

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Electronic railway equipment – Train communication network (TCN) –
Part 2-5: Ethernet train backbone**

**Matériel électronique ferroviaire – Réseau embarqué de train (TCN) –
Partie 2-5: Réseau central de train Ethernet**





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
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

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

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

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

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

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

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: 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

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

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

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

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

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

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



IEC 61375-2-5

Edition 1.0 2014-08

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Electronic railway equipment – Train communication network (TCN) –
Part 2-5: Ethernet train backbone**

**Matériel électronique ferroviaire – Réseau embarqué de train (TCN) –
Partie 2-5: Réseau central de train Ethernet**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XF

ICS 45.060

ISBN 978-2-8322-1772-6

**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.....	7
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	10
2 Normative references.....	10
3 Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	11
3.1 Terms and definitions	11
3.2 Symbols and abbreviations.....	15
3.3 Conventions.....	17
3.3.1 Base of numeric values	17
3.3.2 Naming conventions.....	17
3.3.3 State diagram conventions	17
3.3.4 Annotation of data structures.....	17
4 ETB physical layer.....	17
4.1 Train regions.....	17
4.2 Physical characteristics	18
4.2.1 General	18
4.2.2 Intra car physical layer.....	18
4.2.3 Inter car physical layer.....	20
4.2.4 Inter Consist physical layer	24
4.3 Power over Ethernet (PoE).....	27
4.4 ETB physical architecture and redundancy.....	29
4.4.1 General	29
4.4.2 Link aggregation architecture	29
4.4.3 Functions.....	31
5 ETB data link layer	32
6 ETB network layer: IPv4 subnets definition.....	33
6.1 General.....	33
6.2 IP mapping introduction.....	34
6.3 Topology.....	34
6.3.1 General	34
6.3.2 Closed train	35
6.4 Network IP address map	36
6.4.1 Global IPv4 address space	36
6.4.2 Train subnet definition.....	36
6.4.3 Train IP address map summary	40
6.4.4 Train IP group addresses (multicast)	41
6.5 Particular hosts IP addresses	41
6.5.1 ETBN (Ethernet Train Backbone Node).....	41
6.5.2 Hosts on train subnet	42
6.5.3 Host inside a closed train	43
6.6 Some use cases.....	45
6.7 Dynamic IP routing management	48
6.7.1 Unicast routes.....	48
6.7.2 Multicast routes	48
7 ETB Transport layer.....	49
8 ETB Train Inauguration: TTDP	50

8.1	Contents of this clause	50
8.2	Objectives and assumptions	50
8.2.1	Goals	50
8.2.2	Out of scope	51
8.2.3	Assumptions	51
8.3	ETBN settings	52
8.3.1	ETB switch port states	52
8.3.2	Node settings	52
8.4	General behaviour	54
8.5	ETBN Inauguration state diagram	54
8.5.1	General	54
8.5.2	Actions	55
8.5.3	Transitions	57
8.6	ETBN peers discovery	58
8.6.1	Internal peers detection	58
8.6.2	External peers detection	58
8.6.3	Switch port states handling	59
8.6.4	ETB lines statuses	59
8.7	TTDP messages description	61
8.7.1	General	61
8.7.2	Convention	61
8.7.3	TTDP frame tagging	61
8.7.4	Transport and addressing	61
8.7.5	TTDP HELLO frame	62
8.7.6	TTDP TOPOLOGY frame	66
8.8	TTDP data structures	72
8.8.1	Connectivity Vector	72
8.8.2	ETBN Vector	73
8.8.3	Connectivity Table	73
8.8.4	Connectivity Table CRC	74
8.8.5	Train network directory	76
8.8.6	Train network directory CRC (Topology Counter)	78
8.8.7	Corrected topology	78
8.9	TTDP frames timing	79
8.9.1	TTDP HELLO	79
8.9.2	TTDP TOPOLOGY	81
8.10	Inauguration Train Application interface	83
8.11	Degraded modes	83
8.11.1	Late insertion ETBN	83
8.11.2	Losing ETBN	84
8.11.3	End ETBN failure and partial topology counter	84
8.12	Some discovery timing	85
8.12.1	ETBN wakeup	85
8.12.2	ETBN failure	86
8.12.3	Consist coupling	87
9	ETB ETBN redundancy	88
10	ETB physical train naming convention (optional)	89
10.1	General	89
10.2	ETB Train domain	89

10.3	Hostname	90
11	ETB Quality of Service.....	91
11.1	Contents of this clause	91
11.2	Frame forwarding.....	91
11.2.1	ETBN switching rate.....	91
11.2.2	No Head-of-Line blocking	91
11.2.3	Switching priorities.....	91
11.2.4	Switching queuing scheme	92
11.3	Priority of Inauguration frames.....	92
11.4	ETB ingress rate limiting	92
11.5	ETB egress rate shaping	92
11.6	ETB data classes	92
12	ETB Management and monitoring	93
13	ETB Application interface.....	93
13.1	Contents of this clause	93
13.2	Abstract communication model	93
13.3	ETB Process Data and Message Data protocols	94
13.4	ETB protocol transparency	94
13.5	ETBN interfaces.....	94
13.5.1	Application.....	94
13.5.2	Maintenance and monitoring.....	95
14	ETB conformity statement.....	96
	Annex A (normative) Summary of ETB sizing parameters.....	97
	Annex B (normative) Physical topology building algorithm.....	98
	Annex C (normative) TTDP MIB definition	101
	Bibliography	121
	Figure 1 – ETB train regions	18
	Figure 2 – ETB Inter car at same potential.....	23
	Figure 3 – ETB Inter car not at the same potential	24
	Figure 4 – ETB Consist reversing.....	26
	Figure 5 – ETB Inter Consist segment	27
	Figure 6 – ETBN PSE PoE use case	27
	Figure 7 – ETBN PD PoE use case	28
	Figure 8 – PoE in inter-Consist.....	28
	Figure 9 – PoE PSE alternative A.....	29
	Figure 10 – Redundant train backbone architecture	29
	Figure 11 – Link aggregation model	30
	Figure 12 – Link aggregation group	31
	Figure 13 – Conversations over LAG.....	31
	Figure 14 – Hierarchical Consist topology.....	35
	Figure 15 – Closed train.....	36
	Figure 16 – "Subnet Id" with single Consist Network	38
	Figure 17 – "Subnet Id" with two single Consist Networks	38
	Figure 18 – Multiple Consist Networks, without fault tolerance	39

Figure 19 – "Subnet Id" with ETBN redundancy	39
Figure 20 – "Subnet Id" in multiple units with ETBN redundancy	40
Figure 21 – IP train address space summary	40
Figure 22 – Relative addressing example	45
Figure 23 – Train composed of a single Consist Network	46
Figure 24 – Train composed of two single Consist Networks	46
Figure 25 – Train composed of single Consist Network with ETBN redundancy	47
Figure 26 – Train composed of two Consist Networks with ETBN redundancy	47
Figure 27 – Train with two Consist Networks in single Consist	48
Figure 28 – ETBN top node reference	51
Figure 29 – ETBN orientation capability	52
Figure 30 – ETB switch in passive bypass setting	53
Figure 31 – ETB switch in intermediate setting	53
Figure 32 – ETB switch in End Node Setting	54
Figure 33 – ETBN Inauguration state diagram	55
Figure 34 – Switch port state diagram	59
Figure 35 – ETBN physical line state machine	60
Figure 36 – TTDP HELLO frame LLDPDU structure	62
Figure 37 – LLDP organizationally TLV structure	62
Figure 38 – TTDP HELLO frame structure	66
Figure 39 – TTDP specific HELLO TLV structure	66
Figure 40 – TTDP TOPOLOGY frame structure	71
Figure 41 – TTDP TOPOLOGY specific ETB TLV structure	72
Figure 42 – TTDP TOPOLOGY specific CN TLV structure	72
Figure 43 – Train composition for TNDIR example	77
Figure 44 – TTDP HELLO normal mode and recovery timing	80
Figure 45 – TTDP HELLO failure timing	81
Figure 46 – TTDP TOPOLOGY frames handling	82
Figure 47 – TTDP ETBNs wake up timing	85
Figure 48 – TTDP ETBN failure timing	86
Figure 49 – TTDP Consist coupling timing	87
Figure 50 – Example of ETBN IP routing table without redundancy	88
Figure 51 – Example of ETBN IP routing table with redundancy	88
Figure 52 – ETB train domain definition	90
Figure 53 – Abstract communication model for ETB communication	94
Figure B.1 – Physical topology building	98
Figure C.1 – TTDP MIB tree view	103
Table 1 – ETB Intra car physical layer interface	19
Table 2 – ETB Inter car physical layer interface	21
Table 3 – ETB Inter consist physical layer interface	25
Table 4 – ETB Switch data link layer interface	32
Table 5 – ETB OSI Network layer	33

Table 6 – Train subnet definition	36
Table 7 – Train subnet decomposition	37
Table 8 – Train IP group addresses reserved range.....	41
Table 9 – ETBN ETB IP address	42
Table 10 – Hosts IP on train subnet.....	43
Table 11 – Application ED common interface.....	50
Table 12 – ETB switch port states	52
Table 13 – TTDP destination MAC addresses.....	62
Table 14 – Connectivity Vector.....	73
Table 15 – Connectivity Vector Fields	73
Table 16 – ETBN Vector	73
Table 17 – ETBN Vector Fields	73
Table 18 – Connectivity Table	74
Table 19 – Connectivity Table fields.....	74
Table 20 – Train network directory	76
Table 21 – Train network directory fields	76
Table 22 – Train network directory (example)	78
Table 23 – DSCP field mapping.....	91
Table 24 – ETB Switching Priorities.....	92
Table 25 – Train Topology Discovery Object.....	95
Table A.1 – ETB sizing parameters	97

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRONIC RAILWAY EQUIPMENT –
TRAIN COMMUNICATION NETWORK (TCN) –****Part 2-5: Ethernet train backbone****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 61375-2-5 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
9/1933/FDIS	9/1961/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 in the IEC 61375 series, published 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

IEC 61375-2-5 defines the Ethernet Train Backbone so as to achieve interoperability between Consists of different types when coupled in the same train composition.

The standard follows the ISO-OSI model and specifies the whole protocols stack from the physical layer up to the application layer.

A Protocol Implementation Conformance Statement (PICS) pro-forma allows suppliers to state their conformity to this standard. The PICS pro-forma specification and the related conformity test are not in the scope of this standard.

ELECTRONIC RAILWAY EQUIPMENT – TRAIN COMMUNICATION NETWORK (TCN) –

Part 2-5: Ethernet train backbone

1 Scope

This part of IEC 61375 defines Ethernet Train Backbone (ETB) requirements to fulfil open train data communication system based on Ethernet technology.

Respect of this standard ensures interoperability between local Consist subnets whatever Consist network technology (see IEC 61375-1 for more details).

All Consist network definitions should take into account this standard to preserve interoperability.

This standard 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 61076-2-101:2012, *Connectors for electronic equipment – Product requirements – Part 2-101: Circular connectors – Detail specification for M12 connectors with screw-locking*

IEC 61156 (all parts), *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications*

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

IEC 61156-5, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 5: Symmetrical pair/quad cables with transmission characteristics up to 1 000 MHz – Horizontal floor wiring – Sectional specification*

IEC 61375-1:2012, *Electronic railway equipment – Train communication network (TCN) – Part 1: General architecture*

IEC 61375-2-3, *Electronic railway equipment – Train communication network (TCN) – Part 2-3: TCN communication profile* (to be published)

IEC 61375-3-4, *Electronic railway equipment – Train communication network (TCN) – Part 3-4: Ethernet Consist Network (ECN)*

IEC 62236-3-2, *Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 3-2: Rolling stock – Apparatus*

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

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

ISO/IEC 9646 (all parts), *Information technology – Open Systems Interconnection – Conformance testing methodology and framework*

ISO/IEC 11801:2002, *Information technology – Generic cabling for customer premises*

IEEE 802.1AB, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Station and Media Access Control Connectivity Discovery*

IEEE 802.1AX:2008, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Link Aggregation*

IEEE 802.1D:2012, *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 802.2, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 2: Logical Link Control*

IEEE 802.3:2012, *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 following terms and definitions apply.

3.1.1

application layer

upper layer in the OSI model, interfacing directly to the Application

3.1.2

application process

element within a real open system which performs the information processing for a particular application

3.1.3

bridge

device which stores and forwards frames from one bus to another on the base of their Link Layer addresses

3.1.4

broadcast

nearly simultaneous transmission of the same information to several destinations

Note 1 to entry: Broadcast in the TCN is not considered reliable, i.e. some destinations may receive the information and others not.

3.1.5

bus

communication medium which broadcasts the same information to all attached participants at nearly the same time, allowing all devices to obtain the same sight of its state, at least for the purpose of arbitration

3.1.6

closed train

train composed of one or a set of Consists, where the configuration does not change during normal operation, for instance metro, sub-urban train, or high speed train units

3.1.7

communication devices

devices connected to Consist Network or Train Backbone with the ability to source and sink data

3.1.8

composition

number and characteristics of the vehicles forming a train

3.1.9

configuration

definition of the topology of a network, the devices connected to it, their capabilities and the traffic they produce; by extension, the operation of loading the devices with the configuration information before going to regular operation

3.1.10

consist

train set

rake of coaches

single vehicle or a group of vehicles which are not separated during normal operation. A Consist contains no, one or several Consist networks.

3.1.11

Consist Network

CN

communication network interconnecting communication devices in one Consist

3.1.12

End Device

ED

unit connected to one Consist Network or to one set of Consist Networks prepared for redundancy reasons

3.1.13

end node

node which terminates the Train Backbone

3.1.14

function

Application Process which exchanges messages with another Application Process

3.1.15

gateway

connection between different communication technologies

3.1.16**group address**

address of a multicast group to which a device belongs

3.1.17**host**

any addressable unit connected to the network: End Devices, Network Devices, etc.

3.1.18**inauguration**

operation executed in case of composition change, which gives all Nodes of the Train Backbone their Train Backbone address, their orientation and information about all named Nodes on the same backbone

3.1.19**integrity**

property of a system to recognize and to reject wrong data in case of malfunction of its parts

3.1.20**intermediate node**

node which establishes continuity between two bus sections connected to it, but does not terminate them

3.1.21**linear topology**

topology where the nodes are connected in series, with two nodes each connected to only one other node and all others each connected to two other nodes (that is, connected in the shape of a line)

3.1.22**Local Area Network**

part of a network characterized by a common medium access and address space

3.1.23**Medium Access Control**

sublayer of the Link Layer, which controls the access to the medium (arbitration, mastership transfer, polling)

3.1.24**medium**

physical carrier of the signal: electrical wires, optical fibers, etc.

3.1.25**message**

data item transmitted in one or several packets

3.1.26**Mobile Train Unit**

part of a train which shall be uniquely addressable from ground. A mobile train unit provides one active mobile communication gateway for train to ground communication.

3.1.27**multicast**

transmission of the same message to a group of receivers, identified by their Group Address

Note 1 to entry: The word "multicast" is used even if the group includes all receivers.

3.1.28

network

set of possibly different communication systems which interchange information in a commonly agreed way

3.1.29

network address

address which identifies a communication device on network layer

3.1.30

network device

ND

components used to set up Consist Networks and Train Networks

Note 1 to entry: These may be passive components such as cables or connectors, active unmanaged components such as repeaters, media converters or (unmanaged) switches, or active managed components such as gateways, routers and (managed) switches.

3.1.31

network layer

layer in the OSI model responsible for routing between different busses

3.1.32

network management

operations necessary to remotely configure, monitor, diagnose and maintain the network

3.1.33

node

device on the Train Backbone, which may act as a gateway between Train Backbone and Consist Network

3.1.34

open train

train composed of a set of Consists, where the configuration may change during operation, for instance international trains

3.1.35

operator

enterprise or organization which operates trains

3.1.36

packet

unit of a message (information, acknowledgement or control) transmitted by protocols on network or transport layer

3.1.37

receiver

electronic device which may receive signals from the physical medium

3.1.38

repeater

connection at the Physical Layer between bus segments, providing an extension of the bus beyond the limits permitted by passive means

Note 1 to entry: The connected segments operate at the same speed and with the same protocol. The delay introduced by a repeater is in the order of one bit duration.

3.1.39**router**

connection between two busses at the Network Layer, which forwards datagrams from one bus to another on the base of their Network Address

3.1.40**service**

capabilities and features of a sub-system (e.g. a communication layer) provided to a user

3.1.41**switch**

MAC bridge as defined in IEEE 802.1D

3.1.42**topology**

possible cable interconnection and number of devices a given network supports

3.1.43**topology counter**

counter in a node which at each Inauguration memorises CRC of Train Network Directory

3.1.44**train communication network**

data communication network for connecting programmable electronic equipment on-board rail vehicles

3.1.45**train backbone**

bus connecting the vehicles of a train and which conforms to the TCN protocols

3.1.46**train backbone node**

node device on the Train Backbone which receives a train backbone node number during Inauguration. A train backbone node can be used to connect an End Device or a Consist Network to the Train Backbone.

3.1.47**train backbone node number****node address****node number**

each active train backbone node is assigned a number during Inauguration, which indicates the position of the train backbone node on the Train Backbone

3.1.48**transport layer**

layer of the OSI model responsible for end-to-end flow control and error recovery

3.2 Symbols and abbreviations

CAN	Controller Area Network
CCTV	Closed Circuit Television
CIDR	Classless Inter Domain Routing
CN	Consist Network
CRC	Cyclic Redundancy Check
CSTINFO	ConSisT INfOrmation
CstUUID	Consist Universally Unique Identifier

DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DNS	Domain Name System
ECN	Ethernet Consist Network
ED	End Device
EMC	Electro Magnetic Compatibility
ETB	Ethernet Train Backbone
ETBN	Ethernet Train Backbone Node
FLR	Frame Loss Rate
FQDN	Fully Qualified Domain Name
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
IP	Internet Protocol
LACP	Link Aggregation Control Protocol
LAG	Link Aggregation Group
LLDP	Link Layer Discovery Protocol
LLDPDU	LLDP Data Unit
MAC	Medium Access Control
MCG	Mobile Communication Gateway
MDI	Media Dependent Interface
MTU	Maximum Transmission Unit
MVB	Multifunction Vehicle Bus
NAT	Network Address Translation
ND	Network Device
NTP	Network Time Protocol
OSI	Open System Interconnection
PCS	Physical Coding Sublayer
PD	Powered Device (about PoE)
PD/MD	Process Data/Message Data
PICS	Protocol Implementation Conformance Statement
PMA	Physical Medium Attachment
PMD	Physical Medium Dependent
PoE	Power Over Ethernet
PSE	Power Source Equipment (about PoE)
RFC	Request For Comments
TBN	Train Backbone Node
TCMS	Train Control and Monitoring System
TCN	Train Communication Network
TCP	Transport Control Protocol
TLV	Type/Length/Value
TNDir	Train Network Directory
TTDP	Train Topology Discovery Protocol
UDP	User Data protocol
UML	Unified Modeling Language

VLAN	Virtual Local Area Network
WTB	Wire Train Bus
XML	eXtensible Markup Language

3.3 Conventions

3.3.1 Base of numeric values

This standard uses a decimal representation for all numeric values unless otherwise noted.

Analog and fractional values include a comma.

EXAMPLE The voltage is 20,0 V.

Binary and hexadecimal values are represented using the ASN.1 (ISO/IEC 8824) convention.

EXAMPLE Decimal 20 coded on 8 bits = '0001 0100'B = '14'H.

3.3.2 Naming conventions

Keywords are written with a capital letter at the beginning.

If the keyword name is composed, the different parts of the name are united with a space, and all parts begin with a capital letter.

EXAMPLES "Train Backbone", "Consist", "Consist Network".

Parameters are written with a capital letter at the beginning.

If the parameter name is composed, the different parts of the name are united without a space, and all parts begin with a capital letter.

EXAMPLE "NumberOfConsists".

3.3.3 State diagram conventions

State diagrams are defined following the notation of UML state machines.

3.3.4 Annotation of data structures

Data structures are defined following ISO ASN.1 syntax. A superset of ASN.1 defined in IEC 61375-2-1:2012, 6.4 "Presentation and encoding of transmitted and stored data" is also used.

All data within a data structure are organized in big-endian format (most significant octet of a data item first).

4 ETB physical layer

4.1 Train regions

ETB use physical lines along the train to connect the active network devices together (ETBN, Repeater, etc.). These lines are also called physical segments, and shall use passive components such as cables and connectors, dedicated to Ethernet.

Along the train, three regions shall be distinguished for the ETB network (see Figure 1 below):

- **Intra Car:** Passive components (cabling) and active network devices inside a car (or locomotive, etc.).

- **Inter Car:** Passive components (cabling) at the interface between 2 cars. This category refers also to optional active network devices outside the car (such as under body, etc.).
- **Inter Consist:** Passive components (cabling) at the interface between 2 Consists using a manual coupler, or auto coupler. This category refers also to optional active network devices outside the car.

These regions are characterized by different train contexts and environments (mechanical, thermal, EMC, etc.). As a consequence, cabling (cables and connectors) are different on these 3 regions.

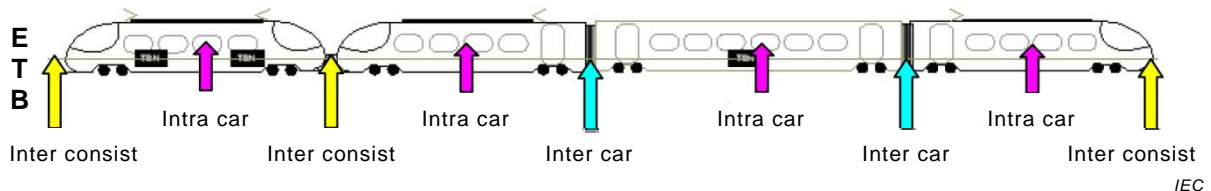


Figure 1 – ETB train regions

4.2 Physical characteristics

4.2.1 General

The following tables summarize network physical layer requirements for passive components (cables and connectors) and active network devices (ETBN, Repeater, etc.) depending on the 3 regions defined.

4.2.2 Intra car physical layer

Table 1 below defines the physical layer requirements.

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

Table 1 – ETB Intra car physical layer interface (1 of 2)

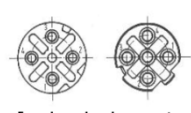
ETB Intra car physical layer interface																							
OSI Layers	Requirements	Type	Description																				
Application	100 BASE TX Physical Layer Coding, Medium attachment and Medium Dependent Access (PCS, PMA, PMD) for Copper cables	M	Conformance to IEEE 802.3:2012, Clauses 24 and 25																				
Presentation																							
Session																							
Transport																							
Network																							
Data																							
Physical	Full Duplex Mode	M	Conformance to IEEE 802.3:2012, Clause 25 Bidirectional data flow at the same time on TX and RX double pair Ethernet																				
	Physical Layer auto-Negotiation	X	Conformance to IEEE 802.3:2012, Clause 28 Prohibited on the ETB backbone.																				
	Physical Layer crossover	M	Conformance to IEEE 802.3:2012, 25.4.8 Just one crossover shall be made on a line between 2 ports (ETBN, etc.)																				
	Physical layer auto-polarity/auto-sensing	X	Prohibited due to fixed cabling, and non-normalized solution																				
	By-pass relay on ETBN ports	M	If ETB switch is out of order (e.g. powerless) train backbone ports are bypassed																				
	Power over Ethernet (PoE)	O	Conformance to IEEE 802.3:2012, Clause 33 Called also: Data terminal equipment (DTE) Power via Medium Dependent Interface (MDI) PSE or PD mode supported See 4.3 for more details																				
	Connector for active Network Devices M12 D coded	M	<p>Crimped contacts recommended</p> <p>Female connector on active network device, male connector on train cable</p> <p>Conformance to IEC 61076-2-101, which defines the pin out:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Signal</th><th>Function</th><th>Cable wire colour</th><th>M12 D-coding contact number</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TD+</td><td>Transmission Data +</td><td>Yellow</td><td>1</td></tr> <tr> <td>TD-</td><td>Transmission Data -</td><td>Orange</td><td>3</td></tr> <tr> <td>RD+</td><td>Receiver Data +</td><td>White</td><td>2</td></tr> <tr> <td>RD-</td><td>Receiver Data -</td><td>Blue</td><td>4</td></tr> </tbody> </table>  <p>Female and male connector</p>	Signal	Function	Cable wire colour	M12 D-coding contact number	TD+	Transmission Data +	Yellow	1	TD-	Transmission Data -	Orange	3	RD+	Receiver Data +	White	2	RD-	Receiver Data -	Blue	4
Signal	Function	Cable wire colour	M12 D-coding contact number																				
TD+	Transmission Data +	Yellow	1																				
TD-	Transmission Data -	Orange	3																				
RD+	Receiver Data +	White	2																				
RD-	Receiver Data -	Blue	4																				
	Connector for interior cabling (between walls, cabinets, container, etc.)	O	Ethernet circular cell arranged in a quartet distribution. Pin out distribution identical to M12: TD+: Contact 1, TD-: Contact 3 RD+: Contact 2, RD-: Contact 4																				
	Cables CAT5e	M	Conformance to ISO/IEC 11801 and IEC 61156-5 Two pairs shielded or unshielded: See screening practices ISO/IEC 11801:2002, Clause 11. The conductor shall be an annealed copper stranded conductor, in accordance with 5.2.1 of IEC 61156-1:2007 and should have a nominal diameter between 0,5 mm and 0,65 mm. A conductor diameter of up to 0,8 mm may be used if compatible to connecting hardware																				

Table 1 (2 of 2)

ETB Intra car physical layer interface			
OSI Layers	Requirements	Type	Description
	Segment performance	M	<p>Segment (D-class) include cables, connectors, and port devices</p> <ul style="list-style-type: none"> – EMC IEC 62236-3-2 for immunity and emission referred to rolling stock apparatus; Criteria acceptance type A: During test, Frame Loss Rate (FLR) shall be below a trigger value. To be defined depending on application. – Ethernet Certification compliant to ISO/IEC 11801 (conformance test category) <ul style="list-style-type: none"> • Cables shall be compliant with Clause 9 of ISO/IEC 11801:2002 • Connectors shall be compliant with Clause 10 of ISO/IEC 11801:2002 • ;The Telecommunication outlet (TO) is the M12 instead of the RJ45 • Channel shall be compliant with Clause 6 of ISO/IEC 11801:2002. <p>Channel comprises sections of cable, connecting hardware, work area cords, equipment cords and patch cords.</p>

It has to be noted that the number of connectors on an Ethernet physical segment and the length of the cable are not indicated in the table. Instead, a minimum requirement of electric performance and compliance to ISO/IEC 11801 is defined. It means that the electric parameters of a cabling depend not only on the number of connectors and the cable length, but also on some more complex parameters like shield, type of connectors, quality of cabling, installation, etc. As a consequence, it is proposed a global concept of verification in being compliant to the electric Ethernet parameters ISO/IEC 11801.

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

4.2.3 Inter car physical layer

4.2.3.1 General

Table 2 below defines the physical layer requirements.

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

Table 2 – ETB Inter car physical layer interface (1 of 2)

ETB Inter car physical layer interface			
OSI Layers	Requirements	Type	Description
Application	100 BASE TX Physical Layer Coding, Medium attachment and Medium Dependent Access (PCS, PMA, PMD) for Copper cables	M	Conformance to IEEE 802.3:2012, Clauses 24 and 25
Presentation			
Session			
Transport			
Network			
Data			
Physical	Full Duplex Mode	M	Conformance to IEEE 802.3:2012, Clause 25 Bidirectional data flow at the same time on TX and RX double pair Ethernet
	Physical Layer auto-Negotiation	X	Conformance to IEEE 802.3:2012, Clause 28. Prohibited on the ETB backbone
	Physical Layer crossover	M	Conformance to IEEE 802.3:2012, 25.4.8 Just one crossover shall be made on a line between 2 ports (ETBN,etc.)
	Physical layer auto-polarity/auto-sensing	X	Prohibited due to fixed cabling, and non-normalized solution
	Power over Ethernet (PoE)	O	IEEE 802.3:2012, Clause 33 Called also: Data terminal equipment (DTE) Power via Medium Dependent Interface (MDI) PSE or PD mode supported. See 4.3 for more details.
	Connector for inter car	O	Specific connector different from M12 connector. Ethernet circular cell arranged in a quartet. Pin out distribution identical to M12: TD+: Contact 1, TD-: Contact 3 RD+: Contact 2, RD-: Contact 4
	Cables CAT5e	M	ISO/IEC 11801, IEC 61156 Shielded or unshielded: See screening practices ISO/IEC 11801:2002, Clause 11. The conductor shall be an annealed copper stranded conductor, in accordance with 5.2.1 of IEC 61156-1:2007 and should have a nominal diameter between 0,5 mm and 0,65 mm. A conductor diameter of up to 0,8 mm may be used if compatible to connecting hardware.

Table 2 (2 of 2)

ETB Inter car physical layer interface			
OSI Layers	Requirements	Type	Description
	Segment performance	M	<p>Segment (D-class) includes cables, connectors, and port devices</p> <ul style="list-style-type: none"> – EMC IEC 62236-3-2 for immunity and emission referred to rolling stock apparatus; Criteria acceptance type A: During test, Frame Loss Rate (FLR) shall be below a trigger value. To be defined depending on application. – Ethernet Certification compliant to ISO/IEC 11801 (conformance test category) <ul style="list-style-type: none"> • Cables shall be compliant with Clause 9 of ISO/IEC 11801:2002 • Connectors shall be compliant with Clause 10 of ISO/IEC 11801:2002; The Telecommunication outlet (TO) is the inter-car connector instead of the RJ45 • Channel shall be compliant with Clause 6 of ISO/IEC 11801:2002 <p>Channel comprises sections of cable, connecting hardware, work area cords, equipment cords and patch cords.</p>

It has to be noted that the number of connectors on an Ethernet physical segment and the length of the cable are not indicated in the table. Instead, a minimum requirement of electric performance and compliance to ISO/IEC 11801 is defined. It means that the electric parameters of a cabling depend not only on the number of connectors and the cable length, but also on some more complex parameters like shield, type of connectors, quality of cabling, installation, etc. As a consequence, it is proposed a global concept of verification in being compliant to the electric Ethernet parameters ISO/IEC 11801.

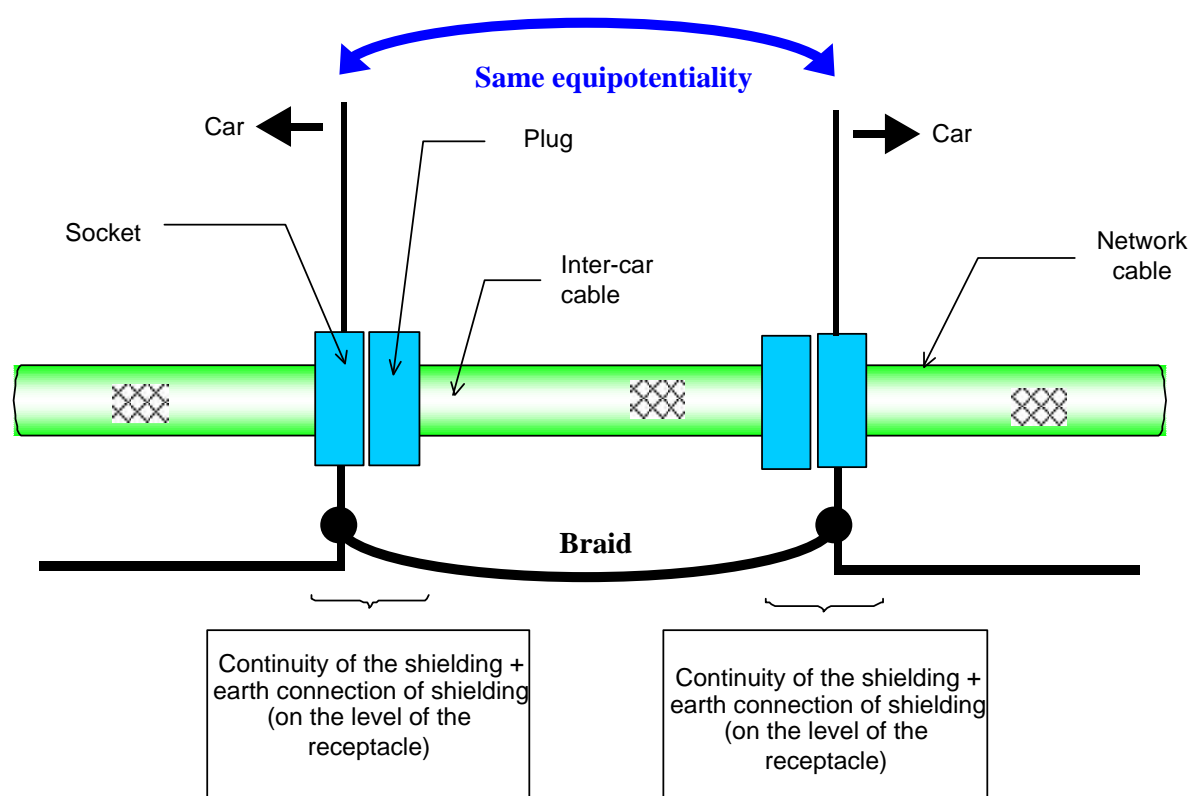
Two use cases have to be considered:

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

4.2.3.2 Inter Car at same potential

For information only:

A braid connects two adjacent cars which therefore are at the same potential. The Ethernet shield could have the continuity from car N to car N+1; in this case, no interruption of shielding is necessary (see Figure 2).



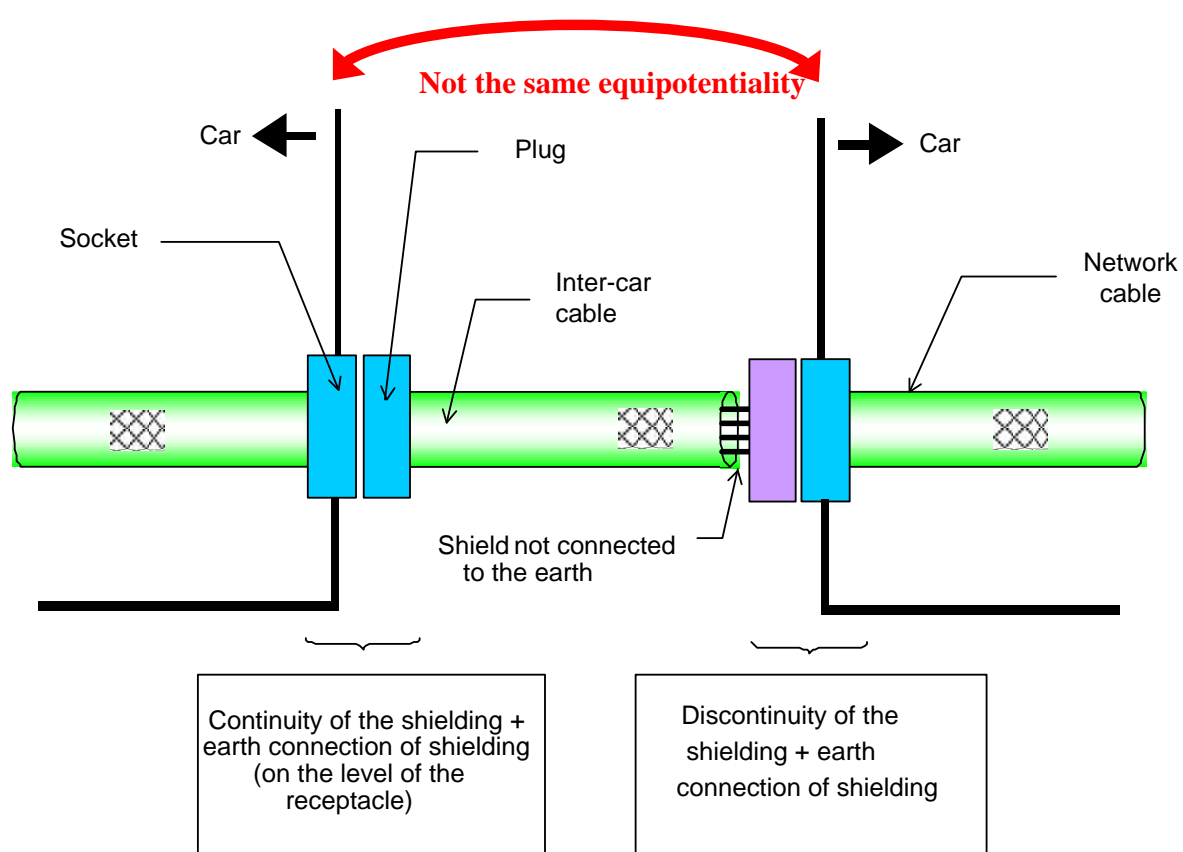
IEC

Figure 2 – ETB Inter car at same potential

4.2.3.3 Inter Car not at the same potential

For information only:

In some cases, the inter car cannot be at the same potential: Refurbishment, etc. Therefore, the Ethernet cable shield could be interrupted to avoid ground current flowing between cars (see Figure 3).



IEC

Figure 3 – ETB Inter car not at the same potential

NOTE The implementation of the shielding solution is not in the scope of this standard.

4.2.4 Inter Consist physical layer

Table 3 below defines the physical layer requirements.

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

Table 3 – ETB Inter consist physical layer interface (1 of 2)

ETB Inter consist physical layer interface			
OSI Layers	Requirements	Type	Description
Application	100 BASE TX Physical Layer Coding, Medium attachment and Medium Dependent Access (PCS, PMA, PMD) for Copper cables	M	Conformance to IEEE 802.3, Clauses 24 and 25
Presentation			
Session			
Transport			
Network			
Data			
Physical	Full Duplex Mode	M	Conformance to IEEE 802.3, Clause 25 Bidirectional data flow at the same time on TX and RX double pair Ethernet
	Physical Layer auto-Negotiation	X	Conformance to IEEE 802.3, Clause 28. Prohibited on the ETB backbone
	Physical Layer crossover	M	Conformance to IEEE 802.3, 25.4.8 Just one crossover shall be made on a line between 2 ports (ETBN, etc.) Straight (MDI) on the male connector auto coupler side, crossover (MDI-X) on the female connector auto coupler side
	Physical layer auto-polarity/auto-sensing	X	Prohibited due to fixed cabling, and non-normalized solution
	Power over Ethernet (PoE)	O	IEEE 802.3, Clause 33 Called also: Data terminal equipment (DTE) Power via Medium Dependent Interface (MDI) PSE or PD mode supported. See 4.3 for more details.
	Connector for inter Consist	O	Specific connector different from M12 connector. Ethernet circular cell arranged in a quartet. Pin out distribution identical to M12: TD+: Contact 1, TD-: Contact 3 RD+: Contact 2, RD-: Contact 4
	Cables CAT5e	M	ISO/IEC 11801, IEC 61156 Shielded or unshielded: See screening practices ISO/IEC 11801, Clause 11. The conductor shall be an annealed copper stranded conductor, in accordance with 5.2.1 of IEC 61156-1 and should have a nominal diameter between 0,5 mm and 0,65 mm. A conductor diameter of up to 0,8 mm may be used if compatible with connecting hardware

Table 3 (2 of 2)

ETB Inter consist physical layer interface			
OSI Layers	Requirements	Type	Description
	Segment performance	M	<p>Segment (D-class) includes cables, connectors, and port devices</p> <ul style="list-style-type: none"> – EMC IEC 62236-3-2 for immunity and emission referred to rolling stock apparatus; Criteria acceptance type A: During test, Frame Loss Rate (FLR) shall be below a trigger value. To be defined depending on application. – Ethernet Certification compliant to ISO/IEC 11801 (conformance test category) <ul style="list-style-type: none"> • Cables shall be compliant with Clause 9 • Connectors shall be compliant with Clause 10; The Telecommunication outlet (TO) is the inter-Consist connector instead of the RJ45 • Channel shall be compliant with Clause 6 <p>Channel comprises sections of cable, connecting hardware, work area cords, equipment cords and patch cords.</p>
	Consist orientation Reversing	C	<p>Refers to the change of orientation of a Consist</p> <p>In order to provide Consists reversing capability, physical connection between two Consists requires two lines (see Figure 4 below).</p>

It has to be noted that the number of connectors on a physical Ethernet segment and the length of the cable are not indicated in the table. Instead, a minimum requirement of electric performance and compliance to ISO/IEC 11801 is defined. It means that the electric parameters of a cabling depend not only on the number of connectors and the cable length, but also on some more complex parameters like shield, type of connectors, quality of cabling, installation, etc. As a consequence, it is proposed a global concept of verification in being compliant to the electric Ethernet parameters ISO/IEC 11801.

Figure 4 below illustrates the Consist reversing connection constraint: connectors shall be placed on Consist extremities with a central symmetry. When using male/female connectors, they shall be placed in an alternate / inversed way and be an even number.

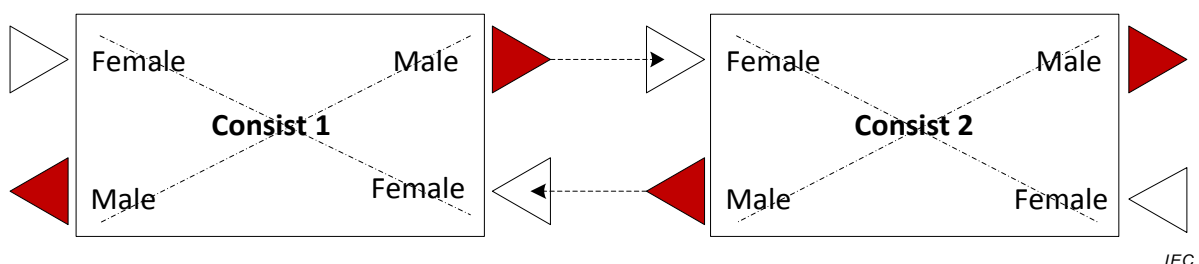
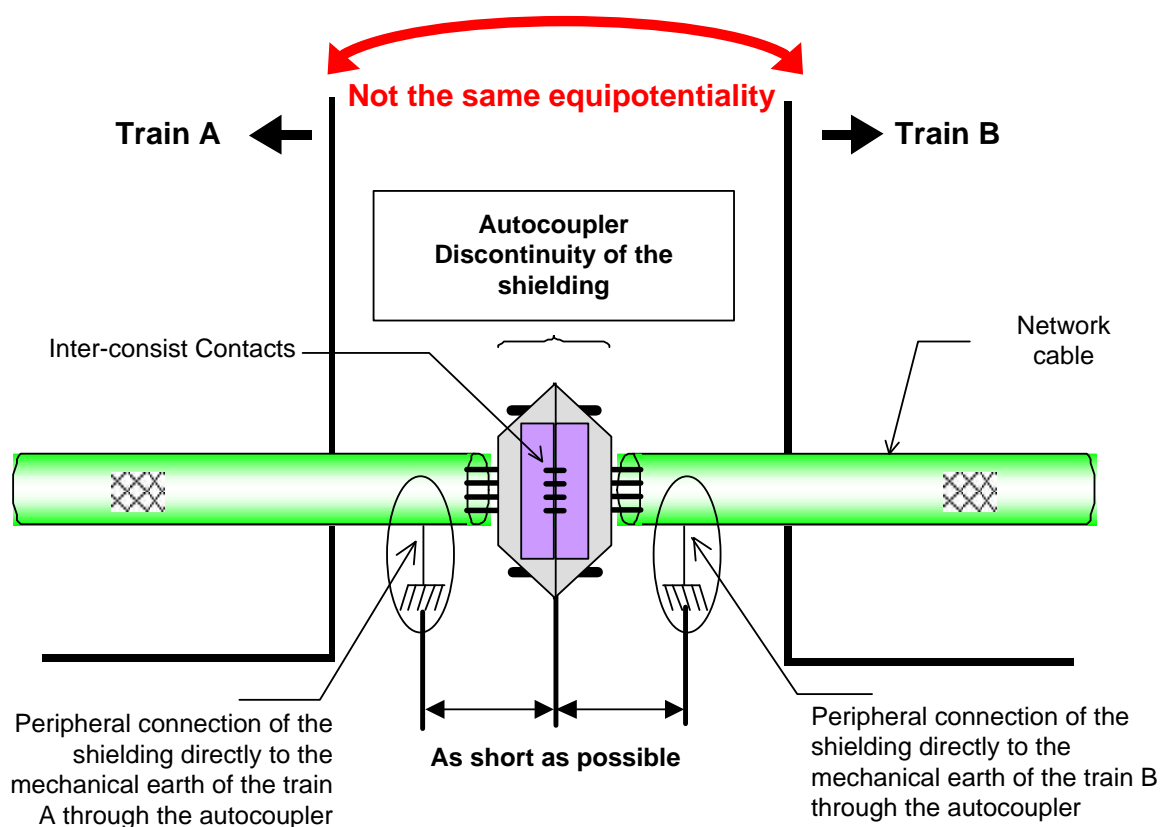


Figure 4 – ETB Consist reversing

For information only:

Typically, the same potential between 2 Consists cannot be ensured. In this case, the interruption of the Ethernet cable shield could be required (see Figure 5).



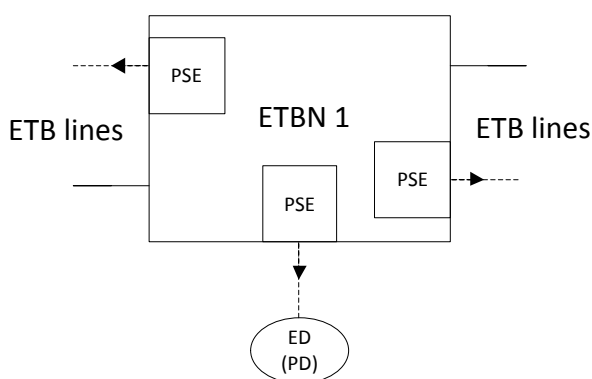
IEC

Figure 5 – ETB Inter Consist segment

NOTE The implementation of the shielding solution is not in the scope of this standard.

4.3 Power over Ethernet (PoE)

Figure 6 and Figure 7 give some use cases of PoE usage in ETBN:



IEC

Figure 6 – ETBN PSE PoE use case

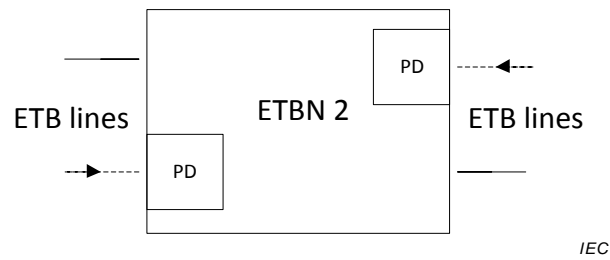


Figure 7 – ETBN PD PoE use case

In intra-car PoE could be used to power an ED (CCTV, etc.). The ND Ethernet port acts as a PSE (Power Source Equipment).

In inter-car and inter-Consist, PoE could be used to power a ND. A PSE interface shall be connected to a PD interface. In case of ETB link redundancy, PSE and PD interfaces shall be alternated in order to keep a symmetrical rotation of car (see Figure 8 below). PSE interfaces shall be associated with female connectors and PD interfaces shall be associated with male connectors if male/female connectors are used for inter-Consist interface (see Figure 4).

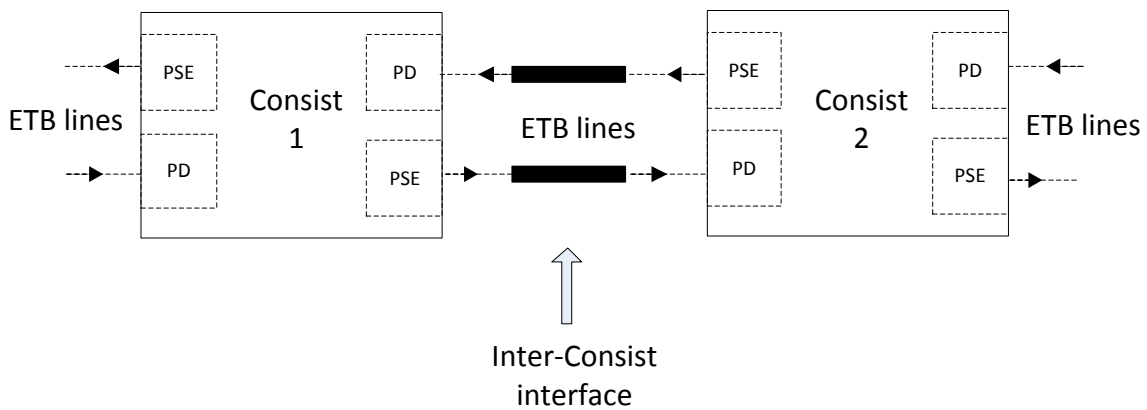


Figure 8 – PoE in inter-Consist

Figure 9 shows the connection between PSE and PD. The alternative A of PoE IEEE 802.3 Clause 33 shall be used because only two pairs are used (Tx/Rx).

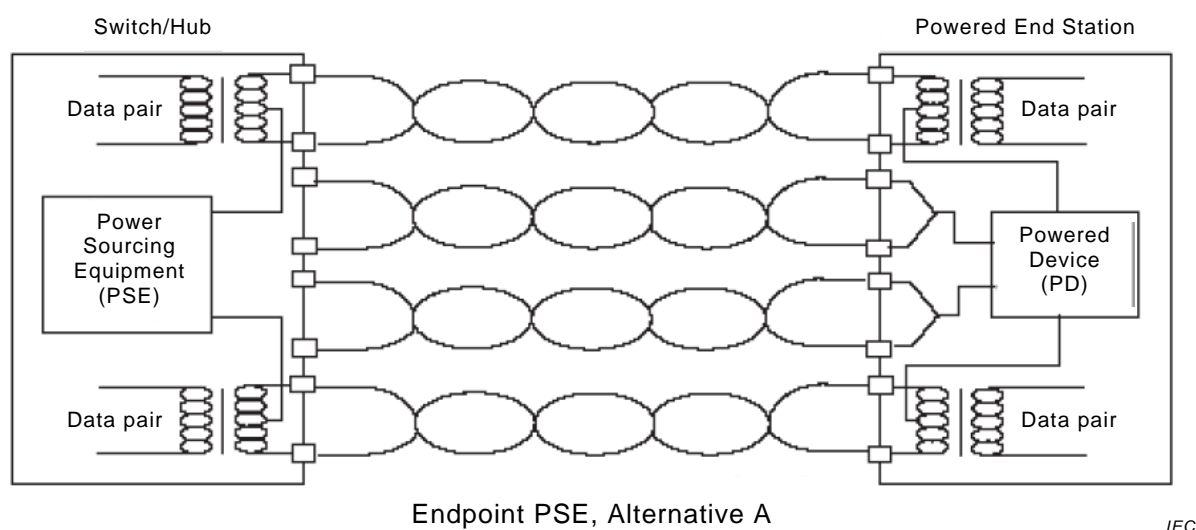


Figure 9 – PoE PSE alternative A

4.4 ETB physical architecture and redundancy

4.4.1 General

IEC 61375-1 describes the general architecture applicable to ETB, with an optional requirement of redundancy (see 5.2.3 “Train Backbone based on switched technology”). An illustration is shown on Figure 10 below:

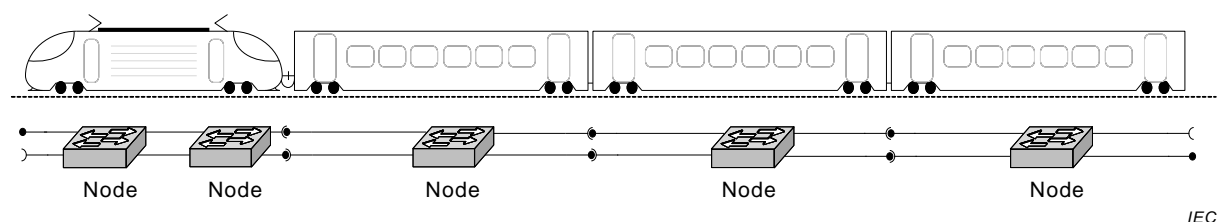


Figure 10 – Redundant train backbone architecture

The general requirements for the ETB physical layer architecture are the following:

- As a switched technology is used, nodes shall provide a data transmission medium to each of their direct neighbour nodes, if present. Each ETBN has at least one ETB forward port and one ETB backward port statically defined.
- When optional redundancy is required, data transmission medium shall be at least doubled.
- Even without redundancy requirement, the link between 2 ETBNs shall be doubled using normal switch ports when Consist reversing capability is required. Physical connection between two Consists needs two cables in this case (see 4.2.4).
- A bypass relay function shall bridge a node if the node is powerless or not operating.

4.4.2 Link aggregation architecture

When there are multiple lines between 2 ETBNs (e.g. when redundancy or Consist reversing is required), link aggregation layer from IEEE 802.1AX shall be used.

As having a single, non-redundant line for ETB communications can be considered as a degraded mode of link aggregation, it will be assumed (and so described) in the rest of the this standard that link aggregation is used.

Link aggregation described in IEEE 802.1AX is managed at OSI layer 2, and allows one or more lines to be aggregated together to form a logical group, able to manage the link redundancy (see Figure 11 below).

Link aggregation combines several individual lines, each having a physical and MAC layer. From the MAC client, a single MAC interface is provided.

