les fonctions connexes sont décrites dans le Tableau D.45 et le Tableau D.46.

**Tableau D.44 – Procédures pour la gestion du CNN**

Procédures	Description
initNDB()	Initialisation de la base de données de gestion du CNN. Toutes les données sont réglées sur 0.
buildCnnInfo(frame)	Création de la trame d'informations de gestion du CNN à envoyer pour ce CNN. Se référer au Tableau D.32 en ce qui concerne le format de trame.
sourceCnn(frame)	Extraction du numéro de CNN de la trame désignée dans (trame).
startTimer(timer )	Démarrage du compteur de temps désigné dans (compteur de temps). Si le compteur de temps est déjà en cours d'utilisation, le compteur de temps est redémarré.
updateNDB(cnn, value1, ...)	Mise à jour de la valeur des variables mentionnées dans la zone pour le CNN désigné dans (cnn) dans la base de données de gestion de ce CNN.
updateMyNDB(value1, ...)	Mise à jour de la valeur des variables mentionnées dans la zone pour le MyCnn dans la base de données de gestion de ce CNN.
genSubsXRqBNStat()	Génération des informations pour la trame de requête pour la transmission de substitution. (SubsReqFlag1, SubsDstCnnNr1, SubsCnnExecNr1 et SubsSrcCnnNr1)  Le Tableau D.45 montre les fonctions pour la transmission de substitution avec les activités connexes qui génèrent la trame en détectant les CNN shuntés.  (Voir la NOTE.)

Procédures	Description
genSubsXRqTPStat(statTPU, statTPD)	<p>Génération des informations pour la trame de requête pour la transmission de substitution en fonction de l'état du port trunk dans le CNN. (SubsReqFlag2, SubsDstCnnNr2, SubsCnnExecNr2 et SubsSrcCnnNr2)</p> <p>Tableau D.46 montre les fonctions pour la génération d'une trame de requête à l'aide des activités connexes lors de la détection d'une défaillance du port trunk.</p> <p>(Voir la NOTE.)</p>
subsXmit()	<p>subsXmit() trouve le ou les CNN auxquels, en raison d'une défaillance de shuntage ou de liaison, doit se substituer ce CNN par le calcul des données dans les informations individuelles de gestion du CNN 1 à MaxCnn. Il exécute ensuite une transmission périodique des Données de Processus.</p> <p>En outre, subsXmit() trouve le ou les CNN pour lesquels la transmission de substitution doit être suspendue en raison d'une absence de besoin de substitution par ce CNN.</p> <p>Le démarrage ou la fin de la transmission de substitution des Données de Processus pour le ou les CNN à l'aide du service de Données de Processus au niveau de la couche Application est exécuté(e) au fil des étapes suivantes.</p> <p>a) Concernant le ou les CNN shuntés, détection des CNN à remplacer à l'aide du calcul de la logique «OR» (OU) pour tous les SubsCnnExecNr1 avec les conditions de SubsReqFlag1 égal à "1" et SubsDstCnnNr1 égal à MyCnn dans toutes les informations individuelles de gestion du CNN 1 pour MaxCnn.</p> <p>b) Concernant les défaillances de liaisons, détection des CNN à remplacer à l'aide du calcul de la logique «OR» (OU) pour tous les SubsCnnExecNr2 avec les conditions de SubsReqFlag2 égal à "1" et SubsDstCnnNr2 égal à MyCnn dans toutes les informations individuelles de gestion du CNN 1 pour MaxCnn.</p> <p>c) Etant donné que le ou les CNN pour le(s)quel(s) la logique «OR» calcule une valeur des étapes a) SubsCnnExecNr1 et b) SubsCnnExecNr2 ci-dessus égale à "1" doit/doivent être remplacé(s) par ce CNN, demande de la transmission périodique des Données de Processus du/des CNN à l'aide des données dans le Traffic Store pour le sous-réseau de l'autre côté. Le résultat de cette étape est stocké sous TempSubsCnnFlags.</p> <p>d) Calcule la logique «OR» exclusive de TempSubsCnnFlags, le résultat de l'étape c) ci-dessus et SubsCnnFlags, puis calcule la logique «AND» (ET) de ce résultat et SubsCnnFlags. Etant donné que le ou les CNN pour le(s)quel(s) les bits correspondants sont "1" dans ce résultat est/sont le(s) CNN de substitution précédent(s), la transmission de substitution doit être arrêtée à ce moment-là.</p> <p>e) Demande de l'arrêt de la transmission des Données de Processus du/des CNN au(x)quel(s) le(s) ED productif(s) d'origine apparten(nen)t. Afin de détecter la condition pour l'arrêt de la transmission de substitution pour ce CNN lors du prochain appel de temps, sauvegarde de TempSubsCnnFlags et du résultat de l'étape c) ci-dessus sous SubsCnnFlags</p>
<p>NOTE Le CNN qui exécute la transmission de substitution est appelé CNN de substitution, tandis que le CNN pour lequel la transmission de substitution est exécutée par un autre CNN est appelé CNN substitué.</p>	

**Tableau D.45 – Fonctions pour la transmission de substitution lors de la détection de CNN shuntés**

Nom de fonction	Opérations
genSubsXRqBNStat()	<p>Calcul de la différence entre TokenCnn et MyCnn.</p> <p>Si la différence est supérieure à 1, étant donné que le CNN précédent est shunté, création des informations pour la transmission de substitution dans les informations de gestion de ce CNN. (SubsReqFlag1, SubsDstCnnNr1, SubsSrcCnnNr1 et SubsCnnExecNr1)</p> <p>Si la différence est égale à 1, étant donné qu'aucun CNN n'est shunté, réglage des informations pour la transmission de substitution sur 0.</p> <pre> prevSubsDstCnnNr1 = SubsDstCnnNr1; prevSubsCnnExecNr1 = SubsCnnExecNr1; if ((MyCnn – TokenCnn) &gt; 1) {     // Lors de la détection d'un ou de plusieurs CNN shunté(s) dans la direction ascendante     if (isOthCnnTPD(myCnn – 1) == Normal) {         if (isOthCnnHealty(MyCnn, MaxCnn)) {             SubsDstCnnNr1 = getMinCnnHealtyOthCnn(MyCnn, MaxCnn);             SubsCnnExecNr1 = setBits(TokenCnn + 1, MyCnn – 1);         } else if (isOthCnnHealty (1, TokenCnn)) {             SubsDstCnnNr1 = getMaxCnnHealtyOthCnn(1, TokenCnn);             SubsCnnExecNr1 = setBits(TokenCnn + 1, MyCnn – 1));         } else {             SubsDstCnnNr1 = 0; SubsCnnExecNr1 = 0;         }     }     else if (isOthCnnTPU(TokenCnn + 1) == Normal) {         if (isOthCnnHealty (1, TokenCnn)) {             SubsDstCnnNr1 = getMaxCnnHealtyOthCnn(1, TokenCnn);             SubsCnnExecNr1 = setBits(TokenCnn + 1, MyCnn – 1);         } else {             SubsDstCnnNr1 = 0; SubsCnnExecNr1 = 0;         }     }     else {         SubsDstCnnNr1 = 0; SubsCnnExecNr1 = 0;     } } else {     SubsDstCnnNr1 = 0; SubsCnnExecNr1 = 0; } if (SubsDstCnnNr1 != 0) {     SubsReqFlag1 = 1; SubsSrcCnnNr1 = MyCnn; } else {     SubsReqFlag1 = 0; SubsSrcCnnNr1 = 0; } if (prevSubsDstNr1 != SubsDstNr1    prevSubsCnnExecNr1 != SubsCnnExecNr1)     return TRUE; return FALSE; </pre>
isOthCnnTPD(n)	<p>Renvoi de l'état de la liaison descendante du CNN désigné par (n), qui fait partie d'une paire de l'autre côté du sous-réseau;</p> <p>Etat normal: lorsque le CNN est normal ou lorsque l'état forcé du CNN inférieur est retourné,</p> <p>Etat de défaillance: lorsque le CNN connaît une défaillance.</p>

Nom de fonction	Opérations
isOthCnnTPU(n)	Renvoi de l'état de la liaison ascendante du CNN désigné par (n), qui fait partie d'une paire de l'autre côté du sous-réseau; Etat normal: lorsque le CNN est normal ou lorsque l'état forcé du CNN inférieur est retourné, Etat de défaillance: lorsque le CNN connaît une défaillance.
isOthCnnHealthy(n1, n2)	Si les ports locaux des CNN désignés de n1 à n2 dans le même sous-réseau sont normaux et que les CNN correspondants de l'autre côté du sous-réseau sont sains, ils retournent à un état normal. Sinon, l'état de défaillance est retourné.
getMinCnnHealthyOthCnn(n1, n2)	Si les ports locaux des CNN désignés de n1 à n2 sur le même sous-réseau sont normaux et que les CNN correspondants de l'autre côté du sous-réseau sont sains, ils retournent le plus petit numéro de CNN.
getMaxCnnHealthyOthCnn(n1, n2)	Si les ports locaux des CNN désignés de n1 à n2 sur le même sous-réseau sont normaux et que les CNN correspondants de l'autre côté du sous-réseau sont sains, ils retournent le plus grand numéro de CNN.
setBits(n1, n2);	Les bits de $2^{(n1)}$ à $2^{(n2)}$ indiquent "1".