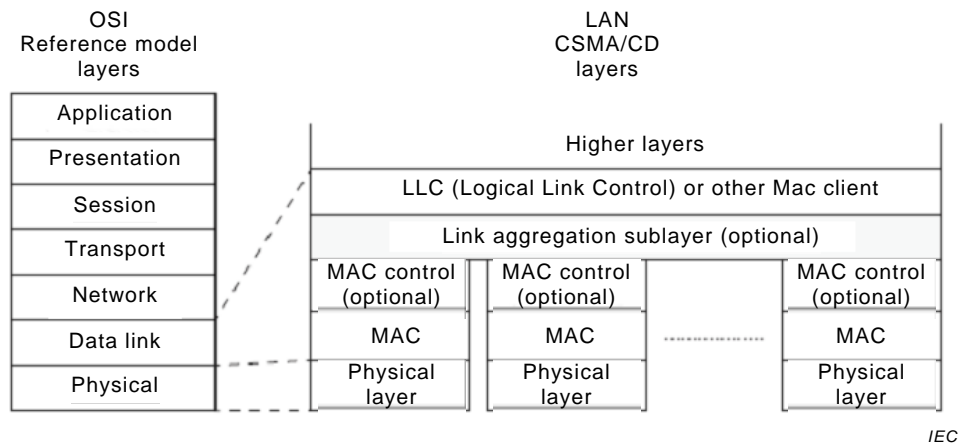


Figure 11 – Link aggregation model

On an ETB node, up to four physical ports are allowed to provide redundancy for a communication link, and will be defined as a link aggregation group (also called hereinafter logical link).

When Consist reversing is required, for symmetry reasons (see 4.2.4), 2 or 4 physical lines shall be used in each aggregation group. As stated before, the special case of a single line (no symmetry needed when Consist reversing not required) is considered as a degraded mode of link aggregation. So, a link aggregation group on ETB may contain 1, 2 or 4 physical lines.

Between 2 ETB nodes, there is only one link aggregation group which contains the redundant Ethernet segments. The link aggregation process is only defined as a relation between 2 ETB nodes.

In some cases, due to the specific railway context, some repeaters could be placed on lines between two ETBNs (e.g. to regenerate electric signal). This requires the use of a protocol that can take into account this architecture (see Figure 12 below and 4.4.3.2), because the only use of the “line status” becomes insufficient: only a frame exchange can solve this problem. According to IEEE 802.1AX, the usual way to perform this function is to implement LACP (Link Aggregation Control Protocol). For this ETB specification, and in order to limit network load, instead of using LACP, line port status are managed by Train Topology Discovery Protocol (TTDP) described below using LLDP frame with a specific organizational HELLO TLV (TTDP HELLO frame).

A logical link is usable as long as at least one of its physical lines is ok (as in standard link aggregation). The degraded state information of a link when it loses a physical line can be retrieved by SNMP.

An intermediate repeater Network Device shall transfer LLDP frames without any change between these two interfaces.

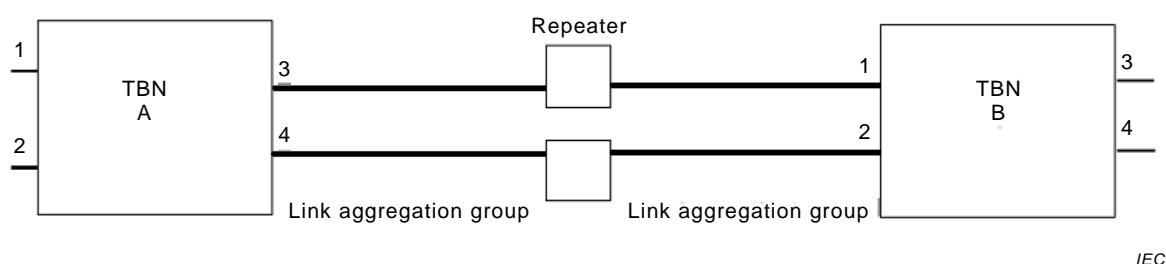


Figure 12 – Link aggregation group

NOTE Link aggregation supports the way to optionally add ports and lines between ETBNs, in order to improve reliability and performances (allocating more bandwidth).

4.4.3 Functions

4.4.3.1 Data flow principles

A load sharing is supported on the train backbone, meaning that MAC client traffic is distributed across the lines.

IEEE 802.1AX does not specify any particular distribution algorithm. To ensure interoperability between different systems, this algorithm shall cause neither disordering of any given conversation (TCP, IP, etc.), nor duplication of frames.

Each conversation uses only one line at a time. This ensures the interoperability between 2 train nodes even with different algorithms. Figure 13 below illustrates different conversations, but each on the same line:

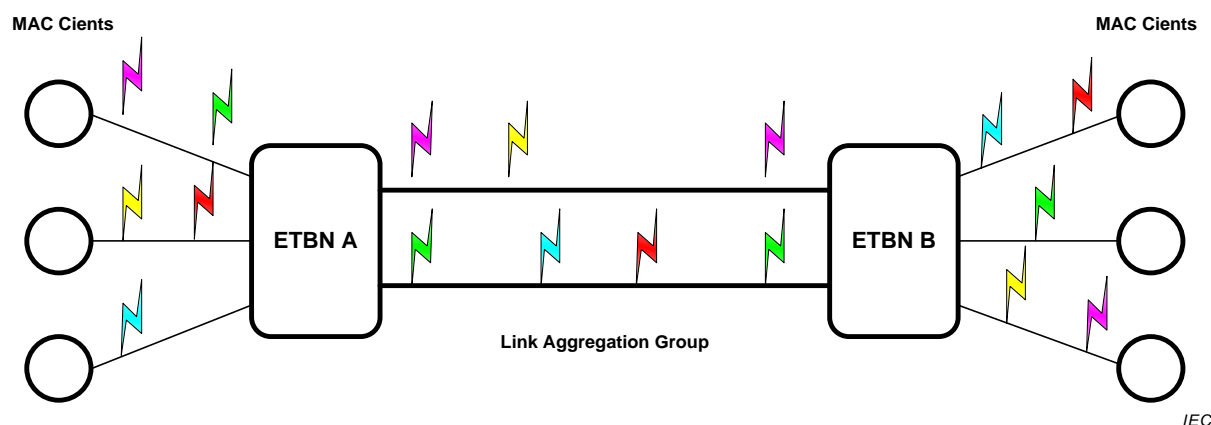


Figure 13 – Conversations over LAG

4.4.3.2 Configuration

Link aggregation configuration is set statically at initialisation time of ETBN. Configuration shall follow link availability. Link logical status is computed using TTDP HELLO frame and Ethernet port status.

4.4.3.3 Reconfiguration

The reconfiguration of the redundant lines shall be made in case of change of physical connectivity (failover). The link aggregation process shall quickly converge to a new configuration of the redundant lines in a time below or equal to 200 ms (see 8.9.1).

Reconfiguration is managed by TTDP HELLO frames and ETB ports statuses.

4.4.3.4 Compliance

Backwards compatibility with aggregation unaware communication devices shall be supported. Lines that cannot take part in aggregation shall operate as normal.

Link aggregation shall never add or change the content of frames exchanged between devices.

Compliance is defined in PICS, coming from IEEE 802.1AX:2008, 5.7.

5 ETB data link layer

Table 4 summarizes network data link layer requirements for a switch device connected to the train backbone subnet.

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

Table 4 – ETB Switch data link layer interface (1 of 2)

ETB Switch data link layer interface			
OSI Layers	Requirements	Type	Description
Application	MAC services and addressing IEEE 802.3	M	
Presentation			
Session	LLC services IEEE 802.2	X	802.3 Ethernet frames with Ethernet II framing used (with 16-bit EtherType field)
Transport			
Network	Frame Relaying IEEE 802.1D PICS A.7	M	Frame reception, Frame transmission, Forwarding process which comprises: Queuing, QoS Priority mapping, FCS calculation, etc.
Data	Frame Filtering (layer 2 filtering) IEEE 802.1D, Clause 7, PICS A.8	M	Learning process, Filtering data base (Mac addresses, ports, VLAN association), static/dynamic entries
Physical	Frame Queuing IEEE 802.1D, 7.7.3, 7.7.4 PICS A16- Annex G	M	Multiple traffic classes (TC) for relaying frames; assign ingress frames a defined priority.
	Frame tagging/untagging IEEE 802.3, 3.5, IEEE 802.1Q (VLAN)	M	Ethernet frames can be tagged during switch port ingress. The tag can then remain within the frame or can be removed during port egress.
	VLAN Services IEEE 802.1Q (VLAN), PICS A.21	M	Helps subdividing the physical LAN in different virtual LANs.
	Port mirroring	O	Configures one switch port to mirror the traffic from another switch port.
	Flow Control IEEE 802.3, Part 2 Annex	O	
	Ingress rate limiting (policing)	O	Limit the reception rate of selected incoming frames
	Egress rate shaping	O	Limit the transmission rate of selected outgoing frames

Table 4 (2 of 2)

ETB Switch data link layer interface			
OSI Layers	Requirements	Type	Description
	Spanning Tree Protocol (STP), Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) IEEE 802.1D	X	
	Link Aggregation IEEE 802.1AX	C	NOTE To manage ETB link redundancy Link Aggregation is mandatory TTDP HELLO frames shall be used to manage link group.
	LLDP protocol Link Layer Discovery Protocol IEEE 802.1AB	M	Used by Train Topology Discovery Protocol between trains.
	Management and Remote Mgt IEEE 802.1D, Clause 14 PICS A.14, A.15	M	Configuration of the switch, Fault management (detection / diagnostic / correction), Performance management (statistics, bandwidth measurement capability). Only supported on managed ND.

6 ETB network layer: IPv4 subnets definition

6.1 General

Table 5 summarizes network layer requirements for all devices connected to the train backbone subnet.

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

Table 5 – ETB OSI Network layer

ETB OSI Network layer			
OSI Layers	Requirements	Type	Description
Application	ARP Address Resolution Protocol IETF RFC 826	M	
Presentation			
Session	IPv4 Internet Protocol IETF RFC 791	M	
Transport			
Network	Hostname	M	Name of ED, shall be unique in its owner Consist whatever the ETBN is connected to. Should be statically defined: read from a local permanent memory, an external coding key, etc.
Data	Default Domain Name	C	If DNS client is enabled, shall be set to "ltrain" Should be statically defined: read from a local permanent memory, an external coding key, etc.
Physical	IPv4 address	M	In range 10.128/9 (see 6.4.2). Dynamically defined following Inauguration (see 6.5.2).

Table 5 (2 of 2)

ETB OSI Network layer			
OSI Layers	Requirements	Type	Description
	IPv4 mask	M	255.255.192.0
	IPv4 static routes	O	Could be used to ground communication or other Consist sub-subnets access. Could be statically defined.
	IPv4 DNS address	C	If DNS client is enabled, shall be set to IPv4 address of the DNS server.
	Management of IP Differentiated Services Field (DSCP: Differentiated Services CodePoint Field) IETF RFC 2474	O	Application should be able to set DSCP IP field to set traffic priority.

6.2 IP mapping introduction

The following paragraphs describe mandatory and minimum network IP addressing definitions to ensure communication interoperability between open trains.

Open trains are composed of Consists from heterogeneous origins, this standard gives minimum requirements to connect them together.

No hypothesis is done about how to put in place IP mapping (how to set IP address), only IP address plan is described (for Ethernet application inside Consist, see IEC 61375-3-4).

6.3 Topology

6.3.1 General

As described in IEC 61375-1, Consist topology shall be hierarchical with one or more train backbone subnet (ETB, Ethernet Train Backbone) and one or more Consist Network subnets (see Figure 14).

ED (End Device) could be connected directly to ETBN (Ethernet Train Backbone Node).

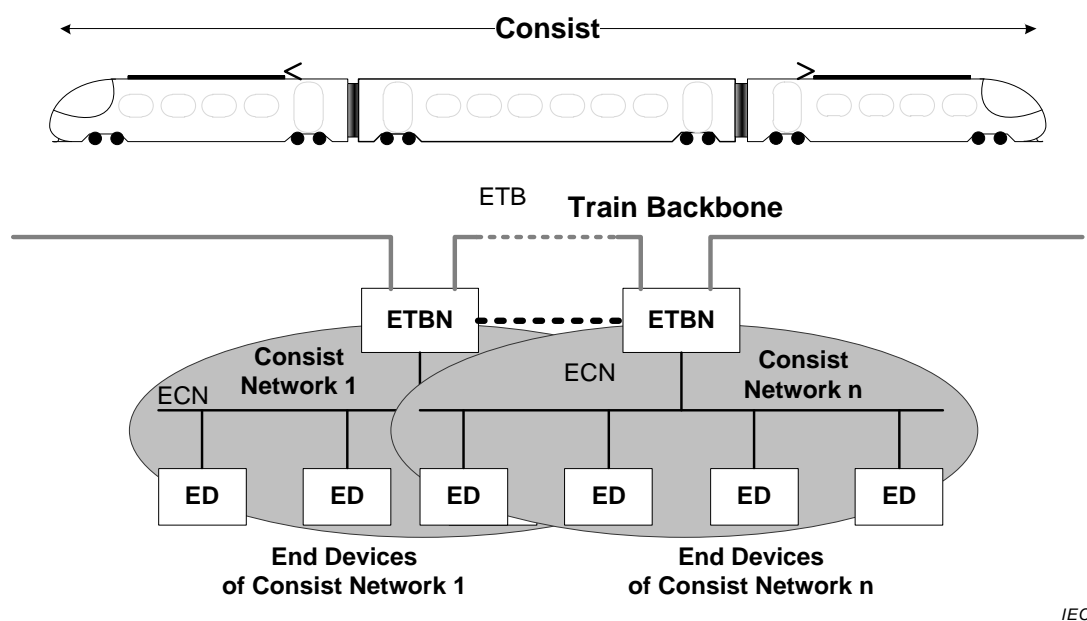


Figure 14 – Hierarchical Consist topology

NOTE 1 The following paragraphs suppose that ETB OSI layer 1 (connectors, cables, etc.) and layer 2 interfaces are interoperable.

NOTE 2 Due to hierarchical topology, Consist network interoperability interface is localized between ETBN (Ethernet Train Backbone Node) on ETB subnet.

NOTE 3 On ETB subnet, links redundancy is assumed at OSI layer 2, without requirements at IP level definition (see IEEE 802.1AX Link Aggregation).

NOTE 4 Inside a train, after initialization and Inauguration process, any communication device (ED, ETBN, ...) should be joined by an unambiguous IP train address.

NOTE 5 IP address mapping could be the same between different open trains. Each open train is considered as a little independent private network.

NOTE 6 Local internal Consist traffic is out of interoperability scope.

6.3.2 Closed train

The definition of a closed train according to IEC 61375-1 is a train composed of one or a set of Consists, where the configuration does not change during normal operation, for instance metro, suburban train or high speed train units (see Figure 15).

Additional Requirements from operators regarding Closed Trains are:

- Flexible composition of Closed Trains, i.e. varying number of intermediate cars.
- Automatic configuration without commissioning.
- Addressable as a unit from inside and from outside of the unit.

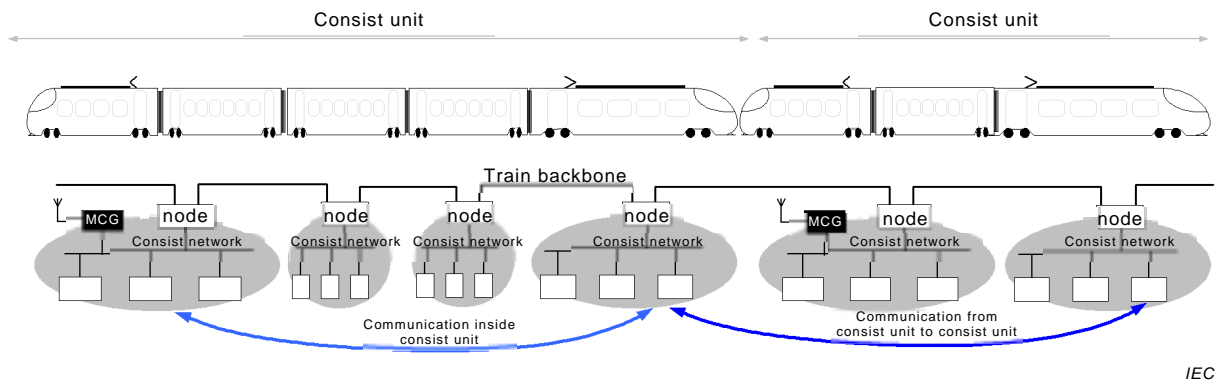


Figure 15 – Closed train

To support closed train architecture, the same CstUUID shall be used for all Consists which constitute the closed train. At ETB level, a Closed Train can be seen as a single "virtual Consist" with its associated CstUUID and the Consists which form the Closed Train are not seen as Consists anymore when integrated as an IEC 61375 interoperable Closed Train. Closed train internal description is out of the scope of this standard and is specified in IEC 61375-2-3: communication profile.

6.4 Network IP address map

6.4.1 Global IPv4 address space

First rule is to use inside the train, IPv4 address space **10.0.0.0/8**, reserved by the Internet Assigned Numbers Authority (IANA) for private network (see IETF RFC 1597, Address Allocation for Private Internets for more details).

Second rule is using CIDR (Classless Inter-Domain Routing) capability, according to IETF RFC 1519, to define subnets (split and/or aggregate).

6.4.2 Train subnet definition

6.4.2.1 General

To not use all 10.0/8 address space and reserve a range for local communication usage or supplier specific usage, train subnet address space is limited to **10.128.0.0/9** (see Table 6).

00001010.txxxxxxx.xxxxxxxx.xxxxxxxx/9

Table 6 – Train subnet definition

[t]	Notation	Description
0	10.0.0.0/9 or 10.0/9	localized subnets
1	10.128.0.0/9 or 10.128/9	train subnets

Localized subnets address space could be used to define local subnets: inside a Consist, on ETB level, outside the train, etc. This address space is free of use and out of interoperability scope.

6.4.2.2 Train subnet decomposition

Train subnet (t=1) is split using following rules:

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

with fields explained in Table 7:

Table 7 – Train subnet decomposition

Subnet number part:	
[b]	« Backbone Id », between [0,3]. Identify some train backbone subnets. Up to 4 ETB could be defined. Statically assigned, wiring rules between Consist shall ensure good connection between same ETB backbone. This Id is not dynamically computed during Inauguration phase. 0, for TCMS 1, for multimedia 2, not specialized 3, not specialized
[x]	« reserved bit ». Shall be clear (x = 0).
[s]	« Subnet Id », Inauguration result, identify each Consist network subnet (CN) of the train. Null value is reserved for the train backbone subnet (ETB).
Host number part:	
[h]	« Host Id », unique host identification inside CN, up to 16 382 hosts by Consist. Some upper bits could be used to define internal dedicated Consist subnets. In this case, address mask (at CN side) should take into account this decomposition and shall be extended.

As consequences:

- ETB0 (TCMS) Ethernet Train Backbone subnet is 10.128.0.0/18
- Broadcast IP address on ETB0 is: 10.128.63.255

6.4.2.3 CN identification, « Subnet Id »

6.4.2.3.1 General

To identify each Consist Network subnet (CN) inside a train, a “Subnet Id” value is necessary. This value is determined using results of Inauguration process (see TTDP, Clause 8). “Subnet Id” is coded as an unsigned integer with 6 bits precision. Null value is reserved for ETB and shall never be returned by Inauguration process. Up to 63 CN subnets could be defined inside a train.

After Inauguration, each ETBN is also numbered, from 1 to n, from one end of the train (top ETBN node) to the other (bottom ETBN node). The result is an “ETBN Id” with 6 bits precision, inside [1..63] range. Null value is excluded and shall never be returned by Inauguration process (in fact, inside a single Consist, minimum number of ETBN is one). Up to 63 ETBNs could be connected on ETB.

Do not confuse “Subnet Id” and “ETBN Id”. “Subnet Id” identifies a CN subnet inside the train, where “ETBN Id” identifies an ETBN on the backbone.

Both values, “Subnet Id” and “ETBN Id” are used to build train IP addresses.

6.4.2.3.2 Single Consist Network (CN) per Consist

When a Consist is composed of only one Consist Network subnet without ETBN redundancy, “Subnet Id” is equal to the “ETBN Id” (see Figure 16 and Figure 17).

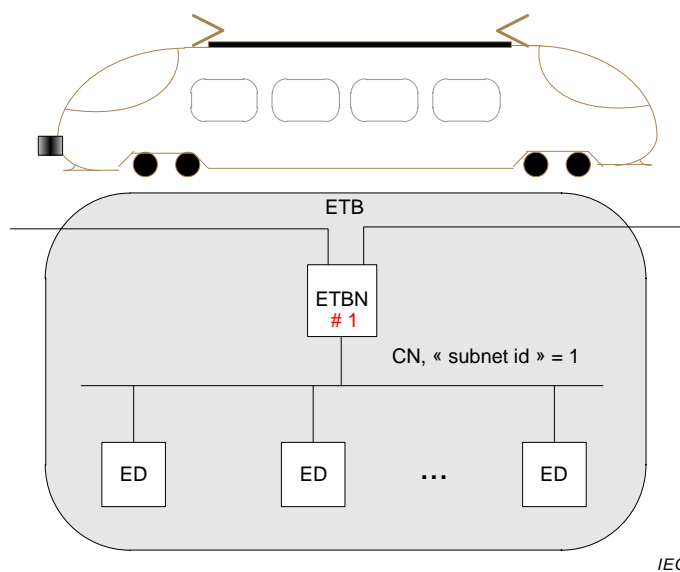


Figure 16 – "Subnet Id" with single Consist Network

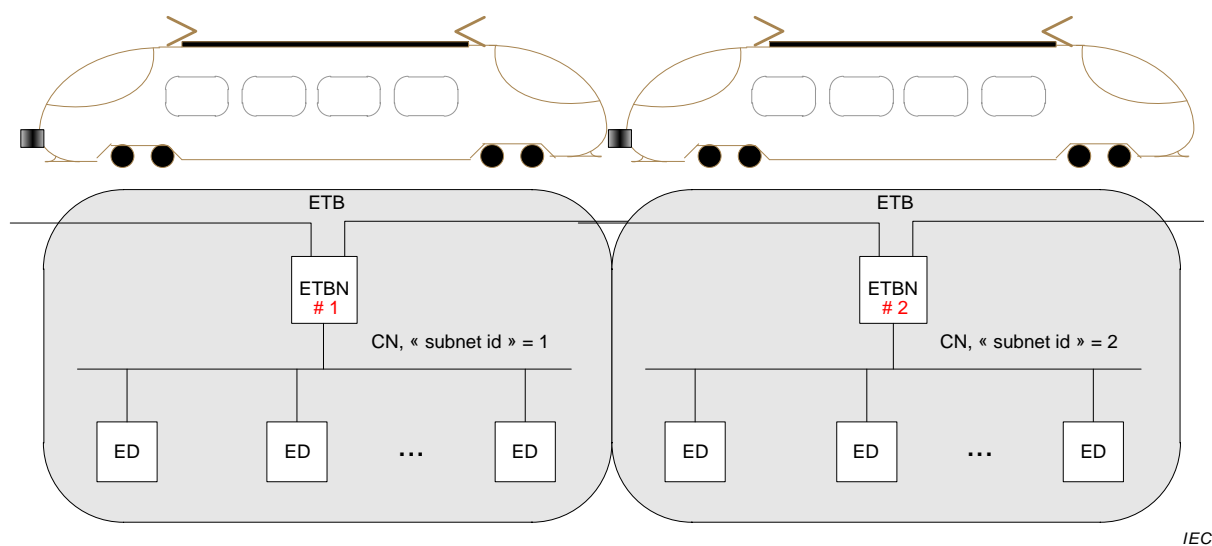


Figure 17 – "Subnet Id" with two single Consist Networks

6.4.2.3.3 Multiple CN per Consist

As many Consist network subnets (CN) could be present inside a same Consist (more than one ETBN by Consist), "Subnet Id" value follows ETBN numbering in the same order (see Figure 18).

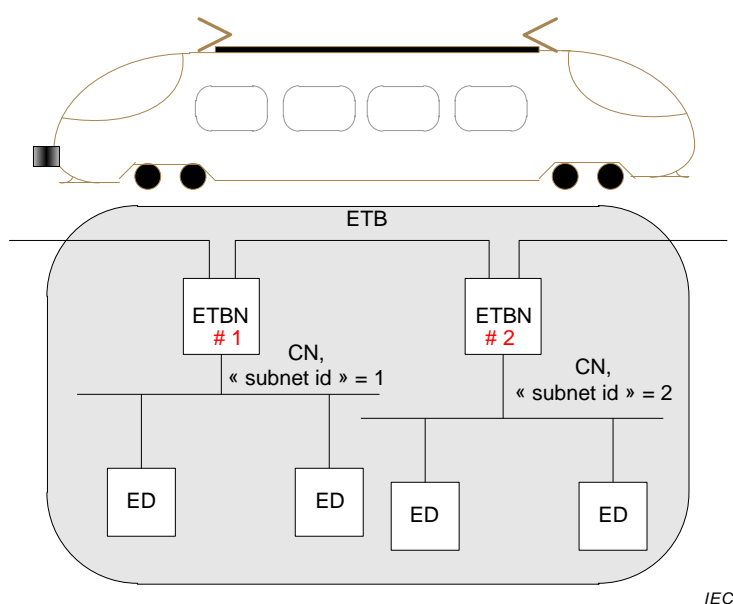


Figure 18 – Multiple Consist Networks, without fault tolerance

6.4.2.3.4 ETBN redundancy

In case of ETBN redundancy, two ETBN connected to the same Consist network subnet, have two “ETBN Id” but shall share the same “Subnet Id” (see Figure 19).

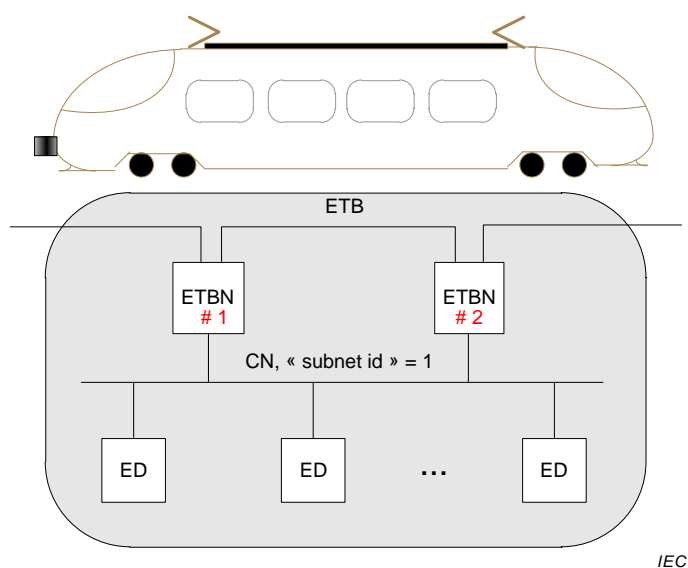


Figure 19 – "Subnet Id" with ETBN redundancy

Depending on configuration and train composition, “Subnet Id” shall be incremented following CN subnet occurrence in the same order as ETBN numbering (see Figure 20).

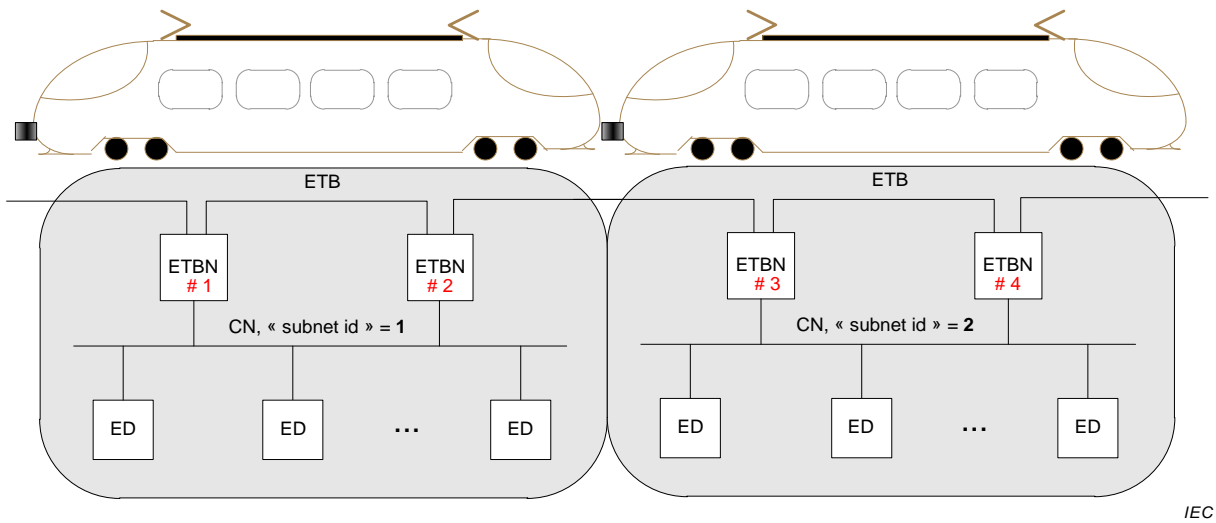


Figure 20 – "Subnet Id" in multiple units with ETBN redundancy

6.4.3 Train IP address map summary

Train IP address map is summarized in Figure 21:

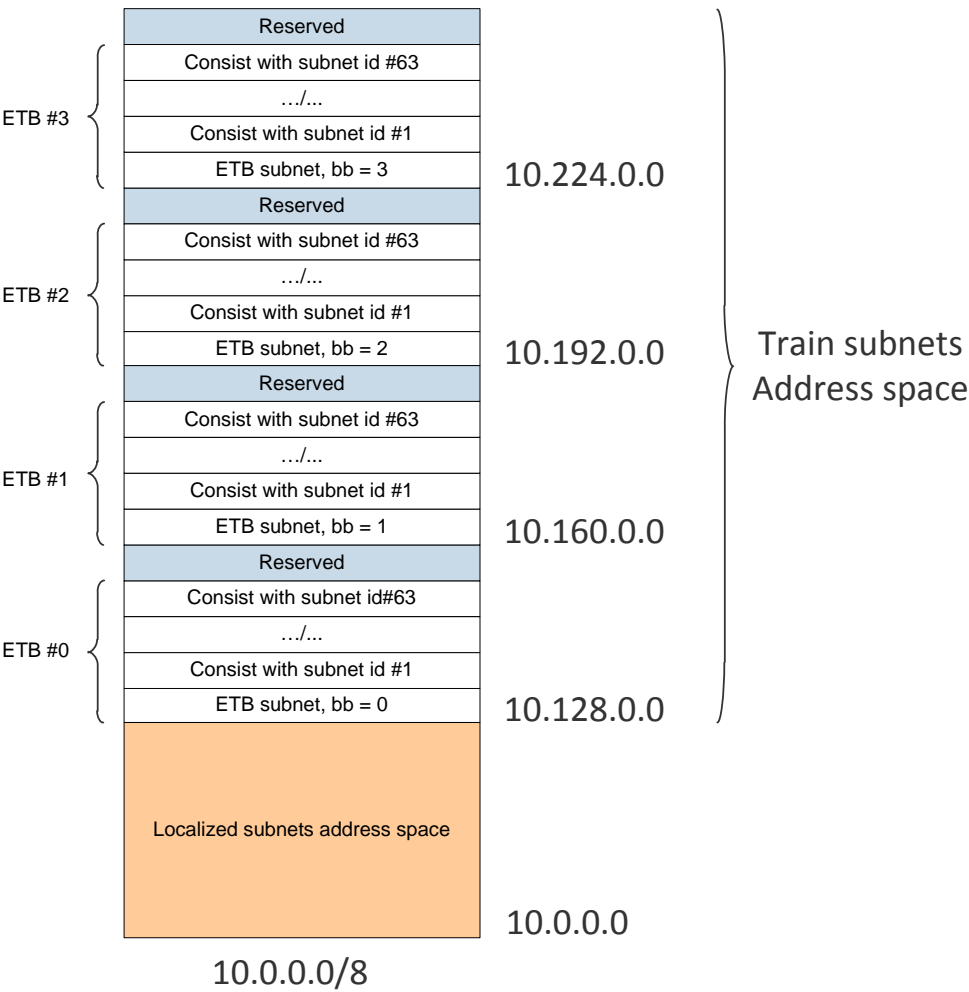


Figure 21 – IP train address space summary

6.4.4 Train IP group addresses (multicast)

At train level, IETF RFC 2365 range **239.192.0.0/14 (organization scope)** shall be used for multicast addressing (see Table 8).

When CN is based on Ethernet (ECN) another multicast address range should be defined for local ECN usage, proposed range is **239.255.0.0/16 (local scope)**, see IETF RFC 2365 and IEC 61375-3-4.

Interoperability reserved range is (255 group addresses):

239.192.0.0 to 239.192.0.255

Table 8 – Train IP group addresses reserved range

Group	Description	Routable
239.192.0.0	All Consists: enables addressing all nodes of all Consists	Yes
239.192.0.X	All hosts on Consist in position X according to Train Network Directory, X between 1 to 63	Yes
239.192.0.64 to 239.192.0.127	Reserved for future use (ex.: leading, lead Consist)	Yes
239.192.0.128	All hosts on ETB subnet	No
239.192.0.129	All ETBN on ETB subnet	No
239.192.0.130 to 239.192.0.255	Reserved for future use	No

So:

- All ETBNs shall subscribe to 239.192.0.129.
- All hosts on ETB subnet shall subscribe to 239.192.0.128.
- EDs needing to receive train scope messages shall subscribe to 239.192.0.0.

6.5 Particular hosts IP addresses

6.5.1 ETBN (Ethernet Train Backbone Node)

6.5.1.1 General

If CN subnet attached to ETBN is IP based (this is the case for ECN), ETBN has at least two interfaces and takes two train IP addresses, one on ETB side, and another on CN side.

NOTE 1 As a same ETBN could be used to connect multiple CNs, an ETBN could have multiple IP addresses, one on ETB side, and one on each connected CNs.

NOTE 2 If ETBN is used to directly connect several EDs on the backbone (acting as a switch), ETBN has only one IP address on ETB side.

6.5.1.2 ETBN ETB IP address

ETBN IP addresses on ETB side are defined as follows:

00001010.1**bb**00000.00000000.v0tttttt/18

with fields described in Table 9:

Table 9 – ETBN ETB IP address

Subnet number part:	
[b]	« Backbone Id », between[0,3]. Identify some train backbone subnets. Up to 4 ETBs could be defined. Proposal: 0, for TCMS 1, for multimedia 2, not specialized 3, not specialized
Host number part:	
[v]	« Virtual Bit », if set, defines virtual IP address for ETBN redundancy.
[t]	« ETBN Id », Inauguration result, it is the ETBN number inside the train. Never Null, between [1,63]. If “Virtual Bit” is set, “Subnet Id” shall be used in place of “ETBN Id”.

6.5.1.3 ETBN CN IP address

Train IP address of ETBN on CN side is like any Consist ED IP address and follows CN subnet definition (see 6.4.2.2). ETBN host part number could take any value.

As common convention, ETBN train IP host part number should be set to 1 for the master or virtual router.

6.5.2 Hosts on train subnet

In case of ETBN acts as a switch, EDs can be connected on ETB. They have to take a train IP address inside ETB subnet, like ETBNs. This standard defines only an IP address range. The method to set IP addresses for such devices is left open but shall not generate extra ETB traffic. Up to 254 hosts by ETBN could be directly connected on ETB.

Host IP addresses on ETB side are defined as follows:

00001010.1**bb**00000.00**tttttt**.hhhhhhhh/18

with fields described in Table 10:

Table 10 – Hosts IP on train subnet

Subnet number part:	
[b]	« Backbone Id », between [0,3]. Identify some train backbone subnets. Up to 4 ETBs could be defined. 0, for TCMS 1, for multimedia 2, not specified 3, not specified
Host number part:	
[t]	« ETBN Id », Inauguration result, it is the ETBN number inside the train. Never Null, between [1,63].
[h]	« Host Id », unique host identification for this ETBN node. Range [1,254] due to 254 hosts maximum by ETBN node available.

6.5.3 Host inside a closed train

6.5.3.1 General

In case of use of closed train, additional addressing plan can be put in place in order to address communication needs inside the closed train.

Such an addressing plan provides to an ECN host an IP address to join another host in the closed train whatever the topology state is. This addressing plan shall be part of the localized subnets and out of interoperability scope.

The same constructional rules than these defined for train subnet definition shall apply.

To identify each Consist Network subnet inside the closed train, a “Closed train Subnet Id” value is necessary. This value is determined during train preparation dynamically with private protocol or statically as closed train topology does not vary in normal operation.

“Closed Train Subnet Id” is coded as an unsigned integer with 6 bits precision. Null value is reserved to closed train backbone Subnet Id. Up to 63 CN subnets could be defined inside a closed train. During closed train composition, a direction number (1 or 2) is allocated to each closed train end.

Each ETBN is numbered, from 1 to n inside the closed train, from direction 1 to direction 2 of the closed train. The result is a “closed train ETBN Id” with 6 bits precision, inside [1,63] range.

6.5.3.2 IP relative addressing plan (optional)

Consist networks are enumerated in consecutive way during inauguration. Due to the linear structure of the ETB, each Consist Network can be addressed by a specific offset from the local Consist Network.

When trains are coupling or uncoupling, only new Consist Networks appear or existing Consist Networks will disappear, but the offsets of the remaining Consist Networks do not change. So the relative addressing is not affected by address changes of the ETB as a consequence of inauguration.

An IP addressing plan relative to the local Consist Network can be defined as below:

00001010.0sstoooo.ooodddddd.ddddddd /12

with:

- s 0..3, scope (3 = train, 2 = closed train, 1 = Consist, 0 = Consist Network; currently relative IP addresses are only defined in the train scope)
- t 0..1, type (0 = absolute, 1 = relative; always 1 for relative IP addresses)
- o 0..63, offset of the destination Consist Network
- d 1 .. 16383, device address

This addressing plan is relative to the local Consist Subnet Id to which the end device belongs. The same addressing plan is available at each Consist Network level but according to the position of the Consist Network inside the train, it identifies different Consist Networks.

The offset of the destination Consist Network is calculated according to the following rule:

$$O = (\text{Consist Network Id of source device} - \text{Consist Network Id of destination device} + 64) \bmod 64$$

By convention, it is assumed that the ETB node belongs to the local subnet and that its offset is equal to 0. Its IP relative address is:

00001010.01110000.00000000.v0ttttt/18

with:

[v]	« Virtual Bit », if set, defines virtual IP address for ETBN redundancy.
[t]	« Closed train ETBN Id », configuration result, it is the ETBN number inside the closed train. Never Null, between [1,63]. If “Virtual Bit” is set, “closed train Subnet Id” shall be used in place of “ETBN Id”.

Due to the use of localized subnet address space for the relative IP address, the ETBN shall implement a NAT mechanism in order to convert the relative IP address.

The ETBN of the source device shall convert:

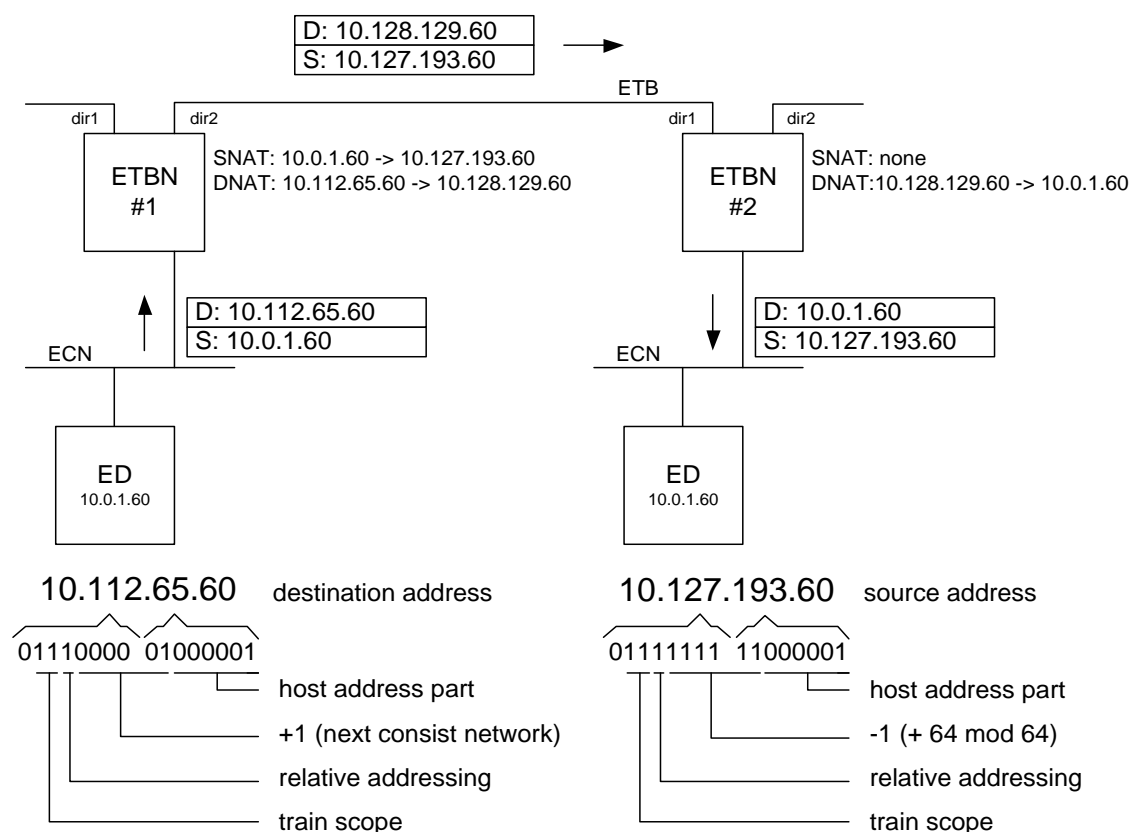
- a) the relative destination IP address to a train wide IP address,
- b) the source IP address to a relative source IP address regarding the orientation of the ETBN of the destination device.

NOTE All destination IP addresses at ETB level belong to the train subnet address space 10.128.0.0/9. The relative source IP addresses belong to the localized subnet address space.

The ETBN of the destination device shall convert:

- a) the train wide destination address to the localized IP address of the destination device only,
- b) and leave the source IP address as it is.

Figure 22 shows an example of the source and destination NAT in the affected ETBNs.



IEC

Figure 22 – Relative addressing example

The conversion of the relative source IP address in ETBN #1 takes care of the orientation of ETBN #2. Since both ETBNs have the same orientation the relative offset is converted from +1 to -1. If both ETBNs have different orientations, then the relative offset does not change. If the orientation of ETBN #2 in example (Figure 22) was reversed, then the relative source address would change to 10.112.65.60.

This addressing plan can be extended outside the closed train. In this case, due to the use of localized subnet address space, a mechanism like NAT shall be available at ETBN in order to convert localized address to train subnet address space at ETBN level. Each frame from an end device to another end device shall appear on the backbone train with destination IP address in train subnet address space. In this case, communication can be disturbed during inauguration phase as NAT mechanism depends on train topology.

6.6 Some use cases

Figure 23, Figure 24, Figure 25, Figure 26, Figure 27 show some train IP address mapping resulting from different use cases. Consist networks (CN) are not only ECNs but could use another technology: MVB, CAN, etc. All IP addresses on figures are train addresses, each ED shall have to be contacted at train level using this address (do not confuse with local IP address when CN is an ECN).

In the following, ED train IP address could be managed by ETBN or directly by ED. Ethernet Layer 2 ND (switches) are not shown.

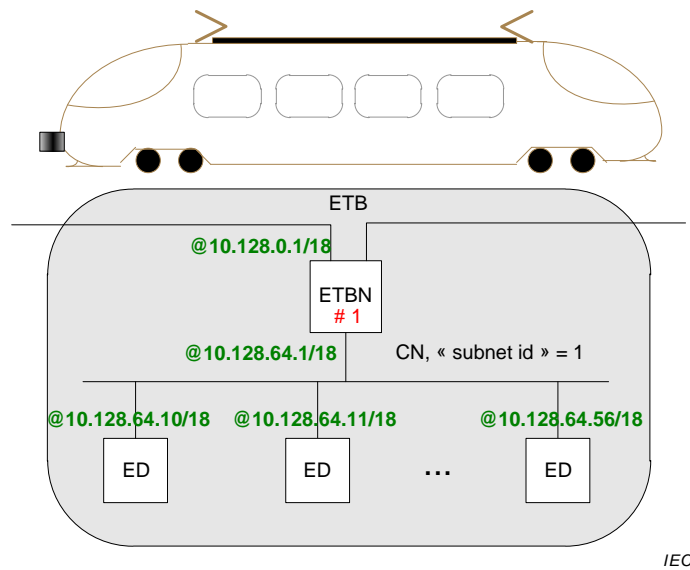


Figure 23 – Train composed of a single Consist Network

Figure 23 shows a single and simple Consist. As there is only one ETBN connected to one CN, after Inauguration (alone on ETB), ETBN takes the number 1 (“ETBN Id” = 1), and CN the number one (“Subnet Id” = 1). Using tables above, train IP mapping is deduced from these two numbers. For example, ETBN on ETB takes the IP 10.128.0.1/18. Note that, if a train IP address is associated for each ED, these ED do not necessarily manage it directly. Train IP address shall be used to address any ED inside the train (inside or outside the Consist). Conversion rules shall be defined if CN is not based on Ethernet (ECN).

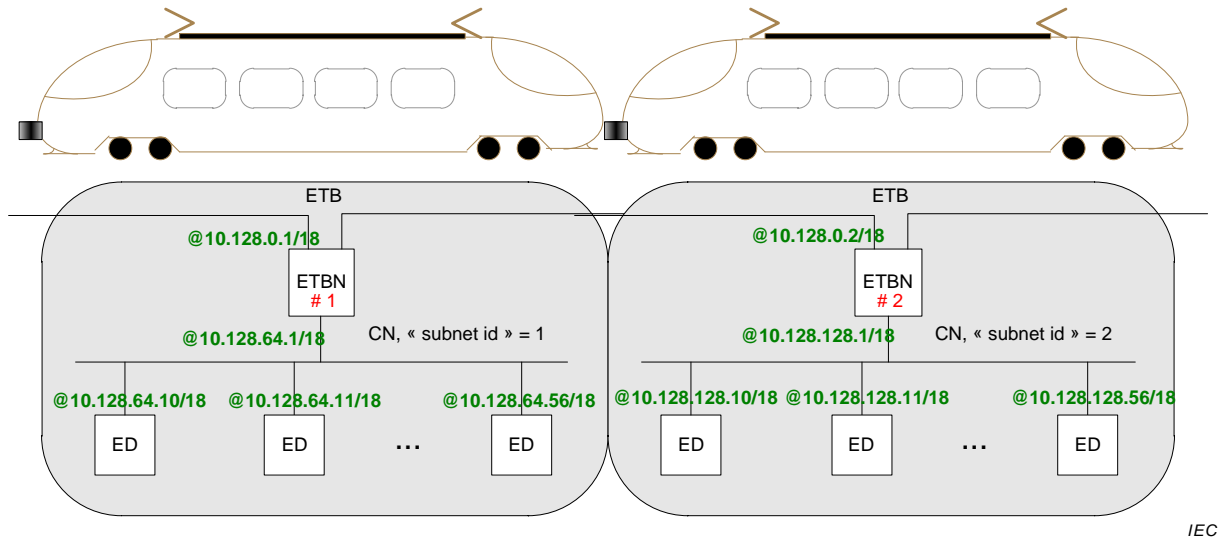
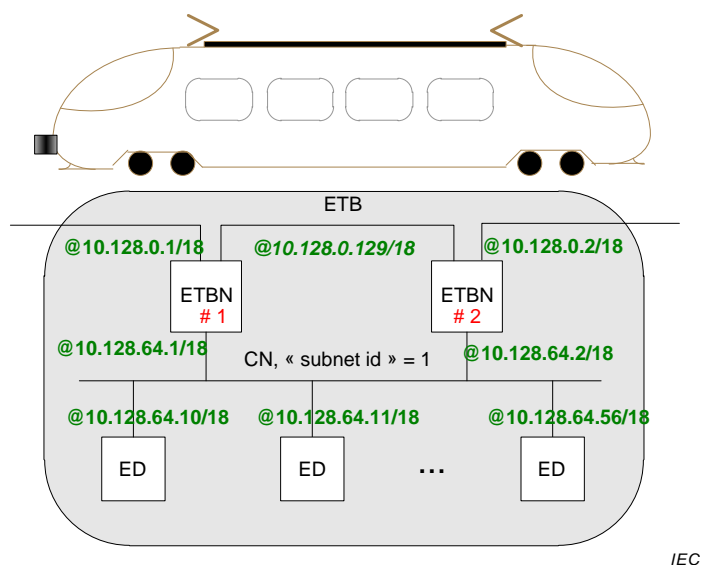


Figure 24 – Train composed of two single Consist Networks

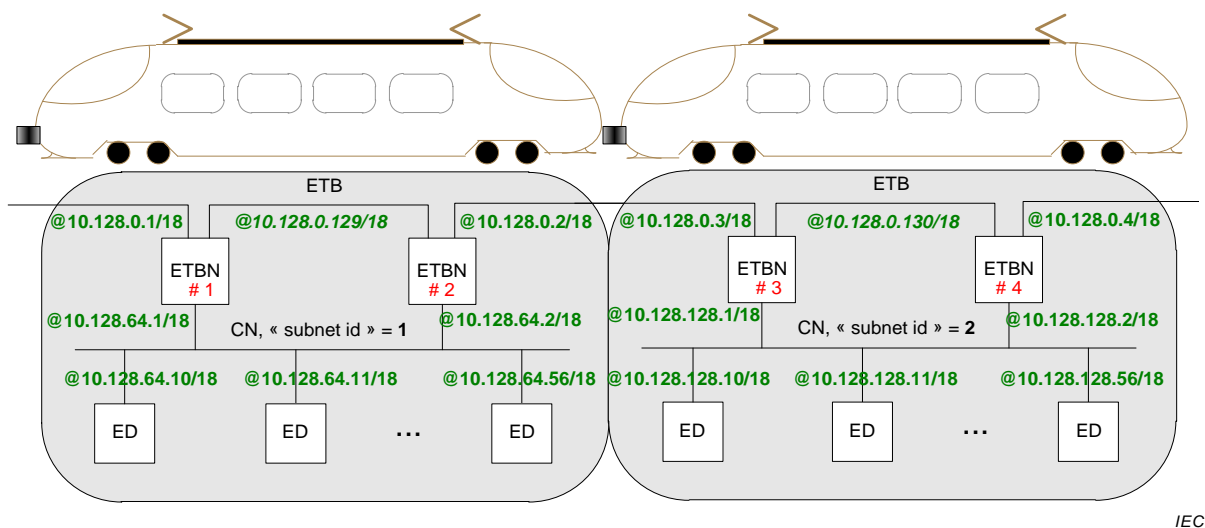
Figure 24 shows a train composed of two Consists. Each Consist includes one CN without ETBN redundancy. After Inauguration, ETBNs are numbered and take number one and two. The lowest number is affected to the train ending ETBN inside the Consist having the lowest CstUUID (see the following for more detail). CNs are also numbered in the same manner. “ETBN Id” and “Subnet Id” are used to calculate the train address mapping.



NOTE About ETBN redundancy and virtual IP address see Clause 9.

Figure 25 – Train composed of single Consist Network with ETBN redundancy

Figure 25 shows a train, limited to a single Consist, but CN is connected to ETB using both ETBNs. After Inauguration each ETBN takes a number. Number one for ETBN train ending is set by static configuration (like the “master” and “backup” role). Here, the unique CN takes the number one. Without failure, both ETBNs are active, but by static configuration one is “master” and the other “backup”. The “master” defines one train IP address more: a virtual IP address (here the address 10.128.0.129/18). This single address shall be used by other ETBNs to set a route to the CN. A life sign algorithm shall take place inside CN between both ETBNs: the “backup” node asks cyclically the “master”. In case of silence, the “backup” node becomes “master” and publishes the virtual IP address (a gratuitous ARP shall be sent on ETB by the new “master”). In the other ETBN, route does not change.



NOTE About ETBN redundancy and virtual IP address see Clause 9.

Figure 26 – Train composed of two Consist Networks with ETBN redundancy

Figure 26 shows a train composed of two Consists with ETBN redundancy in both. Using CstUUID, ETBN and CN are numbered. As TTDP TOPOLOGY frame describes each CN inside Consist, it is possible to give consecutive CN subnet number without hole. ETBN#3 and ETBN#4 have an IP route to the subnet 10.128.64.0/18 (CN with the “Subnet Id” = 1) using

the virtual IP address 10.128.0.130/18. Respectively ETBN#1 and ETBN#2 have an IP route to subnet 10.128.128.0/18 using virtual IP address 10.128.0.129/18.

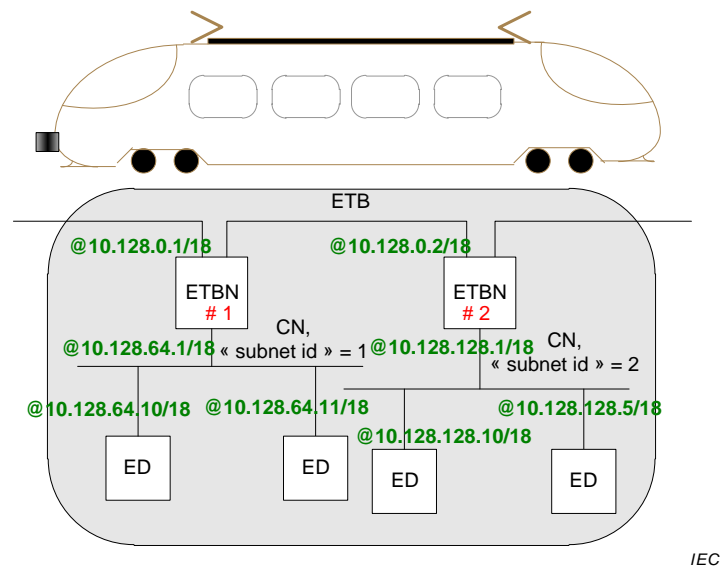


Figure 27 – Train with two Consist Networks in single Consist

Figure 27 shows a train composed of a single Consist with two CNs inside, without redundancy. ETBN#1 has an IP route to 10.128.128/18 using ETBN#2 as gateway. Respectively, ETBN#2 has an IP route to 10.128.64.1/18 using ETBN#1 as gateway.