**Tableau D.46 – Fonctions pour la transmission de substitution lors de la détection de défaillance de liaison**

Nom de la fonction	Opérations
genSubsXRqTPStat(statTPU, statTPD)	<p>Génération des informations pour la trame de requête pour la transmission de substitution en fonction de l'état des ports troncs TPU et TPD dans les informations de gestion du CNN. (SubsReqFlag2, SubsDstCnnNr2, SubsCnnExecNr2 et SubsSrcCnnNr2)</p> <pre> if ((StatTpu == Failure) &amp;&amp; (StatTpd == Normal)) {     // en cas de défaillance au niveau du port trunk de la liaison ascendante     if (isOthCnnHealty(MyCnn, MaxCnn)) {         SubsDstCnnNr2 = getMinCnnHealtyOthCnn(MyCnn, MaxCnn);         SubsCnnExecNr2 = setBits(1, MyCnn - 1);     } else         SubsDstCnnNr2 = 0; } else if ((StatTpu == Normal) &amp;&amp; (StatTpd == Failure)) {     // en cas de défaillance au niveau du port trunk de la liaison descendante     if (isOthCnnHealthy(1, MyCnn-1)) {         SubsDstCnnNr2 = getMaxCnnHealthyOthCnn(1, MyCnn-1);         SubsCnnExecNr2 = setBits(MyCnn + 1, MaxCnn);     } else         SubsDstCnnNr2 = 0; } else     SubsDstCnnNr2 = 0; if (SubsDstCnnNr2 != 0) {     SubsReqFlag2 = 1; SubsSrcCnnNr2 = MyCnn; } else {     SubsReqFlag2 = 0; SubsSrcCnnNr2 = 0; } </pre>

#### D.4.8.2 Événements

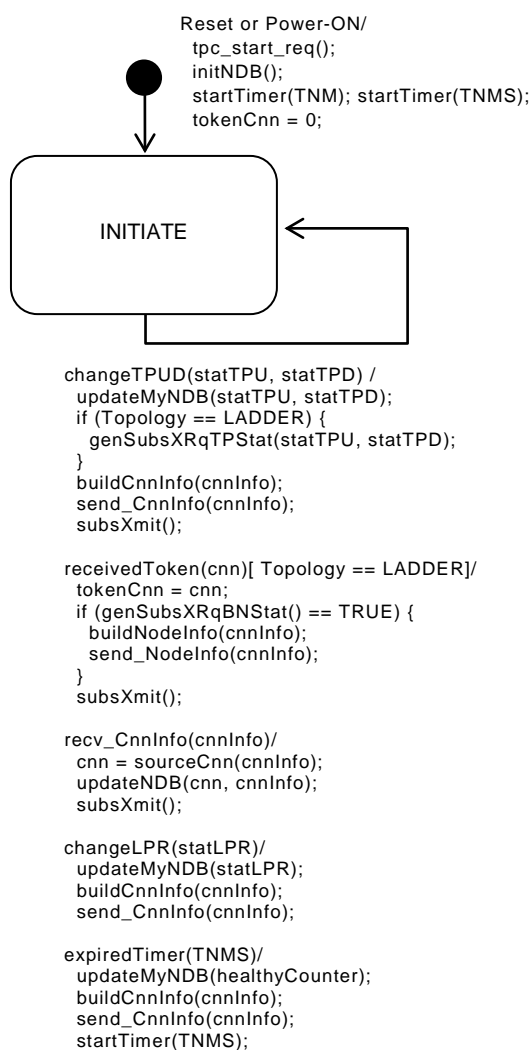
Les événements pour la gestion du CNN sont énumérés dans le Tableau D.47.

**Tableau D.47 – Événements pour la gestion du CNN**

Événements	Description
Reset or Power ON	Remise à zéro ou mise sous tension du matériel.
receivedToken(Cnn)	Réception du jeton avec le numéro du CNN qui a envoyé le jeton.
changeTPUDLP (statTPU, statTPD)	Un changement se produit dans l'état du port trunk pour la liaison ascendante ou du port trunk de la liaison descendante, ce qui indique soit un état de défaillance, soit un état normal.
changeLPR(statLPR)	Un changement se produit dans l'état du port local de l'autre sous-réseau, ce qui indique un état de défaillance ou un état normal.
expiredTimer(timer)	Le compteur de temps lancé par l'activité startTimer expire.

#### D.4.9 Fonctionnement du diagramme de gestion du CNN

La Figure D.21 montre le diagramme d'états pour le diagramme de gestion du CNN. Le Tableau D.48 décrit la transition des états.



IEC 0824/14

**Figure D.21 – Diagramme d'états de CNNMM**

**Tableau D.48 – Tableau de transition des états pour CNNMM**

Etat actuel	Événement[condition]	Actions	Etat suivant
Initial state	Reset or Power ON	<i>// Remise à zéro ou mise sous tension</i> tpc_start_req(); initNDB(); startTimer(TNMS); tokenCnn = 0;	INITIATE
INITIATE	changeTPUD(statTPU, statTPD)	<i>// Modification dans l'état de liaison des ports troncs</i> updateMyNDB(statTPU, statTPD); if (topology == LADDER) { genSubsXRqTPStat(statTPU, statTPD); } buildCnnInfo(cnnInfo); send_CnnInfo(cnnInfo); subsXmit();	INITIATE
INITIATE	receivedToken(Cnn) [Topology == LADDER]	<i>// Réception du jeton</i> tokenCnn = cnn; if (genSubsXRqBNStat() == TRUE) { buildCnnInfo(cnnInfo); send_CnnInfo(cnnInfo); } subsXmit();	INITIATE
INITIATE	recv_CnnInfo(CnnInfo)	<i>// Réception des informations de gestion des autres CNN</i> cnn = sourceCnn(cnnInfo); updateNDB(cnn, cnnInfo); subsXmit();	INITIATE
INITIATE	changeLPR(statLPR)	<i>// Modification de l'état de liaison du port local pour l'autre sous-réseau</i> updateMyNDB(statLPR); buildCnnInfo(cnnInfo); send_CnnInfo(cnnInfo);	INITIATE
INITIATE	expiredTimer(TNMS)	<i>// Expiration du compteur de temps TNMS pour l'envoi périodique des informations de gestion de chaque CNN.</i> updateMyNDB(healthyCounter); buildCnnInfo(cnnInfo); send_CnnInfo(cnnInfo); startTimer(TNMS);	INITIATE

**D.4.10 Affectation du numéro de port pour le protocole de gestion du CNN**

Pour assurer l'interopérabilité des communications de données, il convient d'utiliser par défaut l'affectation de ports au niveau de la couche Transport pour le protocole de gestion du CNN énumérée dans le Tableau D.49 qui ne doit pas être dupliquée en ce qui concerne les numéros de ports pour les Données de Processus, les Données de Messagerie et d'autres protocoles d'application:

**Tableau D.49 – Numéro de port par défaut pour le protocole de gestion du CNN**

Protocole	Port de destination	Port source
Données de gestion du CNN (UDP)	49 154	49 154
NOTE Il est permis d'utiliser un numéro de port différent pour des raisons propres au projet concerné.		

## D.5 Situations de défaillance dans la topologie en échelle

### D.5.1 Généralités

Le présent Article décrit les différents cas de défaillance dans la topologie en échelle selon lesquels la reconfiguration des chemins de transmission pour les Données de Processus est réalisée par la fonction de transmission de substitution.

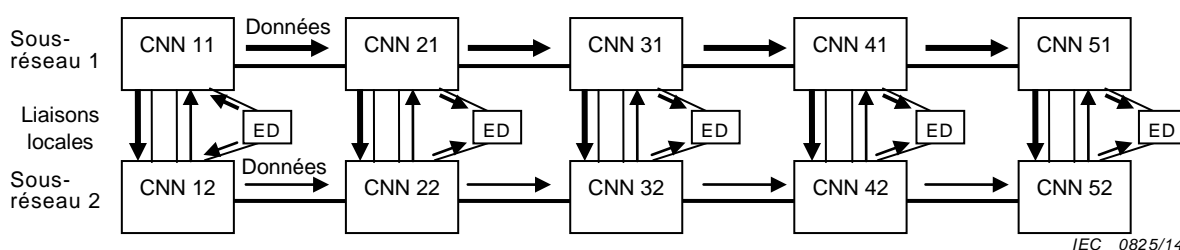
### D.5.2 Cas de défaillances

Ci-après, divers cas de défaillance sont illustrés avec des exemples de sous-réseaux de cinq paires de CNN utilisés dans une topologie en échelle.