6.7 Dynamic IP routing management

6.7.1 Unicast routes

Train Topology Discovery Protocol (TTDP) results shall be used to update IP routing table inside ETBNs.

All ETBNs are active. In case of ETBN redundancy, only the master ETBN owns the ETBN virtual IP address. This address is used by other ETBNs as gateway. See Clause 9.

6.7.2 Multicast routes

6.7.2.1 General

To forward multicast traffic between CNs, ETBNs need to be configured to do it, especially if CN is based on Ethernet (ECN).

To perform this task, multicast routing table of ETBNs shall be set. Each line of this table contains a couple of IP addresses (MG, US):

- MG: Multicast Group IP destination address,
- US: Unicast Source IP address of the multicast source address ED. US address shall be in Train subnet address range as defined in 6.4.2.1.

Multicast routing table shall be updated whenever:

- a new Inauguration occurs (to take into account new IP unicast mapping),
- an ED wants to use a new IP group destination address.

Main requirements are:

- the multicast route information shall not rely on exchanges of multicast group information provided by proprietary protocol,
- it shall take into account future functional addressing definition and PD/MD protocols where dynamic association between group address and EDs should be managed.

6.7.2.2 ETBN management

Each ETBN shall behave as a multicast router.

Multicast routers (ETBNs) shall not forward any multicast datagram with destination addresses in 224.0.0.0 to 224.0.0.255 range (224.0.0/24), regardless of its TTL.

Multicast filtering like IGMP snooping at layer 2 shall not be used on ETB network.

Multicast group addresses exchanged on the ETB shall belong to the range defined in 6.4.4.

ETBNs shall forward on ETB network all multicast group IP addresses from this specific range independently of IP source address.

ETBNs shall be aware of the list of multicast groups of interest for the end devices on its Consist Networks.

NOTE ETBNs can get this list from static configuration or through IGMP management.

For these groups, each ETBN shall install a route in multicast routing table and configure its ETB interface to accept such multicast groups.

This solution is based on the ability for each ETBN to set a line like (MG/range, *) in its multicast table.

The multicast routing table shall be flushed whenever a new Inauguration is performed. This is performed on exit of state INAUGURATED during DisableRouting action (see 8.5.1).

ETBN works as follows:

- When a frame with a multicast group address is received from an attached CN, if this group address is a member of the specified range (see 6.4.4), the frame is forwarded on ETB side.
- When a frame with a multicast group address is received from ETB, the frame is forwarded inside the CN depending on whether ED inside CN belongs to a group address inside the specific range.

7 ETB Transport layer

Table 11 summarizes transport layer requirements for a device connected to the train backbone subnet.

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

Table 11 – Application ED common interface

Application ED Common Interface			
OSI Layers	Requirements	Type	Description
Application	ICMP Internet Control Message Protocol IETF RFC 792	M	ED shall support IPv4 multicast.
Presentation	IGMP v2 Internet Group Management Protocol IETF RFC 2236	M	
Session			
Transport	UDP User Datagram Protocol IETF RFC 768	M	
Network			
Data			
Physical	TCP Transmission Control Protocol IETF RFC 793	M	

8 ETB Train Inauguration: TTDP

8.1 Contents of this clause

This clause specifies the train Inauguration procedure.

Train Inauguration is based on a specific protocol: Train Topology Discovery Protocol (TTDP).

All ETBNs shall implement TTDP.

8.2 Objectives and assumptions

8.2.1 Goals

The action consisting in configuring the train network is called train Inauguration. Normal Inauguration occurs at power up time, but also when shortening or lengthening a train. To keep IP stability, Inauguration due to degraded modes shall be avoided (losing ETBN, late ETBN insertion). Best train IP configuration shall always be computed, updated and shared by all ETBNs at any time, but decision to apply it (launch of Inauguration procedure) shall always be under train application control (InaugInhibition flag, see 8.5.3).

The train Inauguration procedure needs defining an identification number for each CN subnet ("Subnet Id") and each ETBN ("ETBN Id"). These values shall be used to build train IP mapping, train routing definition, NAT rules, ED naming, etc. (see 6.4). Computing these identifiers is the main goal of TTDP: Train Topology Discovery Protocol.

To determine these values, two types of topology are built by TTDP:

- **Physical Topology:** ordered and oriented list of ETBNs. Train physical topology is defined inside an array: the "Connectivity Table". Physical topology is always updated to follow the number of ETBN connected to ETB. All ETBNs shall be detected (master or backup node). It can be noticed that a new physical topology does not imply a new Inauguration. To have a new Inauguration (a new IP mapping , etc.), train application shall enable it. See "corrected physical topology" in 8.8.7.
- **Logical Topology:** ordered and oriented list of train subnets. Train logical topology is defined inside an array: the "Train Network Directory". Logical topology contains "Subnet Id" and "ETBN Id". It can be noticed that some identifiers are reserved by TTDP for missing ETBN or CN subnets. This can be achieved thanks to exchange of Consist CN subnet description between ETBN (see TTDP TOPOLOGY frame). A new logical topology does not imply a new Inauguration. To have a new Inauguration (a new IP mapping,etc.), train application shall enable it.

TTDP dynamically builds, updates and shares both topologies between all ETBNs. If train application enables it, a new Inauguration is launched, taking into account TTDP results to set a new train IP mapping.

The train Inauguration procedure shall respect the following rules:

- The train ETBN ending node inside the Consist with the lowest Consist UUID, is defined as the train ETBN top node.
- If train is composed of a unique Consist, ETBN top node is statically defined.
- ETBN top node takes the “ETBN Id” equal to 1.
- Subsequent ETBNs in the ETB reference direction 2 are numbered in ascending order starting with 2, the last numbered ETBN being the ETB bottom node.
- The ETB reference direction always points in the direction of the ETBN top node (see Figure 28).

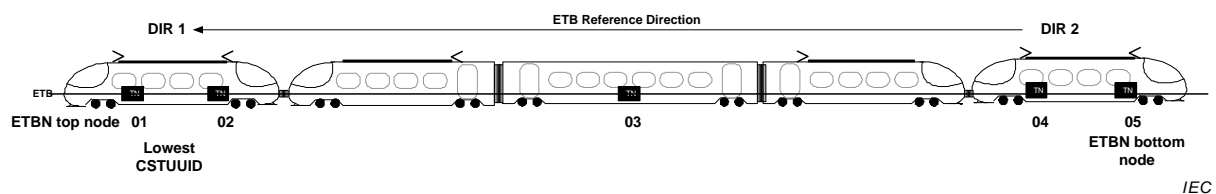


Figure 28 – ETBN top node reference

TTDP is also used to test link validity on ETB (see 4.4 for description of links).

8.2.2 Out of scope

The Consist description semantic and usage are highly project-dependent, and hence out of scope of this specification.

Physical Consist description is left outside the scope of this protocol.

Topology broadcasting to other elements inside a Consist is left outside this specification. One or several extra protocols (depending on the Consist network internal architecture) may be needed (see Clause 13).

8.2.3 Assumptions

The MOST important assumption is about the topology itself: it is assumed that ETBNs are laid out in Linear Topology. This protocol hence aims at discovering an ordered (and oriented) list. It does NOT behave properly in presence of loops and or trees, as would some routing protocol do.

Due to linear topology each ETBN will have 0, 1 or 2 neighbour peers. They will hence have notion of ‘direction’ and they shall be able to send and receive frames explicitly on each port of each side independently of link aggregation.

Each line between ETBNs is identified by a letter. As up to four lines could be aggregated, letters “A”, “B”, “C” and “D” are used.

As lines “C” and “D” are optional, in the following Figure 29 only “A” and “B” lines are represented.

Ethernet ports of ETB switch connected to DIR 1 are named “DIR1 ports”, and to DIR 2, “DIR2 ports”. Assignment of ETB ports to DIR 1 or DIR 2 is free. Association between ETB switch port identification number, direction and line can be deduced from TTDP frames.

Another assumption is the definition of the direction of an ETB switch versus static Consist direction. In order to ease train topology discovery protocol (orientation calculation), an ETB node is always in the same direction as the Consist. For installation modularity, ETB Nodes implement a static setting configuration which enables mapping ETBN ports to ETB-Direction. If an ETB node is mounted in a car which can reverse in a Consist, the ETB node direction is adjusted by modification of ETB ports and direction mapping (see Figure 29).

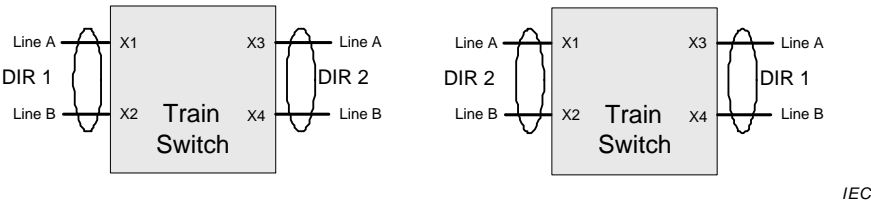


Figure 29 – ETBN orientation capability

8.3 ETBN settings

8.3.1 ETB switch port states

An ETB switch port can be in one of the states described in Table 12 (see also IEEE 802.1D):

Table 12 – ETB switch port states

Port State	Description
Disabled:	Frames are not allowed to enter (ingress) or leave (egress) disabled ports. Learning does not take place on disabled ports
Discarding:	Only IEEE 802.3 management frames are allowed to enter (ingress) or leave (egress) a Discarding port. All other frame types are discarded. Learning is disabled on Discarding ports.
Forwarding:	Normal operation. All frames are allowed to enter (ingress) or leave (egress) a forwarding port. Learning takes place on all Ethernet frames.

The following states are mandatory to implement Train Topology Discovery Protocol:

- Discarding: this state is only used for end node settings for extremity port.
- Forwarding: this state is used on all ETB ports except extremity ports.

IEEE 802.1D Learning state shall not be used on ETB nodes (in this state, only IEEE 802.3 management frames are allowed to enter (ingress) or leave (egress) a learning port. All other frame types are discarded but learning takes place on all other Ethernet frames).

Disabled state is either a temporary mode after switch power on / reset when port is used, or a permanent mode when port is statically disabled (by configuration).

8.3.2 Node settings

8.3.2.1 General

In order to support the different operational modes of train Inauguration, an ETB switch shall be configurable for the basic settings described in the following subclauses.

NOTE Only 2 lines for redundant links are represented on the figures below, but 4 lines can be used in each direction.

8.3.2.2 Passive bypass setting

In passive bypass setting, the ETB lines shall bypass the ETB switch, which then is decoupled from the ETB lines (see Figure 30). The Passive Bypass Setting is the default setting in the powerless state and the ETB switch is out of order.

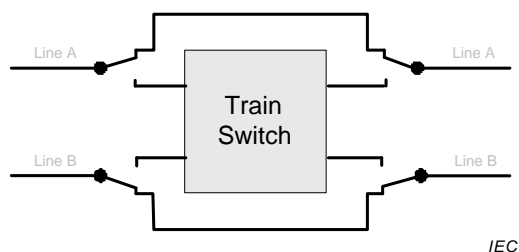


Figure 30 – ETB switch in passive bypass setting

Cabling architecture shall manage the issue of physical limit when a passive bypass is activated (increased cable length): additional switches, repeaters, etc.

8.3.2.3 Intermediate node setting

In intermediate setting, the ETB lines shall be connected to the ETB switch (see Figure 31). The ETB ports are in Forwarding state, and the ETB lines shall be aggregated in each direction in accordance to IEEE 802.1AX.

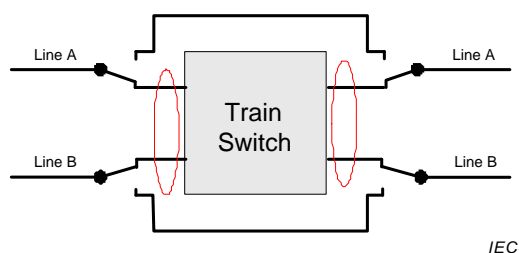


Figure 31 – ETB switch in intermediate setting

8.3.2.4 End Node setting

In End Node setting, the ETB lines shall be connected to the ETB switch (see Figure 32). Only the ETB ports in one direction (either Dir1 or Dir2) are in Forwarding state, the ETB ports in the other direction are in Discarding state (when Inauguration is completed). The Forwarding ETB ports shall be aggregated in accordance to IEEE 802.1AX. The management of Discarding port aims at protecting exchanges in an inaugurated train. ETB ports at train extremity are in Discarding state when Inauguration is completed (state INAUGURATED).

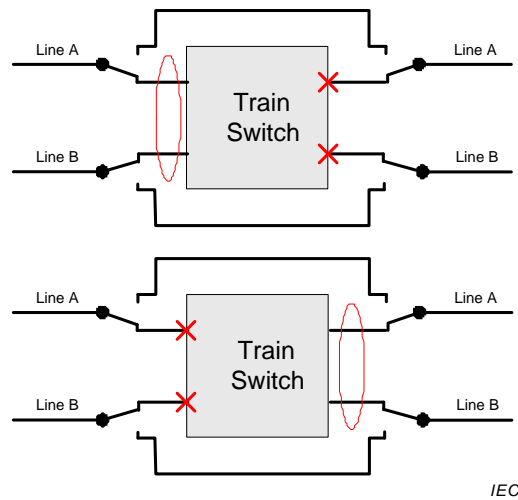


Figure 32 – ETB switch in End Node Setting

8.4 General behaviour

Inauguration process shall run on all ETBNs:

- discover and monitor ETB peers. Discovering topology process shall be always active. TOPOLOGY messages are multicast by each ETBN to all others, so ETBN switch forwarding tables are updated on each transmission;
- advertise and negotiate topology with train application. Without application acknowledge, nothing more will append;
- after application acknowledgement, train logical topology is taken into account to build train IP mapping and update network services (DHCP, DNS, NTP, etc.). EDs should be advertised of the new approved topology. Train ETB extremity ports are in Discarding state and only HELLO messages (which are IEEE 802.3 management frames) are sent and can pass through them (using management MAC address) to discover prospective coupling.

Topology stability is based on CRC calculation. When all CRCs (local one and received from other ETBNs) are the same, all ETBNs share the same topology.

The result is purely topological information: the TTDP protocol described here aims at detecting topology changes and/or stability as fast as possible. Full Consist description exchange and sharing shall be done by another protocol (see IEC 61375-2-3).

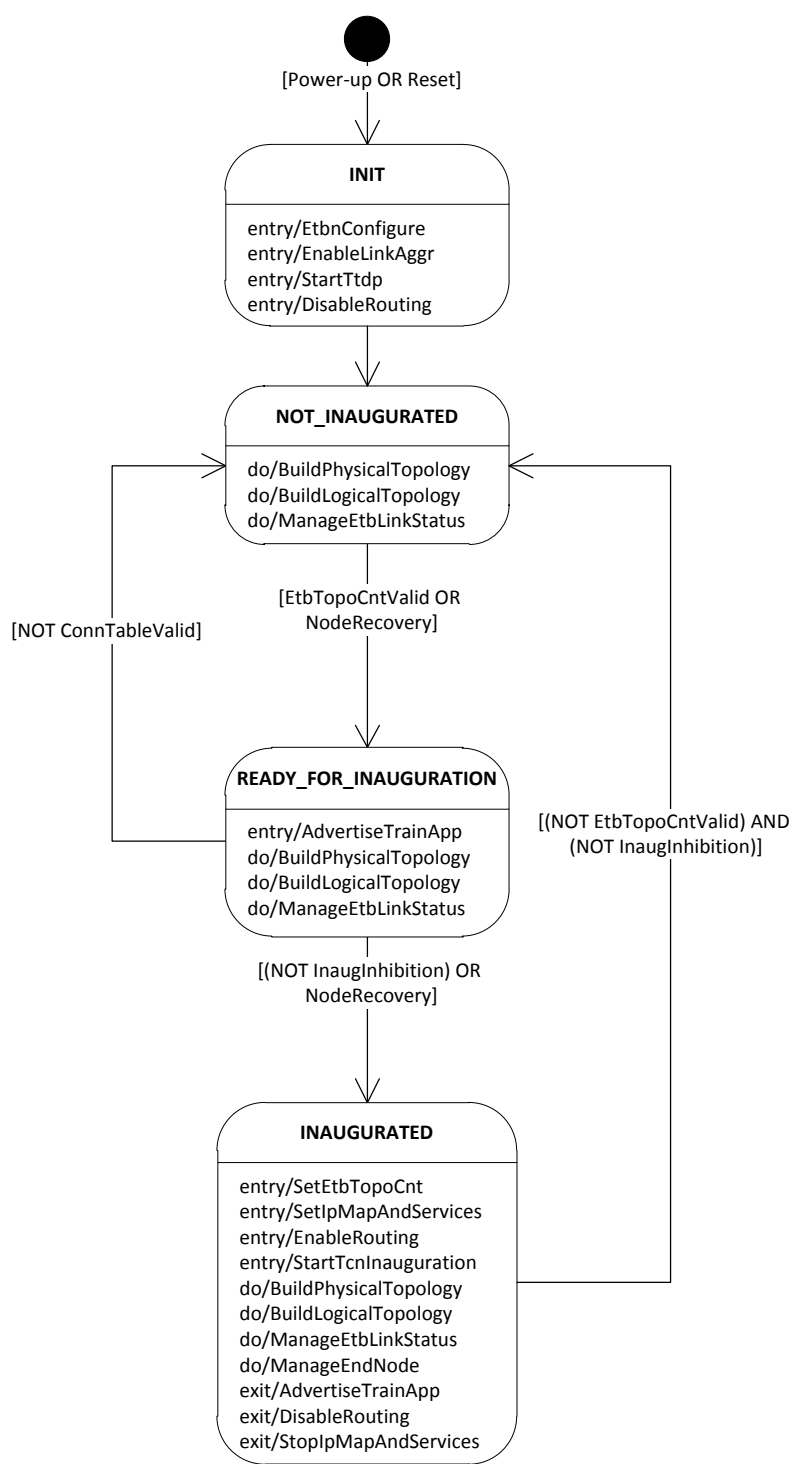
Distinction between desired changes due to train assembly/de-assembly or due to peering loss shall also be managed to avoid multiple Inauguration procedure.

8.5 ETBN Inauguration state diagram

8.5.1 General

The ETBN Inauguration process is defined by the state transition diagram on Figure 33. Definitions for this diagram are the following:

- entry: action performed once only at beginning of state
- exit: action performed once only at end of state
- do: action performed in a periodic loop
- NOT, AND, OR: logical NOT, AND, OR operators



IEC

Figure 33 – ETBN Inauguration state diagram

8.5.2 Actions

EtbnConfigure

ETB switch ports are set in Forwarding state, IP forwarding is disabled, no IP configuration, ETB switch forwarding table cleared, etc.

EnableLinkAggr

DIR1 ETBN switch ports (respectively DIR2 ports) are configured to be statically aggregated together.

StartTtdp

Start TTDP daemon.

Initial Value configuration:

- ETBN ports state = “Forwarding”
- etbnInhibition = False (Inauguration is allowed at Consist level linked to ETBN)
- InaugInhibition = False (Inauguration is allowed at Train level, see description below)
- ConnTableCrc32 = “ConnTableCrc32 Default Value”
- Topology Counter = “etbTopoCnt DefaultValue”

NOTE etbnInhibition is Boolean value produced by each ETBN in TOPOLOGY frame. It is set to True when train application forbids new Inauguration (train moving in operational mode for example), set to False when train application enables Inauguration to modify all IP settings. This information is valid at local ETBN scope. At power up, etbnInhibition field in topology is set to False (Inauguration allowed).

DisableRouting

Forwarding between ETB and CN is disabled. Communication is not available between CNs.

BuildPhysicalTopology

TTDP daemon builds Connectivity Table (Physical Topology), calculates ConnTableCrc32 and updates “TTDP specific ETB” TLV in TTDP TOPOLOGY frames (see 8.7.6).

BuildLogicalTopology

TTDP daemon builds Train Network Directory (Logical Topology), calculates etbTopoCnt (see below) and updates “TTDP specific ETB” TLV in TTDP TOPOLOGY frames (see 8.7.6).

ManageEtbLinkStatus

ETBN shall manage status of ETB links with its neighbours using results of:

- TTDP HELLO frames
- Ethernet physical port status

SetEtbTopoCnt

Memorize CRC of Train Network Directory as current Topology Counter (Inauguration Identifier). While the ETB node is in state INAUGURATED, etbTopoCnt field in TTDP TOPOLOGY frame is fixed to the memorized CRC of Train Network Directory.

SetIpMapAndServices

Initialize IP mapping (all IP parameters: IP address, network mask, name resolving, IP routes, etc.) and services (DHCP, NAT, DNS, etc.) using TTDP results (“ETBN Id” and “Subnet Id”). (Re-)start services, clear ARP table, etc.

EnableRouting

Forwarding between ETB and CN is enabled. Communication between CNs is available.

AdvertiseTrainApp

New Inauguration is advertised to train application inside CN. Depending on CN technology, ETBN shall export train topology.

StartTcnInauguration

In state INAUGURATED, each ETBN shall allow TCN Inauguration to proceed as described by communication profile (see IEC 61375-2-3).

ManageEndNode

TTDP daemon manages end node identification and sets unconnected ports in Discarding state. Also, when an end node recovery has happened, this function is responsible for setting previously Discarding ports in Forwarding state (see 8.11.3).

StopIpMapAndServices

Clear IP mapping (all IP parameters: IP address, network mask, name resolving, IP routes, etc.) and stop services (DHCP, NAT, DNS, etc.).

8.5.3 Transitions**Power-up OR Reset**

ETBN power on or reset event.

ConnTableValid

Boolean value, True when Physical Topology is shared by all ETBNs (same Connectivity table CRC for all ETBNs).

EtbTopoCntValid

Boolean value, True when Logical Topology is shared by all ETBNs (same Train Network Directory CRC for all ETBNs).

InaugInhibition

This flag is the result of ORing “etbnInhibition” field (considered as a boolean) of TOPOLOGY frames received from all other ETBNs and CN local value. To enable Inauguration all CNs shall enable it (i.e. all etbnInhibition flags advertised by ETBNs shall be False). At power up, InaugInhibition is not meaningful until ETBN reach at least once the INAUGURATED state (so its value at startup is set to False to allow first Inauguration).

NodeRecovery

True when own ETBN has a valid etbTopoCnt, even when TOPOLOGY frames received from other ETBNs indicate Inauguration inhibition (at least one True, in their etbnInhibition flags). This can happen when own ETBN:

- is an intermediate node, was previously a known node, disappeared and is back again,
- is an intermediate node and wakes up late in a Consist containing at least an already inaugurated ETBN.
- is a node recovering in a group of lost end nodes. A certain delay shall be waited for when going from READY_FOR_INAUGURATION to INAUGURATED: it shall be long enough (around 200 ms) so as to:

- allow the temporary end node (connected to the group of real lost end nodes) to set its temporary extremity link back from Discarding to Forwarding state (when discovering the currently recovering nodes),
- let TOPOLOGY frames be transmitted to the recovering nodes.

This delay is necessary to avoid a race condition with previously lost end nodes performing a "fast local Inauguration on their own side" (i.e. without seeing the other ETB nodes): before going from READY_FOR_INAUGURATION to INAUGURATED state, the recovering end nodes wait long enough to see again TOPOLOGY frames from other ETB nodes and converge to already inaugurated ETB topology.

8.6 ETBN peers discovery

8.6.1 Internal peers detection

Each ETBN continuously tries to detect other ETBNs on ETB. To do this, each ETBN periodically sends a multicast layer 2 frame to all other ETBNs. This frame is named TTDP TOPOLOGY frame.

Link aggregation groups (in both ETB directions) are used to send this frame.

Receiving this frame, an ETBN shall look for the source MAC address of the frame in its switch forwarding table to detect if the frame comes from the DIR1 or DIR2 side.

When ETBN is alone on ETB (it never receives frames), stability is self-declared after a delay.

A delay without receiving frame from a specific ETBN is used to detect ETBN disappearing.

Two different means can be used to build connectivity table:

- "Connectivity Vector" fields (see 8.8.1),
- "ETBN Vector" fields (see 8.8.2).

Using one or the other fields as input of topology building algorithm is free of choice, but filling all these TOPOLOGY fields is mandatory when sending TOPOLOGY frames.

Both algorithms to build Connectivity Table could be used in case of specific safety requirements.

An example algorithm which maintains physical topology is presented (for information only) in Annex B.

8.6.2 External peers detection

Once the topology is approved by train application ("InaugInhibition" flag is True), ETB Ethernet ports ending the train are set in Discarding mode. Only management frames (according to their destination MAC address) such as TTDP HELLO frames are allowed to pass through them, but TTDP TOPOLOGY frames are not.

New external ETB peers (e.g. during train coupling / ETB lengthening) will be detected by exchanges of periodical frames. These messages are named TTDP HELLO frames. But new peers will be added to ETB topology only after a new ETB Inauguration, when so allowed by train application ("InaugInhibition" flag is set to False).

These frames being quite small, they will be exchanged at some configured (high) rate, to provide good reactivity to any ETBN apparition or loss. See 8.12.2 and 8.12.3 for typical timings.

A delay without receiving TTDP HELLO frame from a known ETBN neighbour is used to detect train uncoupling (ETB shortening).

8.6.3 Switch port states handling

Figure 34 below summarizes ETBN switch port states handling according to Inauguration state and peers detection. It particularly describes how an end node can change states from Discarding to Forwarding:

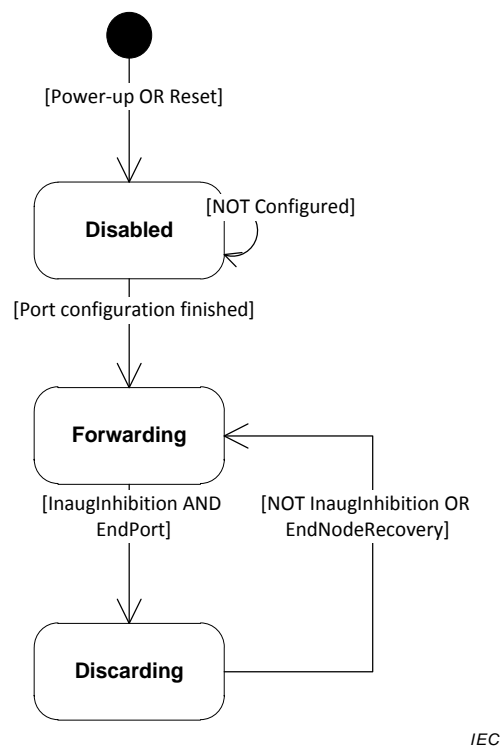


Figure 34 – Switch port state diagram

Port states definitions are given in 8.3.1.

Transitions:

- **Power-up OR Reset:** ETBN power on or reset event.
- **Port configuration finished:** port initialisation sequence after power up or reset has finished.
- **InaugInhibition:** Inauguration is inhibited when flag is True (when Inauguration is done).
- **EndPort:** port is declared as an extremity port when it receives no TTDP HELLO frames.
- **EndNodeRecovery:** port of the previously end node is reopened when another end node is discovered (for example after an end node late wake up or recovery, see 8.11.3).

ETBN ports shall be in Forwarding state after power-up before bypass relays are switched off (to connect ETBN ports to ETB lines).

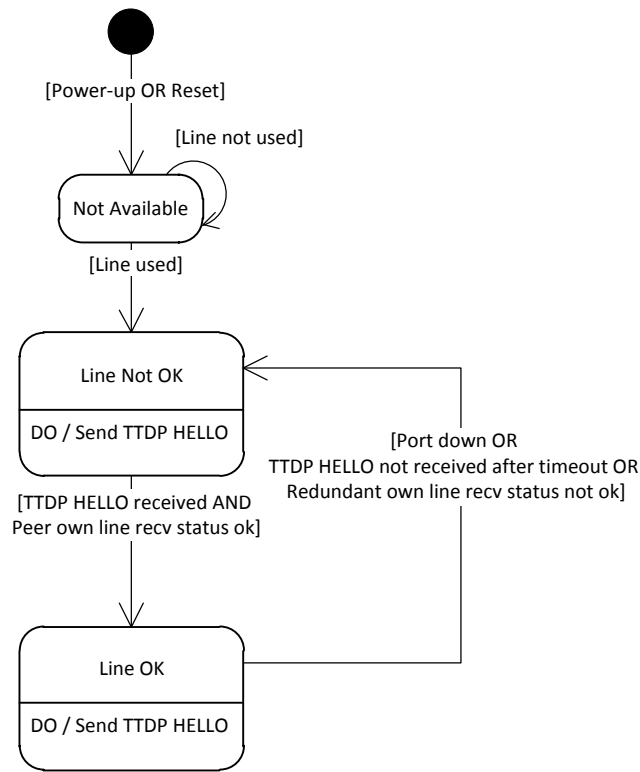
NOTE When train lengthening / shortening (coupling / uncoupling) occurs, ports are reopened for new topology discovery when train application sets InaugInhibition to False.

8.6.4 ETB lines statuses

ETB lines statuses are sent in TTDP TOPOLOGY frame and shared between all ETBN (see 8.7.6).

Each ETBN computes these statuses for its own lines according to TTDP HELLO frames received on its ports (see 8.7.5). See also 8.9.1 for TTDP HELLO frames timing and timeouts handling.

The state machine for an ETBN line is shown on Figure 35 below. It is only applicable to used lines as defined by static configuration (no frames are sent on unused lines).



IEC

Figure 35 – ETBN physical line state machine

States:

- Line **"Not Available"** after power-up or reset or when associated switch port is configured for not being used,
- **"Line OK"** when TTDP HELLO frames are periodically received at the port switch,
- **"Line Not OK"** after start-up when line status has not yet been evaluated or when TTDP HELLO frame is not received after a given timeout at the port switch.

Transitions / conditions:

- **Power-up OR Reset:** ETBN power on or reset event,
- **Line not used:** line is statically configured for not being used,
- **Line used:** line is statically configured for being used,
- **Port down:** switch port connected to line is down.
- **TTDP HELLO received:** a TTDP HELLO frame was received within current timeout delay.
- **TTDP HELLO not received after timeout:** a TTDP HELLO frame was not received within current timeout delay.
- **Peer own rcv line status ok:** the own line receive status received from remote peer in TTDP HELLO frame is ok..
- **Redundant own line rcv status not ok:** the own line receive status received from one of the other redundant lines of the same aggregation group is not ok. For example, if we are

looking for line A and line A receive status received from aggregated line B in TTDP HELLO frame is not ok (i.e. remote peer considers line A as not ok).

Actions:

- **Send TTDP HELLO:** in all states, when port is configured for being used, periodically send TTDP HELLO frame on associated physical line.

8.7 TTDP messages description

8.7.1 General

This subclause defines the data packets which are exchanged between the ETBNs for ETB Inauguration. There are two ETB Inauguration data packets defined:

- The TTDP HELLO frame, for the discovery of the directly connected ETB neighbour nodes and for the test of the physical communication lines to these neighbours,
- The TTDP TOPOLOGY frame, for informing all other ETBNs about the own ETB neighbour discovery. It is used for physical topology building ("Connectivity table").

NOTE Even if answers to TTDP HELLO frames are used on each ETBN to build its own "connectivity vector", this information is multicast and shared with all nodes through TTDP TOPOLOGY frames (HELLO frames are local to an ETBN direct neighbourhood).

8.7.2 Convention

The general convention for fields used in message is that:

- Unused /Reserved fields:
 - shall be set to 0 on transmission,
 - shall NOT be checked on reception.
- Byte orders
 - Numerical values spanning on more than one byte will follow the "network order" convention, which is high order bytes first.
- Numerical Values spanning on less than one byte are described assuming that the leftmost bits are the most significant byte's bits.

8.7.3 TTDP frame tagging

TTDP messages shall be VLAN tagged in accordance to IEEE 802.1Q:

- VLAN identifier (VID) shall be set to 492 (= '1EC'H),
- VLAN priority shall be set to highest priority 7.

8.7.4 Transport and addressing

TTDP defines two specific Ethernet frames:

- TTDP HELLO frame: based on LLDP frame with a specific organizational TTDP TLV (HELLO TLV),
- TTDP TOPOLOGY frame: specific TTDP Ethernet multicast frame.

The MAC address in Table 13 shall be used for layer 2 frames:

Table 13 – TTDP destination MAC addresses

TTDP frame	MAC destination	Target	Definition
HELLO	01-80-C2-00-00-0E	Neighbour Bridge	IEEE 802.1AB, LLDP, Link Layer Discovery Protocol. Allows stations to exchange chassis and port information.
TOPOLOGY	01-80-C2-00-00-10	All Bridges	IEEE 802.1D. Defined as an ordinary multicast address to be used to reach all bridges in a bridged LAN.

8.7.5 TTDP HELLO frame

As described in 4.4.2, TTDP HELLO frames are periodically sent on all ETBN statically configured physical lines (those used for ETB).

TTDP HELLO frames (see Figure 36) are based on LLDPDU definition (see IEEE 802.1AB which contains the mandatory LLDP TLVs and organizationally specific TLVs descriptions).

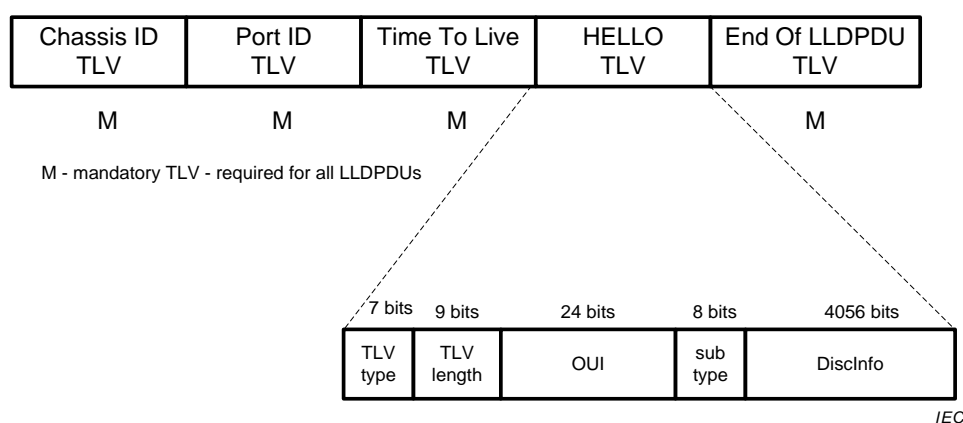


Figure 36 – TTDP HELLO frame LLDPDU structure

Mandatory LLDP TLV (Chassis ID, Port ID, TTL, EOF) are present but their values shall not be used by TTDP, so, for these mandatory LLDP TLVs, subtypes are free of use.

TTDP HELLO data are coded inside an Organizationally Specific TLV format (see Figure 37).

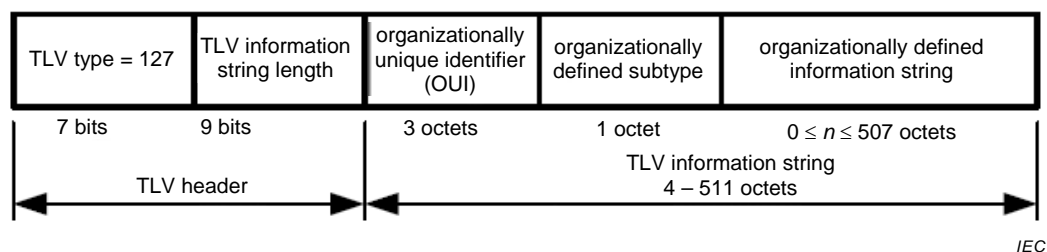


Figure 37 – LLDP organizationally TLV structure

The TTDP HELLO frame shall be defined as below in ASN.1 by TTDP-HELLO-FRAME record. Mandatory LLDP TLV subtypes are set to example values.


```

TLV-TYPE ::= ENUM7 {
    endOfLLDPDU-TLV-TYPE (0),
    chassisId-TLV-TYPE (1),
    portId-TLV-TYPE (2),
    ttl-TLV-TYPE (3),
    -- other unused values in between
    specific-TLV-TYPE (127)
}
-- Definition of LLDP TLV type values
-- Organizationally specific TLVs

TLV-HEADER ::= RECORD {
    tlvType TLV-TYPE,
    tlvLength UNSIGNED9 (0..511)
    -- TLV header fields are not aligned on byte boundaries,
    -- total header size is 16 bits (7 + 9)
}
-- Definition of standard TLV header

GEN-TLV ::= RECORD {
    tlvHeader TLV-HEADER,
    tlvInfo ARRAY [tlvHeader.tlvLength] OF WORD8
}
-- Definition of generic TLV
-- standard TLV header
-- TLV payload

MAC-ADDR ::= ARRAY [6] OF UNSIGNED8
-- Definition of MAC address type (48-bit)

TTDP-VLAN-HDR ::= RECORD {
    tpid UNSIGNED16 ('8100'H),
    pcpc UNSIGNED3 (7),
    de BOOLEAN1 (0),
    vid UNSIGNED12 ('1EC'H)
}
-- Definition for TTDP VLAN header
-- Tag Protocol Identifier value
-- to identify the frame as
-- an IEEE 802.1Q-tagged frame
-- Priority Code Point = highest
-- (refers to IEEE 802.1p priority)
-- Drop Eligible (to indicate
-- frames eligible to be dropped)
-- VLAN ID for TTDP

CHASSIS-TLV ::= RECORD {
    chassisTlvHeader TLV-HEADER {
        tlvType (chassisId-TLV-TYPE),
        tlvLength (7)
    },
    chassisIdSubtype UNSIGNED8 ('04'H),
    chassisId MAC-ADDR
}
-- Definition of Chassis TLV
-- Chassis TLV header values
-- Chassis ID subtype = MAC address
-- Chassis sender's MAC address

PORT-TLV ::= RECORD {
    portTlvHeader TLV-HEADER {
        tlvType (portId-TLV-TYPE),
        tlvLength (2)
    },
    portIdSubtype UNSIGNED8 ('06'H),
    portId UNSIGNED8 (0..255)
}
-- Port TLV definition
-- Port TLV header values
-- Agent circuit ID (IETF RFC 3046)
-- ETB, ETBN egress physical port nb

TTL-TLV ::= RECORD {
    ttlTlvHeader TLV-HEADER {
        tlvType (ttl-TLV-TYPE),
        tlvLength (2)
    },
    ttl UNSIGNED16 (0..65535)
}
-- Time To Live TLV definition
-- Time To Live TLV header values
-- LLDP Time To Live (seconds)

EOL-TLV ::= RECORD {
    eolTlvHeader TLV-HEADER {
        tlvType (endOfLLDPDU-TLV-TYPE),
        tlvLength (0)
    }
}
-- End Of LLDPDU TLV definition
-- End Of LLDPDU TLV header values

TIMEOUT-SPEED ::= ENUM8 {
    slowTimeout (1),
    fastTimeout (2)
}
-- Definition for timeout values
-- Slow timeout value (100 ms)
-- Fast timeout value (15 ms)

LINE-IDENT ::= CHARACTER8 (65 | 66 | 67 | 68 | 45)
-- Definition for line identification values
-- 'A' | 'B' | 'C' | 'D' | '-' character ASCII codes

```

```

EGRESS-DIR ::= ENUM8 {
    dir1 (1),
    dir2 (2)
}

HELLO-TLV ::= RECORD {
    specTlvHeader TLV-HEADER {
        tlvType (Specific-TLV-TYPE),
        tlvLength (86)
    },
    oui ARRAY [3] OF UNSIGNED8 ('200E95'H),
    ttdpSubtype UNSIGNED8 ('01'H),
    tlvCS UNSIGNED16,
    version UNSIGNED32 ('01000000'H),
    lifeSign UNSIGNED32,
    etbTopoCnt UNSIGNED32,
    vendor ARRAY [32] OF CHARACTER8,
    recvAstatus ANTIVALENT2,
    recvBstatus ANTIVALENT2,
    recvCstatus ANTIVALENT2,
    recvDstatus ANTIVALENT2,
    timeoutSpeed TIMEOUT-SPEED,
    srcId MAC-ADDR,
    srcPortId UNSIGNED8 (0..255),
    egressLine LINE-IDENT,
    egressDir EGRESS-DIR,
    reserved1 UNSIGNED6 (0),
    inaugInhibition ANTIVALENT2,
    remoteId MAC-ADDR,
    reserved2 UNSIGNED16 (0),
    cstUuid ARRAY [16] OF UNSIGNED8
}

TTDP-HELLO-FRAME ::= RECORD {
    destAddr MAC-ADDR ('0180C200000E'H),
    srcAddr MAC-ADDR,
    vlanHdr TTDP-VLAN-HDR,
    etherType UNSIGNED16 ('88CC'H),
    chassisTlv CHASSIS-TLV,
    portTlv PORT-TLV,
    ttlTlv TTL-TLV,
    otherTlvs1 SEQUENCE OF GEN-TLV,
    helloTlv HELLO-TLV,
    otherTlvs2 SEQUENCE OF GEN-TLV,
    eolTlv EOL-TLV,
    etherCrc UNSIGNED32
}

```

REMARKS

- 1) Calculated according to IEEE 802.3. Default value: see 8.7.5 for definition. In this TLV, its purpose is to manage recovery of temporary end node failure (see 8.11.3).
- 2) Vendor specific information, zero-terminated text string. Padded with null characters after the zero-terminating string character to the end of the array.
- 3) Receive status of line: a line receive status is ok if HELLO frames are received from the direct neighbour node on this line and if the state of the corresponding Ethernet port is up; a line receive status is considered not ok if the state of the corresponding Ethernet port is down or if no HELLO frames have been received for long + short timeout on this line. Values are the following:

'00'B (ERROR) = invalid value (shall never be used)
 '01'B (FALSE) = receive status of line Not OK
 '10'B (TRUE) = receive status of line OK
 '11'B (UNDEFINED) = not available.

See 8.6.4 for ETBN physical line states diagram and description.

- 4) Advertisement on timeout management in reception (mechanism similar to LACP) to speed failure detection in any case. This information drives the period of transmission of neighbour's TTDP HELLO frame.

If no frame reception in slow timeout (normal) mode, then ask neighbour to go in fast transmission mode.

Local meaning: immediate send if this field changes to advertise neighbours.

Remote meaning: immediate send if the neighbours field changes.

See 8.9.1 for details.

Initial value should be set to "slowTimeout".

- 5) All ETBNs inside the same Consist share the same CstUUID. See below.
- 6) Train application status about train Inauguration authorization (global inhibition information = OR of all received ETBN local inhibition flags and local value, see 8.5.3).

Flag value is "not available" until first topology established.

Values are the following:

'00'B (ERROR)	= invalid value (shall never be used)
'01'B (FALSE)	= Inauguration not inhibited (Inauguration allowed)
'10'B (TRUE)	= Inauguration inhibited (Inauguration not allowed)
'11'B (UNDEFINED)	= not available.

- 7) TLV checksum is calculated in the same way as TCP checksum in RFC 793.

It shall be calculated over the TLV payload (from first TLV word after the checksum to the last TLV word, both included).

The checksum field is the 16 bit one's complement of the one's complement sum of all 16 bit words in the TLV payload (start value equals to 0). If a TLV payload contains an odd number of octets to be checksummed, the last octet is padded on the right with zeros to form a 16-bit word for checksum purposes. The pad is not transmitted as part of the TLV.

- 8) In case more TTDP information needs to be added to HELLO frame, a new specific TLV with the TTDP OUI should be defined. TTDP TLV with TTDP subtype < 128 are reserved for interoperability and TTDP subtype ≥ 128 are free for specific vendor use.

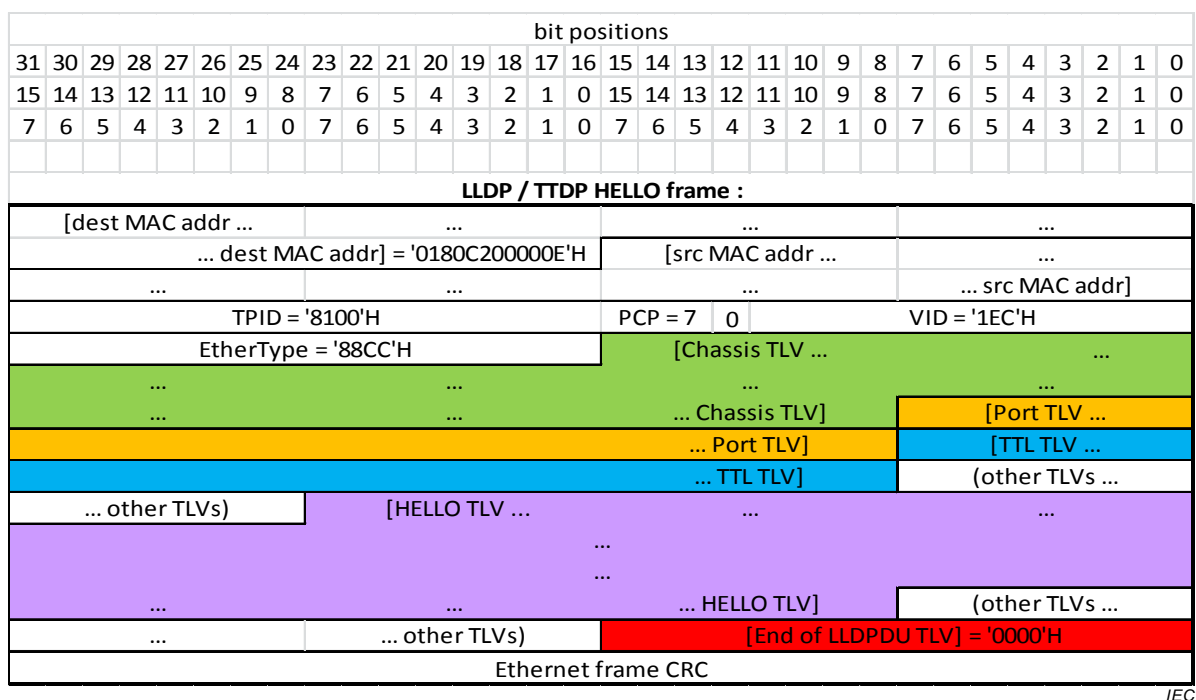
CstUUID is used to uniquely identify a Consist in the world without the need of a central registration process. CstUUID is a 128 bits identifier. Its definition is done according to IETF RFC 4122. A Closed Train is seen as a Virtual Consist (see 6.3.2).

All ETBNs inside the same Consist shall have the same CstUUID.

A CstUUID is currently printed as a 32 significant digits identifier, for example:

"f81d4fae-7dec-11d0-a765-00a0c91e6bf6"

The whole TTDP HELLO frame structure can be summarized by Figure 38 below:



IEC

Figure 38 – TTDP HELLO frame structure

The TTDP HELLO specific TLV structure can be summarized by Figure 39 below:

LLDP specific HELLO TLV for TTDP :												
TLV type (7 bits) = 127				TLV length (9 bits)				[OUI ...				
... OUI]				TTDP subtype = 1				TVL checksum				
version = '01000000'H												
life sign												
etbTopoCnt												
[vendor ...				...				...
...							
...							
...							
...							
...							
...							
...							
...				...				... vendor]			
InA	InB	InC	InD	timeout speed				[src ID ...				
...				...				... src ID]			
src port ID				egress line				egress dir		reserved1 = 0		inhib
[remote ID		
				... remote ID]				reserved2 = 0				
[cst UUID		
...					
...					
...			 cst UUID]		

These frames are used to build physical and logical topologies.

The TTDP TOPOLOGY frame shall be defined as below in ASN.1 by TTDP-TOPOLOGY-FRAME record.

NOTE Some ASN.1 definitions used below are defined in 8.7.5.

```

TTDP-PROTO-ID ::= ARRAY [4] OF CHARACTER8 {84, 84, 68, 80}
    -- Definition of TTDP protocol identification string = "TTDP" in ASCII

ETBN-INAUG-STATE ::= ENUM8 {
    Init (0),
    NotInaugurated (1),
    Inaugurated (2),
    ReadyForInaug (3)
    -- Other values shall never be used
}

ETBN-ROLE ::= ENUM8 {
    EtbnRoleUndefined (0),
    EtbnRoleMaster (1),
    EtbnRoleBackup (2),
    EtbnRoleNotRedundant (3)
    -- Other values shall never be used
}

ETBN-DIR-LINK-INFO ::= RECORD {
    etbnLineAstatus ANTIVALENT2,
    etbnLineBstatus ANTIVALENT2,
    etbnLineCstatus ANTIVALENT2,
    etbnLineDstatus ANTIVALENT2,
    etbnLineAdistIdent LINE-IDENT,
    etbnLineBdistIdent LINE-IDENT,
    etbnLineCdistIdent LINE-IDENT,
    etbnLineDdistIdent LINE-IDENT
    -- ETBN link information in a given direction
    -- Line A status (see 3)
    -- Line B status (see 3)
    -- Line C status (see 3)
    -- Line D status (see 3)
    -- ETBN line distant Id. from Line A
    -- ETBN line distant Id. from Line B
    -- ETBN line distant Id. from Line C
    -- ETBN line distant Id. from Line D
    -- (see 4)
}

```

```

ETB-TLV ::= RECORD {
    etbTlvHeader TLV-HEADER {
        tlvType (1),
        tlvLength (0..511)
    },
    tlvCS          UNSIGNED16,
    protoID        TTDP-PROTO-ID,
    protoVersion   UNSIGNED32 ('01000000'H),
    lifeSign       UNSIGNED32,
    cstUuid        ARRAY [16] OF UNSIGNED8,
    etbnInaugState ETBN-INAUG-STATE,
    etbnNodeRole   ETBN-ROLE,
    reserved1      UNSIGNED6 (0),
    etbnInhibition ANTIVALENT2,
    reserved2      UNSIGNED6 (0),
    remoteInhibition ANTIVALENT2,
    connTableCrc32 UNSIGNED32,
    etbnDir1LinkInfo ETBN-DIR-LINK-INFO,
    etbnDir2LinkInfo ETBN-DIR-LINK-INFO,
    dir1MacAddr     MAC-ADDR,
    ownMacAddr      MAC-ADDR,
    dir2MacAddr     MAC-ADDR,
    nDir1Etbn       UNSIGNED8 (0..62),
    nDir2Etbn       UNSIGNED8 (0..62),
    reserved3       UNSIGNED16 (0),
    dir1EtbnVector  ARRAY [nDir1Etbn] OF MAC-ADDR,
    dir2EtbnVector  ARRAY ALIGN 32 [nDir2Etbn] OF MAC-ADDR
}

ETBN-CN-CNX ::= BITSET32 {
    -- for each bit, FALSE (0) means "not connected", TRUE (1) means "connected"
    cn01 (0),
    cn02 (1),
    -- ... to be filled with all intermediate values
    cn31 (30),
    cn32 (31)
}

CN-TYPE ::= ENUM8 {
    cn-MVB          (1),
    cn-NotUsed      (2),
    cn-CAN          (3),
    cn-Ethernet     (4),
    -- Other values shall never be used
}

```

```

CN-TLV ::= RECORD {
    cnTlvHeader TLV-HEADER {
        tlvType (2),
        tlvLength (0..511)
    },
    tlvCS          UNSIGNED16,
    etbTopoCnt     UNSIGNED32,
    ownEtbnNb      UNSIGNED8 (1..32),
    lengthen       ANTIVALENT2,
    shorten        ANTIVALENT2,
    reserved1      UNSIGNED4 (0),
    nEtbnCst        UNSIGNED8 (0..32),
    nCnCst          UNSIGNED8 (0..32),
    cnToEtbnList   ARRAY [nEtbnCst] OF ETBN-CN-CNX,
    cnTypes        ARRAY ALIGN 32 [nCnCst] OF CN-TYPE
}

TTDP-TOPOLOGY-FRAME ::= RECORD {
    destAddr      MAC-ADDR ('0180C2000010'H),
    srcAddr       MAC-ADDR,
    vlanHdr       TTDP-VLAN-HDR,
    etherType     UNSIGNED16 ('894C'H),
    reserved1     UNSIGNED16 (0),
    etbTlv        ETB-TLV,
    cnTlv         CN-TLV,
    otherTlvs     SEQUENCE OF GEN-TLV,
    eolTlv        EOL-TLV,
    etherCrc      UNSIGNED32
}

```

REMARKS

- 1) Plain text string (without zero termination). Used to filter Ethernet frames in monitoring tool.
- 2) All ETBNs inside the same Consist share the same CstUUID.
- 3) Line status of a line in a direction: could be used to monitor the ETB lines. Values are the following:

'00'B (ERROR)	= invalid value (shall never be used)
'01'B (FALSE)	= line Not OK
'10'B (TRUE)	= line OK
'11'B (UNDEFINED)	= not available.
- 4) Name of the neighbour connected line ('A', 'B', 'C' or 'D'). If neighbour name is unknown, '-' character shall be used.
This could be used to monitor the ETB lines.
- 5) CRC32 calculated according to IEEE 802.3.
Start value: 'FFFFFFFF'H.
Default value calculated on ConnTable with only one ETBN inside – this node (see 8.8.4).
- 6) Set to 0 if no neighbour node detected or if a previously detected neighbour node is not present any longer.
- 7) TLV checksum is calculated in the same way as HELLO TLV checksum. See 8.7.5.
- 8) Static relative position of the ETBN in the Consist: not to be confused with ETBN Id (the latter being dynamically computed at Inauguration time).
Null value shall not be used.
- 9) Indicates a lengthening by an inaugurated composition (can be set by any node) i.e. appearance of new Consist. Detection by use of LLDP HELLO frame AND logical Topology.
Set to TRUE if a node detects a new node with a CstUUID different from those contained in the Train Network Directory.
Reset to FALSE ("stable") by default and if Consists disappear OR new Train Network Directory (see 8.8.5).