NOTE Dans les Figures du présent Article, les exemples sont établis sur la base d'un réseau de cinq paires de CNN utilisé dans une topologie en échelle. Tous les Équipements Terminaux connectés aux paires de CNN en connexion à double attachement ne figurent pas dans les exemples par souci de simplification. Les flèches épaisses symbolisent les trames de données transmises via le sous-réseau 1 et les flèches fines celles transmises via le sous-réseau 2. Le CNN indiqué à l'aide d'un cadre grisé indique que le CNN exécute la transmission de substitution. Les numéros de CNN sont des exemples fictifs pour simplifier l'explication.

#### a) Fonctionnement normal

Dans la Figure D.22, les données provenant d'un Équipement terminal connecté sont simultanément transmises au sous-réseau 1 et au sous-réseau 2, puis mutuellement transmises aux CNN de l'autre côté du sous-réseau via les liaisons locales au niveau de chaque CNN.



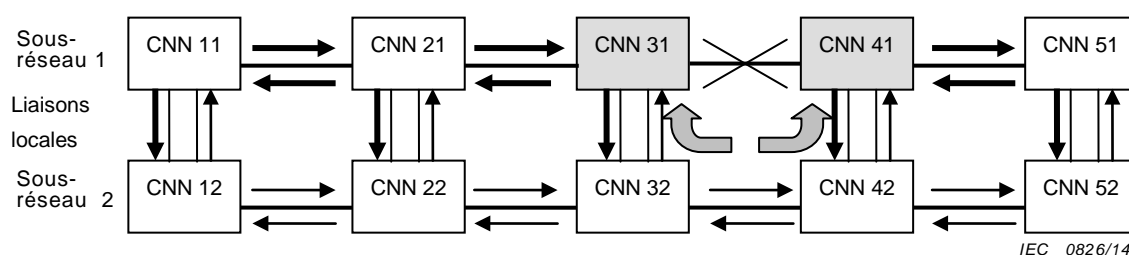
**Figure D.22 – Configuration normale des chemins de transmission dans la topologie en échelle**

#### b) Défaillance de liaison simple dans un sous-réseau

Dans la Figure D.23, en cas de défaillance de liaison dans le sous-réseau 1, le CNN 41 utilise les données reçues du CNN 12, du CNN 22 et du CNN 32 via la liaison locale entre le CNN 42 pour à nouveau transmettre les données à la partie intacte du sous-réseau 1, où les données sont identiques à celles qu'il convient de recevoir du CNN 11, du CNN 21 et du CNN 31.

D'autre part, le CNN 31 utilise les données reçues du CNN 42 et du CNN 52 via la liaison locale entre le CNN 32 afin de transmettre à nouveau les données à l'autre partie intacte du sous-réseau 1, où les données sont identiques à celles qu'il convient de recevoir du CNN 41 et du CNN 51.



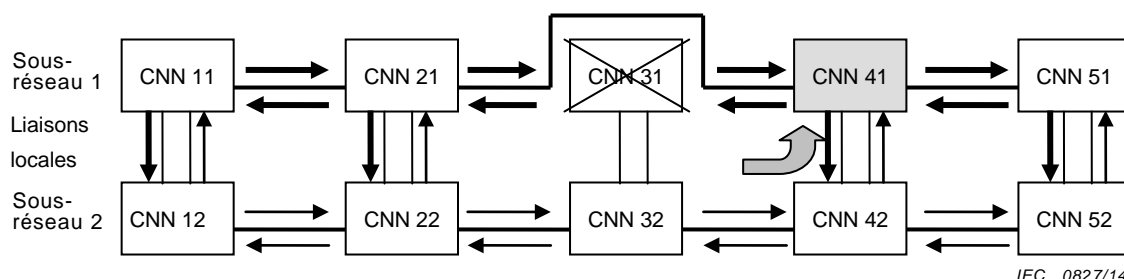


**Figure D.23 – Reconfiguration des chemins de transmission avec défaillance de liaison simple dans un sous-réseau**

c) Défaillance de CNN simple dans un sous-réseau

Dans la Figure D.24, en cas de défaillance du CNN dans le sous-réseau 1, la liaison du CNN est shuntée à l'aide du circuit de relais. Le CNN 32 sert de secours au CNN 31 défaillant.

Le CNN 41 utilise les données reçues du CNN 32 au niveau de la liaison locale via le CNN 42, qui sont identiques à celles qu'il convient de recevoir du CNN 31, afin de transmettre à nouveau les données au sous-réseau 1 comme transmission de substitution.



**Figure D.24 – Reconfiguration des chemins de transmission avec défaillance de CNN simple dans un sous-réseau**

d) Double défaillance de liaisons dans un sous-réseau

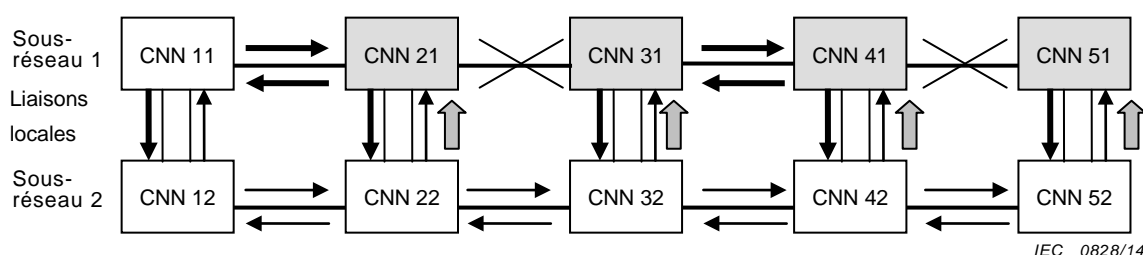
Dans la Figure D.25, en cas de double défaillance de diverses liaisons dans le sous-réseau 1;

le CNN 21 exécute la transmission de substitution du CNN 31, du CNN 41 et du CNN 51,

le CNN 31 exécute la transmission de substitution du CNN 11 et du CNN 21,

le CNN 41 exécute la transmission de substitution du CNN 51,

le CNN 51 exécute la transmission de substitution du CNN 11, du CNN 21, du CNN 31 et du CNN 41.



**Figure D.25 – Reconfiguration des chemins de transmission avec double défaillance de liaisons dans un sous-réseau**

e) Double défaillance de diverses liaisons sur les deux sous-réseaux

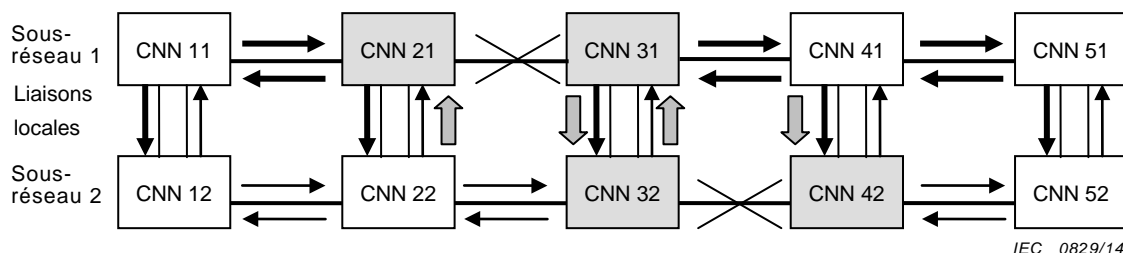
Dans la Figure D.26, en cas de double défaillance de diverses liaisons sur le sous-réseau 1 et le sous-réseau 2;

le CNN 21 exécute la transmission de substitution du CNN 31, du CNN 41 et du CNN 51,

le CNN 31 exécute la transmission de substitution du CNN 11 et du CNN 21,

le CNN 32 exécute la transmission de substitution du CNN 42 et du CNN 52,

le CNN 42 exécute la transmission de substitution du CNN 12, du CNN 22 et du CNN 32.