Values are the following:

- '00'B (ERROR) = invalid value (shall never be used)
- '01'B (FALSE) = stable length
- '10'B (TRUE) = lengthening
- '11'B (UNDEFINED) = not available.

Initial value should be set to FALSE.

- 10) Indicates a shortening: loss of at least 1 Consist at end of train (can be set by any node). Detection by use of LLDP HELLO frame AND previous logical topology.

Set to TRUE if a node detects one or several Consists loss at train end according to Train Network Directory.

Reset to FALSE ("stable") by default and if Consist appears again OR new Train Network Directory (see 8.8.5).

Values are the following:

- '00'B (ERROR) = invalid value (shall never be used)
- '01'B (FALSE) = stable length
- '10'B (TRUE) = shortening
- '11'B (UNDEFINED) = not available.

Initial value should be set to FALSE.

- 11) This information is part of the static description of a Consist.

ETBNs for the Consist are listed ordered in Consist direct orientation (ETBN#1 being the first one from Consist end 1).

- 12) This information is part of the static description of a Consist.

- 13) Calculated according to IEEE 802.3. Default value: see 8.7.5 for definition.

- 14) It is important to note that:

$$nDir1Etbn + nDir2Etbn \leq (63-1)$$

even if independently each number is $\leq (63-1)$, as there are a maximum of 63 ETBN on the ETB (-1 to exclude own ETBN). Thus, the maximum data size of the ETB-TLV is:

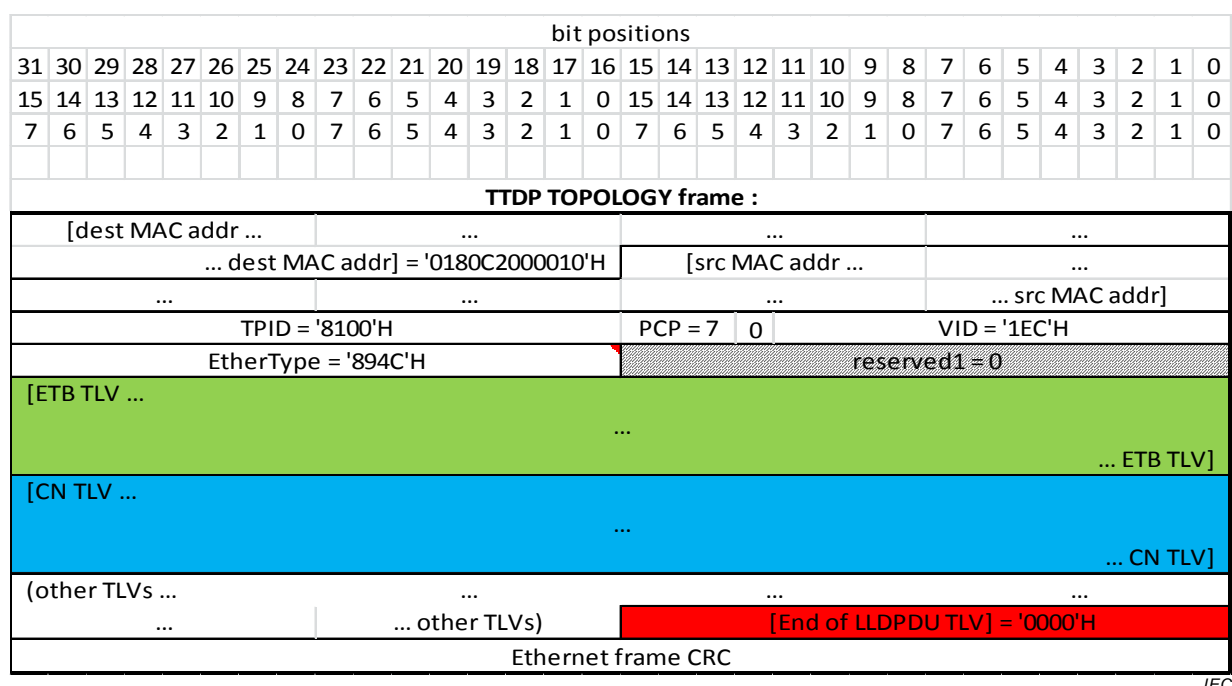
$$70 + 62 * 6 = 442$$

which is less than the maximum data size for a TLV (511 bytes).

- 15) Indicates in the case of lengthening whether the remote composition is allowed to inaugurate (only set by end nodes). Initial value should be "UNDEFINED" which means it shall not be taken into account.

- 16) When connected to several ECNs and being master for at least one ECN, ETBN should be considered as EtbnRoleMaster (even if backup for another ECN).

The whole TTDP TOPOLOGY frame structure can be summarized by Figure 40 below:



IEC

Figure 40 – TTDP TOPOLOGY frame structure

The TTDP TOPOLOGY specific TLV structures can be summarized by Figure 41 and Figure 42 below:

TTDP specific ETB TLV :													
TLV type (7 bits) = 1			TLV length (9 bits)				TVL checksum						
[proto ID ...			...				...			... proto ID] = "TTDP"	
proto version = '01000000'H													
life sign													
[cst UUID ...			...				...			...
...					
...					
...			...				...			... cst UUID]	
ETBN inaug state			ETBN node role				reserved1 = 0		e. inh.	reserved2 = 0			
r. inh.													
conn. table CRC32													
InA	InB	InC	InD	dir 1 InAdistIdent			dir 1 InBdistIdent			dir 1 InCdistIdent			
dir 1 InDdistIdent				InA	InB	InC	InD	dir 2 InAdistIdent			dir 2 InBdistIdent		
dir 2 InCdistIdent				dir 2 InDdistIdent				[dir1 MAC addr	
...			 dir1 MAC addr]	
[own MAC addr	
...				... own MAC addr]				[dir2 MAC addr	
...			 dir2 MAC addr]	
nb Dir1 ETBN (n1)				nb Dir2 ETBN (n2)				reserved3 = 0					
[dir1 ETBN#1 MAC addr	
...				... dir1 ETBN#1 MAC addr]				[dir1 ETBN#2 MAC addr	
								...					
								...					
...				...				[dir1 ETBN#n1 MAC addr	
...			 dir1 ETBN#n1 MAC addr]	
[dir2 ETBN#1 MAC addr	
...				... dir2 ETBN#1 MAC addr]				[dir2 ETBN#2 MAC addr	
								...					
								...					
[dir2 ETBN#n2 MAC addr	
...				... dir2 ETBN#n2 MAC addr]				(0 padding for 32-bit alignment)					

Each ETBN is able to build its own Connectivity Vector using TTDP HELLO or TTDP TOPOLOGY frames.

Definition:

Table 14 – Connectivity Vector

	b47..b0
0	MAC address (DIR 1)
1	MAC address (OWN)
2	MAC address (DIR 2)

With:

Table 15 – Connectivity Vector Fields

Entry	Description	Value
MAC Address	MAC address of the neighbour node in directions 1 and 2 or own MAC address. Set to 0 if no neighbour node detected or if a previously detected neighbour node is not any longer present	'XXXXXXXXXXXX'H

8.8.2 ETBN Vector

The ETBN Vector (see Table 16 and Table 17) gives information about all neighbour nodes detected from a specific direction (DIR1 or DIR2). List of detected ETBNs is not ordered. Two ETBN Vectors are **included in TTDP TOPOLOGY frame** (see 8.7.6). Each ETBN is able to build these two ETBN Vectors (in both directions) using multicast TTDP TOPOLOGY frames (one reception from each other ETBN is enough). When receiving a TTDP TOPOLOGY frame, a simple lookup inside ETBN switch forwarding table gives the incoming port number, so direction of the sender shall be easily deduced by ETBN.

Definition:

Table 16 – ETBN Vector

	b47..b0
0	MAC address
...	MAC address
N	MAC address

With:

Table 17 – ETBN Vector Fields

Entry	Description	Value
MAC address	MAC address of a neighbour node from a specific direction.	'XXXXXXXXXXXX'H

8.8.3 Connectivity Table

The connectivity table (see Table 18 and Table 19) contains the list of physical ETBNs detected on the backbone: "physical topology". This list is computed from the TOPOLOGY

frames. The first entry belongs to the train ending ETBN with the lowest Consist UUID (CstUUID in TTDP TOPOLOGY frame). The ETB reference direction is used as orientation reference and ETBN orientation is calculated according to train reference direction. The connectivity table is recomputed by all ETBN each time they receive a new TOPOLOGY frame.

For any ETBN just after initialisation time, minimal Connectivity Table (default value) contains only one node, itself.

Table 18 – Connectivity Table

	b7..b6	b5..b0
ETB Top Node first (defined by the lowest CstUUID value between ending node values)	Orientation	0
	0	
	MAC address(OUI)	
	MAC address(OUI)	
	MAC address(OUI)	
	MAC address(specific)	
	MAC address(specific)	
	MAC address(specific)	
...Intermediate ETBN ...	...	....
ETB Bottom Node last	Orientation	0
	0	
	MAC address(OUI)	
	MAC address(OUI)	
	MAC address(OUI)	
	MAC address(specific)	
	MAC address(specific)	
	MAC address(specific)	

With:

Table 19 – Connectivity Table fields

Entry	Description	Type	Value
MAC Address	MAC address of all detected ETBNs on ETB	uint8[6]	'XXXXXXXXXXXX'H
Orientation	Information about the orientation of the node with respect to ETB reference direction	Antivalent2-bit field	'00'B -> error '01'B -> direct (same orientation as ETB reference direction) '10'B -> inverse '11'B -> undefined

8.8.4 Connectivity Table CRC

Connectivity Table CRC32 checksum is called ConnTableCrc32. It is computed according to IEEE 802.3, this is a 32-bit unsigned integer, with a default value corresponding to the CRC of

the Connectivity Table limited to only one ETBN: the own ETBN . Connectivity Table CRC is transmitted in TTDP TOPOLOGY frame (see 8.7.6).

Connectivity table CRC32 is computed from the byte of ETB Top Node containing Orientation to the byte of ETB Bottom Node containing Mac address specific last byte. Connectivity Table CRC is transmitted in TTDP TOPOLOGY frame (see 8.7.6).

When all ETBNs send the same value, all ETBNs share the same Connectivity Table. In other words, all ETBNs know all the others: Physical Topology is complete.

8.8.5 Train network directory

The Train Network Directory (see Table 20 and Table 21) contains the train description in terms of CN: "Logical Topology". The first entry belongs to the train ending CN with the lowest CstUUID. This Consist is used as train orientation reference. The Train Network Directory (TNDir) is recomputed by all ETBNs each time they receive a new TTDP TOPOLOGY frame (see 8.7.6).

Table 20 – Train network directory

	uint8[16]	uint32							
		b31..b30	b29..b24	b23..b22	b21..b16	b15..b14	b13..b8	b7..b2	b1..b0
0	CstUUID (the lowest CstUUID value among ending Consist values)	0	CN Id = 1 (more than one CN could be defined inside the Consist)	0	Subnet Id	0	ETBN Id	0	CstOrientation
1	CstUUID	0	CN Id	0	Subnet Id	0	ETBN Id	0	CstOrientation
...	.../...								
n	CstUUID	0	CN Id	0	Subnet Id	0	ETBN Id	0	CstOrientation

With:

Table 21 – Train network directory fields

Entry	Description	Type	Value
CstUUID	Consist Universal Unique ID (IETF RFC 4122).	uint8[16]	Example: 'f81d4fae-7dec-11d0-a765-00a0c91e6bf6'H
CN Id	As the previous field, statically defined, it identifies the CN inside the Consist.	6-bit field (bit5..bit0)	1..32
Subnet Id	Used to number the CN subnet on ETB.	6-bit field (bit5..bit0)	1..63
ETBN Id	Used to number the ETBN on ETB.	6-bit field (bit5..bit0)	1..63
CstOrientation	Orientation of the Consist in relation of train reference direction.	Antivalent2-bit field (bit1..bit0)	'00'B -> error '01'B -> direct '10'B -> inverse '11'B -> undefined

Train Network Directory entries shall be ordered by "serializing" lists of Consists, CN Ids and ETBN Ids as follows:

- First level ("Consists serialization"): as specified above, the first Consist in TNDir is the one with the lowest CstUUID among end Consists. Then the second Consist in TNDir (if any) is the next Consist in ETB reference direction 2 (i.e. direction of ETBN ascending order). And so on to the last Consist (see 8.2.1).

- Second level ("CN Ids serialization"): there is one record (one entry in TNDir array) for each CN in each Consist. For each Consist, CN Ids are in ascending order if the Consist has direct orientation. Else, if the Consist has inverse orientation, CN Ids are in descending order.
- Third level ("ETBN serialization"): there is one record (one entry in TNDir array) for each ETBN in each CN. ETBN Ids are in ascending order.

NOTE

- CN Ids are known from static Consist configuration data. ETBNs are also described in these data and listed in Consist orientation order.
- Subnet Ids are directly associated with CN Ids (as soon as physical topology is known).
- ETBN Ids for a given CN in TNDir also include missing nodes (if any), i.e. all ETBN Ids for a given CN as listed in corrected physical topology (all ETBNs known by static configuration data, see 8.8.7).

An example is given below for the train composition on Figure 43:

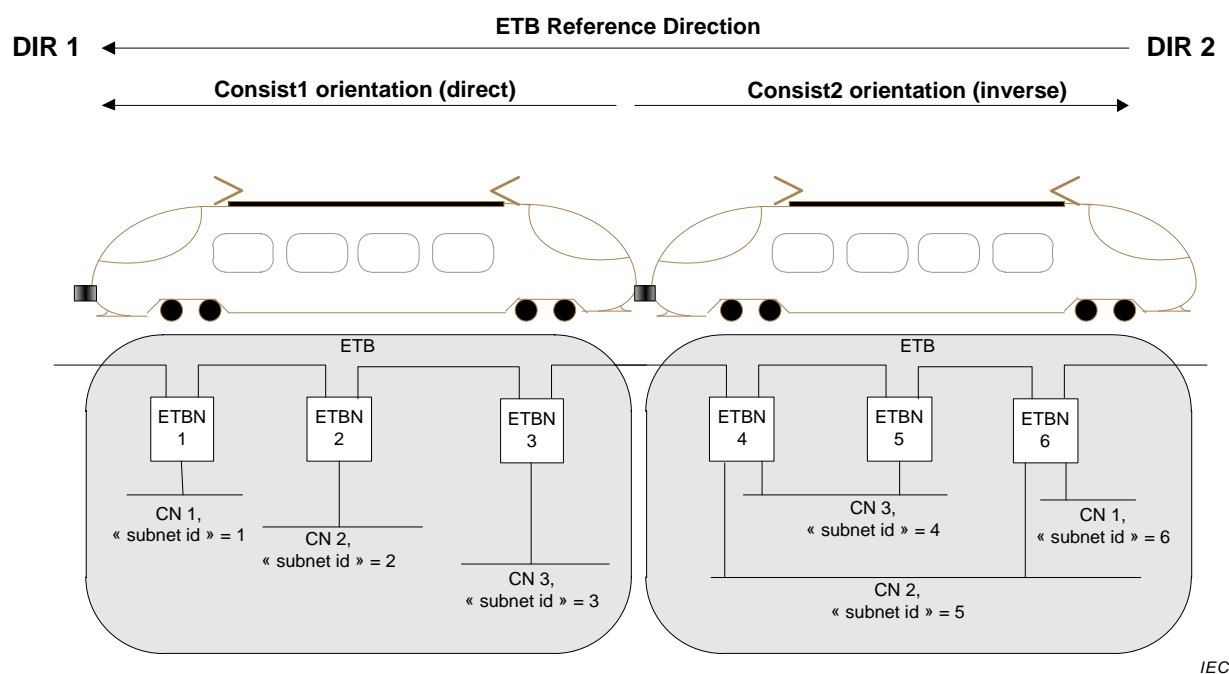


Figure 43 – Train composition for TNDir example

Its Train Network Directory is organized as presented in Table 22 below (the first column being the line index which is not part of the TNDir):

Table 22 – Train network directory (example)

	uint8[16]	uint32							
	CstUUID	b31..b30	CN Id	b23..b22	Subnet Id	b15..b14	ETBN Id	b7..b2	CstOrientation
0	Consist1 CstUUID	0	1	0	1	0	1	0	'01'B
1	Consist1 CstUUID	0	2	0	2	0	2	0	'01'B
2	Consist1 CstUUID	0	3	0	3	0	3	0	'01'B
3	Consist2 CstUUID	0	3	0	4	0	4	0	'10'B
4	Consist2 CstUUID	0	3	0	4	0	5	0	'10'B
5	Consist2 CstUUID	0	2	0	5	0	4	0	'10'B
6	Consist2 CstUUID	0	2	0	5	0	6	0	'10'B
7	Consist2 CstUUID	0	1	0	6	0	6	0	'10'B

8.8.6 Train network directory CRC (Topology Counter)

Train network directory CRC32 is a 32-bit unsigned integer and called `etbTopoCnt`. It is computed according to IEEE 802.3, with a default value corresponding to the CRC32 of the train network directory limited to only one Consist: the own ETBN Consist.

Train network directory CRC is transmitted in TTDP TOPOLOGY frame. When all ETBNs send the same value, all ETBNs share the same Train Network Directory. In other words, all ETBNs know all the train CN description. ETBNs share the same “subnet Ids” and “ETBN ids”, they are able to launch Inauguration.

As stable Train network directory CRC identifies a Train IP configuration, this value is also named and used as “Topology Counter” (to be compared with “topography counter” `TopoCount` concept in IEC 61375-1, 5.6.2).

If Train Inauguration is not allowed, the TTDP TOPOLOGY frame shall contain the last valid stable value of `etbTopoCnt` (last value set by `SetEtbTopoCnt` function, see 8.5.2). If Train Inauguration is allowed, the TTDP TOPOLOGY frame shall contain the CRC32 of the current Train Network Directory (last value calculated by `BuildLogicalTopology` function, see 8.5.2).

8.8.7 Corrected topology

Internally, each ETBN should maintain a “corrected physical topology” derived from actual physical topology. It contains all the ETBNs discovered (from received TOPOLOGY frames) and stored in connectivity table (physical topology), plus inserted missing ETBNs (if any).

Missing ETBNs can be guessed from static Consist description advertised in CN TLV in TTDP TOPOLOGY frames (see 8.7.6). They are inserted at their expected positions on the ETB according to Consist orientation and ETBN ordered list in Consist static description. Thereby, ETBN Ids and IP addresses can be assigned at Inauguration time without being disturbed by late nodes: late nodes have reserved IDs and IP addresses,

NOTE

- Missing ETBNs do not provide MAC addresses until they appear on ETB.
- Corrected physical topology is an internal data structure and this information is not advertised as such in TTDP TOPOLOGY frames.

As defined in 8.8.5, logical topology is already a “corrected” topology. It contains all ETBNs and subnets (CN), even missing ones. It is actually built from corrected physical topology and static Consist description.

8.9 TTDP frames timing

8.9.1 TTDP HELLO

TTDP HELLO frames shall be sent unconditionally by all ETBNs over all ETB switch ports, independently of link aggregation (i.e. on each physical line configured for being used).

TTDP Hello timing algorithm is like LACP (Link Aggregation Control Protocol) or MRP (ring). Two sending periods are defined for TTDP HELLO:

- a slow sending period in normal mode, to reduce CPU and network loads, associated with a long reception timeout. "Slow period" shall be set to 100 ms.
- a shorter sending period in fast mode, to improve line error detection performance, associated with a short reception timeout. "Fast period" shall be set to 15 ms. In this mode ETBN peer shall modify its own mode and answer to each received TTDP HELLO frame.

Illustration with periods values and suggested timeouts to reach the recovery time requirement:

- SlowPeriod 100 ms
- SlowTimeout $1,3 \times \text{SlowPeriod} = 130 \text{ ms}$
- FastPeriod 15 ms
- FastTimeout $3 \times \text{FastPeriod} = 45 \text{ ms}$

Detection time = SlowTimeout + FastTimeout = 175 ms

Recovery time (Detection time + Link aggregation reconfiguration time) shall be less than 200 ms. Figure 44 and Figure 45 below show TTDP HELLO protocol timing (UML sequence diagrams):

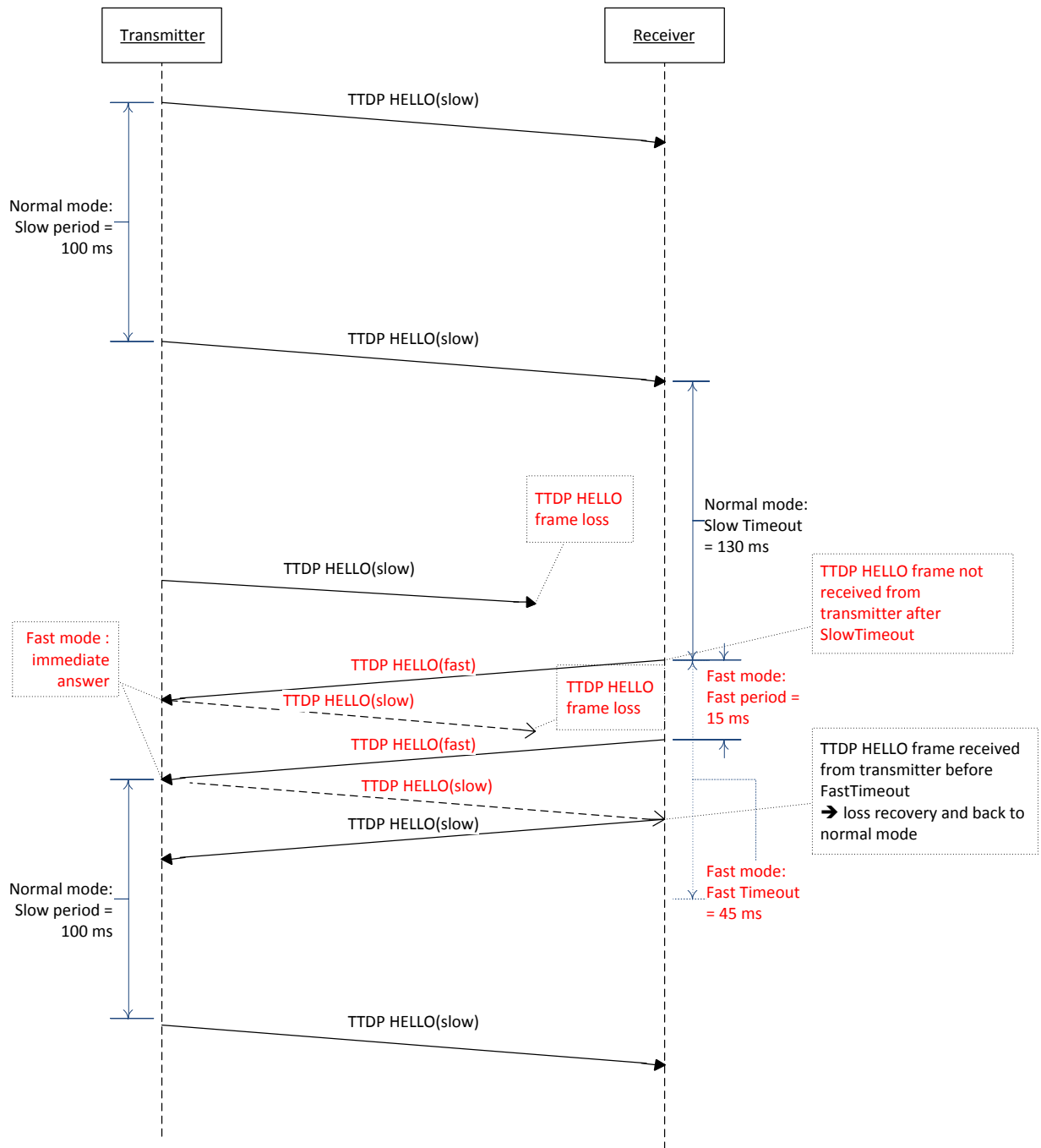
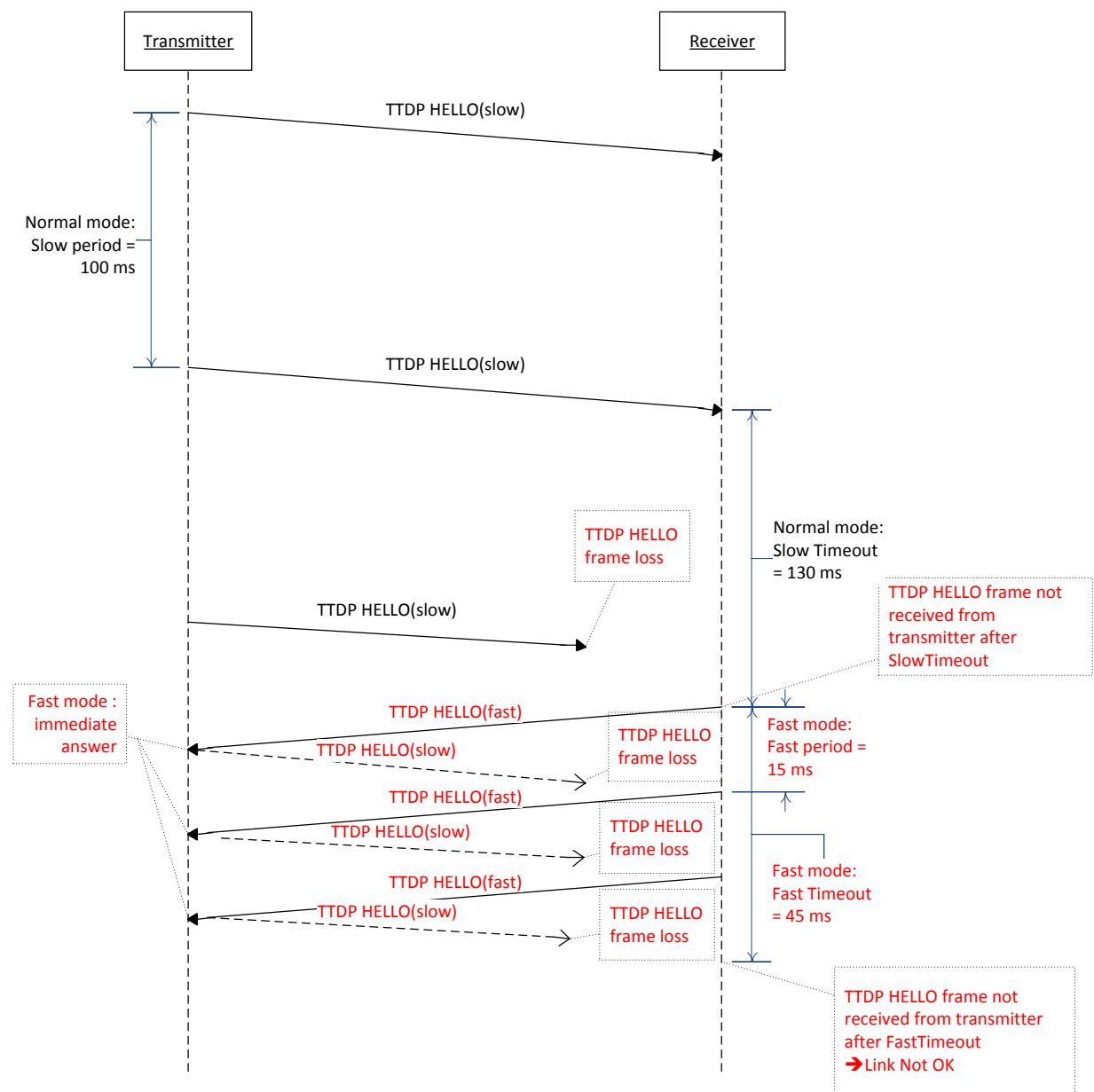


Figure 44 – TTDP HELLO normal mode and recovery timing

IEC



IEC

Figure 45 – TTDP HELLO failure timing

Notes about the illustrations above, for sake of simplicity:

- Only one direction of the HELLO protocol is described in these figures, but it must be kept in mind that it is managed in both directions (i.e. the Receiver on the left is also a TTDP HELLO frames Transmitter when checking the other direction and the Transmitter is then the Receiver).
- The presented use cases illustrate communication problems in only one direction (from Transmitter to Receiver), the Transmitter always correctly receiving frames from the Receiver.

8.9.2 TTDP TOPOLOGY

TTDP TOPOLOGY frames shall be sent unconditionally by all ETBNs over ETB using link aggregation groups.

Sending period of TTDP TOPOLOGY shall be set to 100 ms.

Received TTDP TOPOLOGY information shall have a validity duration of 400 ms maximum. As no explicit TTL value is provided in the TTDP TOPOLOGY frame, a local timeout of 400 ms shall be handled on each ETBN for each received TTDP TOPOLOGY information. When the timeout has elapsed without receiving a new TTDP TOPOLOGY frame from a previously known ETBN, the corresponding TOPOLOGY information becomes invalid and the remote ETBN shall be considered as missing.

Each ETBN shall also handle a global TTDP TOPOLOGY frames receive timeout: its value is 1 s. When it has elapsed (i.e. no TTDP TOPOLOGY frame received from any node), the node can consider it is alone on the ETB and topology is stable.

Figure 46 below (UML activity diagram) illustrates TTDP TOPOLOGY frames handling:

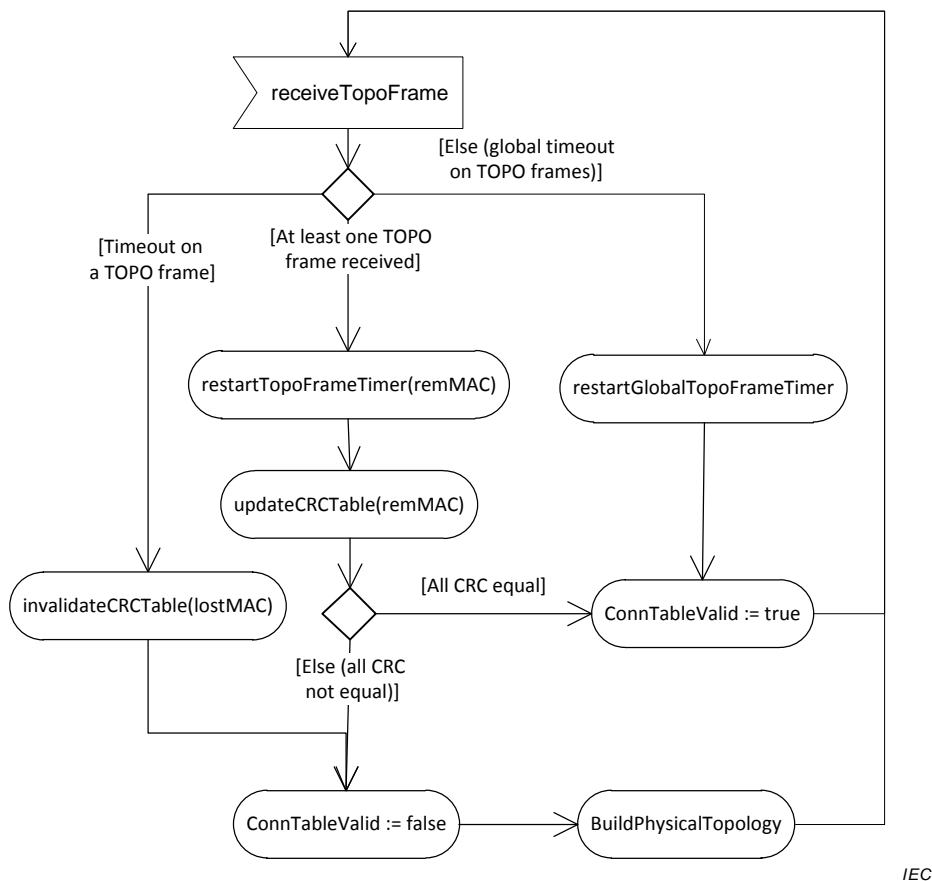


Figure 46 – TTDP TOPOLOGY frames handling

For data description, see Annex B.

Conditions:

- **At least one TOPO frame received:** at least one TTDP TOPOLOGY frame was received before global timeout. This means the local ETBN is not alone on the ETB.
- **Else (global timeout on TOPO frames):** global timeout expired when waiting for incoming TTDP TOPOLOGY frames. This means the local ETBN is alone on ETB. Physical topology can be considered as stable, consisting in only own ETBN on ETB.

- **Timeout on a TOPO frame:** a previously received ETBN TOPOLOGY frame timeout has elapsed, which means the corresponding ETBN has disappeared from ETB.
- **All CRC equal:** all connectivity tables CRC are equal. This means that the same physical topology is shared between all ETBNs.
- **Else (all CRC not equal):** all connectivity tables CRC are not equal.

Actions:

- **receiveTopoFrame:** wait for incoming TTDP TOPOLOGY frames.
- **restartGlobalTopoFrameTimer:** restart global TOPOLOGY frames timer with its timeout value (1 s).
- **restartTopoFrameTimer(remMAC):** restart TOPOLOGY frame timer for the remote ETBN with its timeout value (400 ms).
- **updateCRCTable(remMAC):** update received CRC for the remote ETBN in CRCTable with the new received connectivity table CRC in TTDP TOPOLOGY frame.
- **invalidateCRCTable(lostMAC):** invalidate the locally stored connectivity table CRC for the remote ETBN in CRCTable (the one with lostMAC address whose timeout has elapsed).
- **BuildPhysicalTopology:** run physical topology building algorithm (see details in Annex B) and update connectivity table according to received TTDP TOPOLOGY frame information.
- **ConnTableValid:= True:** set status of local connectivity table to stable.
- **ConnTableValid:= False:** set status of local connectivity table to unstable.

8.10 Inauguration Train Application interface

An interface shall be defined between ETBN and CN devices where train application runs. As multiple types of CN exist: Ethernet (ECN), MVB, CAN, etc., definition of this interface is left free or defined inside CN document.

Minimum interactions shall be:

- Advertise train application from ETBN when Inauguration status changes,
- Get Inauguration status from application,
- Get train topology from application,
- Set or Clear Inauguration inhibition flag from train application.

8.11 Degraded modes

8.11.1 Late insertion ETBN

Late insertion of an ETBN shall be detected using TTDP TOPOLOGY frame (as CN description is exchanged between Consists): late nodes start with their ports in forwarding mode state, meaning communication between already inaugurated nodes is not disturbed.

- First case: the late ETBN belongs to a Consist already identified in the logical topology.
The topology discovery algorithm requires only one ETBN by Consist to calculate the actual train topology. Each ETBN has a complete description of Consist architecture which comprises ETBN number, Consist network number, attachment between ETBN and Consist Network. When alive, ETBNs share the same Train Network Directory, they are able to reserve some numbers for missing nodes and Inauguration shall be done without waiting for these late nodes. New Inauguration is avoided when the late nodes wakeup (a number is reserved for them): late nodes converge to the same logical topology (the same etbTopoCnt as others nodes) and can pass in state INAUGURATED.
- Second case: the late ETBN belongs to a Consist not already identified in the logical topology.

New Inauguration shall not be avoided for late power of a Consist. The late ETBN cannot converge to a logical topology as other nodes have another etbTopoCnt in their TOPOLOGY frame. A new Inauguration can happen if InaugInhibition equals to False (all already inaugurated nodes decide it).

8.11.2 Losing ETBN

Losing an ETBN shall not imply a new Inauguration.

Losing a non-redundant ETBN stops ETB communication for the concerned CN. Other CN are not affected (even in the same Consist).

Losing a “backup” (redundant) ETBN has no effect.

Losing a “master” (redundant) ETBN interrupts CN-ETB communication for the time that the “backup” ETBN becomes the new “master” ETBN of this CN.

In all cases, new Inauguration shall not be performed when losing an ETBN. Updated information in TTDP TOPOLOGY frames shall allow correcting connectivity table and inform train application of the ETBN loss. See “corrected physical topology” in 8.8.7.

The particular case for an intermediate ETBN loss when the ETBN is the only node of a Consist is handled by InaugInhibition mechanism in order to prevent from a new inauguration.

8.11.3 End ETBN failure and partial topology counter

An uncoupling or a failure of end node(s) are seen as a loss of end node(s).

Uncoupling is detected by the loss of at least one end Consist: the Train Network Directory (logical topology) changes which entails a new Inauguration if allowed. If Inauguration is not allowed, the topology remains the same as the last stable one with an unreachable Consist.

If an end Consist contains several nodes and only the end node fails, the Train Network directory is unmodified: no new Inauguration happens.

In order to enhance availability in case of end node temporary failure, the TTDP algorithm may authorize recovery of end node(s) and associated Consist network even if Inauguration is not allowed (in state INAUGURATED).

When an end node fails, Discarding port moves to its neighbour node. The main issue for recovering the lost end node after its temporary failure is to unlock ports of its neighbour. By comparing the etbTopoCnt sent by the recovered end node (in TTDP HELLO frame) to partial topology counters of current logical topology, the neighbour node can unlock its ports.

Partial topology counters are computed by the current end node when it receives a new HELLO frame through its end link (ports in Discarding state). It then tries to match received etbTopoCnt in HELLO frame from its new neighbour with computed partial topology counters: partial topology counters are computed on limited parts of the current Train Network Directory containing the new appearing node. When a match is obtained, the current end node can set its Discarding ports in Forwarding state since its new neighbour shares the same partial topology. This ensures that no new unknown nodes are introduced without a new Inauguration.

8.12 Some discovery timing

8.12.1 ETBN wakeup

Figure 47 shows wakeup of a train with 3 ETBNs:

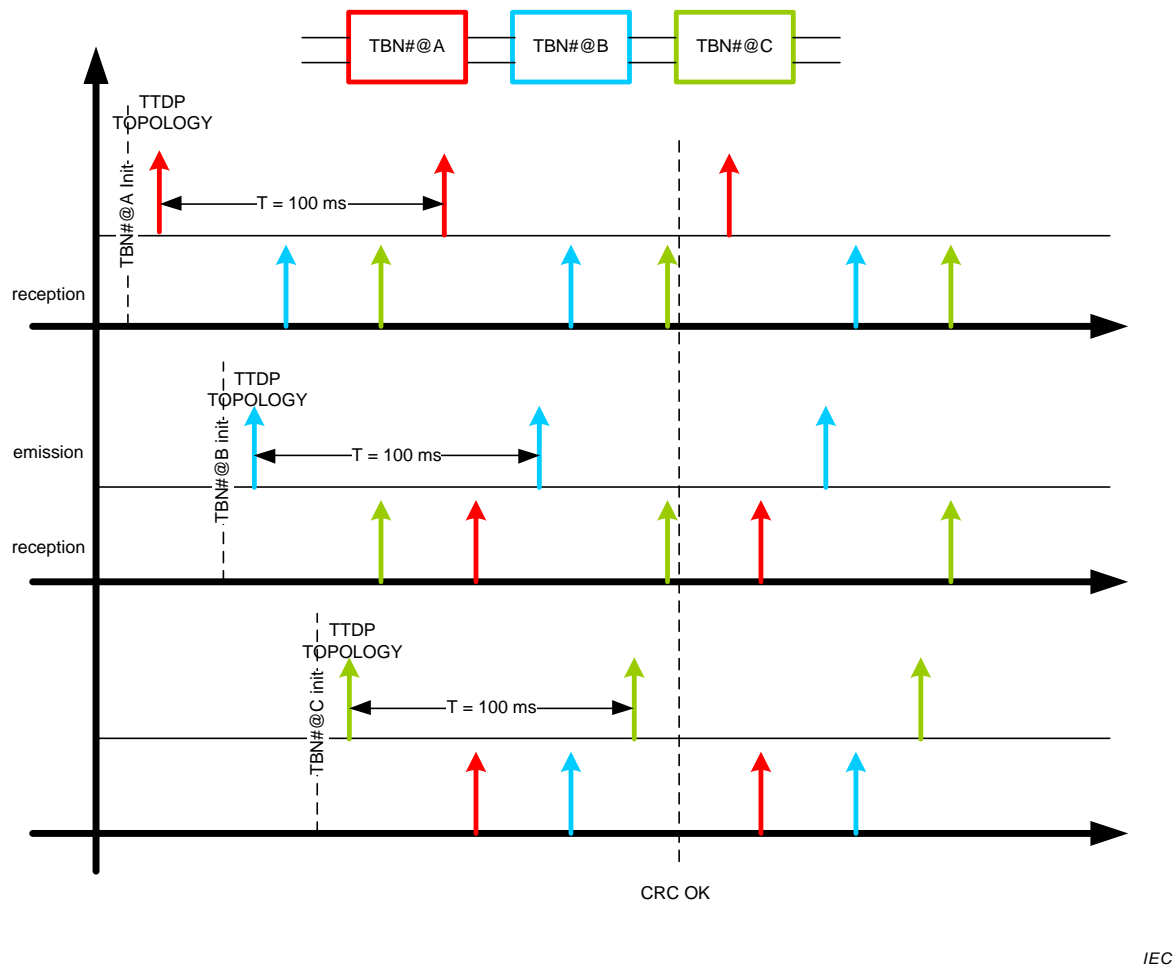
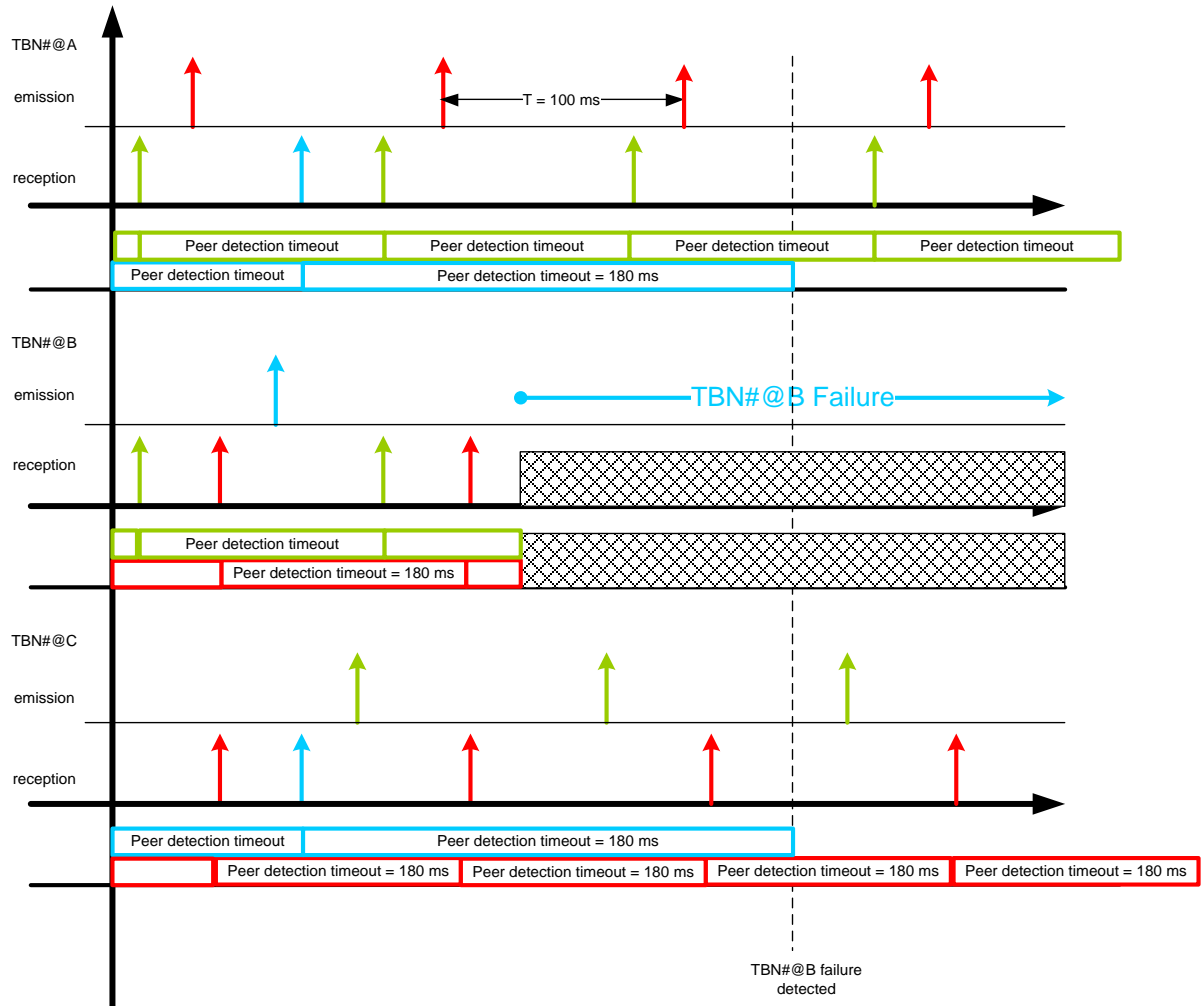


Figure 47 – TTDP ETBNs wake up timing

It should be considered that discovery timing depends on the last wakeup ETBN in the last wakeup Consist and not on the total number of ETBNs.

8.12.2 ETBN failure

Figure 48 shows ETBN failure detection by discovery process:



IEC

Figure 48 – TTDP ETBN failure timing

Train application is advertised of ETBN failure but new Inauguration shall be avoided due to Inauguration inhibition application flag. ETBN numbering and IP address mapping do not change.

8.12.3 Consist coupling

Figure 49 shows TTDP HELLO message detection timing:

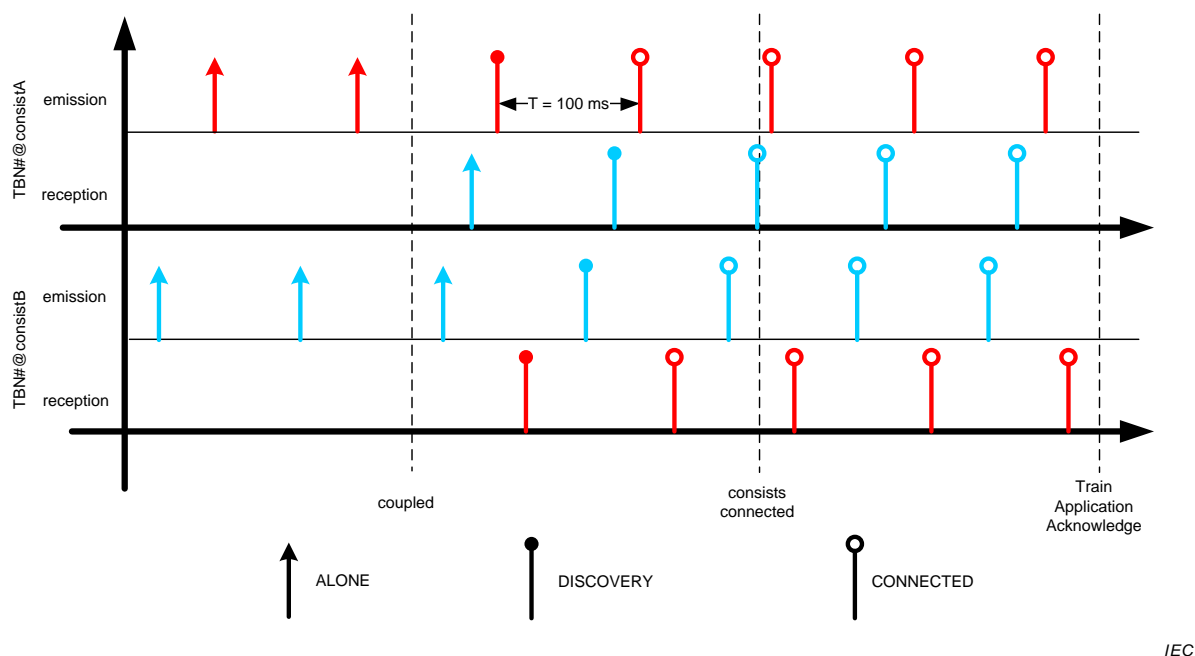


Figure 49 – TTDP Consist coupling timing

After acknowledgement by train application of coupling, extremity ports are opened and TTDP TOPOLOGY messages are multicast.

9 ETB ETBN redundancy

Each CN subnet shall be accessed from ETB, using a unique IP route. This is a mandatory requirement for ETB interoperability issue.

For a specific CN without ETBN redundancy, this IP route is set to ETB interface of its unique ETBN (see Figure 50). As reminder, ETBN train IP address is dynamically defined after Inauguration, see 6.5.1.2 for definition. This unique ETBN train IP address is used by all other train ETBNs as target IP route for this CN.

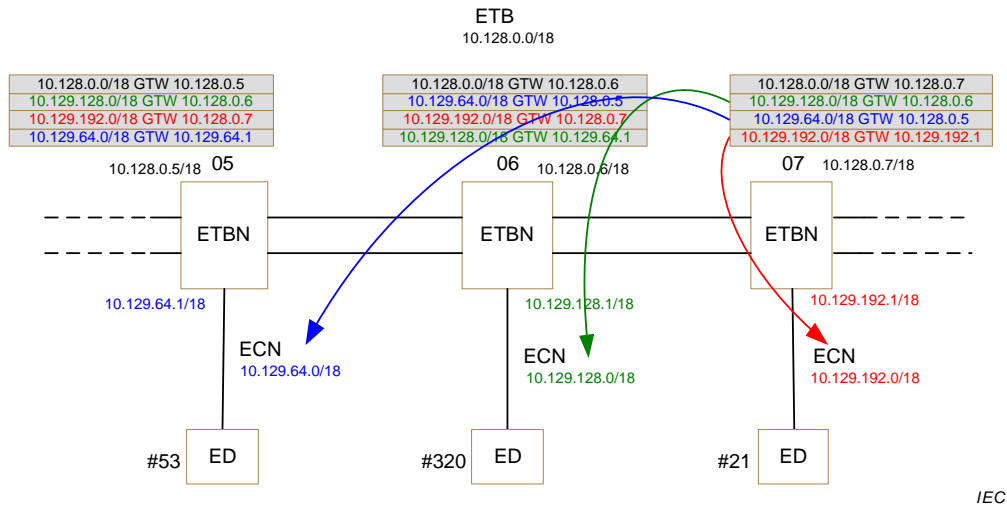


Figure 50 – Example of ETBN IP routing table without redundancy

In case of multiple ETBNs for a same CN, this train IP address shall be shared between all redundant ETBNs as a virtual IP address (without virtual MAC address, see Figure 51). At any time, only one redundant ETBN exports this IP address, this ETBN is the redundancy master, the others are called backup ETBN. Virtual train IP address for redundant ETBN is defined in 6.5.1.2.

ETBN Master/Backup mode shall be managed by exchanges at CN level, see CN network descriptions for more details (IEC 61375-3-4 for Ethernet ECN).

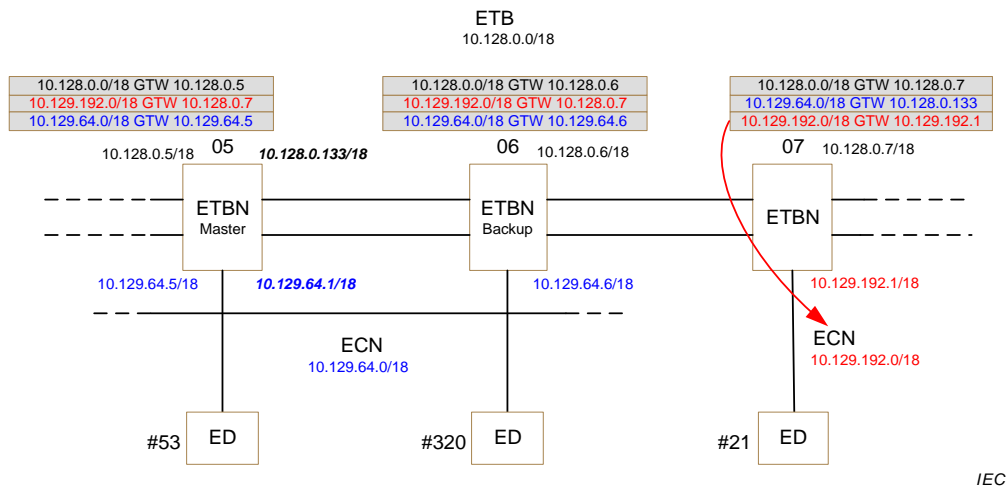


Figure 51 – Example of ETBN IP routing table with redundancy

Each ETBN is directly connected on ETB at level 2 layer. All ETBNs are able to communicate directly with any ETBN.

ETBN master election is not described in this standard because the election is not relevant to interoperability.

ETBN redundancy status shall be periodically made available to application using a status flag ("is_master" flag for example).

ETBN redundancy status should be available for monitoring using SNMP.

10 ETB physical train naming convention (optional)

10.1 General

In a specific train, each host with a train IP address (End Device or Network Device) shall be identified by an unambiguous train Full Qualified Domain Name (FQDN).

This requirement is solved by an optional train domain definition implementation.

As reminder a FQDN, "hostname.domain.tld.", is composed of two parts:

- "hostname": device physical identification. It shall be unique inside a domain.
- "domain.tld.": domain identification, "tld" is the top level domain and "domain" could be split in a hierarchy of sub-domains.

The following subclauses describe domain implementation and simple rules to hostname part definition.

10.2 ETB Train domain

ETB Train domain is used to identify each physical ED inside the train. All EDs shall have a FQDN inside this domain: Train FQDN. It defines an unambiguous physical ED identification without any other signification.

Train FQDN definition shall be available inside all the train. Train FQDN shall always be translated to train IP address.

Standard Domain Name System (DNS) protocol (IETF RFC 1035) shall be available on ETB between Consists (inter-Consist interface) to convert Train FQDN into train IP address.

ETB Train domain shall be defined using Train Network Directory contents. So ETB Train domain is valid for a given Topology Counter.

ETB Train domain shall be defined as on Figure 52:

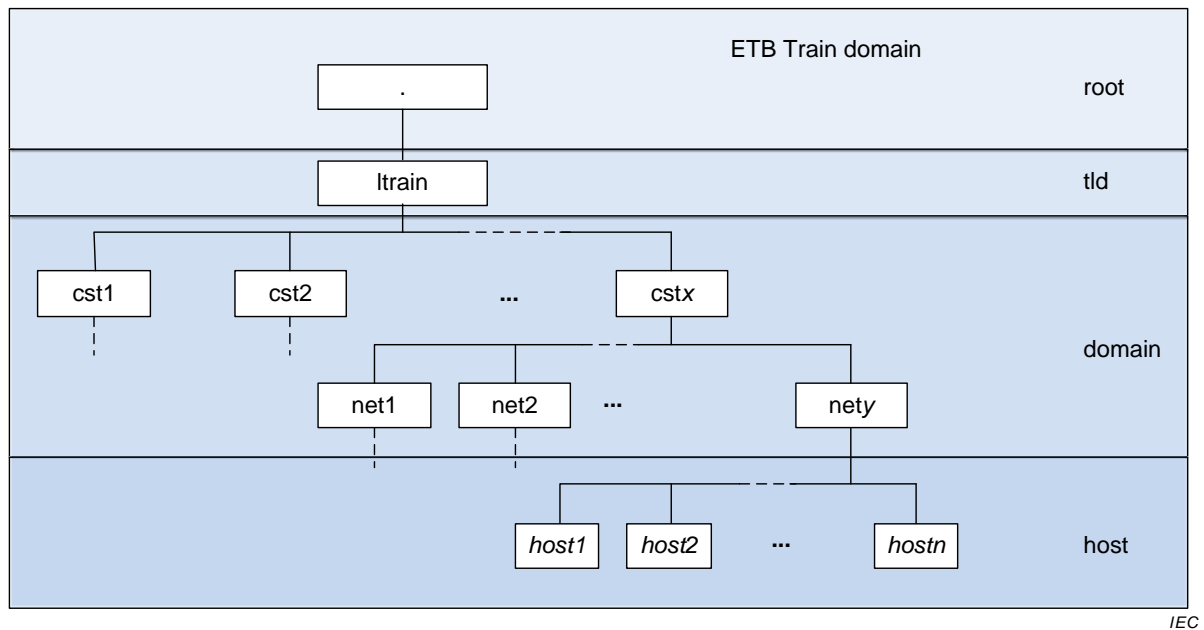


Figure 52 – ETB train domain definition

ETB tld shall be “ltrain”.

ETB domain shall be “net x .cst y ”, where “ x ” is the CN Id (see Train Network Directory) and “ y ” is the train Consist number, dynamically determined during Inauguration (be careful to not confuse y with “Subnet Id”).

As a consequence: inside a given CN, hostnames shall be unique.

NOTE

- As can be seen above on Figure 52, hosts may have more than one FQDN, in several domains, defined at different levels: ETB, ECN, etc. or for different purposes: maintenance, functional, ground communication, etc.
- This domain name structure is informal. IEC 61375-2-3 and future IEC 61375-2-4 are the specifications for functional addressing.

10.3 Hostname

End device train FQDN hostname part shall be defined by project in accordance with IETF RFC 1035.

End device hostname shall be unique inside ETB train domain (see above).

End device name should be user friendly (see IETF RFC 1178).

For example:

- Use type name or acronym: DDU for driver display unit, MPU for main processing unit, etc.
- Optionally completed by an instance number (1, 2, etc.)

Example: mpu, DDU1, ddu2, etc.

End device name is case insensitive (IETF RFC 1033): mpu, MPU, etc., are equivalent names.

11 ETB Quality of Service

11.1 Contents of this clause

This clause specifies the quality characteristics of the services provided by the ETB. These quality characteristics shall ensure that a service can fulfil its requirements under all operational conditions of the ETB.

11.2 Frame forwarding

11.2.1 ETBN switching rate

Ethernet frame forwarding between input and output of ETB ports shall be performed at full wire speed.

11.2.2 No Head-of-Line blocking

An output port that is congested or slow shall never affect the transmission of frames to uncongested ports.

11.2.3 Switching priorities

ETBNs shall support at least 4 different priorities for Ethernet frames switching.

The priority of a frame shall be defined by its IP TOS/Differentiated Services field following the recommendations given in IETF RFC 2474.

The mapping of the differentiated codepoints (DSCP as defined in RFC 2474) to the four priorities shall be as defined in Table 23:

Table 23 – DSCP field mapping

DSCP field	Priority
'11X000'B	Highest
'10X000'B	2 nd highest
'01X000'B	3 rd highest
'00X000'B	Lowest (Default)

with "X" being "0" or "1".

If not otherwise defined, the priority of a frame shall be defined by its VLAN priority field following the recommendations given in IEEE 802.1Q (see Table 24).

Table 24 – ETB Switching Priorities

IEEE recommendations			Minimum ETB priority mandatory management (4 levels)		IEC 61375-2-5 conformance
Priority	VLAN priority bit field	Traffic Type	VLAN priority bit field	Switching priority	M Mandatory, R Recommended
0	'000'B	Best Effort	'00x'B	Lowest (default)	M
1	'001'B	Background			
2	'010'B	Spare	'01x'B	3 rd highest	M
3	'011'B	Excellent Effort			
4	'100'B	Controlled Load	'10x'B	2 nd highest	M
5	'101'B	Video			
6	'110'B	Voice	'11x'B	Highest	M
7	'111'B	Network Control			

11.2.4 Switching queuing scheme

Switching shall be performed with strict priority queuing.

NOTE With strict priority queuing, all higher priority frames egress an ETBN port before the lower priority frames egress.

11.3 Priority of Inauguration frames

Inauguration frames (TTDP HELLO and TOPOLOGY frames) shall be sent with the highest IEEE 802.1Q frame priority: 7.

11.4 ETB ingress rate limiting

The ETBN may provide the possibility to limit the rate of frames ingress from the Consist Network or from a directly connected ED.

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

NOTE Ingress rate limiting prevents an ETB from being unintentionally flooded with frames originating from one faulty Consist Network or one directly connected faulty ED.

11.5 ETB egress rate shaping

The ETBN may provide the possibility to limit the rate of frames egressing to the Consist Network or to a directly connected ED.

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

11.6 ETB data classes

IEC 61375-1 defines five data classes, which shall be supported by ETB:

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

These data classes shall be mapped to ETB priority classes in IEC 61375-2-3 communication profile and specific definitions of the service parameters shall be done in future IEC 61375-2-4 application profile.

12 ETB Management and monitoring

SNMP shall be used to manage network devices over ETB (see 13.5.2 for ETBN).

When a parameter is defined inside a standard MIB, it shall be read from this standard MIB (not a proprietary one).

Any SNMP manager shall be able to access ETB network MIB variables.

Network monitoring should be done using usual existent network tools to:

- test via ICMP protocol, IP addressing, name resolution and give an idea of latency time,
- verify IP path,
- verify name resolution,
- see and record Ethernet traffic. Port mirroring function should be used to duplicate traffic if necessary,
- verify ED network status (open IP ports, etc.).

13 ETB Application interface

13.1 Contents of this clause

This clause specifies the transmission protocols for the exchange of regular data and event data over the ETB. In order to define these protocols in an abstract way, it is necessary to first define an abstract communication model for the ETB communication. Based on this abstract model, protocols for the transmission of ETB regular data and ETB event data are defined.

13.2 Abstract communication model

In order to define the data exchange over the ETB, an abstract model is needed which hides the specific technologies used for connecting EDs to the ETB (see Figure 53). The communication model used for the definition of ETB communication is depicted in Figure 53. It shows “logical End Devices” connected by any type of Consist Network to the ETBN.

NOTE 1 If CN is based on ECN and ETBN acts as routers, these logical EDs could coincide with physical EDs, but can as well be shared between physical EDs. These EDs are only thought as being the location of source and destination application functions which communicate over the ETB.

NOTE 2 If CN is not based on ECN or ETBN acts as application gateway (between application protocols) these logical EDs coincide with ETBN.

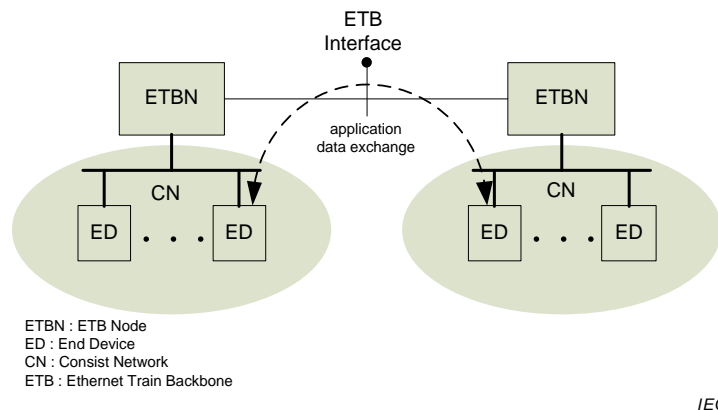


Figure 53 – Abstract communication model for ETB communication

The application functions residing on the logical ED exchange application data over the ETB. Application data are structured into data classes, and different protocols may be used for each data class (see 11.6 for the list of data classes).

13.3 ETB Process Data and Message Data protocols

To exchange data at train application level, a PD/MD protocol shall be used. Application protocol choice is defined in IEC 61375-2-3 (Communication profile).

13.4 ETB protocol transparency

ETB shall be transparent for any application at UDP/TCP level. ETB shall transmit unicast and multicast exchanges.

ETB subnet shall be transparent for usual network protocols: SNMP, DNS, FTP, HTTP, NTP, etc.

ETB subnet shall be transparent for train application protocols: PD/MD, multimedia streaming, etc.

13.5 ETBN interfaces

13.5.1 Application

Inside CN, ETBN shall export an application (TCMS, multimedia, etc.) interface to manage ETB status.

Interfaces:

- ETB status: links status, redundancy, etc.
- Train Topology Discovery results (ordered ETBN list with orientation and CstUUID).

Table 25 gives an example of Train Topology Discovery result:

Table 25 – Train Topology Discovery Object

Consist Number “Subnet Id”	Consist Name	Consist Orientation	CstUUID	LocalFlag (Used to know its own Consist)
1	“consist234”	1	“f81d4fae-7dec-11d0-a765-00a0c91e6bf6”	0
2	“consist124”	0	“ba1d4fae-fcd5-11d0-a765-00b1c91e7cf7”	0
3	“consist78”	1	“f56d4fae-7abc-11d0-a658-00a0c91e1259”	1

When CN is based on Ethernet (ECN), to exchange data with train application the best means is to use train data application PD/MD protocol.

13.5.2 Maintenance and monitoring

13.5.2.1 Network monitoring

ETBN shall implement a SNMPv2 agent (see IETF RFC 1901, RFC 1905 and RFC 1906).

ETBN shall export the following MIBs:

- IEEE8023-LAG-MIB
- IEC 61375-2-5 TTDP-MIB as defined in Annex C

ETBN should export the following MIBs:

- MIB-II (Management Information Base, IETF RFC 1213)
- IF-MIB (Interface group IETF RFC 2863)
- VRRP-MIB (IETF RFC 2787)

13.5.2.2 ETBN Monitoring

ETBN shall implement SSH or telnet/CLI.

13.5.2.3 ETBN Maintenance

ETBN should implement a HTTP server.

The following list of parameters shall be available:

General:

- Manufacturer name,
- Device type,
- Device name,
- Device location,
- Product version,

Status:

- Current Topology Discovery status,
- Current Ethernet ports statuses,

Parameters:

- IPv4 parameters.

ETBN should implement SOAP maintenance Web services.

14 ETB conformity statement

To claim conformance to this standard, equipment are expected to pass a suite of tests. Equipment to be tested shall include:

“Ethernet Train Backbone Node (ETBN): a Train Backbone Node conforming to this standard (train communication network based on Ethernet).”

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

Annex A (normative)

Summary of ETB sizing parameters

Table A.1 below summarizes the main sizing parameters for ETB architecture:

Table A.1 – ETB sizing parameters

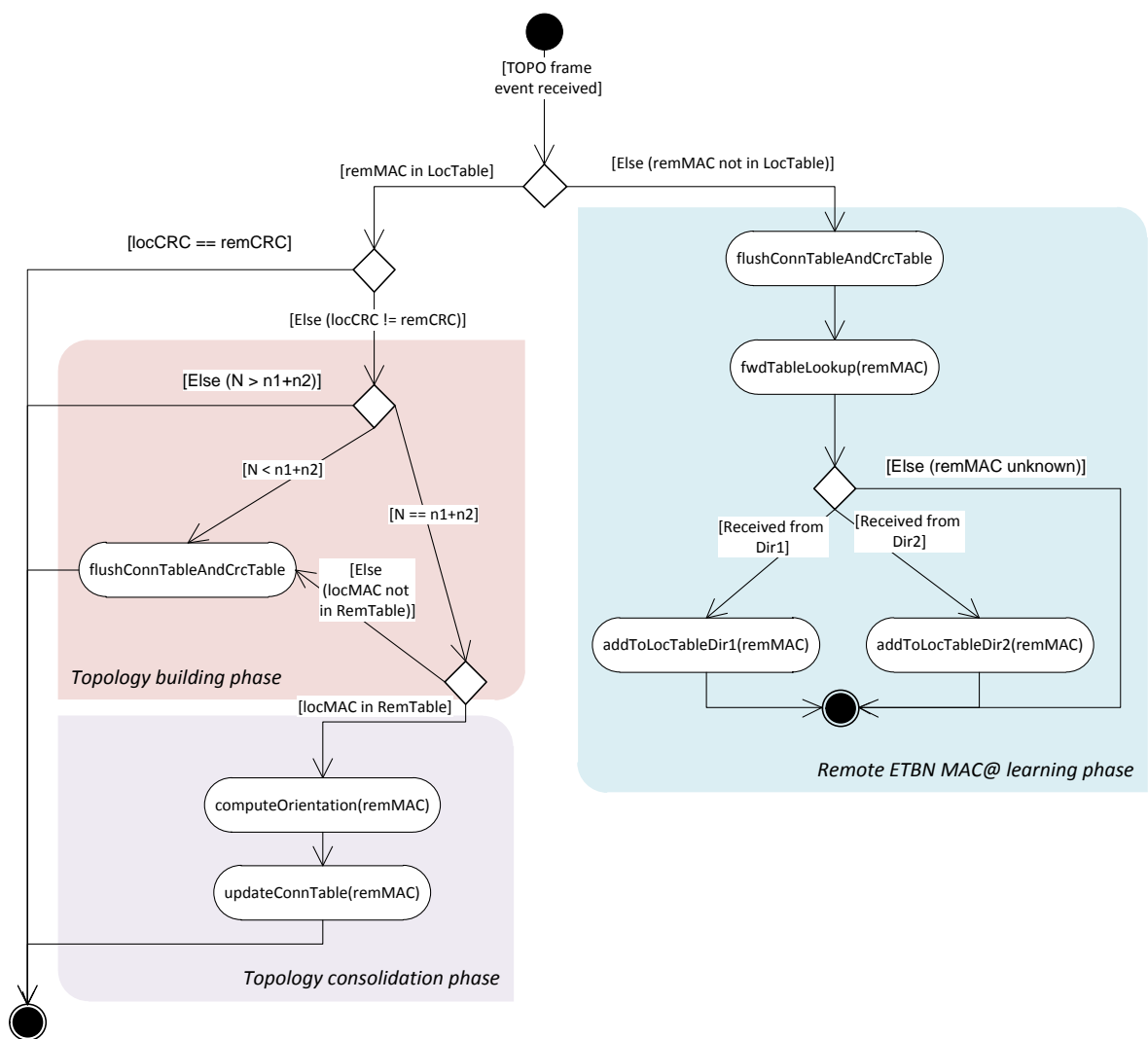
Parameter	Value	Comments
Max nb of ETB / train	4	Related to backbone Id (0 to 3). See 6.4.2.2
Max nb of ETBN / ETB	63	Related to ETBN Id on ETB after Inauguration (1 to 63). See 6.4.2.3.1
Max nb of Consists / train	~ 63	Not specified, but is limited by max nb of ETBN / ETB. 63 Consists is the maximum if there is least one ETBN / Consist
Max nb of ETBN / Consist	32	Related to relative position of an ETBN in a Consist (static configuration, 1 to 32). See "ownEtnNb" 8.7.6
Max nb of CN / Consist	32	Related to relative CN Id (1 to 32) in a Consist (static configuration, 0 to 31). See "ETBN-CN-CNX" 8.7.6
Max nb of CN / train	63	Related to CN Subnet Id (1 to 63). See 6.4.2.3.1
Max nb of hosts (ED) / ETBN	254	Directly connected hosts to ETB. See 6.5.2
Max nb of hosts / CN	16382	Related to Host Id in CN. See 6.4.2.2
Nb of ports-physical lines / logical link (aggregation group)	1, 2 or 4	See link aggregation, 4.4.2

Annex B (normative)

Physical topology building algorithm

The UML activity diagram in Figure B.1 below describes (for information only) a possible algorithm to maintain physical topology ("connectivity table"). It relies on TTDP TOPOLOGY frames information with the use of "ETBN Vectors". See 8.7.6 for TOPOLOGY frame fields definitions used below.

This algorithm runs on each ETBN each time a TTDP TOPOLOGY frame event is received. It is described below from a "local ETBN" point of view.



IEC

Figure B.1 – Physical topology building

Data:

- **remMAC**: MAC address of remote ETBN which sent the current received TOPOLOGY frame (= ownMacAddr field in received TOPOLOGY frame)
- **locMAC**: MAC address of local ETBN

- **LocTableDir1**: local unordered list of ETBNs seen in Dir1 of local ETBN (ETBN Vector for Dir1 direction to be sent in TOPOLOGY frame)
- **LocTableDir2**: local unordered list of ETBNs seen in Dir2 of local ETBN (ETBN Vector for Dir2 direction to be sent in TOPOLOGY frame)
- **LocTable**: union of LocTableDir1 and LocTableDir2
- **N1**: number of ETBNs in LocTableDir1
- **N2**: number of ETBNs in LocTableDir2
- **N**: number of ETBNs in LocTable, $N = N1 + N2$
- **RemTableDir1**: received unordered list of ETBNs seen in Dir1 of remote ETBN (ETBN Vector for Dir1 direction in received TOPOLOGY frame)
- **RemTableDir2**: received unordered list of ETBNs seen in Dir2 of remote ETBN (ETBN Vector for Dir2 direction in received TOPOLOGY frame)
- **RemTable**: union of RemTableDir1 and RemTableDir2
- **remCRC**: CRC of remote connectivity table (connTableCrc32 field from received TOPOLOGY frame)
- **n1**: number of ETBNs in RemTableDir1
- **n2**: number of ETBNs in RemTableDir2
- **n**: number of ETBNs in RemTable, $n = n1 + n2$
- **ConnTable**: local ETB connectivity table
- **locCRC**: CRC of local connectivity table ConnTable (connTableCrc32 field of TOPOLOGY frame to be sent)
- **CRCTable**: list of received CRC (remote ETBN connectivity tables CRC)
- **Orientation**: ordered list of remote ETBN orientations

Conditions:

- **TOPO frame event received**: a TTDP TOPOLOGY frame was received or a validity timeout has elapsed on a previously received TOPOLOGY frame.
- **Else (remMAC not in LocTable)**: received the TOPOLOGY frame with an unknown ETBN MAC address. This ETBN is a newcomer and we must determine where it is located on the ETB. If we succeed, we store its MAC address in the intended LocTable (Dir1 or Dir2). This branch is also followed when a validity timeout has elapsed. In this case, remMAC is considered unknown which leads to flush ConnTable and CRCTable.
- **Else (remMAC unknown)**: received MAC address not yet in local ETBN switch forwarding table (should not happen when TOPOLOGY frame received).
- **Received from Dir1**: the TOPOLOGY frame was received from the Dir1 side of the local ETBN.
- **Received from Dir2**: the TOPOLOGY frame was received from the Dir2 side of the local ETBN.
- **remMAC in LocTable**: received the TOPOLOGY frame with a known ETBN MAC address.
- **locCRC == remCRC**: the received connectivity table CRC is the same as the local connectivity table CRC. All ETBNs share the same physical topology, nothing to do.
- **Else (locCRC != remCRC)**: the received connectivity table CRC is not the same as the local connectivity table CRC. ETBN do not share the same physical topology yet. Local connectivity table will have to be updated.
- **Else ($N > n1+n2$)**: local ETBN knows more ETBNs than the remote ETBN in the received TOPOLOGY frame. We ignore the received topology information.
- **$N < n1+n2$** : the remote ETBN knows more ETBNs than local ETBN. We can reset our local ordered topology information, wait and learn from TOPOLOGY frames to come. This way, we can avoid handling insertions in local connectivity table, wait for all nodes to be known and then update local topology more easily.

- **N == n1+n2**: the local and remote ETBN knows the same number of ETBNs.
- **Else (locMAC not in RemTable)**: local ETBN MAC address is not in the received ETBN Vectors (which means that the remote ETBN knows an ETBN we do not know). We can reset our local ordered topology information.
- **locMAC in RemTable**: local ETBN MAC address is in the received ETBN Vectors. We can process the received ETBN information and update our local connectivity table.

Actions:

- **flushConnTableAndCrcTable**: reset local connectivity table ConnTable to its default value and reset locCRC to its default value (as if own ETBN alone, see 8.8.4). Also empty received CRC table.
- **fwdTableLookup(remMAC)**: look for the received TOPOLOGY frame MAC address in local ETBN switch forwarding tables to determine its ingress direction.
- **addToLocTableDir1(remMAC) / addToLocTableDir2(remMAC)**: add the received MAC address in local ETBN Dir1/Dir2 list and increment its count (n1:= n1 + 1 / n2:= n2 + 1).
- **computeOrientation(remMAC)**: compute orientation of the remote ETBN relative to local orientation

```

IF      (remMAC in LocTableDir1) AND (locMAC in RemTableDir2) THEN
    orientation:= same
ELSE IF (remMAC in LocTableDir2) AND (locMAC in RemTableDir1) THEN
    orientation:= same
ELSE IF (remMAC in LocTableDir1) AND (locMAC in RemTableDir1) THEN
    orientation:= opposite
ELSE IF (remMAC in LocTableDir2) AND (locMAC in RemTableDir2) THEN
    orientation:= opposite
ENDIF

```

- **updateConnTable(remMAC)**: update physical topology information

```

IF (orientation == same) THEN
    ConnTable[n1] := remMAC
    Orientation[n1]:= orientation
ELSE
    ConnTable[n2] := remMAC
    Orientation[n2]:= orientation
ENDIF
Compute new locCRC from updated ConnTable

```

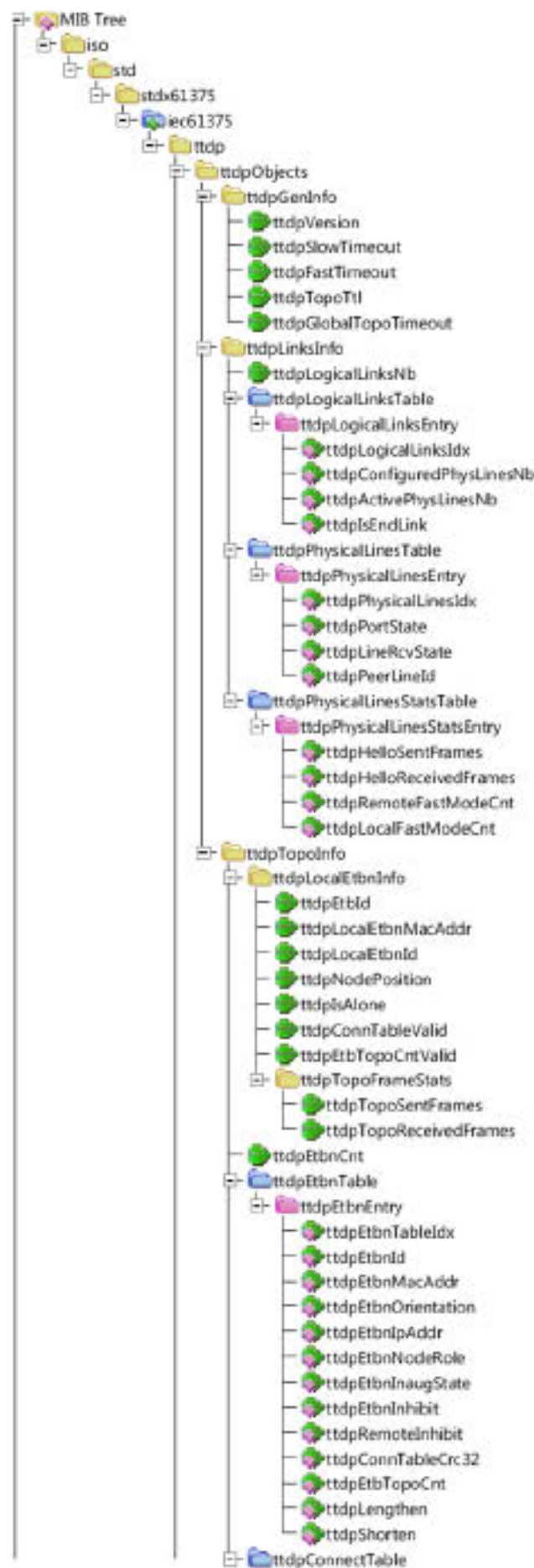
NOTE When all ETBNs are known (i.e. in "consolidation phase"), n1 or n2 (according to orientation) directly gives the remote ETBN position on ETB.

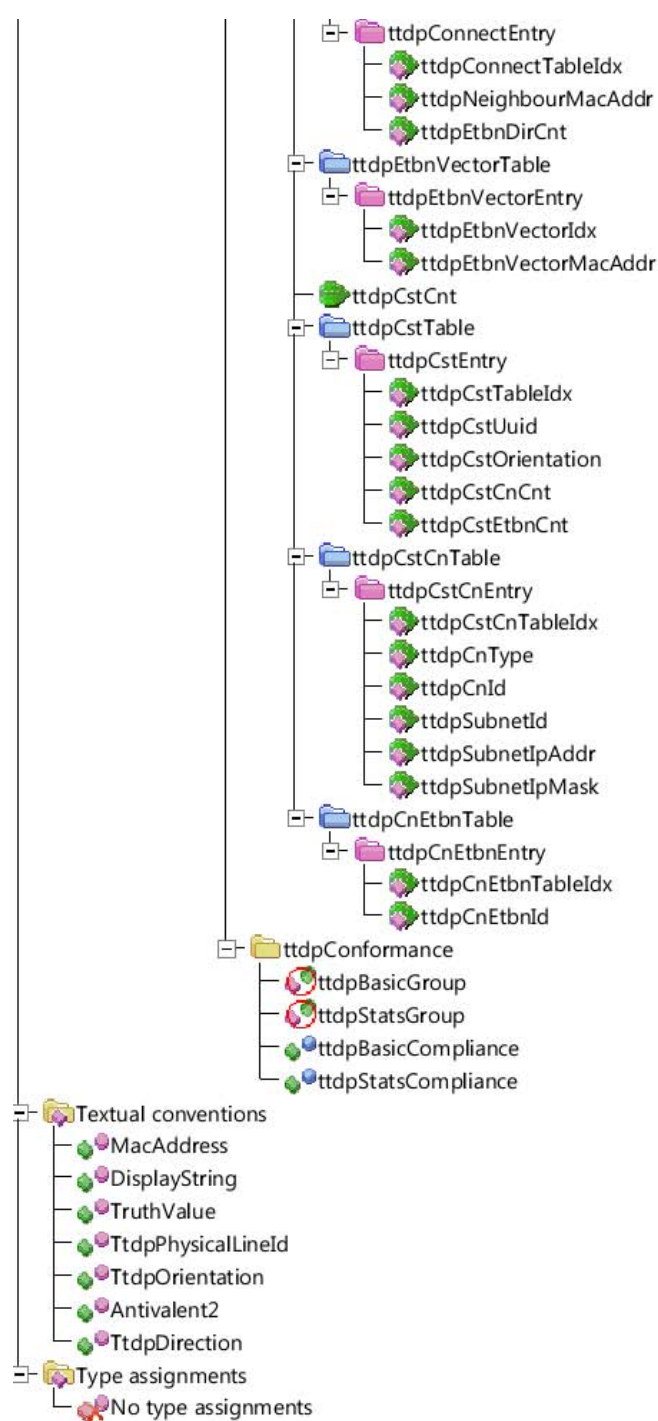
Annex C (normative)

TTDP MIB definition

This annex contains the definition for IEC 61375-2-5 TTDP-MIB.

The tree view of the MIB is (Figure C.1):





IEC

Figure C.1 – TTDP MIB tree view

The detailed ASN.1 description is the following:

```
--
-- MIB generated
-- Monday, February 25, 2013 at 13:39:53
--

TTDP-MIB DEFINITIONS ::= BEGIN

    IMPORTS
        OBJECT-GROUP, MODULE-COMPLIANCE
            FROM SNMPv2-CONF
        iso, IpAddress, Integer32, Unsigned32, OBJECT-TYPE,
        MODULE-IDENTITY
            FROM SNMPv2-SMI
        MacAddress, TruthValue, TEXTUAL-CONVENTION
            FROM SNMPv2-TC;

-- *****
-- Root OID
-- *****
-- January 07, 2013
-- 1.0.61375.2
iec61375 MODULE-IDENTITY
    LAST-UPDATED "201212211751Z"          -- December 21, 2012 at 17:51
GMT

    ORGANIZATION
        "IEC"
    CONTACT-INFO
        "International Electrotechnical Commission
        IEC Central Office
        3, rue de Varembé
        P.O. Box 131
        CH - 1211 GENEVA 20
        Switzerland
        Phone: +41 22 919 02 11
        Fax: +41 22 919 03 00
        email: info@iec.ch"
    DESCRIPTION
        "This MIB module defines the Network Management interfaces
        for the TTDP protocol defined by the IEC standard 61375-2-5.

        This definition specifies a pure monitoring variant of a SNMP
entity."

        ::= { stdx61375 2 }

--
-- Textual conventions
--

TtdpPhysicalLineId ::= TEXTUAL-CONVENTION
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Represents TTDP physical line Identifier (A, B, C, D or none)."
```

```
SYNTAX INTEGER
    {
        lineNone(45),
        lineA(65),
        lineB(66),
        lineC(67),
        lineD(68)
    }

TtdpOrientation ::= TEXTUAL-CONVENTION
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Represents orientation of an ETBN or a Consist"
```

```
SYNTAX INTEGER
    {
        direct(1),
        inverse(2),
        undefined(3)
    }

Antivalent2 ::= TEXTUAL-CONVENTION
```

```

        STATUS current
        DESCRIPTION
            "Definition of ANTIVALENT2 type."
        SYNTAX INTEGER
            {
                error(0),
                false(1),
                true(2),
                undefined(3)
            }

TtdpDirection ::= TEXTUAL-CONVENTION
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Represents an ETB direction."
    SYNTAX INTEGER
        {
            dir1(1),
            dir2(2)
        }

--
-- Node definitions
--

-- 1.0
std OBJECT IDENTIFIER ::= { iso 0 }

-- 1.0.61375
stdx61375 OBJECT IDENTIFIER ::= { std 61375 }

-- *****
-- TTDP Protocol
-- *****
-- 1.0.61375.2.5
ttdp OBJECT IDENTIFIER ::= { iec61375 5 }

-- *****
-- objects groups of TTDP object identifiers
-- *****
-- 1.0.61375.2.5.1
ttdpObjects OBJECT IDENTIFIER ::= { ttdp 1 }

-- ETBN TTDP general information.
-- 1.0.61375.2.5.1.1
ttdpGenInfo OBJECT IDENTIFIER ::= { ttdpObjects 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.1.1
ttdpVersion OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "TTDP protocol version.

        Interpreted version string is 'M.m.r.n' for raw value 'Mmrn'H.
        First version is '1.0.0.0'."
    ::= { ttdpGenInfo 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.1.2
ttdpSlowTimeout OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "TTDP HELLO frames slow timeout in ms."
    ::= { ttdpGenInfo 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.1.3
ttdpFastTimeout OBJECT-TYPE

```

```

SYNTAX Unsigned32
MAX-ACCESS read-only
STATUS current
DESCRIPTION
    "TTDP HELLO frames fast timeout in ms."
 ::= { ttdpGenInfo 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.1.4
ttdpTopoTtl OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "TTDP TOPOLOGY frames TTL in ms."
    ::= { ttdpGenInfo 4 }

-- 1.0.61375.2.5.1.1.5
ttdpGlobalTopoTimeout OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "global TTDP TOPOLOGY frames timeout in ms."
    ::= { ttdpGenInfo 5 }

-- ETBN ETB links information.
-- 1.0.61375.2.5.1.3
ttdpLinksInfo OBJECT IDENTIFIER ::= { ttdpObjects 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.1
ttdpLogicalLinksNb OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (2)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of ETBN logical links connected to ETB.

        Must always be 2."
    ::= { ttdpLinksInfo 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.2
ttdpLogicalLinksTable OBJECT-TYPE
    SYNTAX SEQUENCE OF TtdpLogicalLinksEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "ETBN ETB logical links table.

        There are always 2 directions (dir1, dir2) for each ETBN."
    ::= { ttdpLinksInfo 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.2.1
ttdpLogicalLinksEntry OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpLogicalLinksEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Entry for an ETBN logical links table."
    INDEX { ttdpLogicalLinksIdx }
    ::= { ttdpLogicalLinksTable 1 }

TtdpLogicalLinksEntry ::=
    SEQUENCE {
        ttdpLogicalLinksIdx
            TtdpDirection,
        ttdpConfiguredPhysLinesNb
            Unsigned32,
        ttdpActivePhysLinesNb
            Unsigned32,
        ttdpIsEndLink
            TruthValue
    }

```

```

    }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.2.1.1
ttdpLogicalLinksIdx OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpDirection
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Link index in logical link table.

        1 is for dir1, 2 for dir2 of the ETBN."
    ::= { ttdpLogicalLinksEntry 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.2.1.2
ttdpConfiguredPhysLinesNb OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..4)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of statically defined physical lines in LAG."
    ::= { ttdpLogicalLinksEntry 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.2.1.3
ttdpActivePhysLinesNb OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (0..4)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of active physical lines in LAG."
    ::= { ttdpLogicalLinksEntry 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.2.1.4
ttdpIsEndLink OBJECT-TYPE
    SYNTAX TruthValue
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Logical link extremity status.

        true when logical link is an ETB end link, else false."
    ::= { ttdpLogicalLinksEntry 4 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.3
ttdpPhysicalLinesTable OBJECT-TYPE
    SYNTAX SEQUENCE OF TtdpPhysicalLinesEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Physical lines table for an ETB direction."
    ::= { ttdpLinksInfo 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.3.1
ttdpPhysicalLinesEntry OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpPhysicalLinesEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Physical lines table entry.

        ttdpLogicalLinksIdx is the first level index in
ttdpLogicalLinksTable,
        ttdpPhysicalLinesIdx is the second level index in
ttdpPhysicalLinesTable."
    INDEX { ttdpLogicalLinksIdx, ttdpPhysicalLinesIdx }
    ::= { ttdpPhysicalLinesTable 1 }

TtdpPhysicalLinesEntry ::=
    SEQUENCE {
        ttdpPhysicalLinesIdx
            TtdpPhysicalLineId,
        ttdpPortState
            INTEGER,

```

```

        ttdpLineRcvState
            INTEGER,
        ttdpPeerLineId
            TtdpPhysicalLineId
    }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.3.1.1
ttdpPhysicalLinesIdx OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpPhysicalLineId
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Line index in physical lines table.

        None value is not allowed (only line A, B, C or D).

        "
    ::= { ttdpPhysicalLinesEntry 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.3.1.2
ttdpPortState OBJECT-TYPE
    SYNTAX INTEGER
        {
            disabled(0),
            forwarding(2),
            discarding(3)
        }
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "TTDP switch port state."
    ::= { ttdpPhysicalLinesEntry 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.3.1.3
ttdpLineRcvState OBJECT-TYPE
    SYNTAX INTEGER
        {
            lineNotOK(1),
            lineOK(2),
            notAvailable(3)
        }
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Physical line status (according to TTDP HELLO frames received
and port status)."
    ::= { ttdpPhysicalLinesEntry 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.3.1.4
ttdpPeerLineId OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpPhysicalLineId
    MAX-ACCESS read-write
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Physical line distant (peer) ID."
    ::= { ttdpPhysicalLinesEntry 4 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.4
ttdpPhysicalLinesStatsTable OBJECT-TYPE
    SYNTAX SEQUENCE OF TtdpPhysicalLinesStatsEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Physical lines statistics table for physical lines (optional)."
    ::= { ttdpLinksInfo 4 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.4.1
ttdpPhysicalLinesStatsEntry OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpPhysicalLinesStatsEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Physical line statistics table entry.

```

```

        ttdpLogicalLinksIdx is the first level index in
ttdpLogicalLinksTable,
        ttdpPhysicalLinesIdx is the second level index in
ttdpPhysicalLinesStatsTable."
        INDEX { ttdpLogicalLinksIdx, ttdpPhysicalLinesIdx }
        ::= { ttdpPhysicalLinesStatsTable 1 }

TtdpPhysicalLinesStatsEntry ::=
    SEQUENCE {
        ttdpHelloSentFrames
            Integer32,
        ttdpHelloReceivedFrames
            Integer32,
        ttdpRemoteFastModeCnt
            Integer32,
        ttdpLocalFastModeCnt
            Integer32
    }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.4.1.1
ttdpHelloSentFrames OBJECT-TYPE
    SYNTAX Integer32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of HELLO frames sent on this line

        Optional, = -1 if not provided."
    ::= { ttdpPhysicalLinesStatsEntry 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.4.1.2
ttdpHelloReceivedFrames OBJECT-TYPE
    SYNTAX Integer32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of HELLO frames received on this line

        Optional, = -1 if not provided."
    ::= { ttdpPhysicalLinesStatsEntry 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.4.1.3
ttdpRemoteFastModeCnt OBJECT-TYPE
    SYNTAX Integer32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of times fast mode was activated on peer.

        Optional, = -1 if not provided."
    ::= { ttdpPhysicalLinesStatsEntry 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.4.1.4
ttdpLocalFastModeCnt OBJECT-TYPE
    SYNTAX Integer32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of times fast mode was locally entered (activated by
peer).

        Optional, = -1 if not provided."
    ::= { ttdpPhysicalLinesStatsEntry 4 }

-- ETBN TTDP TOPOLOGY information.
-- 1.0.61375.2.5.1.5
ttdpTopoInfo OBJECT IDENTIFIER ::= { ttdpObjects 5 }

-- Local ETBN information
-- 1.0.61375.2.5.1.5.1
ttdpLocalEtnbInfo OBJECT IDENTIFIER ::= { ttdpTopoInfo 1 }

```

```

-- 1.0.61375.2.5.1.5.1.1
ttdpEtbId OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..4)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "ETB number on which local ETBN is connected to."
    ::= { ttdpLocalEtbnInfo 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.1.2
ttdpLocalEtbnMacAddr OBJECT-TYPE
    SYNTAX MacAddress
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Local ETBN MAC address."
    ::= { ttdpLocalEtbnInfo 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.1.3
ttdpLocalEtbnId OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..63)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Local ETBN number on ETB."
    ::= { ttdpLocalEtbnInfo 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.1.4
ttdpNodePosition OBJECT-TYPE
    SYNTAX INTEGER
        {
            intermediate(0),
            extremity1(1),
            extremity2(2)
        }
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Node position on ETB."
    ::= { ttdpLocalEtbnInfo 4 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.1.5
ttdpIsAlone OBJECT-TYPE
    SYNTAX TruthValue
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Flag which tells whether ETBN node is alone on ETB."
    ::= { ttdpLocalEtbnInfo 5 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.1.6
ttdpConnTableValid OBJECT-TYPE
    SYNTAX TruthValue
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Flag which describes whether physical topology is stable or
not."
    ::= { ttdpLocalEtbnInfo 6 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.1.7
ttdpEtbTopoCntValid OBJECT-TYPE
    SYNTAX TruthValue
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Flag which describes whether logical topology is stable or not."
    ::= { ttdpLocalEtbnInfo 7 }

```



```

-- Statistics on local ETBN TOPOLOGY frames (optional)
-- 1.0.61375.2.5.1.5.1.8
ttdpTopoFrameStats OBJECT IDENTIFIER ::= { ttdpLocalEtbnInfo 8 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.1.8.1
ttdpTopoSentFrames OBJECT-TYPE
    SYNTAX Integer32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of TOPOLOGY frames sent from this node.

        = -1 if not provided."
    ::= { ttdpTopoFrameStats 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.1.8.2
ttdpTopoReceivedFrames OBJECT-TYPE
    SYNTAX Integer32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of TOPOLOGY frames received on this node.

        = -1 if not provided."
    ::= { ttdpTopoFrameStats 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.2
ttdpEtbnCnt OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..63)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of ETBN on ETB."
    ::= { ttdpTopoInfo 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3
ttdpEtbnTable OBJECT-TYPE
    SYNTAX SEQUENCE OF TtdpEtbnEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "corrected physical topology (connectivity table) + some more
info."
    ::= { ttdpTopoInfo 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1
ttdpEtbnEntry OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpEtbnEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Entry for corrected physical topology (connectivity table)."
    INDEX { ttdpEtbnTableIdx }
    ::= { ttdpEtbnTable 1 }

TtdpEtbnEntry ::=
    SEQUENCE {
        ttdpEtbnTableIdx
            Unsigned32,
        ttdpEtbnId
            Unsigned32,
        ttdpEtbnMacAddr
            MacAddress,
        ttdpEtbnOrientation
            TtdpOrientation,
        ttdpEtbnIpAddr
            IpAddress,
        ttdpEtbnNodeRole
            INTEGER,
        ttdpEtbnInaugState
            INTEGER,
        ttdpEtbnInhibit

```

```

        TruthValue,
        ttdpRemoteInhibit
        TruthValue,
        ttdpConnTableCrc32
        Unsigned32,
        ttdpEtbnTopoCnt
        Unsigned32,
        ttdpLengthen
        Antivalent2,
        ttdpShorten
        Antivalent2
    }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.1
ttdpEtbnTableIdx OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..63)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "ETBN index in ttdpEtbnTable (physical topology)."
    ::= { ttdpEtbnEntry 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.2
ttdpEtbnId OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (0..63)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "ETBN ID on ETB.

        1..N ETBN are ordered from lowest cstUUID toward direction2 for
ascending ETBN Ids,
        0 for a missing ETBN (corrected topology)."
    ::= { ttdpEtbnEntry 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.3
ttdpEtbnMacAddr OBJECT-TYPE
    SYNTAX MacAddress
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "ETBN MAC address.

        NULL if ETBN not present in case of corrected topology."
    ::= { ttdpEtbnEntry 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.4
ttdpEtbnOrientation OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpOrientation
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "ETBN orientation."
    ::= { ttdpEtbnEntry 4 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.5
ttdpEtbnIpAddr OBJECT-TYPE
    SYNTAX IpAddress
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "ETBN IP address on ETB.

        NULL if not defined."
    ::= { ttdpEtbnEntry 5 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.6
ttdpEtbnNodeRole OBJECT-TYPE
    SYNTAX INTEGER
    {
        undefined(0),
        master(1),
        backup(2),
    }

```

```

        notRedundant(3)
    }
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "ETBN node role."
    ::= { ttdpEtbnEntry 6 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.7
ttdpEtbnInaugState OBJECT-TYPE
    SYNTAX INTEGER
    {
        init(0),
        notInaugurated(1),
        inaugurated(2),
        readyForInauguration(3)
    }
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "ETBN inauguration state."
    ::= { ttdpEtbnEntry 7 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.8
ttdpEtbnInhibit OBJECT-TYPE
    SYNTAX TruthValue
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Inhibit request from this node.

        Inauguration allowed true or false."
    ::= { ttdpEtbnEntry 8 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.9
ttdpRemoteInhibit OBJECT-TYPE
    SYNTAX TruthValue
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Remote composition inhibition.

        Inauguration allowed true or false."
    ::= { ttdpEtbnEntry 9 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.10
ttdpConnTableCrc32 OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "CRC32 of raw physical topology (connectivity table), not
corrected."
    ::= { ttdpEtbnEntry 10 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.11
ttdpEtbnTopoCnt OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "CRC32 of logical topology (Train Network Directory)."
    ::= { ttdpEtbnEntry 11 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.12
ttdpLengthen OBJECT-TYPE
    SYNTAX Antivalent2
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Lengthen flag.

```

```

        1(false)=stable length,
        2(true)=lengthening,
        3(undefined)=undefined."
    ::= { ttdpEtbnEntry 12 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.13
ttdpShorten OBJECT-TYPE
    SYNTAX Antivalent2
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Shorten flag.

        1(false)=stable length,
        2(true)=shortening,
        3(undefined)=undefined."
    ::= { ttdpEtbnEntry 13 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.4
ttdpConnectTable OBJECT-TYPE
    SYNTAX SEQUENCE OF TtdpConnectEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Connection table for ETBNs in each ETB directions (always 2
directions).

        Contains "connectivity vector" and "ETBN vector" for each ETBN"
    ::= { ttdpTopoInfo 4 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.4.1
ttdpConnectEntry OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpConnectEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Connection table entry.

        ttdpEtbnTableIdx is the first level index in ttdpEtbnTable,
        ttdpConnectTableIdx is the second level index in
ttdpConnectTable."
    INDEX { ttdpEtbnTableIdx, ttdpConnectTableIdx }
    ::= { ttdpConnectTable 1 }

TtdpConnectEntry ::=
    SEQUENCE {
        ttdpConnectTableIdx
            TtdpDirection,
        ttdpNeighbourMacAddr
            MacAddress,
        ttdpEtbnDirCnt
            Unsigned32
    }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.4.1.1
ttdpConnectTableIdx OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpDirection
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Direction index in ttdpConnecttable."
    ::= { ttdpConnectEntry 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.4.1.2
ttdpNeighbourMacAddr OBJECT-TYPE
    SYNTAX MacAddress
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "MAC address of direct ETBN neighbour in this direction."
    ::= { ttdpConnectEntry 2 }

```

```

-- 1.0.61375.2.5.1.5.4.1.3
ttdpEtbnDirCnt OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (0..62)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of ETBNs in this direction."
    ::= { ttdpConnectEntry 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.5
ttdpEtbnVectorTable OBJECT-TYPE
    SYNTAX SEQUENCE OF TtdpEtbnVectorEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Table of "ETBN vectors" for each ETBN in each direction."
    ::= { ttdpTopoInfo 5 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.5.1
ttdpEtbnVectorEntry OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpEtbnVectorEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "ETBN vectors table entry.

        ttdpEtbnTableIdx is the first level index in ttdpEtbnTable,
        ttdpConnectTableIdx is the second level index in
ttdpConnectTable,
        ttdpEtbnVectorIdx is the third level index in
ttdpEtbnVectorTable"
    INDEX { ttdpEtbnTableIdx, ttdpConnectTableIdx, ttdpEtbnVectorIdx }
    ::= { ttdpEtbnVectorTable 1 }

TtdpEtbnVectorEntry ::=
    SEQUENCE {
        ttdpEtbnVectorIdx
            Unsigned32,
        ttdpEtbnVectorMacAddr
            MacAddress
    }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.5.1.1
ttdpEtbnVectorIdx OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..62)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Index of ETBN in ttdpEtbnVector."
    ::= { ttdpEtbnVectorEntry 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.5.1.2
ttdpEtbnVectorMacAddr OBJECT-TYPE
    SYNTAX MacAddress
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "ETBN MAC address."
    ::= { ttdpEtbnVectorEntry 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.6
ttdpCstCnt OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..31)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of Consists in train."
    ::= { ttdpTopoInfo 6 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.7
ttdpCstTable OBJECT-TYPE
    SYNTAX SEQUENCE OF TtdpCstEntry

```

```

MAX-ACCESS not-accessible
STATUS current
DESCRIPTION
    "Consist table: logical topology = Train Network Directory
(TNDir) + some more info.

    Organized conforming to the 3 levels of TNDir."
::= { ttdpTopoInfo 7 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.7.1
ttdpCstEntry OBJECT-TYPE
SYNTAX TtdpCstEntry
MAX-ACCESS not-accessible
STATUS current
DESCRIPTION
    "Entry for Consist table."
INDEX { ttdpCstTableIdx }
::= { ttdpCstTable 1 }

TtdpCstEntry ::=
SEQUENCE {
    ttdpCstTableIdx
        Unsigned32,
    ttdpCstUuid
        OCTET STRING,
    ttdpCstOrientation
        TtdpDirection,
    ttdpCstCnCnt
        Unsigned32,
    ttdpCstEtbnCnt
        Unsigned32
}

-- 1.0.61375.2.5.1.5.7.1.1
ttdpCstTableIdx OBJECT-TYPE
SYNTAX Unsigned32 (1..32)
MAX-ACCESS read-only
STATUS current
DESCRIPTION
    "Consist number (index in Consist table).

    Consist nb 1 is the reference at extremity 1 of the train with
lowest CstUUID."
::= { ttdpCstEntry 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.7.1.2
ttdpCstUuid OBJECT-TYPE
SYNTAX OCTET STRING (SIZE (16))
MAX-ACCESS read-only
STATUS current
DESCRIPTION
    "Consist UUID (Universally Unique Identifier)."
::= { ttdpCstEntry 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.7.1.3
ttdpCstOrientation OBJECT-TYPE
SYNTAX TtdpDirection
MAX-ACCESS read-only
STATUS current
DESCRIPTION
    "Orientation of the Consist in relation to train reference
direction."
::= { ttdpCstEntry 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.7.1.4
ttdpCstCnCnt OBJECT-TYPE
SYNTAX Unsigned32 (0..32)
MAX-ACCESS read-only
STATUS current
DESCRIPTION
    "Number of CN in Consist."
::= { ttdpCstEntry 4 }

```

```

-- 1.0.61375.2.5.1.5.7.1.5
ttdpCstEtbnCnt OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (0..32)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of ETBN in Consist."
    ::= { ttdpCstEntry 5 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.8
ttdpCstCnTable OBJECT-TYPE
    SYNTAX SEQUENCE OF TtdpCstCnEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "List of CN in this Consist."
    ::= { ttdpTopoInfo 8 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.8.1
ttdpCstCnEntry OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpCstCnEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Entry for list of Consist CNs.

        ttdpCstTableIdx is the first level index in ttdpCstTable,
        ttdpCstCnTableIdx is the second level index in ttdpCstCnTable."
    INDEX { ttdpCstTableIdx, ttdpCstCnTableIdx }
    ::= { ttdpCstCnTable 1 }

TtdpCstCnEntry ::=
    SEQUENCE {
        ttdpCstCnTableIdx
            Unsigned32,
        ttdpCnType
            INTEGER,
        ttdpCnId
            Unsigned32,
        ttdpSubnetId
            Unsigned32,
        ttdpSubnetIpAddr
            IpAddress,
        ttdpSubnetIpMask
            IpAddress
    }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.8.1.1
ttdpCstCnTableIdx OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..32)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Index in this Consist CN table."
    ::= { ttdpCstCnEntry 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.8.1.2
ttdpCnType OBJECT-TYPE
    SYNTAX INTEGER
    {
        mvb(1),
        notUsed(2),
        can(3),
        ethernet(4)
    }
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "CN type."
    ::= { ttdpCstCnEntry 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.8.1.3

```

```

ttdpCnId OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..32)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "CN ID.

        Statically defined, it identifies the Consist Network inside the
Consist"

    ::= { ttdpCstCnEntry 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.8.1.4
ttdpSubnetId OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..63)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Used to number the CN subnet on ETB."
    ::= { ttdpCstCnEntry 4 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.8.1.5
ttdpSubnetIpAddress OBJECT-TYPE
    SYNTAX IpAddress
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "CN subnet IP address."
    ::= { ttdpCstCnEntry 5 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.8.1.6
ttdpSubnetIpMask OBJECT-TYPE
    SYNTAX IpAddress
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "CN subnet IP network mask."
    ::= { ttdpCstCnEntry 6 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.9
ttdpCnEtbnTable OBJECT-TYPE
    SYNTAX SEQUENCE OF TtdpCnEtbnEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "List of ETBN connected to this CN."
    ::= { ttdpTopoInfo 9 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.9.1
ttdpCnEtbnEntry OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpCnEtbnEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Entry for list of ETBN connected to this CN.

        ttdpCstTableIdx is the first level index in ttdpCstTable,
        ttdpCstCnTableIdx is the second level index in ttdpCstCnTable.
        ttdpCnEtbnTableIdx is the third level index in ttdpCnEtbnTable."
    INDEX { ttdpCstTableIdx, ttdpCstCnTableIdx, ttdpCnEtbnTableIdx }
    ::= { ttdpCnEtbnTable 1 }

TtdpCnEtbnEntry ::=
    SEQUENCE {
        ttdpCnEtbnTableIdx
            Unsigned32,
        ttdpCnEtbnId
            Unsigned32
    }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.9.1.1
ttdpCnEtbnTableIdx OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..63)

```



```

MAX-ACCESS read-only
STATUS current
DESCRIPTION
    "Index in this CN ETBN table."
::= { ttdpCnEtbnEntry 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.9.1.2
ttdpCnEtbnId OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..63)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of the ETBN (on ETB) connected to this CN."
    ::= { ttdpCnEtbnEntry 2 }

-- *****
-- conformance statements
-- *****

-- 1.0.61375.2.5.2
ttdpConformance OBJECT IDENTIFIER ::= { ttdp 2 }

-- 1.0.61375.2.5.2.2
ttdpBasicGroup OBJECT-GROUP
    OBJECTS { ttdpVersion, ttdpSlowTimeout, ttdpFastTimeout, ttdpTopoTtl,
ttdpGlobalTopoTimeout,
            ttdpLogicalLinksNb,          ttdpLogicalLinksIdx,          ttdpIsEndLink,
ttdpPortState, ttdpEtbnId,
            ttdpLocalEtbnMacAddr,        ttdpLocalEtbnId,          ttdpNodePosition,
ttdpIsAlone, ttdpConnTableValid,
            ttdpEtbnCnt,          ttdpEtbnTableIdx,          ttdpEtbnId,          ttdpEtbnMacAddr,
ttdpEtbnOrientation,
            ttdpEtbnIpAddr,          ttdpEtbnNodeRole,          ttdpEtbnInaugState,
ttdpEtbnInhibit, ttdpRemoteInhibit,
            ttdpConnTableCrc32,          ttdpLengthen,          ttdpShorten,
ttdpConnectTableIdx, ttdpNeighbourMacAddr,
            ttdpEtbnDirCnt,          ttdpEtbnVectorIdx,          ttdpEtbnVectorMacAddr,
ttdpCstCnt, ttdpCstTableIdx,
            ttdpCstUuid,          ttdpCstOrientation,          ttdpCstCnCnt,          ttdpCstEtbnCnt,
ttdpCstCnTableIdx,
            ttdpCnType,          ttdpCnId,          ttdpSubnetId,          ttdpSubnetIpAddr,
ttdpSubnetIpMask,
            ttdpCnEtbnTableIdx,          ttdpCnEtbnId,          ttdpEtbnTopoCntValid,
ttdpEtbnTopoCnt, ttdpConfiguredPhysLinesNb,
            ttdpActivePhysLinesNb,          ttdpPhysicalLinesIdx,          ttdpPeerLineId,
ttdpLineRcvState }
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Mandatory parameters which are to monitor
        the status of TTDP on an ETBN."
    ::= { ttdpConformance 2 }

-- 1.0.61375.2.5.2.3
ttdpStatsGroup OBJECT-GROUP
    OBJECTS { ttdpHelloSentFrames,          ttdpHelloReceivedFrames,
ttdpRemoteFastModeCnt, ttdpLocalFastModeCnt, ttdpTopoSentFrames,
            ttdpTopoReceivedFrames }
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Parameters which are optional to monitor
        the status of TTDP on an ETBN (statistics)."
    ::= { ttdpConformance 3 }

-- 1.0.61375.2.5.2.4
ttdpBasicCompliance MODULE-COMPLIANCE
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Basic implementation requirements for TTDP monitoring support.
        The agent shall support the monitoring of mandatory parameters."
    MODULE -- this module
        MANDATORY-GROUPS { ttdpBasicGroup }
    ::= { ttdpConformance 4 }

```

```

-- 1.0.61375.2.5.2.5
ttdpStatsCompliance MODULE-COMPLIANCE
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Optional implementation requirements for TTDP monitoring
support.
        The agent shall support the monitoring of statistics parameters."
    MODULE -- this module
        MANDATORY-GROUPS { ttdpStatsGroup }
    ::= { ttdpConformance 5 }

END

--
--
--

```

Bibliography

The table below summarizes IETF Request For Comments (RFC) used in this standard.