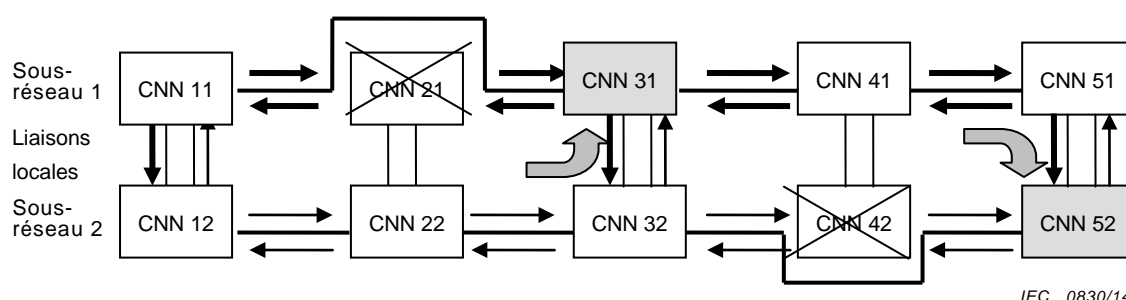
**Figure D.26 – Reconfiguration des chemins de transmission avec double défaillance de liaisons dans les deux sous-réseaux**

f) Double défaillance de CNN sur les deux sous-réseaux

Dans la Figure D.27, en cas de défaillance du CNN dans le sous-réseau 1 et d'une autre défaillance du CNN dans le sous-réseau 2;

le CNN 31 exécute la transmission de substitution du CNN 21 dans le sous-réseau 1 à l'aide des données du CNN 22,

le CNN 52 exécute la transmission de substitution du CNN 42 dans le sous-réseau 2 à l'aide des données du CNN 41.



**Figure D.27 – Reconfiguration des chemins de transmission avec double défaillance de CNN dans les deux sous-réseaux**

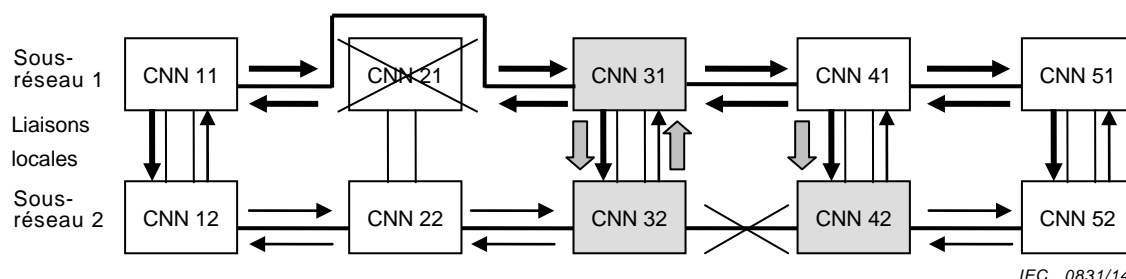
g) Double défaillance d'un CNN et d'une liaison sur les deux sous-réseaux

Dans la Figure D.28, en cas de défaillance du CNN dans le sous-réseau 1 et de la défaillance d'une liaison dans le sous-réseau 2;

le CNN 31 exécute la transmission de substitution du CNN 21 dans le sous-réseau 1 à l'aide des données du CNN 22,

le CNN 32 exécute la transmission de substitution du CNN 42 et du CNN 52 dans le sous-réseau 2 à l'aide des données du CNN 41 et du CNN 51,

le CNN 42 exécute la transmission de substitution du CNN 12, du CNN 22 et du CNN 32 dans le sous-réseau 2 à l'aide des données du CNN 11, du CNN 22 et du CNN 31.



**Figure D.28 – Reconfiguration des chemins de transmission avec double défaillance d'une liaison et d'un CNN sur les deux sous-réseaux**

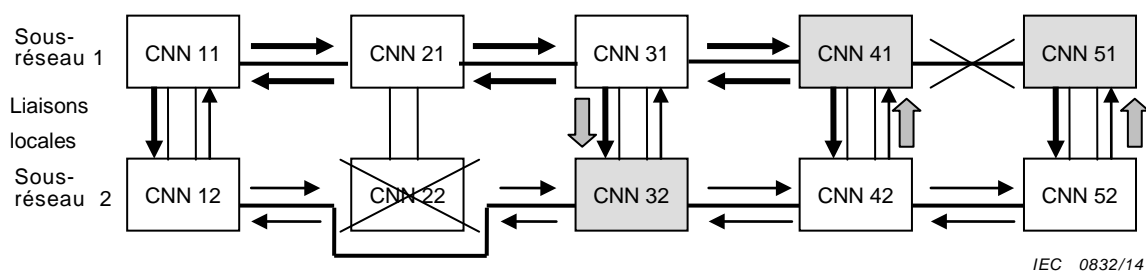
h) Double défaillance d'un CNN et d'une liaison sur les deux sous-réseaux