RFC references

Reference	Subject	Source
IETF RFC 768	User Datagram Protocol (UDP)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc768/
IETF RFC 791	Internet Protocol (IP)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc791/
IETF RFC 792	Internet Control Message Protocol (ICMP)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc792/
IETF RFC 793	Transmission Control Protocol (TCP)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc793/
IETF RFC 826	Ethernet Address Resolution Protocol (ARP)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc826/
IETF RFC 1033	Domain administrators operations guide	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc1033/
IETF RFC 1035	Domain names – implementation and specification	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc1035/
IETF RFC 1178	Choosing a name for your computer	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc1178/
IETF RFC 1213	Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets:MIB-II	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc1213/
IETF RFC 1519	Classless Inter-Domain Routing (CIDR): an Address Assignment and Aggregation Strategy	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc1519/
IETF RFC 1597	Address Allocation for Private Internets	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc1597/
IETF RFC 1901	Introduction to Community-based SNMPv2	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc1901/
IETF RFC 1905	Protocol Operations for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc1905/
IETF RFC 1906	Transport Mappings for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc1906/
IETF RFC 2236	Internet Group Management Protocol, Version 2 (IGMP)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc2236/
IETF RFC 2544	Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc2544/
IETF RFC 2365	Administratively Scoped IP Multicast	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc2365/
IETF RFC 2474	Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc2474/
IETF RFC 2787	Definitions of Managed Objects for the Virtual Router Redundancy Protocol	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc2787/
IETF RFC 2863	The Interfaces Group MIB	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc2863/
IETF RFC 3046	DHCP Relay Agent Information Option	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc3046/
IETF RFC 4122	A Universally Unique Identifier (UUID) URN Namespace	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc4122/

Other references

IEC 60571, *Railway applications – Electronic equipment used on rolling stock*

IEC 61375-2-1:2012, *Electronic railway equipment – Train communication network (TCN) – Part 2-1: Wire Train Bus (WTB)*

IEC 61784-2, *Industrial communication networks – Profiles – Part 2: Additional fieldbus profiles for real-time networks based on ISO/IEC 8802-3*

IEC 61918, *Industrial communication networks – Installation of communication networks in industrial premises*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	127
INTRODUCTION.....	129
1 Domaine d'application.....	130
2 Références normatives	130
3 Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	131
3.1 Termes et définitions	131
3.2 Symboles et abréviations	136
3.3 Conventions.....	137
3.3.1 Base des valeurs numériques.....	137
3.3.2 Conventions d'appellation	137
3.3.3 Conventions de diagramme d'état.....	138
3.3.4 Annotation des structures des données	138
4 Couche physique ETB	138
4.1 Régions de train.....	138
4.2 Caractéristiques physiques.....	139
4.2.1 Généralités	139
4.2.2 Couche physique intravoitures.....	139
4.2.3 Couche physique intervoitures.....	141
4.2.4 Couche physique interrames	144
4.3 Alimentation par Ethernet (PoE)	149
4.4 Architecture et redondance physiques ETB.....	151
4.4.1 Généralités	151
4.4.2 Architecture d'agrégation de liaisons	151
4.4.3 Fonctions.....	153
5 Couche de liaison de données ETB.....	154
6 Couche de réseau ETB: définition des sous-réseaux IPv4	156
6.1 Généralités	156
6.2 Introduction de la mise en correspondance d'adresses IP	157
6.3 Topologie.....	157
6.3.1 Généralités	157
6.3.2 Rame non modifiable	158
6.4 Mise en correspondance d'adresses IP de réseau.....	159
6.4.1 Espace d'adressage IPv4 global.....	159
6.4.2 Définition d'un sous-réseau de train.....	159
6.4.3 Synthèse des mises en correspondance d'adresses IP de train	164
6.4.4 Adresses de groupe IP de train (multidiffusion)	164
6.5 Adresses IP d'hôtes particuliers.....	165
6.5.1 ETBN (Nœud de Réseau Central de Train Ethernet)	165
6.5.2 Hôtes sur le sous-réseau de train	166
6.5.3 Hôte à l'intérieur d'une rame non modifiable	167
6.6 Exemples de cas pratiques.....	170
6.7 Gestion de routage IP dynamique.....	173
6.7.1 Itinéraires de monodiffusion	173
6.7.2 Itinéraires de multidiffusion	173
7 Couche transport ETB	175
8 Inauguration de train ETB: TTDP	175

8.1	Teneur du présent article.....	175
8.2	Objectifs et hypothèses	175
8.2.1	Buts.....	175
8.2.2	Hors du domaine d'application.....	176
8.2.3	Hypothèses.....	177
8.3	Paramètres ETBN	178
8.3.1	États des ports de commutation ETB	178
8.3.2	Paramètres de nœuds.....	178
8.4	Comportement général	180
8.5	Diagramme d'état d'inauguration ETBN.....	181
8.5.1	Généralités	181
8.5.2	Actions	183
8.5.3	Transitions.....	184
8.6	Découverte d'homologues ETBN	185
8.6.1	Détection d'homologues internes	185
8.6.2	Détection d'homologues externes	186
8.6.3	Traitement des états de port de commutation.....	186
8.6.4	États des lignes ETB.....	188
8.7	Description des messages TTDP	189
8.7.1	Généralités	189
8.7.2	Conventions.....	189
8.7.3	Balisage des trames TTDP	190
8.7.4	Transport et adressage	190
8.7.5	Trame TTDP HELLO	190
8.7.6	Trame TTDP TOPOLOGY	197
8.8	Structures de données TTDP.....	204
8.8.1	Vecteur de connectivité	204
8.8.2	Vecteur ETBN	205
8.8.3	Table de connectivité	205
8.8.4	CRC de table de connectivité	206
8.8.5	Répertoire de réseau de train.....	207
8.8.6	CRC de répertoire de réseau de train (compteur de topologie)	209
8.8.7	Topologie corrigée	209
8.9	Synchronisation des trames TTDP	210
8.9.1	TTDP HELLO	210
8.9.2	Trames TTDP TOPOLOGY.....	214
8.10	Interface d'application de train pour inauguration	216
8.11	Modes dégradés	216
8.11.1	Insertion tardive d'un nœud ETBN	216
8.11.2	Perte de nœud ETBN	217
8.11.3	Défaillance d'un nœud ETBN terminal et compteur de topologie partielle....	217
8.12	Synchronisation de découverte.....	219
8.12.1	Réveil de nœud ETBN.....	219
8.12.2	Défaillance de nœud ETBN	220
8.12.3	Attelage des rames	221
9	Redondance de nœuds ETBN sur le réseau ETB.....	222
10	Convention d'appellation de train physique ETB (facultatif)	223
10.1	Généralités	223
10.2	Domaine de train ETB	224

10.3	Nom d'hôte	225
11	Qualité de service ETB	225
11.1	Teneur du présent article.....	225
11.2	Acheminement des trames	225
11.2.1	Vitesse de commutation ETBN	225
11.2.2	Absence de blocage de tête de ligne	225
11.2.3	Priorités de commutation.....	225
11.2.4	Système de mise en file d'attente de la commutation	226
11.3	Priorité des trames d'inauguration	226
11.4	Limitation du taux d'injection ETB.....	226
11.5	Mise en forme du taux de sortie ETB	227
11.6	Classes de données ETB	227
12	Gestion et surveillance ETB	227
13	Interface d'application ETB	227
13.1	Teneur du présent article.....	227
13.2	Modèle de communication abstrait.....	228
13.3	Données de processus ETB et protocoles de données de messagerie	228
13.4	Transparence du protocole ETB	228
13.5	Interfaces ETBN.....	229
13.5.1	Application.....	229
13.5.2	Maintenance et surveillance	229
14	Déclaration de conformité ETB.....	230
	Annexe A (normative) Synthèse des paramètres de dimensionnement d'un réseau ETB	231
	Annexe B (normative) Algorithme de construction de topologie physique.....	232
	Annexe C (normative) Définition de la base TTDP MIB	236
	Bibliographie	256
	Figure 1 – Régions de train ETB	138
	Figure 2 – Interface intervoitures ETB avec potentiel identique	143
	Figure 3 – Interface intervoitures ETB avec potentiel différent.....	144
	Figure 4 – Inversement des rames ETB.....	147
	Figure 5 – Segment interrames ETB.....	148
	Figure 6 – Cas pratique d'utilisation de PSE de PoE sur des ETBN	149
	Figure 7 – Cas pratique d'utilisation de PD de PoE sur des ETBN.....	149
	Figure 8 – PoE dans une interface interrames	150
	Figure 9 – Forme alternative A PSE de PoE	150
	Figure 10 – Architecture de réseau central de train redondant	151
	Figure 11 – Modèle d'agrégation de liaisons	152
	Figure 12 – Groupe d'agrégation de liaisons.....	153
	Figure 13 – Conversations par LAG.....	154
	Figure 14 – Topologie de rames hiérarchique	158
	Figure 15 – Rame non modifiable	159
	Figure 16 – "Identifiant de sous-réseau" avec réseau de rame unique	161
	Figure 17 – "Identifiant de sous-réseau" avec deux réseaux de rame unique	162
	Figure 18 – Réseaux de rames multiples, sans tolérance aux pannes	162

Figure 19 – «Identifiant de sous-réseau» avec redondance ETBN.....	163
Figure 20 – "Identifiant de sous-réseau" dans des rames multiples avec redondance ETBN	163
Figure 21 – Synthèse des espaces d'adressage de train IP.....	164
Figure 22 – Exemple d'adressage relatif.....	169
Figure 23 – Train composé d'un réseau de rame unique	170
Figure 24 – Train composé de deux réseaux de rame unique.....	171
Figure 25 – Train composé d'un réseau de rame unique avec redondance ETBN	171
Figure 26 – Train composé de deux réseaux de rames avec redondance ETBN	172
Figure 27 – Train avec deux réseaux de rames avec rame unique.....	173
Figure 28 – Référence de nœud supérieur ETBN.....	176
Figure 29 – Capacité d'orientation des nœuds ETBN	177
Figure 30 – Commutateur ETB avec paramètre de dérivation passif.....	179
Figure 31 – Commutateur ETB avec paramètre intermédiaire.....	179
Figure 32 – Commutateur ETB avec paramètre de nœud terminal.....	180
Figure 33 – Diagramme d'état d'inauguration ETBN.....	182
Figure 34 – Diagramme d'états de port de commutation.....	187
Figure 35 – Diagramme d'état de ligne physique ETBN.....	188
Figure 36 – Structure de LLDPDU de la trame TTDP HELLO	191
Figure 37 – Structure de paramètre TLV spécifique à l'organisation LLDP.....	192
Figure 38 – Structure de trame TTDP HELLO	196
Figure 39 – Structure de paramètre TLV HELLO spécifique au TTDP	197
Figure 40 – Structure de trame TTDP TOPOLOGY	202
Figure 41 – Structure de paramètre TLV ETB spécifique à la trame TTDP TOPOLOGY	203
Figure 42 – Structure de paramètre TLV CN spécifique à la trame TTDP TOPOLOGY	204
Figure 43 – Exemple de composition de train pour répertoire TNDiR	209
Figure 44 – Synchronisation du mode normal et de la reprise TTDP HELLO.....	212
Figure 45 – Synchronisation de la défaillance TTDP HELLO	214
Figure 46 – Traitement des trames TTDP TOPOLOGY	215
Figure 47 – Synchronisation du réveil de nœuds ETBN TTDP	219
Figure 48 – Synchronisation de la défaillance de nœuds ETBN TTDP	220
Figure 49 – Synchronisation de l'attelage de rames TTDP	221
Figure 50 – Exemple de table de routage IP ETBN sans redondance	222
Figure 51 – Exemple de table de routage IP ETBN avec redondance	223
Figure 52 – Définition du domaine de train ETB.....	224
Figure 53 – Modèle de communication abstrait pour la communication ETB	228
Figure B.1 – Construction d'une topologie physique.....	233
Figure C.1 – Arborescence de la base TTDP MIB	238
Tableau 1 – Interface de couche physique intravoitures ETB	139
Tableau 2 – Interface de couche physique intervoitures ETB	141
Tableau 3 – Interface de couche physique interrames ETB	145
Tableau 4 – Interface de couche de liaison de données du commutateur ETB	155

Tableau 5 – Couche de réseau OSI ETB	156
Tableau 6 – Définition d'un sous-réseau de train	160
Tableau 7 – Décomposition d'un sous-réseau de train	160
Tableau 8 – Plage réservée d'adresses de groupe IP de train	165
Tableau 9 – Adresse IP de nœuds ETBN, sur réseau ETB	166
Tableau 10 – IP Hôtes sur le sous-réseau de train.....	167
Tableau 11 – Interface commune ED d'application.....	175
Tableau 12 – États des ports de commutation ETB	178
Tableau 13 – Adresses MAC de destination TTDP	190
Tableau 14 – Vecteur de connectivité	204
Tableau 15 – Champs de vecteur de connectivité	205
Tableau 16 – Vecteur ETBN.....	205
Tableau 17 – Champs de vecteur ETBN	205
Tableau 18 – Table de connectivité	206
Tableau 19 – Champs de la table de connectivité	206
Tableau 20 – Répertoire de réseau de train.....	207
Tableau 21 – Champs du répertoire de réseau de train.....	207
Tableau 22 – Répertoire de réseau de train (exemple).....	209
Tableau 23 – Mise en correspondance des champs DSCP.....	226
Tableau 24 – Priorités de commutation ETB	226
Tableau 25 – Objet «découverte de la topologie du train»	229
Tableau A.1 – Paramètres de dimensionnement de réseau ETB	231

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MATÉRIEL ÉLECTRONIQUE FERROVIAIRE –
RÉSEAU EMBARQUÉ DE TRAIN (TCN) –****Partie 2-5: Réseau central de train Ethernet****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 61375-2-5 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
9/1933/FDIS	9/1961/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

L'IEC 61375-2-5 définit le réseau central de train Ethernet permettant d'obtenir l'interopérabilité entre les rames de différents types couplées dans la même composition de train.

La norme suit le modèle ISO-OSI et spécifie la pile de protocoles dans son ensemble, de la couche physique jusqu'à la couche application.

Un pro forma de déclaration de conformité d'une mise en œuvre de Protocole (PICS) permet aux fournisseurs de déclarer leur conformité à la présente norme. La spécification du pro forma PICS et l'essai de conformité associé ne relèvent pas du domaine d'application de la présente norme.

MATÉRIEL ÉLECTRONIQUE FERROVIAIRE – RÉSEAU EMBARQUÉ DE TRAIN (TCN) –

Partie 2-5: Réseau central de train Ethernet

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61375 définit les exigences de réseau central de train Ethernet (ETB) pour satisfaire au système de communication de données d'un train à composition variable, basé sur la technologie Ethernet.

Le respect de la présente norme assure l'interopérabilité entre les sous-réseaux de rames locales, quelle que soit la technologie de réseau de rame (voir l'IEC 61375-1 pour plus de détails).

Il convient que toutes les définitions portant sur les réseaux de rames tiennent compte de la présente norme afin de préserver l'interopérabilité.

La présente norme peut également s'appliquer aux rames non modifiables et aux trains de rames multiples après accord entre acheteur et fournisseur.

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 61076-2-101:2012, *Connecteurs pour équipements électroniques – Exigences de produit – Partie 2-101: Connecteurs circulaires – Spécification particulière pour les connecteurs M12 à vis*

IEC 61156 (toutes les parties), *Câbles multiconducteurs à paires symétriques et quartes pour transmissions numériques*

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

IEC 61156-5, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 5: Symmetrical pair/quad cables with transmission characteristics up to 1 000 MHz – Horizontal floor wiring – Sectional specification* (disponible en anglais seulement)

IEC 61375-1:2012, *Matériel électronique ferroviaire – Réseau embarqué de train (TCN) – Partie 1: Architecture générale*

IEC 61375-2-3, *Matériel électronique ferroviaire – Réseau embarqué de train (TCN) – Partie 2-3: Profil de communication TCN* (à publier)

IEC 61375-3-4, *Matériel électronique ferroviaire – Réseau embarqué de train (TCN) – Partie 3-4: Réseau Ethernet de Rame (ECN)*

IEC 62236-3-2, *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique – Partie 3-2: Matériel roulant – Appareils*

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

ISO/IEC 8824 (toutes les parties), *Technologies de l'information – Notation de syntaxe abstraite numéro un (ASN.1)*

ISO/IEC 9646 (toutes les parties), *Technologies de l'information – Interconnexion de systèmes ouverts (OSI) – Cadre général et méthodologie des tests de conformité*

ISO/IEC 11801:2002, *Information technology – Generic cabling for customer premises* (disponible en anglais seulement)

IEEE 802.1AB, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Station and Media Access Control Connectivity Discovery*

IEEE 802.1AX:2008, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Link Aggregation*

IEEE 802.1D:2012, *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 802.2, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 2: Logical Link Control*

IEEE 802.3:2012, *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 suivants s'appliquent.

3.1.1

couche application

couche supérieure du modèle OSI en interface directe avec l'application

3.1.2

processus d'application

élément d'un système ouvert réel qui effectue le traitement de l'information pour une application particulière

3.1.3

pont

dispositif qui stocke et retransmet les trames d'un bus à l'autre en fonction de leurs adresses de couche liaison

3.1.4

diffusion

transmission quasi simultanée des mêmes informations vers plusieurs destinataires

Note 1 à l'article: La diffusion sur TCN n'est pas considérée comme fiable, c'est-à-dire que certains destinataires peuvent recevoir les informations et d'autres pas.

3.1.5

bus

support de communication qui diffuse la même information quasiment au même instant à tous les équipements concernés, ce qui permet à tous les systèmes d'avoir une vue identique de son état, au moins dans le cas d'un arbitrage

3.1.6

rame non modifiable

train composé d'une rame ou d'un ensemble de rames, dont la composition n'est pas modifiée en exploitation normale, par exemple, métros, trains suburbains ou rames à grande vitesse

3.1.7

dispositifs de communication

dispositifs reliés au réseau de rame ou au réseau central de train avec la capacité d'émettre ou de recevoir des données

3.1.8

composition

nombre et caractéristiques des véhicules composant un train

3.1.9

configuration

définition de la topologie d'un réseau, des dispositifs qui lui sont connectés, de leurs capacités et du trafic qu'ils génèrent. Par extension, l'opération consistant à charger dans les dispositifs les informations de configuration de façon préalable à leur passage en mode opérationnel

3.1.10

rame

véhicule unique ou groupe de véhicules qui ne sont pas séparés en exploitation normale. Une rame contient aucun, un seul ou plusieurs réseaux de rame

3.1.11

réseau de rame

CN

réseau de communication reliant des dispositifs de communication dans une rame

Note 1 à l'article: L'abréviation "CN" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Consist Network".

3.1.12

dispositif terminal

ED

entité reliée à un réseau de rame ou à un ensemble de réseaux de rame préparé pour des raisons de redondance

Note 1 à l'article: L'abréviation "ED" est dérivée du terme anglais développé correspondant "End Device".

3.1.13

nœud terminal

nœud d'extrémité du réseau central de train

3.1.14**fonction**

processus d'application qui échange des messages avec un autre processus d'application

3.1.15**passerelle**

liaison entre différentes technologies de communication

3.1.16**adresse de groupe**

adresse d'un groupe de multidiffusion auquel appartient un dispositif

3.1.17**hôte**

toute entité adressable reliée au réseau: dispositifs terminaux, dispositifs réseau, etc.

3.1.18**inauguration**

opération entreprise en cas de modification de la configuration, qui donne à tous les nœuds du réseau central de train leur adresse, leur orientation et les informations concernant tous les nœuds nommés présents sur le même réseau central

3.1.19**intégrité**

capacité d'un système à reconnaître et à éliminer des données erronées en cas de dysfonctionnement de ses éléments constitutifs

3.1.20**nœud intermédiaire**

nœud qui établit la continuité entre deux sections de bus qui lui sont connectées, mais qui n'assure pas leur terminaison

3.1.21**topologie linéaire**

topologie de liaison en série des nœuds selon laquelle deux nœuds sont reliés chacun à un seul autre nœud, les nœuds restants étant tous reliés à deux autres nœuds (c'est-à-dire reliés sous la forme d'une ligne)

3.1.22**réseau local**

portion d'un réseau caractérisée par un mode unique d'accès et par un espace d'adressage unique

3.1.23**contrôle d'accès au support**

sous-couche de la couche liaison qui contrôle l'accès au support (arbitrage, transfert de maîtrise, interrogation)

3.1.24**support**

support physique de propagation du signal: câbles électriques, fibres optiques, etc.

3.1.25**message**

donnée transmise en un ou plusieurs paquets

3.1.26

rame mobile

partie d'un train dont l'adressage doit s'effectuer uniquement du sol. Une rame mobile fournit une passerelle de communication mobile active pour les communications train-sol

3.1.27

multidiffusion

transmission du même message à un groupe de destinataires identifiés par leur adresse de groupe

Note 1 à l'article: Le terme «multidiffusion» est utilisé même si le groupe comprend tous les destinataires.

3.1.28

réseau

ensemble de différents systèmes possibles de communication qui échangent des informations selon un moyen communément accepté

3.1.29

adresse réseau

adresse qui identifie un dispositif de communication sur une couche réseau

3.1.30

dispositif réseau

ND

composants utilisés pour la configuration de réseaux de rame et de réseaux de trains

Note 1 à l'article: Il peut s'agir de composants passifs tels que des câbles ou des connecteurs, de composants actifs non gérés tels que des répéteurs, des convertisseurs de supports ou des commutateurs (non gérés), ou de composants actifs gérés tels que des passerelles, des routeurs et des commutateurs (gérés).

Note 2 à l'article: L'abréviation "ND" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Network Device".

3.1.31

couche réseau

couche du modèle OSI assurant le routage entre les différents bus

3.1.32

gestion de réseau

opérations nécessaires à la configuration, la surveillance, le diagnostic et la maintenance à distance du réseau

3.1.33

nœud

dispositif placé sur le réseau central de train, pouvant servir de passerelle entre le réseau central de train et le réseau de rame

3.1.34

train à composition variable

train composé d'un ensemble de rames, dont la composition peut changer en exploitation normale, comme par exemple, les trains internationaux

3.1.35

opérateur

entreprise ou organisme dont l'activité consiste à exploiter des trains

3.1.36

paquet

unité de message (information, acquittement ou commande) transmise sur la couche réseau ou la couche transport par des protocoles

3.1.37**récepteur**

dispositif électronique qui peut recevoir des signaux en provenance du support physique

3.1.38**répéteur**

interconnexion entre segments de bus au niveau de la couche physique permettant une extension du bus au-delà des limites permises par des composants passifs

Note 1 à l'article: Les segments interconnectés fonctionnent à la même vitesse et selon le même protocole. Le retard introduit par un répéteur est de l'ordre d'un temps de bit.

3.1.39**routeur**

interconnexion entre deux bus au niveau de la couche réseau, le transfert de datagrammes d'un bus sur l'autre s'effectuant sur la base de leur adresse réseau

3.1.40**service**

capacités et moyens d'un sous-système (une couche de communication, par exemple) offerts à un utilisateur

3.1.41**commutateur**

pont MAC tel que défini dans l'IEEE 802.1D

3.1.42**topologie**

interconnexion de câbles et nombre de dispositifs éventuels dans un réseau donné

3.1.43**compteur de topologie**

compteur dans un nœud donné qui, à chaque Inauguration, mémorise le CRC du répertoire de réseau de train

3.1.44**réseau embarqué de train**

réseau de communication de données permettant de connecter des équipements électroniques programmables embarqués sur des véhicules ferroviaires

3.1.45**réseau central de train**

bus connectant les véhicules d'un train et qui est conforme aux protocoles TCN

3.1.46**nœud de réseau central de train**

dispositif de nœud sur le réseau central de train qui reçoit un numéro de nœud de réseau central de train lors de l'inauguration. Un nœud de réseau central de train peut être utilisé pour relier un dispositif terminal ou un réseau de rame au réseau central de train

3.1.47**numéro de nœud de réseau central de train****adresse de nœud****numéro de nœud**

numéro attribué à chaque nœud de réseau central de train actif lors de l'inauguration, qui indique la position du nœud de réseau central de train sur ledit réseau

3.1.48

couche transport

couche du modèle OSI responsable du contrôle de flux de bout en bout et de la reprise sur erreur

3.2 Symboles et abréviations

CAN	Réseau local de contrôle (de l'anglais <i>Controller Area Network</i>)
CCTV	Télévision en circuit fermé (de l'anglais <i>Closed Circuit Television</i>)
CIDR	Routage interdomaines sans classe (de l'anglais <i>Classless Inter Domain Routing</i>)
CN	Réseau de rame (de l'anglais <i>Consist Network</i>)
CRC	Contrôle de redondance cyclique
CSTINFO	Informations de rame (de l'anglais <i>ConSisT INfOrMation</i>)
CstUUID	Identifiant unique universel de rame (de l'anglais <i>Consist Universally Unique Identifier</i>)
DHCP	Protocole de configuration dynamique de l'hôte (de l'anglais <i>Dynamic Host Configuration Protocol</i>)
DNS	Système d'adressage par domaine (de l'anglais <i>Domain Name System</i>)
ECN	Réseau de rame Ethernet (de l'anglais <i>Ethernet Consist Network</i>)
ED	Dispositif terminal (de l'anglais <i>End Device</i>)
CEM	Compatibilité électromagnétique
ETB	Réseau central de train Ethernet (de l'anglais <i>Ethernet Train Backbone</i>)
ETBN	Nœud de réseau central de train Ethernet (de l'anglais <i>Ethernet Train Backbone Node</i>)
FLR	Taux de perte de trames (de l'anglais <i>Frame Loss Rate</i>)
FQDN	Nom de domaine complet (de l'anglais <i>Fully Qualified Domain Name</i>)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF	Groupe IETF (de l'anglais <i>Internet Engineering Task Force</i>)
IP	Protocole Internet (de l'anglais <i>Internet Protocol</i>)
LACP	Protocole de contrôle d'agrégation de liaisons (de l'anglais <i>Link Aggregation Control Protocol</i>)
LAG	Groupe d'agrégation de liaisons (de l'anglais <i>Link Aggregation Group</i>)
LLDP	Protocole de découverte de couche de liaison (de l'anglais <i>Link Layer Discovery Protocol</i>)
LLDPDU	Unité de données LLDP (de l'anglais <i>Link Layer Discovery Protocol Data Unit</i>)
MAC	Contrôle d'accès au support (de l'anglais <i>Medium Access Control</i>)
MCG	Passerelle de communication mobile (de l'anglais <i>Mobile Communication Gateway</i>)
MDI	Interface dépendant des supports (de l'anglais <i>Media Dependent Interface</i>)
MTU	Unité de transmission maximale (de l'anglais <i>Maximum Transmission Unit</i>)
MVB	Bus de véhicule multifonctions (de l'anglais <i>Multifunction Vehicle Bus</i>)
NAT	Traduction d'adresse réseau (de l'anglais <i>Network Address Translation</i>)
ND	Dispositif réseau (de l'anglais <i>Network Device</i>)
NTP	Protocole de synchronisation du réseau (de l'anglais <i>Network Time Protocol</i>)
OSI	Interconnexion de systèmes ouverts (<i>Open Systems Interconnection</i>)
PCS	Sous-couche de codage physique (de l'anglais <i>Physical Coding Sublayer</i>)
PD	Dispositif alimenté (de l'anglais <i>Powered Device</i>) (équivalent à PoE)

PD/MD	Données processus/données message (de l'anglais <i>Process Data/Message Data</i>)
PICS	Déclaration de conformité d'une mise en œuvre de protocole (de l'anglais <i>Protocol Implementation Conformance Statement</i>)
PMA	Fixation du support physique (de l'anglais <i>Physical Medium Attachment</i>)
PMD	Dépendant du support physique (de l'anglais <i>Physical Medium Dependent</i>)
PoE	Alimentation par Ethernet (de l'anglais <i>Power Over Ethernet</i>)
PSE	Équipement de source d'énergie (de l'anglais <i>Power Source Equipment</i>) (équivalant à PoE)
RFC	Appel à commentaires (de l'anglais <i>Request For Comments</i>)
TBN	Nœud de réseau central de train (de l'anglais <i>Train Backbone Node</i>)
TCMS	Système de commande et de surveillance des trains (de l'anglais <i>Train Control and Monitoring System</i>)
TCN	Réseau embarqué de train (de l'anglais <i>Train Communication Network</i>)
TCP	Protocole de contrôle de transmission (de l'anglais <i>Transport Control Protocol</i>)
TLV	Type/Longueur/Valeur
TNDir	Répertoire de réseau de train (de l'anglais <i>Train Network Directory</i>)
TTDP	Protocole de découverte de la topologie du train (de l'anglais <i>Train Topology Discovery Protocol</i>)
UDP	Protocole de données utilisateur (de l'anglais <i>User Data protocol</i>)
UML	Langage de modélisation unifié (de l'anglais <i>Unified Modeling Language</i>)
VLAN	Réseau local virtuel (de l'anglais <i>Virtual Local Area Network</i>)
WTB	Bus de train filaire (de l'anglais <i>Wire Train Bus</i>)
XML	Langage de balisage extensible (de l'anglais <i>eXtensible Markup Language</i>)

3.3 Conventions

3.3.1 Base des valeurs numériques

La présente norme utilise une représentation décimale pour toutes les valeurs numériques, sauf mention contraire.

Les valeurs analogiques et fractionnaires comportent une virgule.

EXEMPLE La tension est de 20,0 V.

Les valeurs binaires et hexadécimales sont représentées en convention ASN.1 (ISO/IEC 8824).

EXEMPLE Le nombre décimal '20' est codé sur 8 bits = '0001 0100'B = '14'H.

3.3.2 Conventions d'appellation

La première lettre des mots-clés est une majuscule.

Lorsque l'appellation d'un mot-clé est composée, les différentes parties de l'appellation sont séparées par un espace, la première lettre de toutes les parties étant une majuscule.

EXEMPLES «Réseau Central de Train», «Rame», «Réseau de Rame».

La première lettre des paramètres est une majuscule.

Lorsque l'appellation d'un paramètre est composée, les différentes parties de l'appellation ne sont pas séparées par un espace, la première lettre de toutes les parties étant une majuscule.

EXEMPLE "NumberOfConsists".

3.3.3 Conventions de diagramme d'état

Les diagrammes d'état sont définis suivant la notation des machines d'état UML.

3.3.4 Annotation des structures des données

Les structures de données sont définies conformément à la syntaxe ASN.1 de l'ISO. Il est également utilisé un surensemble de l'ASN.1, défini en 6.4 de l'IEC 61375-2-1:2012: "Présentation et codage des données transmises et stockées".

Toutes les données d'une structure sont organisées en format gros-boutiste (octet de poids fort en premier).

4 Couche physique ETB

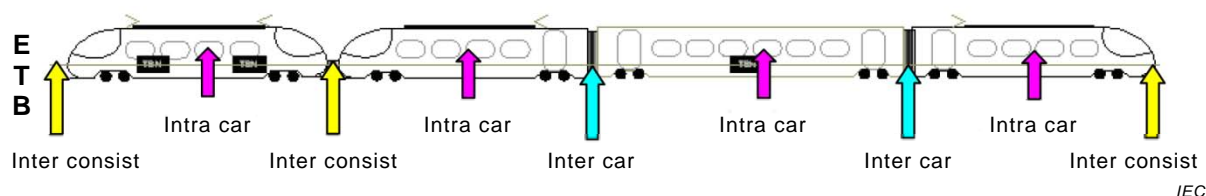
4.1 Régions de train

Le réseau central de train Ethernet utilise les lignes physiques le long du train pour relier les dispositifs réseau actifs entre eux (ETBN, répéteur, etc.). Ces lignes sont également appelées segments physiques et doivent utiliser des composants passifs, tels que des câbles et des connecteurs, dédiés à Ethernet.

Trois régions doivent être différenciées le long du train pour le réseau ETB (voir la Figure 1 ci-dessous):

- **Intravoitures (Intra Car):** Les composants passifs (câblage) et les dispositifs réseau actifs à l'intérieur d'un véhicule (ou d'une locomotive, etc.).
- **Intervoitures (Inter Car):** Composants passifs (câblage) à l'interface entre 2 véhicules. Cette catégorie se rapporte également aux dispositifs réseau actifs facultatifs à l'extérieur du véhicule (tels que le soubassement, etc.).
- **Interrames (Inter Consist):** Composants passifs (câblage) à l'interface entre 2 rames utilisant un coupleur manuel ou un autocoupleur. Cette catégorie se rapporte également aux dispositifs réseau actifs facultatifs à l'extérieur du véhicule.

Ces régions se caractérisent par des contextes et des environnements ferroviaires différents (mécaniques, thermiques, CEM, etc.). Par conséquent, le câblage (câbles et connecteurs) est différent dans ces 3 régions.



Légende

Anglais	Français
Inter consist	Interrames
Intra car	Intravoitures
Inter car	Intervoitures

Figure 1 – Régions de train ETB

4.2 Caractéristiques physiques

4.2.1 Généralités

Les tableaux suivants récapitulent les exigences de couche physique du réseau pour les composants passifs (câbles et connecteurs) et les dispositifs réseau actifs (ETBN, répéteur, etc.) sur les 3 régions définies.

4.2.2 Couche physique intravoitures

Le Tableau 1 ci-dessous définit les exigences de couche physique.

(M: Obligatoire, O: Facultatif, C: Conditionnel, X: Interdit)

Tableau 1 – Interface de couche physique intravoitures ETB (1 de 2)

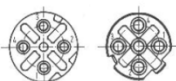
Interface de couche physique intravoitures ETB																							
Couches OSI	Exigences	Type	Description																				
Application	Codage de couche physique, fixation du support et accès dépendant du support 100 BASE TX (PCS, PMA, PMD) pour les câbles en cuivre	M	Conformité à l'IEEE 802.3:2012, Articles 24 et 25																				
Presentation																							
Session																							
Transport																							
Network																							
Data																							
Physical	Mode bidirectionnel simultané	M	Conformité à l'IEEE 802.3:2012, Article 25 Flux de données bidirectionnel simultané sur la double paire TX et RX Ethernet																				
	Autonégociation automatique de couche physique	X	Conformité à l'IEEE 802.3:2012, Article 28 Interdit sur le réseau central de train ETB.																				
	Recouvrement de couche physique	M	Conformité au 25.4.8 de l'IEEE 802.3:2012 Un seul recouvrement doit être effectué sur une ligne entre 2 ports (ETBN, etc.)																				
	Autopolarité / autodétection de couche physique	X	Interdit en raison d'un câblage fixe et solution non normalisée																				
	Relais de dérivation sur les ports ETBN	M	Les ports du réseau central de train font l'objet d'une dérivation en cas de dysfonctionnement du commutateur ETB (par exemple, hors tension)																				
	Alimentation par Ethernet (PoE)	O	Conformité à l'IEEE 802.3:2012, Article 33 Egalement appelée Alimentation de l'équipement terminal de traitement de données (DTE) via une interface dépendant du support (MDI) Prise en charge du mode PSE ou PD Voir 4.3 pour plus de détails																				
	Connecteur pour dispositifs réseau actifs à codage M12 D	M	<p>Contacts gaufrés recommandés</p> <p>Connecteur femelle sur dispositif réseau actif et connecteur mâle sur câble de train</p> <p>Conformité à l'IEC 61076-2-101, qui définit le brochage de sortie:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Signal</th><th>Function</th><th>Cable wire colour</th><th>M12 D-coding contact number</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TD+</td><td>Transmission Data +</td><td>Yellow</td><td>1</td></tr> <tr> <td>TD-</td><td>Transmission Data -</td><td>Orange</td><td>3</td></tr> <tr> <td>RD+</td><td>Receiver Data +</td><td>White</td><td>2</td></tr> <tr> <td>RD-</td><td>Receiver Data -</td><td>Blue</td><td>4</td></tr> </tbody> </table> <p> Female and male connector</p>	Signal	Function	Cable wire colour	M12 D-coding contact number	TD+	Transmission Data +	Yellow	1	TD-	Transmission Data -	Orange	3	RD+	Receiver Data +	White	2	RD-	Receiver Data -	Blue	4
Signal	Function	Cable wire colour	M12 D-coding contact number																				
TD+	Transmission Data +	Yellow	1																				
TD-	Transmission Data -	Orange	3																				
RD+	Receiver Data +	White	2																				
RD-	Receiver Data -	Blue	4																				

Tableau 1 (2 de 2)

Interface de couche physique intravoitures ETB			
Couches OSI	Exigences	Type	Description
	Connecteur pour câblage intérieur (entre parois, armoires, conteneur, etc.)	O	Cellule circulaire Ethernet en quartet. Distribution des brochages de sortie identique au codage M12: TD+: Contact 1, TD-: Contact 3 RD+: Contact 2, RD-: Contact 4
	Câbles CAT5e	M	Conformité à l'ISO/IEC 11801 et à l'IEC 61156-5 Deux paires blindées ou non blindées: Voir les techniques d'écrantage dans l'Article 11 de l'ISO/IEC 11801:2002. Le conducteur doit être composé de brins en cuivre recuit, conformément au 5.2.1 de l'IEC 61156-1:2007, et il convient qu'il ait un diamètre nominal compris entre 0,5 mm et 0,65 mm. Un conducteur d'un diamètre allant jusqu'à 0,8 mm peut être utilisé s'il est compatible avec le matériel de connexion
	Performances du segment	M	Le segment (classe D) comprend des câbles, des connecteurs et des dispositifs d'accès <ul style="list-style-type: none"> En matière de CEM, l'IEC 62236-3-2 concernant l'immunité et l'émission des appareils de matériel roulant; critères d'acceptation de type A: Pendant l'essai, le taux de perte de trames (FLR) doit être inférieur à une valeur de déclenchement. À définir en fonction de l'application. Certification Ethernet conforme à l'ISO/IEC 11801 (catégorie d'essai de conformité) <ul style="list-style-type: none"> Les câbles doivent être conformes à l'Article 9 de l'ISO/IEC 11801:2002 Les connecteurs doivent être conformes à l'Article 10 de l'ISO/IEC 11801:2002; la prise de télécommunication (TO) utilise le type M12 au lieu du connecteur RJ45 Le canal doit être conforme à l'Article 6 de l'ISO/IEC 11801:2002. Le canal comprend des sections de câble, le matériel de connexion, des cordons de délimitation des zones de travail, des cordons d'équipement et des cordons de connexion.

Il est à noter que le tableau ne comporte ni le nombre de connecteurs présents sur un segment physique Ethernet, ni la longueur du câble. Une exigence minimale de performance électrique et de conformité à l'ISO/IEC 11801 est en revanche définie. Cela signifie que les paramètres électriques d'un câblage dépendent non seulement du nombre de connecteurs et de la longueur de câble, mais également de certains paramètres plus complexes tels que le blindage, le type de connecteurs, la qualité du câblage, l'installation, etc. Un concept général de vérification de conformité aux paramètres électriques Ethernet, définis dans l'ISO/IEC 11801, est par conséquent proposé.

Tous les blindages de câbles et connecteurs à l'intérieur d'un véhicule doivent être reliés à la terre mécanique du véhicule. Pour éviter les influences CEM, un blindage de câble doit être relié au connecteur selon un angle circulaire de 360°.

4.2.3 Couche physique intervoitures

4.2.3.1 Généralités

Le Tableau 2 ci-dessous définit les exigences de couche physique.

(M: Obligatoire, O: Facultatif, C: Conditionnel, X: Interdit)

Tableau 2 – Interface de couche physique intervoitures ETB (1 de 2)

Interface de couche physique intervoitures ETB			
Couches OSI	Exigences	Type	Description
Application	Codage de couche physique, fixation du support et accès dépendant du support 100 BASE TX (PCS, PMA, PMD) pour les câbles en cuivre	M	Conformité à l'IEEE 802.3, Articles 24 et 25
Presentation			
Session			
Transport			
Network			
Data			
Physical	Mode bidirectionnel simultané	M	Conformité à l'IEEE 802.3, Article 25 Flux de données bidirectionnel simultané sur la double paire TX et RX Ethernet
	Autonégociation automatique de couche physique	X	Conformité à l'IEEE 802.3, Article 28. Interdit sur le réseau central de train ETB.
	Recouvrement de couche physique	M	Conformité au 25.4.8 de l'IEEE 802.3 Un seul recouvrement doit être effectué sur une ligne entre 2 ports (ETBN, etc.)
	Autopolarité / autodétection de couche physique	X	Interdit en raison d'un câblage fixe, et solution non normalisée
	Alimentation par Ethernet (PoE)	O	IEEE 802.3, Article 33 Egalement appelée Alimentation de l'équipement terminal de traitement de données (DTE) via une interface dépendant du support (MDI) Prise en charge du mode PSE ou PD. Voir 4.3 pour plus de détails.
	Connecteur pour interface intervoitures	O	Connecteur spécifique différent du connecteur M12. Cellule circulaire Ethernet en quartet. Distribution des brochages de sortie identique au codage M12: TD+: Contact 1, TD-: Contact 3 RD+: Contact 2, RD-: Contact 4
	Câbles CAT5e	M	ISO/IEC 11801, IEC 61156 Blindé ou non blindé: voir les techniques d'écrantage (Article 11 de l'ISO/IEC 11801:2002). Le conducteur doit être composé de brins en cuivre recuit, conformément au 5.2.1 de l'IEC 61156-1 et il convient qu'il ait un diamètre nominal compris entre 0,5 mm et 0,65 mm. Un conducteur d'un diamètre allant jusqu'à 0,8 mm peut être utilisé s'il est compatible avec le matériel de connexion

Tableau 2 (2 de 2)

Interface de couche physique intervoitures ETB			
Couches OSI	Exigences	Type	Description
	Performances du segment	M	<p>Le segment (classe D) comprend des câbles, des connecteurs et des dispositifs d'accès</p> <ul style="list-style-type: none"> – En matière de CEM, l'IEC 62236-3-2 concernant l'immunité et l'émission des appareils de matériel roulant; critères d'acceptation de type A: Pendant l'essai, le taux de perte de trames (FLR) doit être inférieur à une valeur de déclenchement. A définir en fonction de l'application. – Certification Ethernet conforme à l'ISO/IEC 11801 (catégorie d'essai de conformité) <ul style="list-style-type: none"> • Les câbles doivent être conformes à l'Article 9 de l'ISO/IEC 11801:2002 • Les connecteurs doivent être conformes à l'Article 10 de l'ISO/IEC 11801:2002; la prise de télécommunication (TO) utilise le connecteur pour interface intervoitures au lieu du connecteur RJ45 • Le canal doit être conforme à l'Article 6 de l'ISO/IEC 11801:2002. <p>Le canal comprend des sections de câble, le matériel de connexion, des cordons de délimitation des zones de travail, des cordons d'équipement et des cordons de connexion.</p>

Il est à noter que le tableau ne comporte ni le nombre de connecteurs présents sur un segment physique Ethernet, ni la longueur du câble. Une exigence minimale de performance électrique et de conformité à l'ISO/IEC 11801 est en revanche définie. Cela signifie que les paramètres électriques d'un câblage dépendent non seulement du nombre de connecteurs et de la longueur de câble, mais également de certains paramètres plus complexes tels que le blindage, le type de connecteurs, la qualité du câblage, l'installation, etc. Un concept général de vérification de conformité aux paramètres électriques Ethernet, définis dans l'ISO/IEC 11801, est par conséquent proposé.

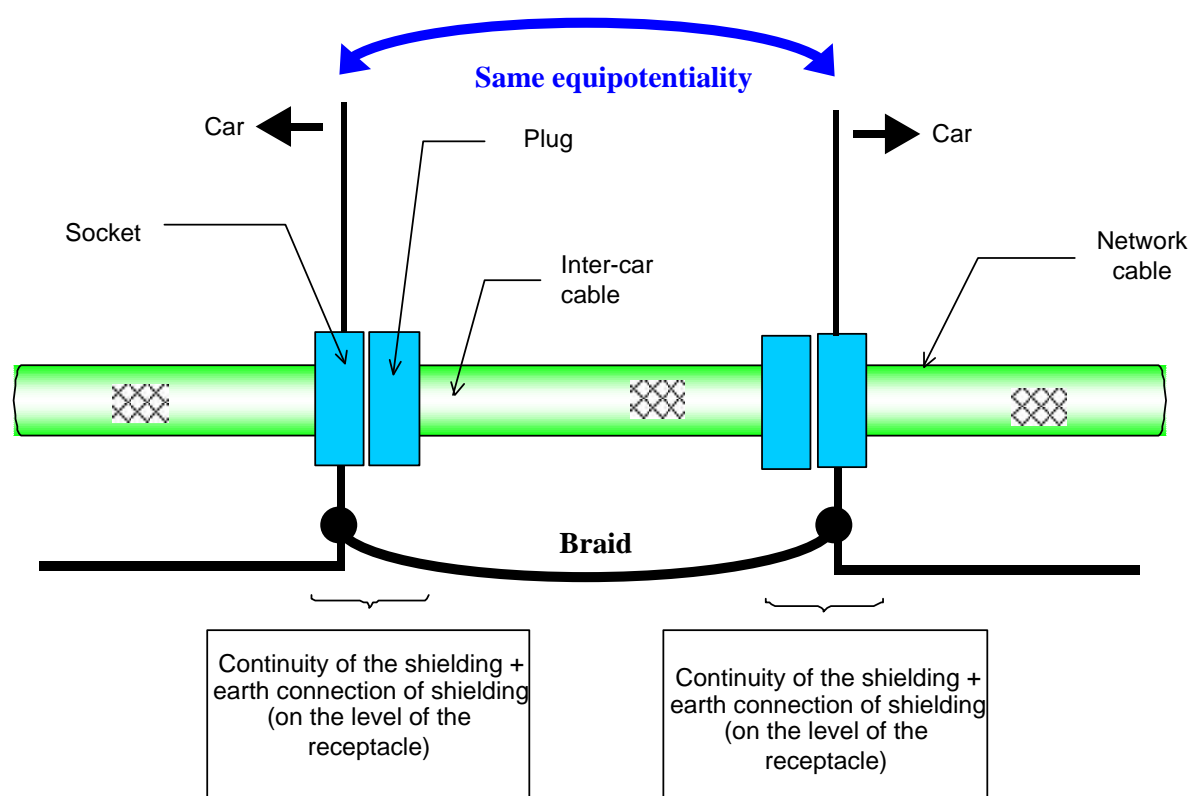
Deux cas pratiques sont à prendre en considération:

- Les deux véhicules adjacents ont un potentiel identique.
- Les deux véhicules adjacents ont un potentiel différent.

4.2.3.2 Interface intervoitures avec potentiel identique

A titre d'information uniquement:

Une tresse relie deux véhicules adjacents qui ont par conséquent un potentiel identique. La continuité du blindage Ethernet peut s'appliquer de la voiture N à la voiture N+1. Dans ce cas, aucune interruption du blindage n'est nécessaire (voir la Figure 2).



IEC

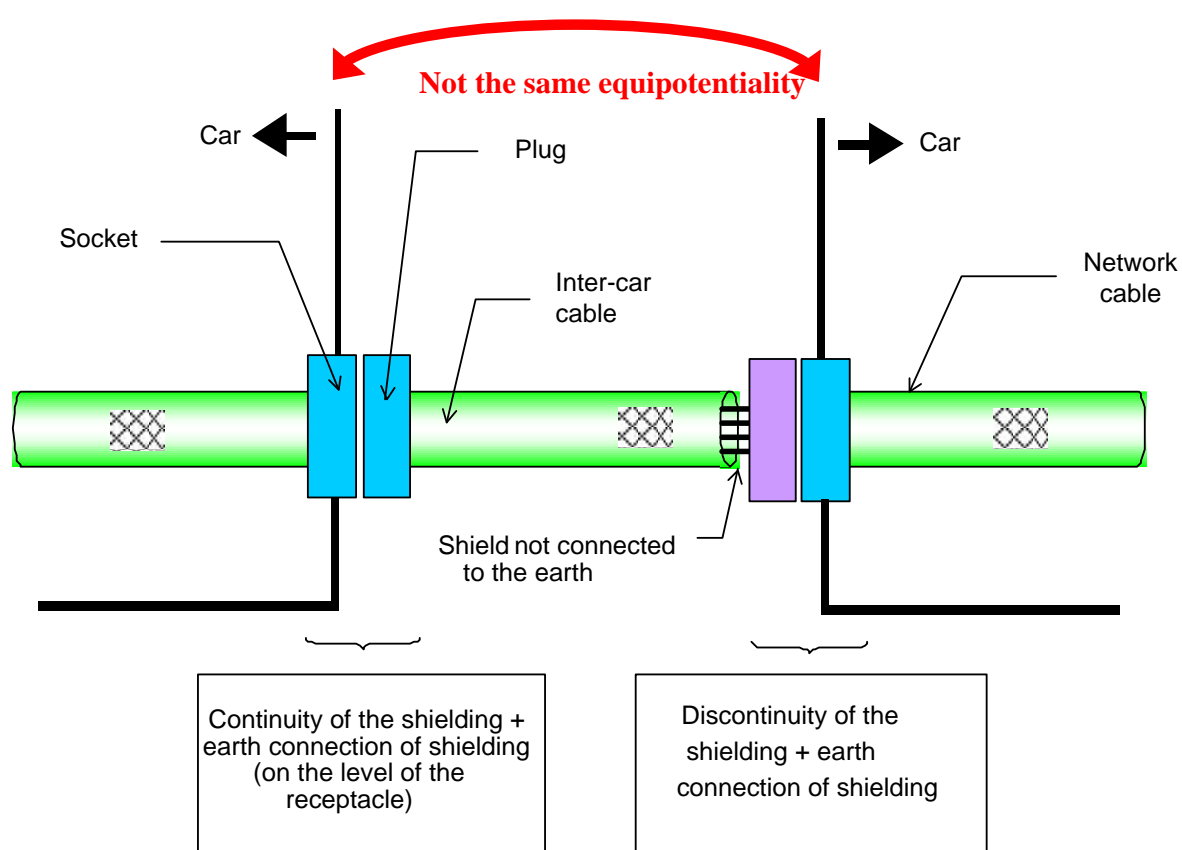
Légende

Anglais	Français
Same equipotentiality	Liaison équipotentielle identique
Car	Voiture
Socket	Prise
Plug	Fiche
Inter-car cable	Câbles intervoitures
Network cable	Câble réseau
braid	Tresse
Continuity of the shielding + earth connection of shielding (on the level of the receptacle)	Continuité du blindage + connexion à la terre du blindage (au niveau du réceptacle)

Figure 2 – Interface intervoitures ETB avec potentiel identique**4.2.3.3 Interface intervoitures avec potentiel différent**

A titre d'information uniquement:

Dans certains cas, l'interface intervoitures ne peut pas avoir un potentiel identique: remise à neuf, etc. L'interruption du blindage de câble Ethernet peut par conséquent être nécessaire pour éviter que le courant tellurique ne s'écoule entre les voitures (voir la Figure 3).



IEC

Légende

Anglais	Français
Not the same equipotentiality	Liaison équipotentielle non identique
Car	Voiture
Plug	Fiche
Socket	Prise
Inter-car cable	Câbles intervoitures
Network cable	Câble réseau
Shield not connected to the earth	Blindage non relié à la terre
Continuity of the shielding – earth connection of shielding (on the level of the receptacle)	Continuité du blindage – connexion à la terre du blindage (au niveau du réceptacle)
Discontinuity of the shielding + earth connection of shielding	Discontinuité du blindage + connexion à la terre du blindage

Figure 3 – Interface intervoitures ETB avec potentiel différent

NOTE La mise en œuvre de la procédure de blindage ne relève pas du domaine d'application de la présente norme.

4.2.4 Couche physique interrames

Le Tableau 3 ci-dessous définit les exigences de couche physique.

(M: Obligatoire, O: Facultatif, C: Conditionnel, X: Interdit)

Tableau 3 – Interface de couche physique interrames ETB (1 de 2)

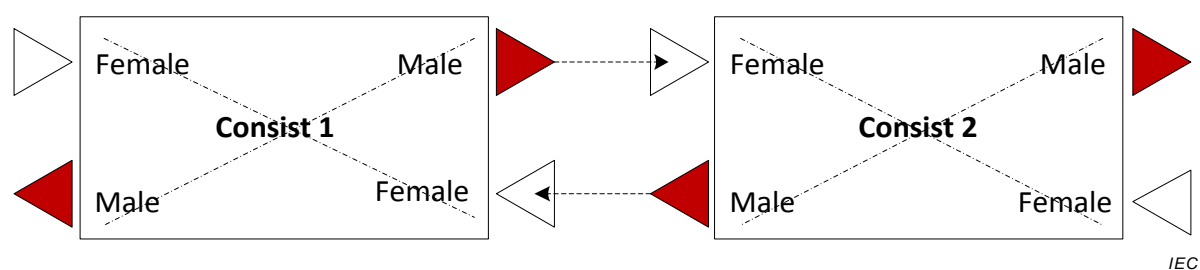
Interface de couche physique interrames ETB			
Couches OSI	Exigences	Type	Description
Application	Codage de couche physique, fixation du support et accès dépendant du support 100 BASE TX (PCS, PMA, PMD) pour les câbles en cuivre	M	Conformité à la norme IEEE 802.3, Articles 24 et 25
Presentation			
Session			
Transport			
Network			
Data			
Physical	Mode bidirectionnel simultané	M	Conformité à la norme IEEE 802.3, Article 25 Flux de données bidirectionnel simultané sur la double paire TX et RX Ethernet
	Autonégociation automatique de couche physique	X	Conformité à la norme IEEE 802.3, Article 28. Interdit sur le réseau central de train ETB.
	Recouvrement de couche physique	M	Conformité au 25.4.8 de l'IEEE 802.3 Un seul recouvrement doit être effectué sur une ligne entre 2 ports (ETBN, etc.) Directement (MDI) sur le côté autocoupleur du connecteur mâle, recouvrement (MDI-X) sur le côté autocoupleur du connecteur femelle
	Autopolarité / autodétection de couche physique	X	Interdit en raison d'un câblage fixe, et solution non normalisée
	Alimentation par Ethernet (PoE)	O	IEEE 802.3, Article 33 Egalement appelée Alimentation de l'équipement terminal de traitement de données (DTE) via une interface dépendant du support (MDI) Prise en charge du mode PSE ou PD. Voir 4.3 pour plus de détails.
	Connecteur pour interface interrames	O	Connecteur spécifique différent du connecteur M12. Cellule circulaire Ethernet en quartet. Distribution des brochages de sortie identique au codage M12: TD+: Contact 1, TD-: Contact 3 RD+: Contact 2, RD-: Contact 4
	Câbles CAT5e	M	ISO/IEC 11801, IEC 61156 Blindé ou non blindé: voir les techniques d'écrantage (Article 11 de l'ISO/IEC 11801:2002). Le conducteur doit être composé de brins en cuivre recuit, conformément au 5.2.1 de l'IEC 61156-1 et il convient qu'il ait un diamètre nominal compris entre 0,5 mm et 0,65 mm. Un conducteur d'un diamètre allant jusqu'à 0,8 mm peut être utilisé s'il est compatible avec le matériel de connexion

Tableau 3 (2 de 2)

Interface de couche physique interrames ETB			
Couches OSI	Exigences	Type	Description
	Performances du segment	M	<p>Le segment (classe D) comprend des câbles, des connecteurs et des dispositifs d'accès</p> <ul style="list-style-type: none"> – En matière de CEM, l'IEC 62236-3-2 concernant l'immunité et l'émission des appareils de matériel roulant; critères d'acceptation de type A: Pendant l'essai, le taux de perte de trames (FLR) doit être inférieur à une valeur de déclenchement. A définir en fonction de l'application. – Certification Ethernet conforme à l'ISO/IEC 11801 (catégorie d'essai de conformité) <ul style="list-style-type: none"> • Les câbles doivent être conformes à l'Article 9 • Les connecteurs doivent être conformes à l'Article 10; la prise de télécommunication (TO) utilise le connecteur pour interface interrames au lieu du connecteur RJ45 • Le canal doit être conforme à l'Article 6 <p>Le canal comprend des sections de câble, le matériel de connexion, des cordons de délimitation des zones de travail, des cordons d'équipement et des cordons de connexion.</p>
	Inversement de l'orientation des rames	C	<p>Fait référence au changement d'orientation d'une rame</p> <p>Afin de tenir compte de la capacité d'inversement des rames, la connexion physique entre deux rames nécessite deux lignes (voir la Figure 4 ci-dessous).</p>

Il est à noter que le tableau n'indique ni le nombre de connecteurs présents sur un segment physique Ethernet, ni la longueur du câble. Une exigence minimale de performance électrique et de conformité à l'ISO/IEC 11801 est en revanche définie. Cela signifie que les paramètres électriques d'un câblage dépendent non seulement du nombre de connecteurs et de la longueur de câble, mais également de certains paramètres plus complexes tels que le blindage, le type de connecteurs, la qualité du câblage, l'installation, etc. Un concept général de vérification de conformité aux paramètres électriques Ethernet, définis dans l'ISO/IEC 11801, est par conséquent proposé.

La Figure 4 ci-dessous illustre les contraintes liées à la connexion d'inversement des rames: les connecteurs doivent être placés aux extrémités des rames avec une symétrie centrale. Lorsque des connecteurs mâles/femelles sont utilisés, ils doivent être placés de manière alternée/inversée et être en nombre pair.

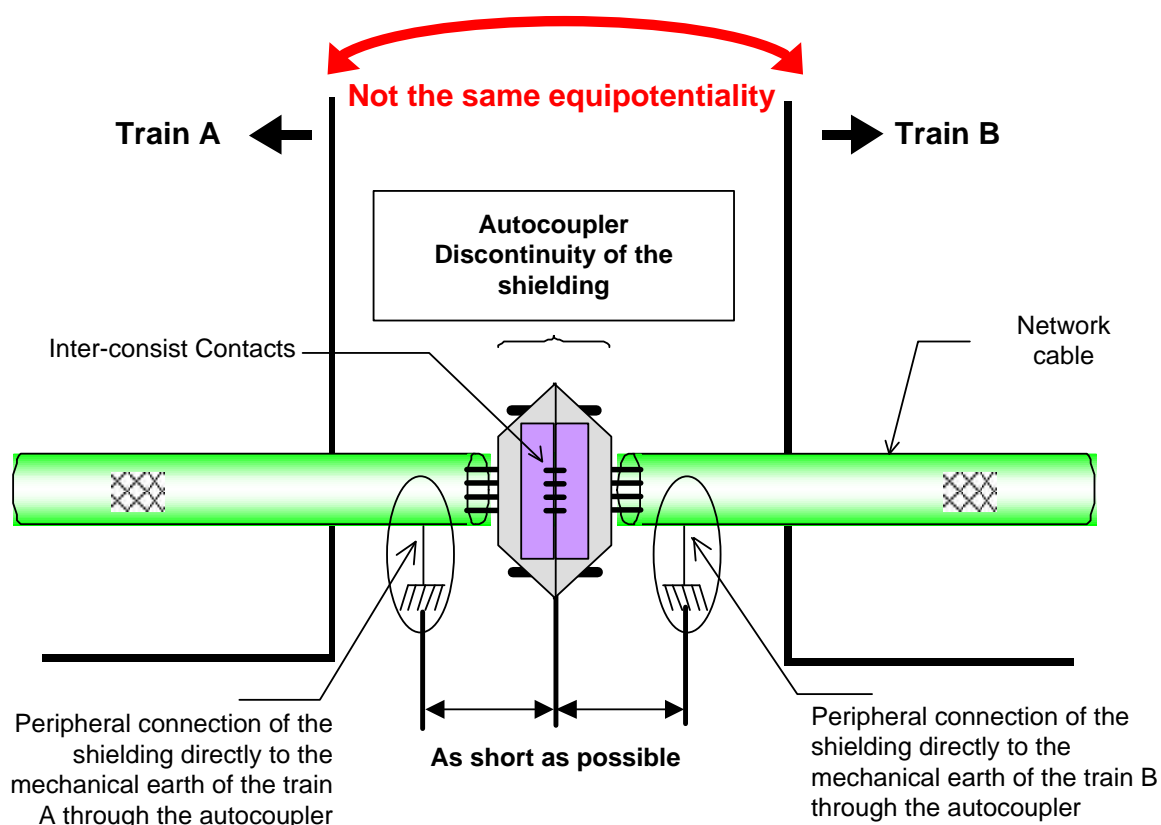
**Légende**

Anglais	Français
Male	Mâle
Female	Femelle
Consist 1	Rame 1
Consist 2	Rame 2

Figure 4 – Inversement des rames ETB

A titre d'information uniquement:

En général, il n'est pas possible de garantir un potentiel identique entre 2 rames. Dans ce cas, l'interruption du blindage de câble Ethernet peut être exigée (voir la Figure 5).



IEC

Légende

Anglais	Français
Not the same equipotentiality	Liaison équipotentielle non identique
Train A	Train A
Train B	Train B
Autocoupler discontinuity of the shielding	Discontinuité de l'autocoupleur du blindage
Inter-consist contacts	Contacts interrames
Network cable	Câble réseau
Peripheral connection of the shielding directly to the mechanical earth of the train A through the autocoupler	Connexion périphérique du blindage directement sur la terre mécanique du train A par l'intermédiaire de l'auto-coupleur
As short as possible	Distance la plus courte possible
Peripheral connection of the shielding directly to the mechanical earth of the train B through the autocoupler	Connexion périphérique du blindage directement sur la terre mécanique du train B par l'intermédiaire de l'autocoupleur

Figure 5 – Segment interrames ETB

NOTE La mise en œuvre de la procédure de blindage ne relève pas du domaine d'application de la présente norme.

4.3 Alimentation par Ethernet (PoE)

La Figure 6 et la Figure 7 illustrent quelques cas pratiques d'application de la PoE sur des ETBN:

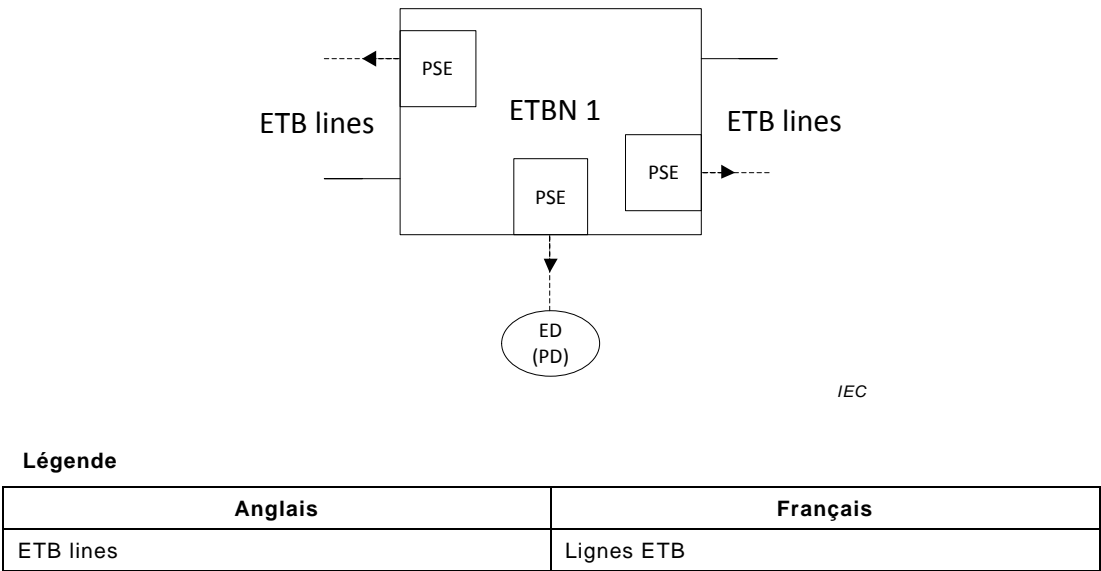


Figure 6 – Cas pratique d'utilisation de PSE de PoE sur des ETBN

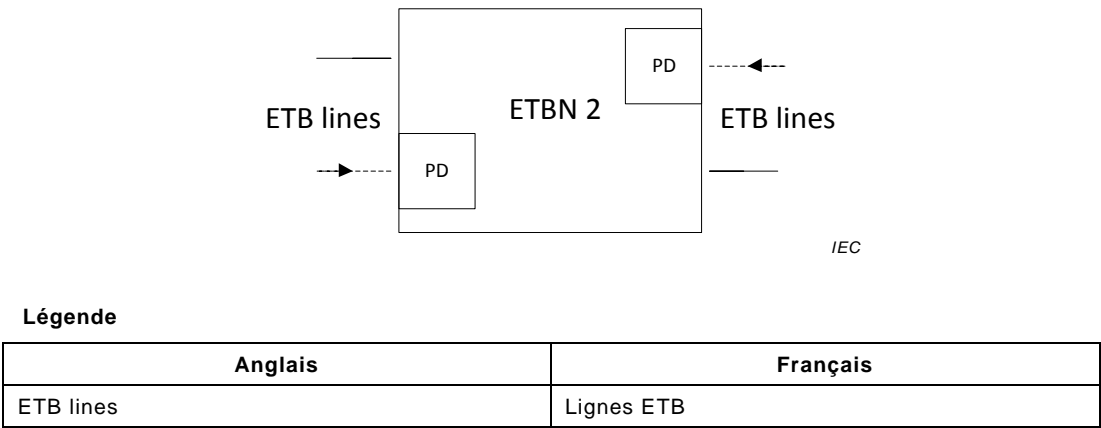
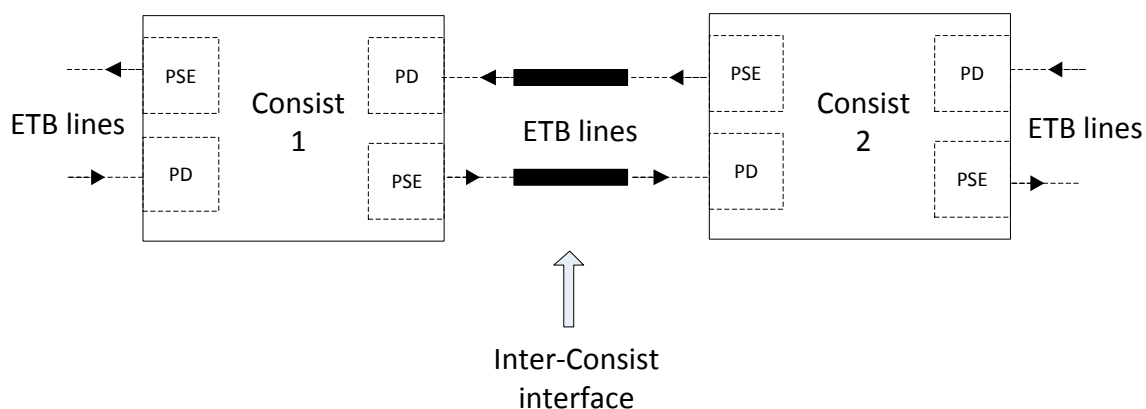


Figure 7 – Cas pratique d'utilisation de PD de PoE sur des ETBN

Dans une interface intervoitures, la PoE peut être utilisée pour alimenter un dispositif terminal (ED) (système CCTV, etc.). Le port Ethernet ND agit comme un PSE (Equipement de source d'énergie).

Dans une interface inter-voitures et inter-rames, la PoE peut être utilisée pour alimenter un dispositif réseau (ND). Une interface PSE doit être reliée à une interface PD. En cas de redondance de liaison ETB, les interfaces PSE et PD doivent être appliquées de manière alternée afin de maintenir une rotation symétrique de la voiture (voir la Figure 8 ci-dessous). Des interfaces PSE doivent être associées à des connecteurs femelles et des interfaces PD doivent être associées à des connecteurs mâles si des connecteurs mâles/femelles sont utilisés pour l'interface interrames (voir la Figure 4).



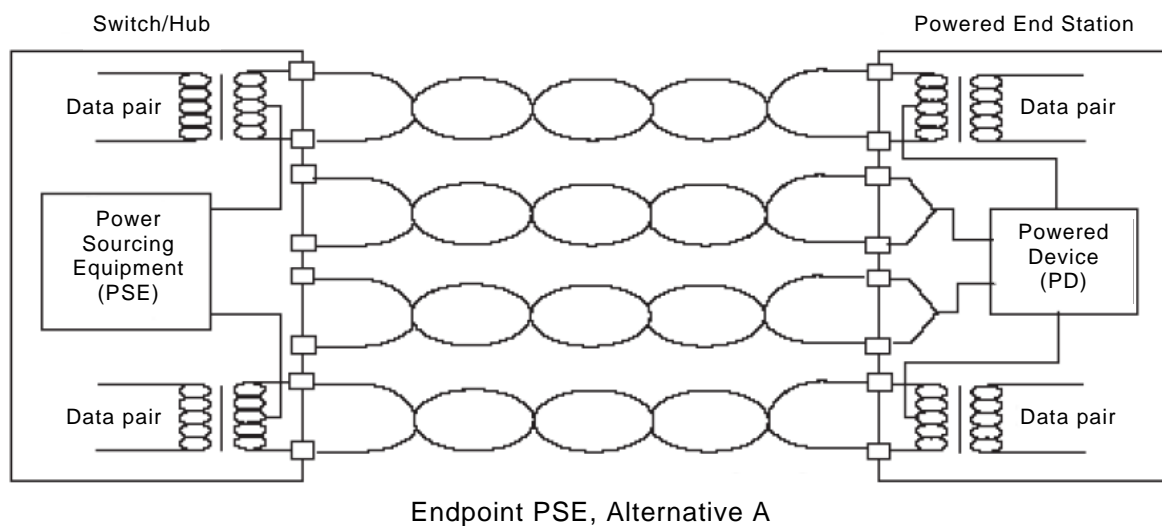
IEC

Légende

Anglais	Français
ETB lines	Lignes ETB
Consist 1	Rame 1
Consist 2	Rame 2
Inter-consist interface	Interface interrames

Figure 8 – PoE dans une interface interrames

La Figure 9 illustre la connexion entre les interfaces PSE et PD. La forme alternative A de PoE définie à l'Article 33 de l'IEEE 802.3 doit être utilisée dans la mesure où seules deux paires sont utilisées (Tx/Rx).



IEC

Légende

Anglais	Français
Switch/Hub	Commutateur/concentrateur
Data pair	Paire de données
Power sourcing equipment (PSE)	Équipement de source d'énergie (PSE)
Powered end station	Station terminale alimentée
Powered device (PD)	Dispositif alimenté (PD)
Endpoint PSE, alternative A	PSE d'extrémité, alternative A

Figure 9 – Forme alternative A PSE de PoE

4.4 Architecture et redondance physiques ETB

4.4.1 Généralités

L'IEC 61375-1 décrit l'architecture générale applicable à l'ETB, avec une exigence facultative de redondance (voir 5.2.3 «Réseau central de train basé sur une technologie commutée»). Un exemple est donné en Figure 10 ci-dessous:

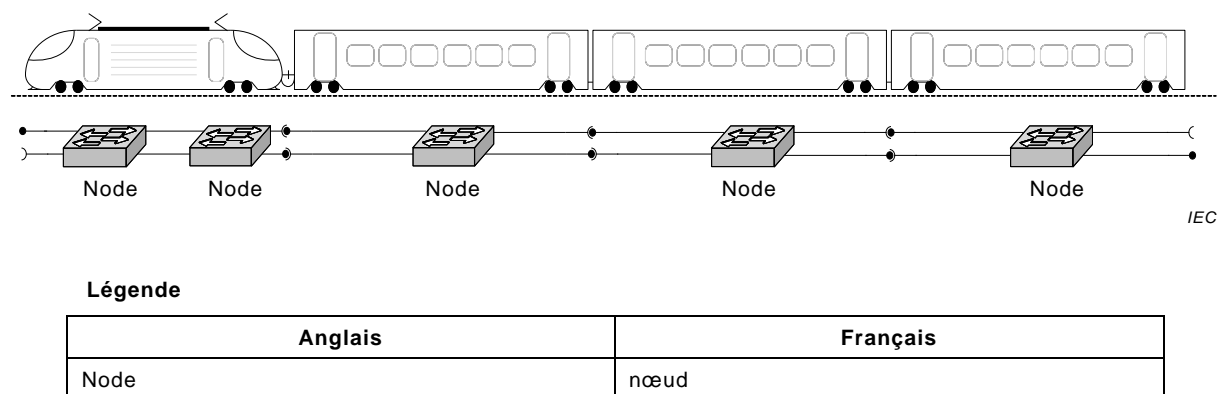


Figure 10 – Architecture de réseau central de train redondant

Les exigences générales applicables à l'architecture de la couche physique ETB sont les suivantes:

- Puisqu'une technologie commutée est utilisée, les nœuds doivent fournir un support de transmission de données à chacun de leurs nœuds voisins directs, s'ils existent. Chaque ETBN a au moins un port ETB avant et un port ETB arrière définis statiquement.
- Lorsqu'une redondance facultative est exigée, le support de transmission de données doit être au moins doublé.
- Même sans exigence de redondance, la liaison entre 2 ETBN doit être doublée au moyen de ports de commutation normaux, si la capacité d'inversement des rames est requise. Dans ce cas, la connexion physique entre deux rames nécessite deux câbles (voir 4.2.4).
- Une fonction de relais de dérivation doit être utilisée pour ponter un nœud si celui-ci est hors tension ou inactif.

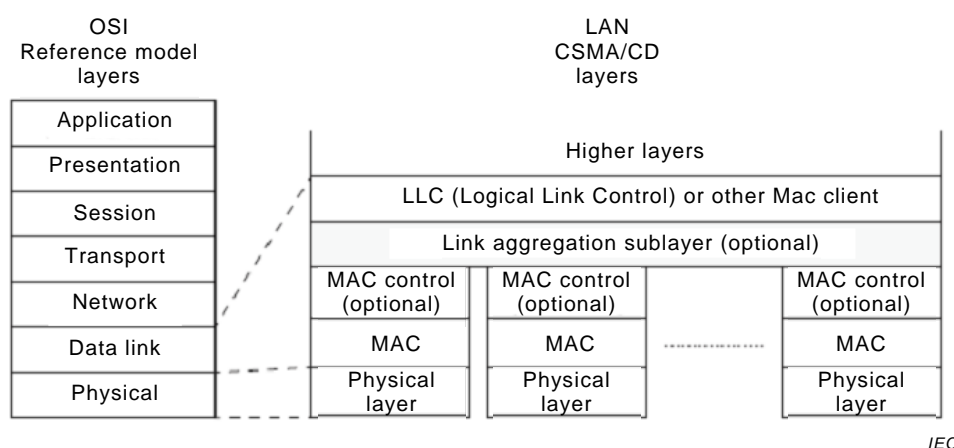
4.4.2 Architecture d'agrégation de liaisons

Lorsqu'il y a des lignes multiples entre 2 ETBN (par exemple, en cas d'exigence de redondance ou d'inversement des rames), la couche d'agrégation de liaisons définie dans l'IEEE 802.1AX doit être utilisée.

Sachant que le fait de disposer d'une seule ligne non redondante pour la communication ETB peut être considéré comme un mode dégradé de l'agrégation de liaisons, celle-ci est supposée être utilisée (et décrite) dans le reste de la présente norme.

L'agrégation de liaisons décrite dans l'IEEE 802.1AX est gérée comme une couche OSI 2 et permet le regroupement d'une ou de plusieurs lignes de manière à constituer un groupe logique, capable de gérer la redondance des liaisons (voir la Figure 11 ci-dessous).

L'agrégation de liaisons combine plusieurs lignes individuelles, chacune d'entre elles ayant une couche physique et une couche MAC. Le client MAC fournit une interface MAC unique.



Légende

Anglais	Français
OSI REFERENCE MODEL LAYERS	COUCHES DE MODÈLE DE RÉFÉRENCE OSI
Application	Application
Presentation	Présentation
Session	Session
Transport	Transport
NETWORK	RÉSEAU
DATA LINK	LIAISON DE DONNÉES
PHYSICAL	PHYSIQUE
LAN/CSMA/CD LAYERS	Couches LAN/CSMA/CD
HIGHER LAYERS	COUCHES SUPÉRIEURES
LLC (LOGICAL LINK CONTROL) OR OTHER MAC CLIENT	LLC (CONTRÔLE DE LIAISON LOGIQUE) OU AUTRE CLIENT MAC
LINK AGGREGATION SUBLAYER (OPTIONAL)	SOUS-COUCHE D'AGRÉGATION DE LIAISONS (FACULTATIVE)
MAC CONTROL (optional)	CONTRÔLE D'ADRESSE MAC (facultatif)
PHYSICAL LAYER	COUCHE PHYSIQUE

Figure 11 – Modèle d'agrégation de liaisons

Il est admis que sur un nœud ETB, une liaison de communication puisse comporter jusqu'à quatre ports physiques afin d'assurer la redondance, ces ports étant définis comme un groupe d'agrégation de liaisons (également appelé liaison logique ci-après).

Lorsque l'inversement des rames est exigé, deux ou quatre lignes physiques doivent être utilisées dans chaque groupe d'agrégation pour des raisons de symétrie (voir 4.2.4). Comme déclaré précédemment, le cas particulier d'une ligne unique (aucune symétrie requise, sachant que l'inversement des rames n'est pas exigé) est considéré comme un mode dégradé de l'agrégation de liaisons. De ce fait, un groupe d'agrégation de liaisons sur un ETB peut comporter 1, 2 ou 4 lignes physiques.

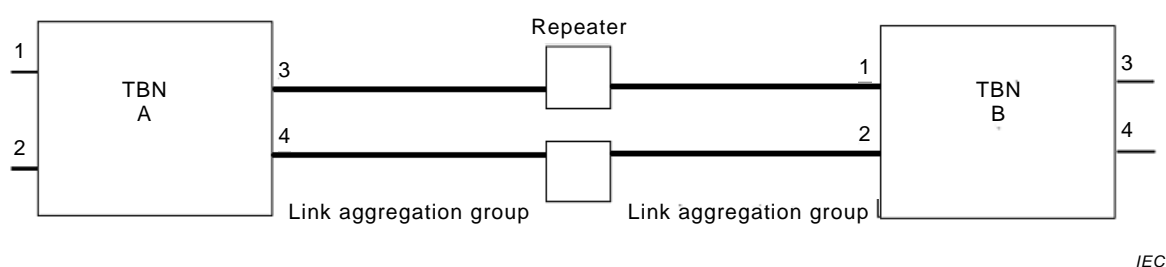
Entre 2 nœuds ETB, il y a seulement un groupe d'agrégation de liaisons qui contient les segments Ethernet redondants. Le processus d'agrégation de liaisons est seulement défini comme une relation entre 2 nœuds ETB.

Dans certains cas, il est possible de placer certains répéteurs sur les lignes entre deux ETBN (par exemple pour régénérer un signal électrique), en raison du contexte ferroviaire spécifique. Ceci requiert l'utilisation d'un protocole qui peut tenir compte de cette architecture (voir la Figure 12 ci-dessous et 4.4.3.2), étant donné que la simple application de «l'état de la

ligne» n'est plus suffisante: seul un échange de trame peut résoudre ce problème. Selon l'IEEE 802.1AX, la méthode d'exécution habituelle de cette fonction consiste à mettre en œuvre le protocole LACP (Link Aggregation Control Protocol – Protocole de contrôle d'agrégation de liaisons). Pour la présente spécification ETB, et afin de limiter la charge du réseau, le protocole de découverte de la topologie du train (TTDP) permet de gérer les états de ports de ligne, en lieu et place du protocole LACP. Le protocole TTDP décrit ci-dessous utilise pour cela une trame LLDP avec un paramètre HELLO TLV organisationnel (trame TTDP HELLO).

Une liaison logique peut être utilisée si au moins une de ses lignes physiques est correcte (comme pour une agrégation de liaisons normale). Les informations d'état dégradé d'une liaison qui a perdu sa ligne physique peuvent être récupérées par SNMP.

Un dispositif réseau répéteur intermédiaire doit transférer les trames LLDP sans aucune modification entre ces deux interfaces.



Légende

Anglais	Français
Repeater	Répéteur
Link aggregation group	Groupe d'agrégation de liaisons

Figure 12 – Groupe d'agrégation de liaisons

NOTE L'agrégation de liaisons prend en charge la méthode d'ajout facultatif de ports et de lignes entre les nœuds ETBN, afin d'améliorer la fiabilité et les performances (en attribuant une plus grande largeur de bande).

4.4.3 Fonctions

4.4.3.1 Principes de flux de données

Le réseau central de train prend en charge un partage de charges, indiquant de ce fait la répartition du trafic du client MAC sur les lignes.

L'IEEE 802.1AX ne spécifie aucun algorithme de répartition particulier. Afin d'assurer l'interopérabilité entre des systèmes différents, cet algorithme ne doit provoquer aucune désorganisation de toute conversation donnée (TCP, IP, etc.), ni aucune duplication de trames.

Chaque conversation utilise une seule ligne à la fois. Ceci garantit l'interopérabilité entre 2 nœuds de train, y compris avec des algorithmes différents. La Figure 13 ci-dessous illustre différentes conversations, chacune d'entre elles intervenant toutefois sur la même ligne:

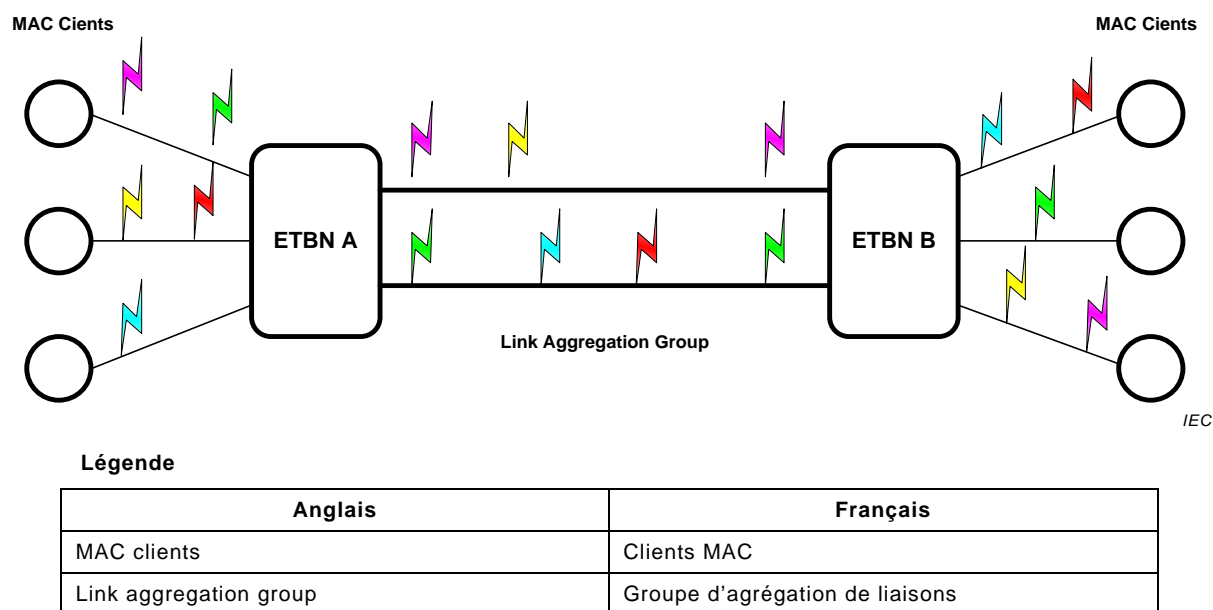


Figure 13 – Conversations par LAG

4.4.3.2 Configuration

La configuration d'agrégation de liaisons est établie de manière statique au temps d'initialisation du nœud ETBN. La configuration doit suivre la disponibilité des liaisons. Le calcul de l'état logique des liaisons s'effectue au moyen de la trame TTDP HELLO et de l'état du port Ethernet.

4.4.3.3 Reconfiguration

La reconfiguration des lignes redondantes doit être effectuée en cas de modification de la connectivité physique (reprise). Le processus d'agrégation des liaisons doit aboutir rapidement à une nouvelle configuration des lignes redondantes en un temps inférieur ou égal à 200 ms (voir 8.9.1).

Les trames TTDP HELLO et les états des ports ETB permettent de gérer cette reconfiguration.

4.4.3.4 Conformité

La compatibilité ascendante avec dispositifs de communication ne supportant pas l'agrégation doit être prise en charge. Les lignes qui ne peuvent pas participer à l'agrégation doivent fonctionner normalement.

L'agrégation de liaisons ne doit jamais ajouter ou modifier le contenu des trames échangées entre les dispositifs.

La conformité est définie dans la PICS, issue du 5.7 de l'IEEE 802.1AX:2008.

5 Couche de liaison de données ETB

Le Tableau 4 récapitule les exigences concernant la couche de liaison de données réseau pour un dispositif de commutation connecté au sous-réseau de réseau central de train.

(M: Obligatoire, O: Facultatif, C: Conditionnel, X: Interdit)

Tableau 4 – Interface de couche de liaison de données du commutateur ETB (1 de 2)

Interface de couche de liaison de données du commutateur ETB			
Couches OSI	Exigences	Type	Description
Application	Services MAC et adressage conformes à l'IEEE 802.3	M	
Presentation			
Session	Services LLC conformes à l'IEEE 802.2	X	802.3 Trames Ethernet avec tramage Ethernet II utilisé (avec champ EtherType de 16 bits)
Transport	Relayage de trames IEEE 802.1D, PICS A.7	M	Réception de trames, Transmission de trames, Processus d'acheminement comprenant: Mise en file d'attente, Mise en correspondance de priorités QoS, calcul FCS, etc.
Network			
Data	Filtrage de trames (filtrage de couche 2) IEEE 802.1D, Article 7, PICS A.8	M	Processus d'apprentissage, Base de données de filtrage (adresses MAC, ports, association VLAN), entrées statiques/dynamiques
Physical	Mise en File d'attente de trames IEEE 802.1D, 7.7.3, 7.7.4 PICS A16- Annexe G	M	Classes de trafic multiples (TC) pour le relayage de trames; attribution d'une priorité définie aux trames d'entrée
	Balisage/débalisage de trames IEEE 802.3:2012, 3.5, IEEE 802.1Q (VLAN)	M	Le balisage des trames Ethernet peut s'effectuer lors de l'entrée du port de commutation. La balise peut alors demeurer sur la trame ou être retirée lors de la sortie du port.
	Services VLAN IEEE 802.1Q (VLAN), PICS A.21	M	Permet de sous-diviser le réseau local physique en différents réseaux locaux LAN virtuels.
	Mise en miroir des ports	O	Configure un port de commutation afin de refléter le trafic d'un autre port de commutation.
	Contrôle de flux IEEE 802.3, Partie 2 Annexe	O	
	Limitation du taux d'injection (contrôle)	O	Limitation du taux de réception des trames entrantes sélectionnées
	Mise en forme du taux de sortie	O	Limitation du taux de transmission des trames sortantes sélectionnées
	Protocole de l'arbre maximal (STP), Protocole de l'arbre maximal rapide (RSTP) IEEE 802.1D	X	
	Agrégation de liaisons IEEE 802.1AX	C	NOTE Pour gérer la redondance de liaison ETB, l'agrégation de liaisons est obligatoire Les trames TTD Hello doivent être utilisées pour gérer le groupe de liaison.

Tableau 4 (2 de 2)

Interface de couche de liaison de données du commutateur ETB			
Couches OSI	Exigences	Type	Description
	Protocole LLDP Protocole de découverte de couche de liaison IEEE 802.1AB	M	Utilisé par le protocole de découverte de la topologie du train entre les trains.
	Gestion et gestion à distance IEEE 802.1D Article 14, PICS A.14, A.15	M	Configuration du commutateur, Gestion des pannes (détection / diagnostic / correction), Gestion des performances (statistiques, capacité de mesure de la largeur de bande). Prise en charge sur le seul dispositif réseau géré.

6 Couche de réseau ETB: définition des sous-réseaux IPv4

6.1 Généralités

Le Tableau 5 récapitule les exigences concernant la couche de réseau pour tous les dispositifs connectés au sous-réseau de réseau central de train.

(M: Obligatoire, O: Facultatif, C: Conditionnel)

Tableau 5 – Couche de réseau OSI ETB (1 de 2)

Couche de réseau OSI ETB			
Couches OSI	Exigences	Type	Description
Application	ARP Protocole de résolution d'adresse IETF RFC 826	M	
Presentation			
Session	Protocole Internet IPv4 IETF RFC 791	M	
Transport			
Network	Nom d'hôte	M	Nom du dispositif terminal, doit être unique pour sa rame propriétaire, quel que soit le nœud ETBN qui y est relié. Il convient de le définir de manière statique: lecture à partir d'une mémoire permanente locale, une clé de codage externe, etc.
Data	Nom de domaine par défaut	C	Lorsque le client DNS est activé, doit être réglé sur «ltrain» Il convient de le définir de manière statique: lecture à partir d'une mémoire permanente locale, une clé de codage externe, etc.
Physical	Adresse IPv4	M	Dans la plage 10.128/9 (voir 6.4.2). Définie de manière dynamique suite à l'inauguration (voir 6.5.2).
	Masque IPv4	M	255.255.192.0

Tableau 5 (2 de 2)

Couche de réseau OSI ETB			
Couches OSI	Exigences	Type	Description
	Itinéraires statiques IPv4	O	Peuvent être utilisés pour une communication au sol ou autre accès aux sous-réseaux secondaires de rame. Peuvent être définis de manière statique.
	Adresse DNS IPv4	C	Lorsque le client DNS est activé, doit être réglée sur l'adresse IPv4 du serveur DNS.
	Gestion du champ Services différenciés IP (de l'anglais <i>IP Differentiated Services Field</i>) (DSCP: Champ Points de code de services différenciés (de l'anglais <i>Differentiated Services CodePoint Field</i>) IETF RFC 2474	O	Il convient que l'application soit capable de définir le champ IP DSCP afin de définir la priorité du trafic.

6.2 Introduction de la mise en correspondance d'adresses IP

Les alinéas suivants décrivent les définitions d'adressage IP de réseau obligatoires et minimales afin d'assurer l'interopérabilité de communication entre les trains à composition variable.

Les trains à composition variable comportent des rames hétérogènes et la présente norme spécifie les exigences minimales de leur interconnexion.

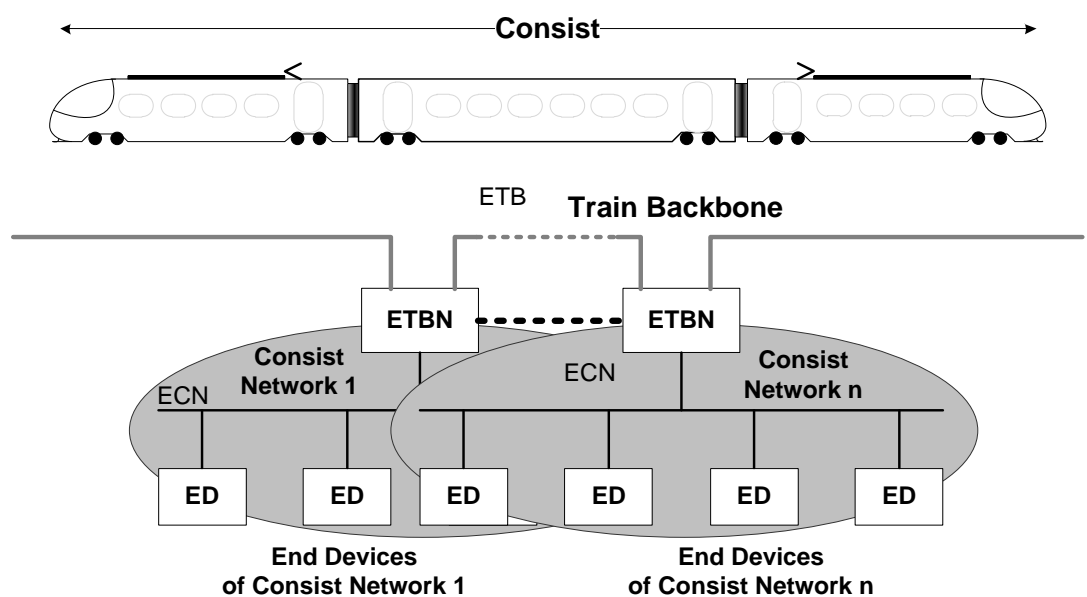
Aucune hypothèse n'est formulée concernant l'application de la mise en correspondance d'adresses IP (comment définir l'adresse IP); seul le plan d'adressage IP est décrit (pour une application Ethernet à l'intérieur d'une rame, voir IEC 61375-3-4).

6.3 Topologie

6.3.1 Généralités

Comme décrite dans l'IEC 61375-1, la topologie des rames doit être hiérarchique avec un ou plusieurs sous-réseaux de réseau central de train (Réseau central de train Ethernet ETB) et un ou plusieurs sous-réseaux de réseau de rame (voir la Figure 14).

Le dispositif terminal (ED) peut être connecté directement au nœud de réseau central de train Ethernet (ETBN).



IEC

Légende

Anglais	Français
Consist	Rame
Train Backbone	Réseau Central de Train
Consist network 1	Réseau de rame 1
Consist network n	Réseau de rame n
End devices of consist network 1	Dispositifs terminaux de réseau de rame 1
End devices of consist network n	Dispositifs terminaux de réseau de rame n

Figure 14 – Topologie de rames hiérarchique

NOTE 1 Les paragraphes suivants supposent l'interopérabilité des interfaces de couche 1 (connecteurs, câbles, etc.) et de couche 2 OSI ETB.

NOTE 2 Du fait de la topologie hiérarchique, l'interface d'interopérabilité des réseaux de rames se situe entre les nœuds ETBN (nœuds de réseau central de train Ethernet) d'un sous-réseau ETB.

NOTE 3 Sur un sous-réseau ETB, on suppose que la redondance de liaisons se situe au niveau de la couche OSI 2, sans aucune exigence relative à la définition du niveau IP (voir IEEE 802.1AX Agrégation de liaisons).

NOTE 4 A l'intérieur d'un train, il convient, à l'issue du processus d'initialisation et d'inauguration, de relier tout dispositif de communication (ED, ETBN, etc.) par une adresse de train IP non ambiguë.

NOTE 5 La mise en correspondance d'adresses IP peut être identique entre des trains à composition variable différents. Chaque train à composition variable est considéré comme un réseau privé indépendant de petite taille.

NOTE 6 Le trafic de rames interne local ne relève pas du domaine d'application de l'interopérabilité.

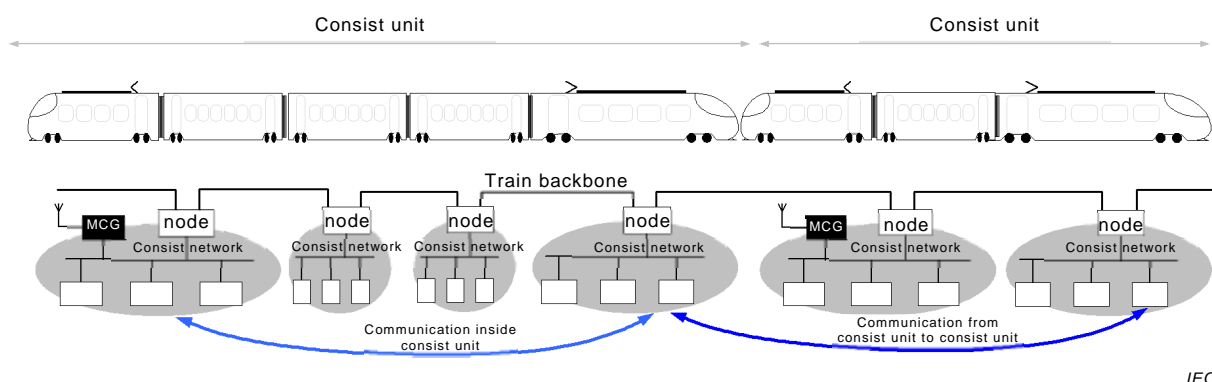
6.3.2 Rame non modifiable

Définition d'une rame non modifiable selon l'IEC 61375-1: train composé d'une rame ou d'un ensemble de rames, dont la composition n'est pas modifiée en exploitation normale, par exemple, métros, trains suburbains ou rames à grande vitesse (voir la Figure 15).

Les exigences supplémentaires des exploitants concernant les rames non modifiables sont les suivantes:

- composition souple des rames non modifiables, c'est-à-dire nombre variable de voitures intermédiaires,
- configuration automatique sans mise en service,

- adressable en tant qu'entité intérieure ou extérieure à l'unité.



Légende

Anglais	Français
Consist unit	Rame élémentaire
Train backbone	Réseau central de train
Node	Nœud
Consist network	Réseau de rame
Communication inside consist unit	Communication à l'intérieur de la rame
Communication from consist unit to consist unit	Communication entre rames

Figure 15 – Rame non modifiable

Afin de prendre en charge l'architecture de rame non modifiable, le même CstUUID doit être utilisé pour toutes les rames qui constituent la rame non modifiable. Au niveau du réseau ETB, une rame non modifiable peut être perçue comme une «rame virtuelle» unique avec son CstUUID correspondant; par ailleurs, une fois intégrées dans une rame non modifiable interopérable conforme à l'IEC 61375, les rames qui constituent la rame non modifiable ne sont plus perçues comme des rames. La description interne des rames non modifiables ne relève pas du domaine d'application de la présente norme; elle est spécifiée dans l'IEC 61375-2-3 qui traite des profils de communication.

6.4 Mise en correspondance d'adresses IP de réseau

6.4.1 Espace d'adressage IPv4 global

La première règle consiste à utiliser l'espace d'adressage IPv4 à l'intérieur du train, à savoir l'espace **10.0.0.0/8**, réservé par l'Internet Assigned Numbers Authority (IANA) pour un réseau privé (voir IETF RFC 1597, Address Allocation for Private Internets pour plus de détails).

La seconde règle consiste à utiliser la capacité CIDR (Classless Inter-Domain Routing, Routage interdomaines sans classe), selon la norme IETF RFC 1519, afin de définir des sous-réseaux (répartition et/ou agrégation).

6.4.2 Définition d'un sous-réseau de train

6.4.2.1 Généralités

Ne pas utiliser tout l'espace d'adressage 10.0/8 et réserver une plage pour une communication locale ou une utilisation spécifique au fournisseur, l'espace d'adressage de sous-réseau de train étant limité à **10.128.0.0/9** (voir Tableau 6).

00001010.txxxxxxx.xxxxxxxx.xxxxxxxx/9

Tableau 6 – Définition d'un sous-réseau de train

[t]	Notation	Description
0	10.0.0.0/9 ou 10.0/9	sous-réseaux localisés
1	10.128.0.0/9 ou 10.128/9	sous-réseaux de train

Un espace d'adressage de sous-réseau localisé peut être utilisé pour définir des sous-réseaux locaux: à l'intérieur d'une rame donnée, au niveau du réseau ETB, à l'extérieur du train, etc. Cet espace d'adressage peut ou non être utilisé et ne relève pas du domaine d'application de l'interopérabilité.

6.4.2.2 Décomposition d'un sous-réseau de train

Les règles suivantes s'appliquent pour la décomposition d'un sous-réseau de train (t = 1):

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

Les champs sont définis dans le Tableau 7:

Tableau 7 – Décomposition d'un sous-réseau de train

Partie nombre de sous-réseaux:	
[b]	«identifiant de réseau central», entre [0,3]. Identification de certains sous-réseaux de réseau central de train. Il est possible de définir jusqu'à 4 ETB. Les règles de câblage entre rames, attribuées de manière statique, doivent garantir une connexion appropriée entre les mêmes réseaux centraux de train ETB. Cet identifiant n'est pas calculé de manière dynamique lors de la phase d'inauguration. 0, pour TCMS 1, pour multimédia 2, non spécialisé 3, non spécialisé
[x]	«bit réservé». Doit être mis à zéro (x = 0).
[s]	«identifiant de sous-réseau», résultat d'inauguration, identification de chaque sous-réseau de réseau de rame (CN) du train. La valeur nulle est réservée au sous-réseau de réseau central de train (ETB).
Partie nombre d'hôtes:	
[h]	«identifiant d'hôte», identification d'hôte unique à l'intérieur du CN, jusqu'à 16 382 hôtes par rame. Il est possible d'utiliser certains bits supérieurs pour définir des sous-réseaux de rames dédiés internes. Dans ce cas, il convient que le masque d'adresse (côté CN) tienne compte de cette décomposition (doit être étendu).

Par conséquent:

- Le sous-réseau de réseau central de train Ethernet ETB0 (TCMS) est égal à 10.128.0.0/18
- L'adresse IP de diffusion sur ETB0 est la suivante: 10.128.63.255

6.4.2.3 Identification du CN, «identifiant de sous-réseau» (subnet id)

6.4.2.3.1 Généralités

Une valeur «identifiant de sous-réseau» est nécessaire pour identifier chaque sous-réseau de réseau de rame (CN) à l'intérieur d'un train. Les résultats du processus d'inauguration permettent de déterminer cette valeur (voir TTDP Article 8). «Identifiant de sous-réseau» est

codé en tant qu'entier non signé avec une précision de 6 bits. La valeur nulle est réservée au réseau ETB et ne doit jamais être renvoyée par le processus d'inauguration. Il est possible de définir jusqu'à 63 sous-réseaux CN à l'intérieur d'un train.

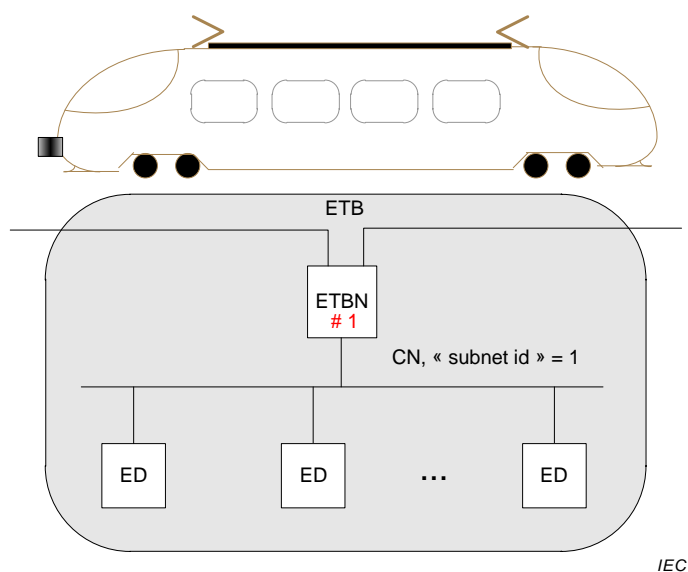
A l'issue de l'inauguration, chaque nœud ETBN est également numéroté de 1 à n, d'une extrémité du train (nœud ETBN supérieur) à l'autre (nœud ETBN inférieur). Le résultat est un «identifiant ETBN» avec une précision de 6 bits, dans la plage [1..63]. La valeur nulle est exclue et ne doit jamais être renvoyée par le processus d'inauguration (en fait, le nombre minimal de nœuds ETBN, à l'intérieur d'une rame unique, est égal à un). Il est possible de connecter jusqu'à 63 ETBN sur le réseau ETB.

Ne pas confondre «identifiant de sous-réseau» et «identifiant ETBN». «Identifiant de sous-réseau» identifie un sous-réseau CN à l'intérieur du train, tandis que «identifiant ETBN» identifie un ETBN sur le réseau central de train.

Les deux valeurs «identifiant de sous-réseau» et «identifiant ETBN», permettent de constituer les adresses IP de train.

6.4.2.3.2 Réseau de rame (CN) unique par rame

Lorsqu'une rame se compose d'un seul sous-réseau de réseau de rame sans redondance ETBN, «identifiant de sous-réseau» est égal à «identifiant ETBN» (voir Figure 16 et Figure 17).