Dans la Figure D.29, en cas de défaillance du CNN dans le sous-réseau 1 et d'une autre défaillance d'une liaison dans le sous-réseau 2;

le CNN 32 exécute la transmission de substitution du CNN 22 dans le sous-réseau 2 à l'aide des données du CNN 21,

le CNN 41 exécute la transmission de substitution du CNN 51 dans le sous-réseau 1 à l'aide des données du CNN 52,

le CNN 51 exécute la transmission de substitution du CNN 11, du CNN 21, du CNN 31 et du CNN 41 dans le sous-réseau 1 à l'aide des données du CNN 12, du CNN 21, du CNN 32 et du CNN 42.



**Figure D.29 – Reconfiguration des chemins de transmission avec double défaillance d'une liaison et d'un CNN sur les deux sous-réseaux**

### D.5.3 Restauration du réseau

Si des liaisons ou des CNN retrouvent un état de bon fonctionnement, quand les CNN des deux côtés des points de défaillance trouvent ces points en état normal de fonctionnement, ils suppriment le contrôle du chemin de contournement des points de défaillance, puis relancent le fonctionnement normal dans les deux sous-réseaux.

## Bibliographie

IETF RFC 768, *User Datagram Protocol*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc768.txt>>

IETF RFC 791, *Internet Protocol*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc769.txt>>

IETF RFC 792, *Internet Control Message Protocol*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc792.txt>>

IETF RFC 793, *Transmission Control Protocol*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc793.txt>>

IETF RFC 826, *An Ethernet Address Resolution Protocol: Or Converting Network Protocol Addresses to 48.bit Ethernet Address for Transmission on Ethernet Hardware*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc826.txt>>

IETF RFC 854, *TELNET Protocol specification*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc854.txt>>

IETF RFC 959, *File Transfer Protocol (FTP)*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc959.txt>>

IETF RFC 1034, *Domain Names – Concepts and Facilities*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1034.txt>>

IETF RFC 1035, *Domain Names – Implementation and Specification*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1035.txt>>

IETF RFC 1112, *Host Extensions for IP Multicasting*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1112.txt>>

IETF RFC 1122, *Requirements for Internet Hosts – Communication Layers*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1122.txt>>

IETF RFC 1166, *Internet Numbers*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1166.txt>>

IETF RFC 1213, *Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets: MIB-II*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1213.txt>>

IETF RFC 1305, *Network Time Protocol (Version 3) Specification, Implementation and Analysis*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1305.txt>>

IETF RFC 1350, *THE TFTP Protocol (REVISION 2)*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1350.txt>>

IETF RFC 1361, *Simple Network Time Protocol (SNTP)*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1361.txt>>

IETF RFC 1901, *Introduction to Community-based SNMPv2*  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1901.txt>>

IETF RFC 1905, *Protocol Operations for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2)*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1905.txt>>

IETF RFC 1906, *Transport Mappings for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2)*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1906.txt>>

IETF RFC 1918, *Address Allocation for Private Internets*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1918.txt>>

IETF RFC 2131, *Dynamic Host Configuration Protocol*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2131.txt>>

IETF RFC 2132, *DHCP Options and BOOTP Vendor Extensions*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2132.txt>>

IETF RFC 2236, *Internet Group Management Protocol, Version 2*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2236.txt>>

IETF RFC 2365, *Administratively Scoped IP Multicast*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2365.txt>>

IETF RFC 2474, *Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2474.txt>>

IETF RFC 2544, *Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2544.txt>>

IETF RFC 2616, *Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2616.txt>>

IETF RFC 3022, *Traditional IP Network Address Translator (Traditional NAT)*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc3022.txt>>

IETF RFC 3046, *DHCP Relay Agent Information Option*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc3046.txt>>

IETF RFC 3203, *DHCP reconfigure extension*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc3203.txt>>

IETF RFC 3376, *Internet Group Management Protocol, Version 3*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc3376.txt>>

IETF RFC 3768, *Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP)*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc3768.txt>>

IETF RFC 4251, *The Secure Shell (SSH) Protocol Architecture*  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc4251.txt>>

IETF RFC 4541, *Considerations for Internet Group Management Protocol (IGMP) and Multicast Listener Discovery (MLD) Snooping Switches*,  
disponible à l'adresse suivante: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc4541.txt>>

---







INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

3, rue de Varembé  
PO Box 131  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11  
Fax: + 41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)