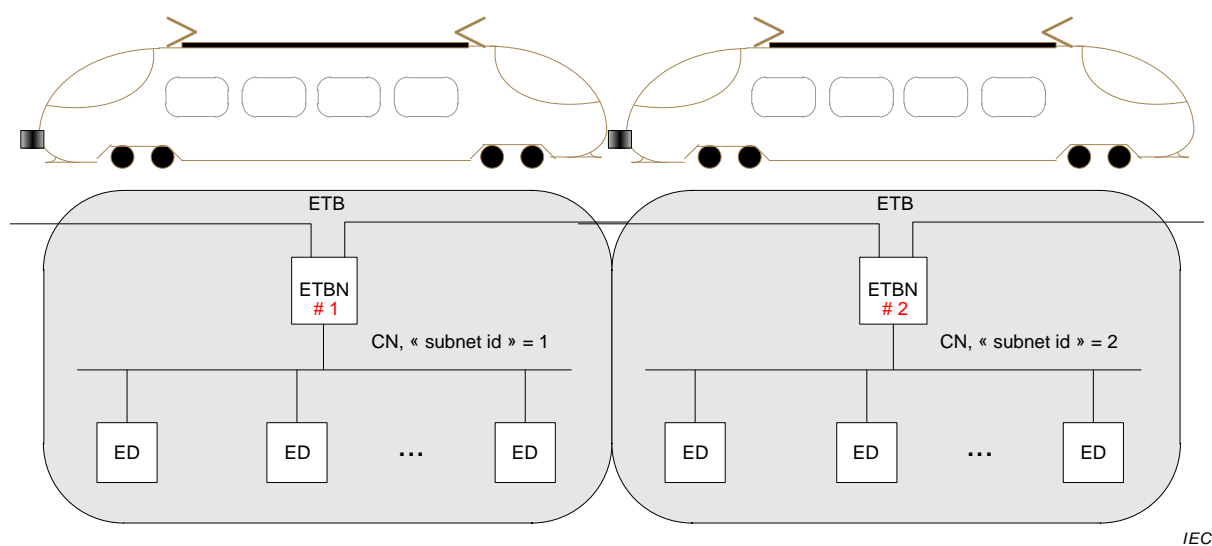


IEC

Légende

Anglais	Français
CN, "subnet id" = 1	CN, "Identifiant de sous-réseau" = 1

Figure 16 – "Identifiant de sous-réseau" avec réseau de rame unique



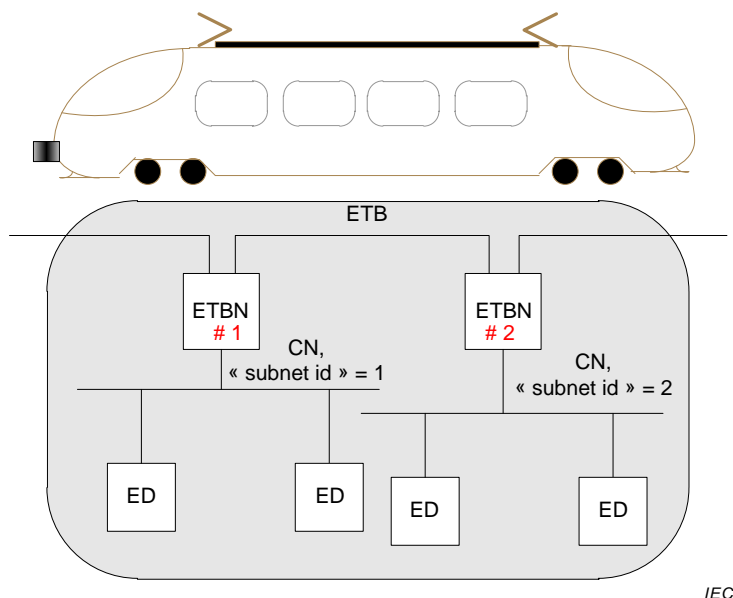
Légende

Anglais	Français
CN, "subnet id" = 1	CN, "Identifiant de sous-réseau" = 1
CN, "subnet id" = 2	CN, "Identifiant de sous-réseau" = 2

Figure 17 – "Identifiant de sous-réseau" avec deux réseaux de rame unique

6.4.2.3.3 CN multiple par rame

Dans la mesure où de nombreux sous-réseaux de réseau de rame (CN) peuvent être présents dans une même rame (deux ETBN ou plus par rame), la valeur «identifiant de sous-réseau» suit la numérotation ETBN dans le même ordre (voir Figure 18).



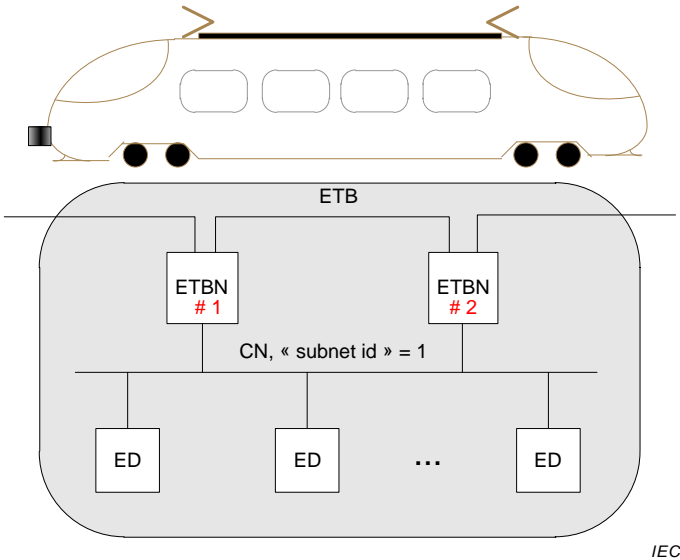
Légende

Anglais	Français
CN, "subnet id" = 1	CN, "Identifiant de sous-réseau" = 1
CN, "subnet id" = 2	CN, "Identifiant de sous-réseau" = 2

Figure 18 – Réseaux de rames multiples, sans tolérance aux pannes

6.4.2.3.4 Redondance ETBN

En cas de redondance ETBN, deux ETBN connectés au même sous-réseau de réseau de rame ont deux «identifiants ETBN» (ETBN id), mais doivent partager le même «identifiant de sous-réseau» (voir Figure 19).

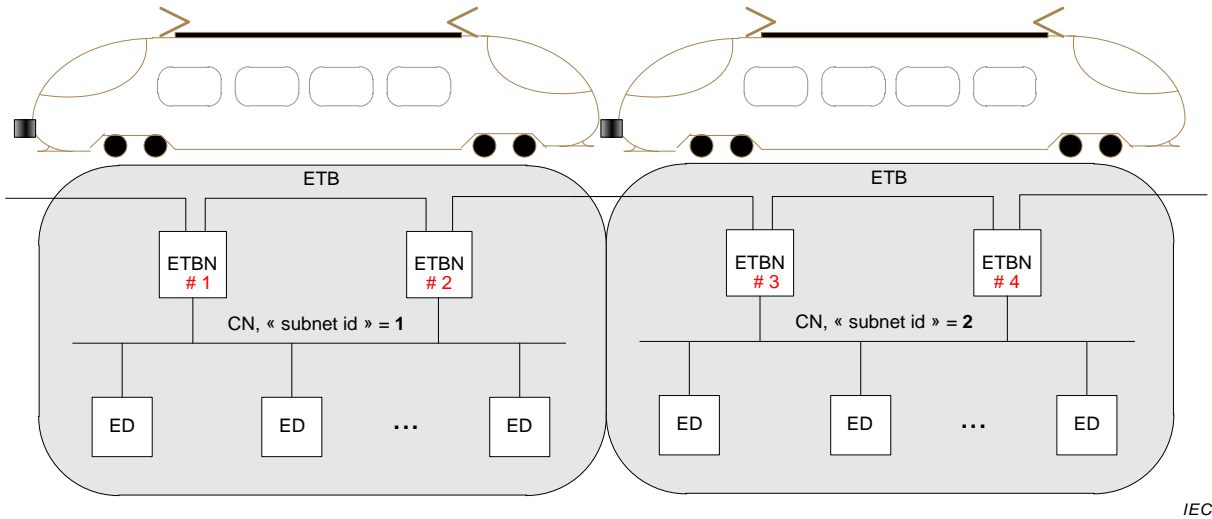


Légende

Anglais	Français
CN, "subnet id" = 1	CN, "Identifiant de sous-réseau" = 1

Figure 19 – «Identifiant de sous-réseau» avec redondance ETBN

Selon la configuration et la composition du train, «identifiant de sous-réseau» doit être incrémenté suivant l'occurrence de sous-réseaux CN dans le même ordre de numérotation ETBN (voir Figure 20).



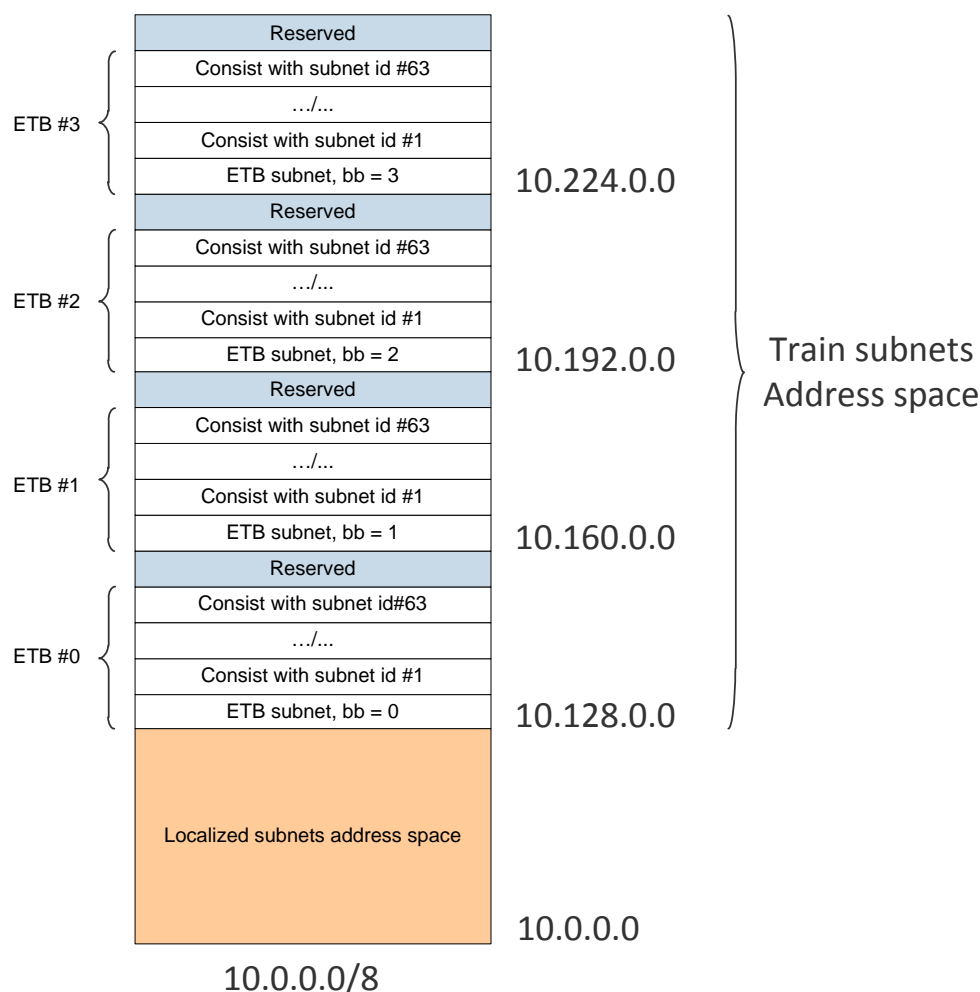
Légende

Anglais	Français
CN, "subnet id" = 1	CN, "Identifiant de sous-réseau" = 1
CN, "subnet id" = 2	CN, "Identifiant de sous-réseau" = 2

Figure 20 – "Identifiant de sous-réseau" dans des rames multiples avec redondance ETBN

6.4.3 Synthèse des mises en correspondance d'adresses IP de train

La Figure 21 résume la mise en correspondance d'adresses IP de train:



IEC

Légende

Anglais	Français
Reserved	Réservé
Consist with subnet id # 63	Rame avec identifiant de sous-réseau # 63
Consist with subnet id # 1	Rame avec identifiant de sous-réseau # 1
ETB subnet, bb = 3	Sous-réseau ETB, bb = 3
ETB subnet, bb = 2	Sous-réseau ETB, bb = 2
Train subnets	Sous-réseaux de train
Address space	Espace d'adressage
ETB subnet, bb = 1	Sous-réseau ETB, bb = 1
ETB subnet, bb = 0	Sous-réseau ETB, bb = 0
Localized subnets address space	Espace d'adressage de sous-réseaux localisés

Figure 21 – Synthèse des espaces d'adressage de train IP

6.4.4 Adresses de groupe IP de train (multidiffusion)

Au niveau du train, la plage **239.192.0.0/14 (portée organisationnelle)** définie dans l'ETF RFC 2365 doit être utilisée pour l'adressage de multidiffusion (voir le Tableau 8).

Lorsque le réseau CN est basé sur Ethernet (ECN), il convient de définir une autre plage d'adressage de multidiffusion pour une utilisation ECN locale et la plage proposée est **239.255.0.0/16 (portée locale)**, voir IETF RFC 2365 et l'IEC 61375-3-4.

La plage réservée d'interopérabilité est (255 adresses de groupe):

239.192.0.0 à 239.192.0.255

Tableau 8 – Plage réservée d'adresses de groupe IP de train

Groupe	Description	Routable
239.192.0.0	Toutes les rames: permet l'adressage de tous les nœuds de toutes les rames	Oui
239.192.0.X	l'ensemble des hôtes de la rame en position X selon le répertoire de réseau de train, X étant compris entre 1 et 63	Oui
239.192.0.64 à 239.192.0.127	Réservé pour une utilisation future (par exemple: menante, rame de tête)	Oui
239.192.0.128	Tous les hôtes sur sous-réseau ETB	Non
239.192.0.129	Tous les nœuds ETBN sur sous-réseau ETB	Non
239.192.0.130 à 239.192.0.255	Réservé pour une utilisation future	Non

Ainsi:

- Tous les ETBN doivent souscrire au 239.192.0.129.
- Tous les hôtes sur le sous-réseau ETB doivent souscrire au 239.192.0.128.
- Les ED qui ont besoin de recevoir des messages de train doivent souscrire au 239.192.0.0.

6.5 Adresses IP d'hôtes particuliers

6.5.1 ETBN (Nœud de Réseau Central de Train Ethernet)

6.5.1.1 Généralités

Lorsqu'un sous-réseau CN connecté à un nœud ETBN est basé sur une adresse IP (tel est le cas pour ECN), le nœud ETBN comprend au moins deux interfaces et utilise deux adresses IP de train, une côté ETB et l'autre côté CN.

NOTE 1 Dans la mesure où un même nœud ETBN peut être utilisé pour connecter plusieurs CN, un nœud ETBN peut comporter plusieurs adresses IP, une côté ETB et une sur chaque CN connecté.

NOTE 2 Lorsque le nœud ETBN est utilisé pour connecter directement plusieurs dispositifs terminaux sur le réseau central (agissant comme un commutateur), il ne comporte qu'une adresse IP côté ETB.

6.5.1.2 Adresse IP de nœuds ETBN sur réseau ETB

Les adresses IP de nœuds ETBN côté ETB sont définies comme suit:

00001010.1**bb**00000.00000000.v0**tttttt**/18

Les champs sont définis dans le Tableau 9:

Tableau 9 – Adresse IP de nœuds ETBN, sur réseau ETB

Partie nombre de sous-réseaux:	
[b]	«identifiant de réseau central», entre [0,3]. Identification de certains sous-réseaux de réseau central de train. Il est possible de définir jusqu'à 4 ETB. Proposition: 0, pour TCMS 1, pour multimédia 2, non spécialisé 3, non spécialisé
Partie nombre d'hôtes:	
[v]	«Bit virtuel», lorsqu'il est déterminé, définit l'adresse IP virtuelle pour la redondance ETBN.
[t]	«identifiant ETBN», résultat d'inauguration, il s'agit du numéro ETBN à l'intérieur du train. Valeur jamais nulle, comprise entre [1,63]. Lorsque «bit virtuel» est défini, «identifiant de sous-réseau» doit être utilisé en lieu et place de «identifiant ETBN».

6.5.1.3 Adresse IP de nœuds ETBN sur réseau CN

L'adresse IP de train du nœud ETBN côté CN est semblable à toute adresse IP de réseau terminal de rame et suit la définition de sous-réseau CN (voir ci-dessus en 6.4.2.2). Le nombre d'hôtes ETBN peut avoir toute valeur.

Comme règle commune, il convient de définir le nombre d'hôtes IP de train ETBN comme étant égal à 1 pour le routeur maître ou virtuel.

6.5.2 Hôtes sur le sous-réseau de train

Dans le cas où l'ETBN agit comme un commutateur, les ED peuvent être connectés au réseau ETB. Ils doivent avoir une adresse IP de train au sein du sous-réseau ETB, comme les nœuds ETBN. La présente norme définit uniquement une plage d'adresses IP. La méthode de définition d'adresses IP pour ces dispositifs n'est pas déterminée de manière définitive, mais ne doit générer aucun trafic ETB supplémentaire. Il est possible de connecter directement jusqu'à 254 hôtes par ETBN sur le réseau ETB.

Les adresses IP hôtes côté ETB sont définies comme suit:

00001010.1**bb**00000.00**tttttt**.hhhhhhhh/18

Les champs sont définis dans le Tableau 10:

Tableau 10 – IP Hôtes sur le sous-réseau de train

Partie nombre de sous-réseaux:	
[b]	«identifiant de réseau central», entre [0,3]. Identification de certains sous-réseaux de réseau central de train. Il est possible de définir jusqu'à 4 ETB. 0, pour TCMS 1, pour multimédia 2, non spécifié 3, non spécifié
Partie nombre d'hôtes:	
[t]	«identifiant ETBN», résultat d'inauguration, il s'agit du numéro ETBN à l'intérieur du train. Valeur jamais nulle, comprise entre [1,63].
[h]	«identifiant d'hôte», identification d'hôte unique pour ce nœud ETBN. Plage [1,254] due au nombre maximal de 254 hôtes par nœud ETBN disponible.

6.5.3 Hôte à l'intérieur d'une rame non modifiable

6.5.3.1 Généralités

En cas d'utilisation de rames non modifiables, un plan d'adressage supplémentaire peut être mis en place afin de prendre en compte les besoins de communication à l'intérieur desdites rames.

Ce plan d'adressage fournit à un hôte de réseau ECN une adresse IP lui permettant de joindre un autre hôte dans la rame non modifiable, quel que soit l'état de la topologie. Le plan d'adressage doit faire partie des sous-réseaux localisés et ne fait pas partie du domaine d'application de l'interopérabilité.

Les mêmes règles de construction que celles spécifiées pour les définitions du sous-réseau de train doivent s'appliquer.

Une valeur «identifiant de sous-réseau de rame non modifiable» est nécessaire pour identifier chaque sous-réseau de réseau de rame (CN) à l'intérieur d'une rame non modifiable. Cette valeur est déterminée pendant la préparation du train, de manière dynamique, au moyen d'un protocole privé, ou de manière statique, sachant que la topologie d'une rame non modifiable ne varie pas en exploitation normale.

L'«Identifiant de sous-réseau de rame non modifiable» est codé en tant qu'entier non signé avec une précision de 6 bits. La valeur nulle est réservée à l'identifiant du sous-réseau de réseau central de rame non modifiable. Il est possible de définir jusqu'à 63 sous-réseaux CN à l'intérieur d'une rame non modifiable. Pendant la composition de la rame non modifiable, un numéro de sens (1 ou 2) est attribué à chaque extrémité de la rame non modifiable.

Chaque nœud ETBN est numéroté de 1 à n à l'intérieur de la rame non modifiable, du sens 1 au sens 2 de la rame non modifiable. Le résultat est un «identifiant ETBN de rame non modifiable» d'une précision de 6 bits, dans la plage [1,63].

6.5.3.2 Plan d'adressage IP relatif (facultatif)

Les réseaux de rames sont énumérés consécutivement pendant l'inauguration. Du fait de la structure linéaire de l'ETB, chaque réseau de rame peut être pris en charge par un décalage spécifique par rapport au réseau de rame local.

Lorsqu'il y a accouplement ou désaccouplement de trains, seuls les nouveaux réseaux de rames apparaissent ou les réseaux de rames existants disparaissent, mais les décalages des réseaux de rame restants ne changent pas. Ainsi, l'adressage relatif n'est pas affecté par les modifications d'adresses du réseau ETB en conséquence de l'inauguration.

Un plan d'adressage IP relatif au réseau de rame local peut être défini comme ci-dessous:

00001010.0sstoooo.ooodddddd.dddddddd /12

avec:

- s 0..3, domaine (3 = train, 2 = rame non modifiable, 1 = rame, 0 = réseau de rame; actuellement, les adresses IP relatives sont uniquement définies dans le domaine de train)
- t 0..1, type (0 = absolu, 1 = relatif; toujours 1 pour des adresses IP relatives)
- o 0..63, décalage du réseau de rame de destination
- d 1 .. 16383, adresse du dispositif

Ce plan d'adressage fait référence à l'identifiant du sous-réseau de rame local auquel appartient le dispositif terminal. Le même plan d'adressage est disponible à chaque niveau de réseau de rame, mais, en fonction de la position du réseau de rame dans le train, il identifie différents réseaux de rames.

Le décalage du réseau de rame de destination est calculé conformément à la règle suivante:

$O = (l'identifiant \text{ du réseau de rame du dispositif émetteur} - \text{identifiant du réseau de rame du dispositif destinataire} + 64) \bmod 64$

On suppose par convention que le nœud ETB appartient au sous-réseau local et que ce décalage est égal à 0. Son adresse IP relative est donc:

00001010.01110000.00000000.v0tttttt/18

Avec:

[v]	«Bit virtuel», lorsqu'il est déterminé, définit l'adresse IP virtuelle pour la redondance ETBN.
[t]	«identifiant ETBN de rame non modifiable», résultat de configuration, il s'agit du numéro ETBN à l'intérieur de la rame non modifiable. Valeur jamais nulle, comprise entre [1,63]. Lorsque «bit virtuel» est défini, «identifiant de sous-réseau de rame non modifiable» doit être utilisé en lieu et place d'«identifiant ETBN».

Du fait de l'utilisation de l'espace d'adressage de sous-réseau localisé pour l'adresse IP relative, le nœud ETBN doit mettre en œuvre un mécanisme NAT afin de convertir l'adresse IP relative.

L'ETBN du dispositif émetteur doit convertir:

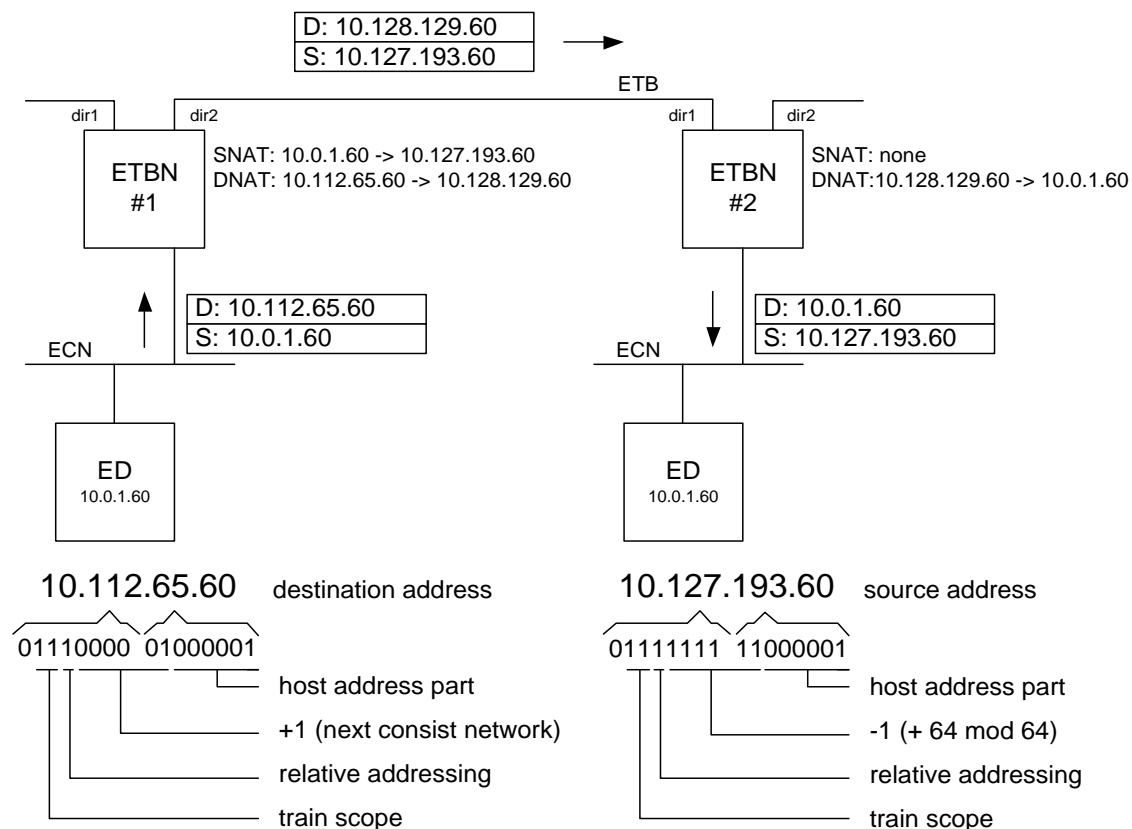
- a) l'adresse IP de la destination relative en adresse IP pour l'ensemble du train,
- b) l'adresse IP de l'émetteur en une adresse IP de l'émetteur relative concernant l'orientation de l'ETBN du dispositif destinataire.

NOTE Toutes les adresses IP de destination, au niveau du réseau ETB, appartiennent à l'espace d'adressage du sous-réseau de train 10.128.0.0/9. Les adresses IP d'émetteur relatives appartiennent à l'espace d'adressage de sous-réseau localisé.

Le nœud ETBN du dispositif destinataire doit convertir:

- l'adresse de destination pour l'ensemble du train en adresse IP localisée du dispositif destinataire uniquement,
- et laisser l'adresse IP de l'émetteur en l'état.

La Figure 22 illustre un exemple de NAT d'émetteur et de destinataire dans les nœuds ETBN concernés.



IEC

Légende

Anglais	Français
SNAT: None	SNAT: Aucune
Destination address	Adresse de destination
Host address part	Partie adresse d'hôte
+1 (next consist network)	+1 (réseau de rame suivant)
Relative addressing	Adressage relatif
Train scope	Domaine de train
Source address	Adresse d'émetteur
-1 (+ 64 mod 64)	-1 (+ 64 mod 64)

Figure 22 – Exemple d'adressage relatif

La conversion de l'adresse IP de l'émetteur relative dans le nœud ETBN #1 tient compte de l'orientation du nœud ETBN #2. Sachant que les deux ETBN ont la même orientation, le décalage relatif est converti de +1 à -1. Si les deux ETBN ont des orientations différentes, le décalage relatif ne change pas. Si l'orientation d'ETBN #2 dans l'exemple (Figure 22) était inversée, l'adresse relative de l'émetteur deviendrait 10.112.65.60.

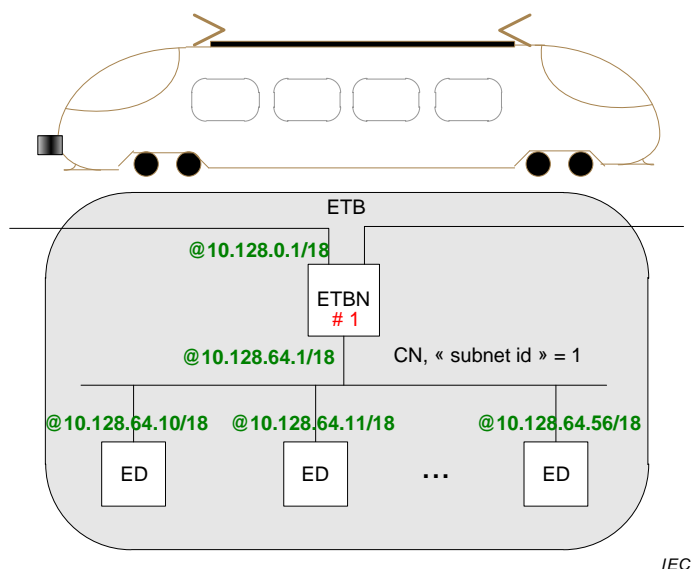
Ce plan d'adressage peut être étendu à l'extérieur de la rame non modifiable. Dans ce cas, sachant qu'il est utilisé un espace d'adressage de sous-réseau localisé, un mécanisme tel

que NAT doit être disponible au niveau du nœud ETBN afin de convertir l'adresse localisée en un espace d'adressage de sous-réseau de train au niveau du nœud ETBN. Chaque trame provenant d'un dispositif terminal et destinée à un autre dispositif terminal, doit apparaître sur le réseau central avec l'adresse IP du destinataire dans l'espace d'adressage de sous-réseau de train. Dans ce cas, la communication peut être perturbée au cours de la phase d'inauguration car le mécanisme NAT dépend de la topologie du train.

6.6 Exemples de cas pratiques

La Figure 23, la Figure 24, la Figure 25, la Figure 26 et la Figure 27 illustrent quelques exemples de mise en correspondance d'adresses IP de trains résultant de différents cas pratiques. Les réseaux de rames (CN) ne sont pas uniquement des ECN, mais peuvent utiliser une autre technologie: MVB, CAN, etc. Toutes les adresses IP mentionnées dans les figures sont des adresses de train et chaque dispositif terminal (ED) doit faire l'objet d'un contact au niveau du train, en utilisant cette adresse (ne pas confondre avec l'adresse IP locale lorsque le CN est un ECN).

Dans l'exemple suivant, l'adresse IP de train ED peut être gérée par le nœud ETBN ou directement par le dispositif terminal. Les dispositifs réseau de couche 2 Ethernet (commutateurs) ne sont pas représentés.



Légende

Anglais	Français
CN, "subnet id" = 1	CN, "Identifiant de sous-réseau" = 1

Figure 23 – Train composé d'un réseau de rame unique

La Figure 23 illustre une rame unique simple. Dans la mesure où un seul nœud ETBN est connecté à un CN, à l'issue de l'inauguration (uniquement sur le réseau central ETB), le numéro 1 est attribué au nœud ETBN («ETBN Id» = 1), et le numéro 1 est attribué au CN («Subnet id» = 1). En utilisant les tableaux ci-dessus, ces deux numéros permettent de déduire la mise en correspondance IP de train. Par exemple, un nœud ETBN sur le réseau ETB prend la valeur IP 10.128.0.1/18. Noter que lorsqu'une adresse IP de train est associée pour chaque dispositif terminal, les dispositifs terminaux concernés ne la gèrent pas nécessairement directement. L'adresse IP de train doit servir à l'adressage de tout dispositif terminal (ED) à l'intérieur du train (à l'intérieur ou à l'extérieur de la rame). Des règles de conversion doivent être définies lorsque le CN n'est pas basé sur Ethernet (ECN).

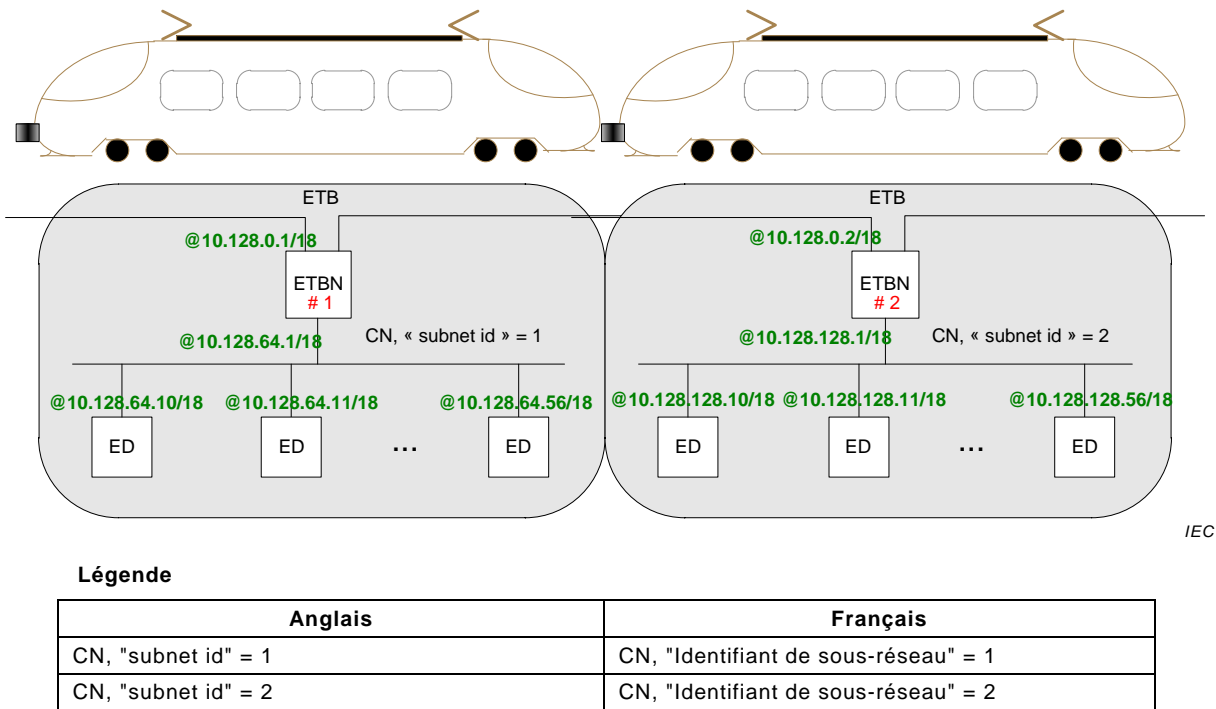
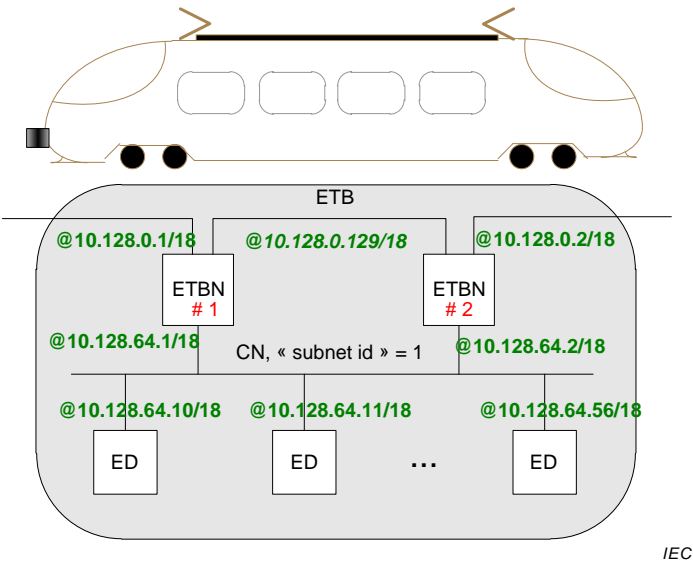


Figure 24 – Train composé de deux réseaux de rame unique

La Figure 24 illustre un train composé de deux rames. Chaque rame comprend un CN sans redondance ETBN. À l'issue de l'inauguration, les nœuds ETBN sont numérotés et les numéros un et deux leur sont attribués. Le plus petit numéro est attribué au nœud ETBN d'extrémité de train à l'intérieur de la rame ayant le plus petit CstUUID (voir ce qui suit, pour plus de détail). Les CN sont également numérotés de la même manière. «ETBN Id» et «Subnet Id» permettent de calculer la mise en correspondance d'adresses de train.

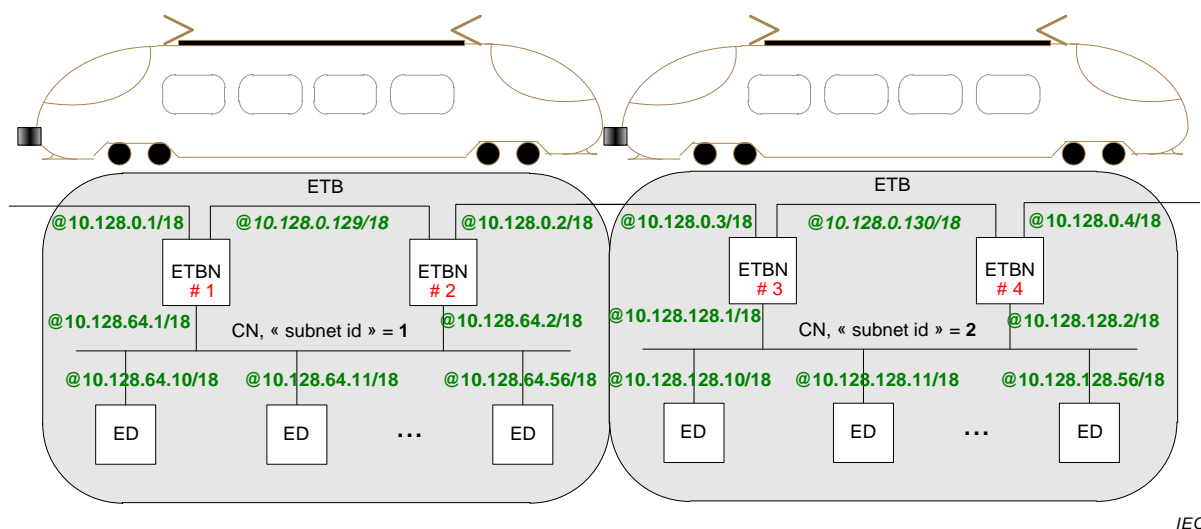


NOTE Pour la redondance ETBN et l'adresse IP virtuelle, voir l'Article 9.

Légende	
Anglais	Français
CN, "subnet id" = 1	CN, "Identifiant de sous-réseau" = 1

Figure 25 – Train composé d'un réseau de rame unique avec redondance ETBN

La Figure 25 illustre un train, limité à une rame unique, le CN étant toutefois connecté au réseau ETB au moyen des deux nœuds ETBN. A l'issue de l'inauguration, un numéro est attribué à chaque ETBN. Le numéro un attribué à l'extrémité de train ETBN est défini par configuration statique (comme le rôle «maître» et «de secours»). Dans ce cas, le numéro un est attribué au CN unique. Sans défaillance, les deux nœuds ETBN sont actifs, mais par configuration statique, un nœud est le nœud «maître» et l'autre nœud est le nœud «de secours». Le «maître» définit une adresse IP de train de plus, à savoir une adresse IP virtuelle (ici l'adresse 10.128.0.129/18). Cette adresse unique doit être utilisée par d'autres ETBN pour définir un itinéraire vers le CN. Un algorithme de durée de vie doit fonctionner à l'intérieur du CN entre les deux ETBN: le nœud «de secours» sollicite le nœud «maître» de manière cyclique. En cas de silence, le nœud «de secours» devient le nœud «maître» et publie l'adresse IP virtuelle (un protocole ARP à titre gratuit doit être transmis sur le réseau ETB par le nœud «maître»). Avec l'autre nœud ETBN, l'itinéraire ne change pas.



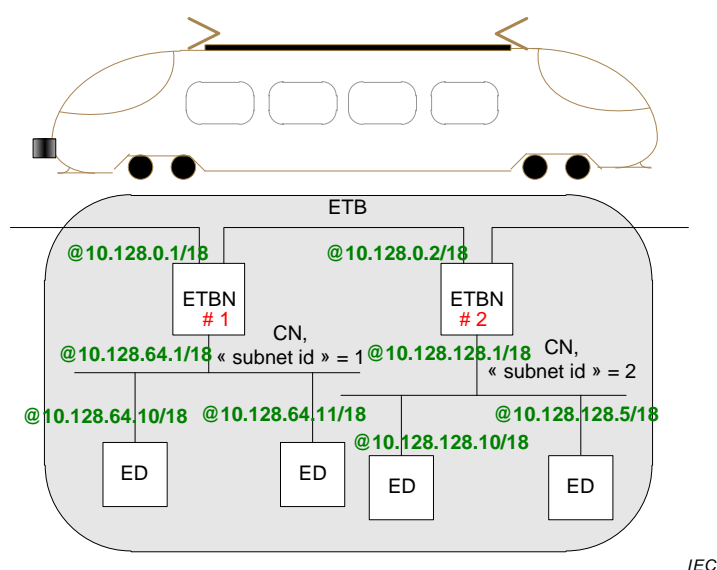
NOTE Pour la redondance ETBN et l'adresse IP virtuelle, voir l'Article 9.

Légende

Anglais	Français
CN, "subnet id" = 1	CN, «Identifiant de sous-réseau» = 1
CN, "subnet id" = 2	CN, «Identifiant de sous-réseau» = 2

Figure 26 – Train composé de deux réseaux de rames avec redondance ETBN

La Figure 26 illustre un train composé de deux rames avec redondance ETBN dans les deux cas. CstUUID permet de numéroté ETBN et CN. Dans la mesure où la trame TTDP TOPOLOGY décrit chaque CN à l'intérieur de la rame, l'attribution d'un numéro de sous-réseau de CN consécutif sans espace est possible. ETBN#3 et ETBN#4 comportent un itinéraire IP vers le sous-réseau 10.128.64.0/18 (CN avec "Subnet id" = 1) avec l'adresse IP virtuelle 10.128.0.130/18. ETBN#1 et ETBN#2 ont respectivement un itinéraire IP vers le sous-réseau 10.128.128.0/18 utilisant l'adresse IP virtuelle 10.128.0.129/18.



Légende

Anglais	Français
CN, "subnet id" = 1	CN, "Identifiant de sous-réseau" = 1
CN, "subnet id" = 2	CN, "Identifiant de sous-réseau" = 2

Figure 27 – Train avec deux réseaux de rames avec rame unique

La Figure 27 illustre un train composé d'une rame unique avec deux CN internes, sans redondance. ETBN#1 comporte un itinéraire IP vers 10.128.128/18 en utilisant ETBN#2 comme passerelle. Respectivement, ETBN#2 comporte un itinéraire IP vers 10.128.64/18 en utilisant ETBN#1 comme passerelle.

6.7 Gestion de routage IP dynamique

6.7.1 Itinéraires de monodiffusion

Les résultats du protocole de découverte de la topologie du train (TTDP) doivent permettre d'actualiser la table de routage IP interne aux nœuds ETBN.

Tous les nœuds ETBN sont actifs. En cas de redondance ETBN, seul le nœud ETBN maître possède l'adresse IP virtuelle d'ETBN. Cette adresse est utilisée par d'autres ETBN comme passerelle (voir Article 9).

6.7.2 Itinéraires de multidiffusion

6.7.2.1 Généralités

Pour transmettre le trafic de multidiffusion entre CN, les nœuds ETBN nécessitent d'être configurés à cet effet, notamment lorsque le CN est basé sur Ethernet (ECN).

Pour effectuer cette tâche, on doit établir la table de routage multidiffusion des ETBN. Chaque ligne de cette table contient un couple d'adresses IP (MG, US):

- MG: adresse IP de destination de groupe de multidiffusion,
- US: adresse IP d'émetteur de monodiffusion du dispositif ED à adresse d'émetteur de multidiffusion. L'adresse US doit être dans la plage d'adresses du sous-réseau de train, comme défini en 6.4.2.1.

La table de routage de multidiffusion doit être actualisée:

- lors de chaque nouvelle inauguration (afin de tenir compte d'une nouvelle mise en correspondance de monodiffusion IP),
- chaque fois qu'un dispositif terminal souhaite utiliser une nouvelle adresse de destination de groupe IP.

Les principales exigences sont les suivantes:

- les informations d'itinéraire de multidiffusion ne doivent pas reposer sur des échanges d'informations de groupes de multidiffusion fournies par un protocole propriétaire;
- elles doivent tenir compte de la définition de l'adressage fonctionnel futur et des protocoles PD/MD lorsqu'il convient de gérer une association dynamique entre adresse de groupe et dispositifs terminaux.

6.7.2.2 Gestion des ETBN

Chaque ETBN doit se comporter comme un routeur de multidiffusion.

Les routeurs de multidiffusion (ETBN) ne doivent pas transmettre de datagramme correspondant dont les adresses de destination sont comprises dans la plage 224.0.0.0 à 224.0.0.255 (224.0.0/24), indépendamment de sa TTL.

Le filtrage de multidiffusion tel que la surveillance de trafic IGMP au niveau de la couche 2, ne doit pas être utilisé sur un réseau ETB.

Les adresses de groupe de multidiffusion échangées sur le réseau ETB doivent appartenir à la plage définie en 6.4.4.

Les nœuds ETBN doivent acheminer sur le réseau ETB toutes les adresses IP de groupe de multidiffusion à partir de cette plage spécifique, indépendamment de l'adresse IP d'émetteur.

Les ETBN doivent connaître la liste des groupes de multidiffusion qui concernent les dispositifs terminaux sur leurs réseaux de rames.

NOTE Les ETBN peuvent obtenir cette liste à partir d'une configuration statique ou par gestion IGMP.

Pour ces groupes, chaque ETBN doit mettre en place un itinéraire dans la table de routage de multidiffusion et configurer son interface ETB de manière à accepter ces groupes de multidiffusion.

Cette solution est fondée sur l'aptitude de chaque nœud ETBN à établir une ligne telle que (MG/plage, *) dans sa table de multidiffusion.

La table de routage de multidiffusion doit être vidée chaque fois qu'une nouvelle inauguration est exécutée. Ce vidage est réalisé à la sortie de l'état «INAUGURÉ» lors d'une action DisableRouting – désactiver routage – (voir 8.5.1).

Le nœud ETBN fonctionne de la manière suivante:

- Lorsqu'un réseau de rame connecté transmet une trame avec une adresse de groupe de multidiffusion et lorsque cette adresse fait partie de la plage spécifiée (voir 6.4.4), la trame est acheminée côté ETB.
- Lorsque le réseau ETB transmet une trame avec une adresse de groupe de multidiffusion, la trame est acheminée dans le CN selon que le dispositif ED interne au réseau CN appartient ou non à une adresse de groupe dans la plage spécifique.

7 Couche transport ETB

Le Tableau 11 récapitule les exigences concernant la couche transport pour un dispositif connecté au sous-réseau de réseau central de train.

(M: Obligatoire, O: Facultatif, C: Conditionnel)

Tableau 11 – Interface commune ED d'application

Interface commune ED d'application			
Couches OSI	Exigences	Type	Description
Application	Protocole de message de contrôle Internet (ICMP), IETF RFC 792	M	
Presentation			
Session	Protocole de gestion de groupe Internet IGMP v2, IETF RFC 2236	M	Les dispositifs terminaux doivent prendre en charge la multidiffusion IPv4.
Transport			
Network	Protocole de datagramme utilisateur (UDP), IETF RFC 768	M	
Data			
Physical	Protocole de contrôle de transmission (TCP), IETF RFC 793	M	

8 Inauguration de train ETB: TTDP

8.1 Teneur du présent article

Le présent article spécifie la procédure d'inauguration de train.

L'inauguration de train est basée sur un protocole spécifique: le protocole de découverte de la topologie du train (TTDP).

Tous les nœuds ETBN doivent mettre en œuvre ce protocole.

8.2 Objectifs et hypothèses

8.2.1 Buts

On appelle inauguration de train l'action qui consiste à configurer le réseau de train. Une inauguration normale se produit à la mise sous tension, mais également lors du raccourcissement ou de l'allongement d'un train. Pour préserver la stabilité IP, l'inauguration due à des modes dégradés doit être évitée (perte du nœud ETBN, insertion tardive du nœud ETBN). La meilleure configuration IP de train doit toujours être calculée, actualisée et partagée par tous les nœuds ETBN de façon permanente, mais la décision de l'appliquer (lancement de la procédure d'inauguration) doit toujours s'effectuer sous le contrôle de l'application de train (balise d'inhibition d'inauguration – InaugInhibition – voir 8.5.3).

La procédure d'inauguration de train nécessite de définir un numéro d'identification pour chaque sous-réseau de réseau de rame («identifiant de sous-réseau» – «subnet id») et chaque ETBN («identifiant ETBN» – «ETBN id»). Ces valeurs doivent servir à constituer la mise en correspondance IP de train, à établir la définition du routage de train, les règles NAT, l'appellation des dispositifs terminaux, etc. (voir 6.4). Le calcul de ces identifiants constitue l'objectif principal du protocole TTDP: Protocole de découverte de la topologie du train.

Ce protocole élabore deux types de topologies afin de déterminer ces valeurs:

- **Topologie physique:** liste de nœuds ETBN ordonnée et orientée. La topologie physique de train est définie dans un tableau: le «tableau de connectivité». La topologie physique

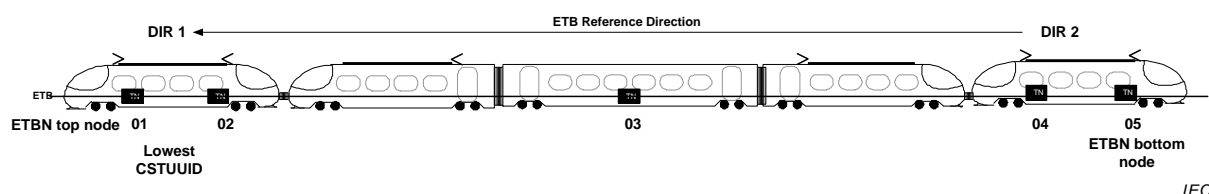
est toujours actualisée afin de suivre le nombre de nœuds ETBN connectés au réseau ETB. Tous les nœuds ETBN doivent être détectés (nœud maître ou de secours). On peut noter qu'une nouvelle topologie physique n'implique pas une nouvelle inauguration. L'application de train doit permettre d'avoir une nouvelle inauguration (une nouvelle mise en correspondance IP, etc.). Voir «Topologie physique corrigée» en 8.8.7.

- **Topologie logique:** liste de sous-réseaux de train ordonnée et orientée. La topologie logique de train est définie dans un tableau: le «Répertoire de réseau de train». La topologie logique contient «identifiant de sous-réseau» (subnet id) et «identifiant ETBN» (ETBN id). On peut noter que le protocole TTDP réserve certains identifiants pour tout sous-réseau ETBN ou CN manquant. Ceci peut être réalisé par échange de descriptions de sous-réseaux CN de rame entre les nœuds ETBN (voir trame TTDP TOPOLOGY). Une nouvelle topologie logique n'implique pas une nouvelle inauguration. L'application de train doit permettre d'avoir une nouvelle inauguration (une nouvelle mise en correspondance IP, etc.).

Le protocole TTDP élabore, actualise et partage de manière dynamique les deux topologies entre tous les nœuds ETBN. Une nouvelle inauguration est lancée lorsque l'application de train le permet, compte tenu des résultats TTDP, afin de définir une nouvelle mise en correspondance IP de train.

La procédure d'inauguration de train doit respecter les règles suivantes:

- Le nœud terminal ETBN de train à l'intérieur de la rame ayant le plus petit UUID, est défini comme le nœud supérieur ETBN de train.
- Lorsque le train est composé d'une rame unique, le nœud supérieur ETBN est défini de manière statique.
- La valeur «Identifiant ETBN» du nœud supérieur ETBN est égale à 1.
- Les nœuds ETBN ultérieurs dans le sens de référence ETBN 2 sont numérotés dans l'ordre ascendant en commençant par 2, le dernier ETBN numéroté étant le nœud inférieur ETB.
- Le sens de référence ETB est toujours celui du nœud supérieur ETBN (voir Figure 28).



Légende

Anglais	Français
ETBN reference direction	Sens de référence ETBN
ETBN top node	Nœud supérieur ETBN
Lowest CSTUUUID	Plus petit CSTUUUID
ETBN bottom node	Nœud inférieur ETBN
DIR	SENS

Figure 28 – Référence de nœud supérieur ETBN

Le protocole TTDP permet également de vérifier la validité de la liaison sur le réseau ETB (voir 4.4 pour la description des liaisons).

8.2.2 Hors du domaine d'application

La sémantique et l'utilisation de la description de rame dépendent dans une large mesure du projet, et ne relèvent de ce fait pas du domaine d'application de la présente spécification.

La description de rame physique ne relève pas non plus du domaine d'application de ce protocole.

La diffusion de topologie aux autres éléments internes à une rame ne relève pas de la présente spécification. Un ou plusieurs protocoles supplémentaires (selon l'architecture interne de réseau de rame) peuvent se révéler nécessaires (voir Article 13).

8.2.3 Hypothèses

L'hypothèse la PLUS importante concerne la topologie proprement dite: il est supposé que la topologie des nœuds ETBN est linéaire. Ce protocole a de fait pour objectif de découvrir une liste ordonnée (et orientée). Son comportement N'EST PAS approprié en présence de boucles et/ou d'arborescences, comme le serait celui d'un protocole de routage.

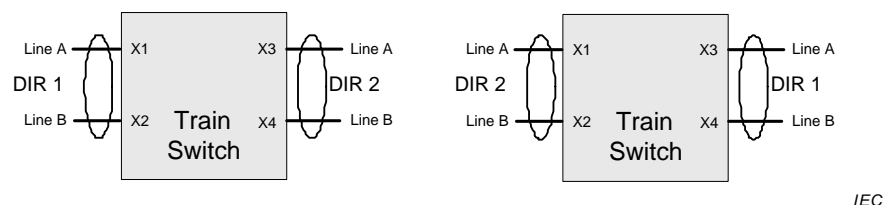
Du fait de la topologie linéaire, chaque ETBN comportera 0, 1 ou 2 homologues voisins. Ces homologues comporteront de ce fait une notion de «sens» et doivent être capables d'envoyer et de recevoir des trames de manière explicite sur chaque port de chaque côté, indépendamment de l'agrégation de liaisons.

Chaque ligne entre les nœuds ETBN est identifiée par une lettre. Comme il est possible d'agréger quatre lignes au maximum, les lettres «A», «B», «C» et «D» sont utilisées.

Les lignes «C» et «D» étant facultatives, seules les lignes «A» et «B» sont représentées dans la Figure 29 suivante.

Les ports Ethernet du commutateur ETB connecté au port DIR 1 sont désignés «ports DIR1», et ceux de ce même commutateur connecté au port DIR 2 sont désignés «ports DIR2». L'affectation des ports ETB sur le port DIR 1 ou DIR 2 est libre. L'association entre le numéro, le sens et la ligne d'identification des ports de commutation ETB peut être déduite des trames TTDP.

La définition du sens du commutateur ETB par rapport à un sens de rame statique constitue une autre hypothèse. Afin de simplifier le protocole de découverte de la topologie du train (calcul de l'orientation), un nœud ETB est toujours dans le même sens que la rame. Pour la modularité de l'installation, les nœuds ETB mettent en œuvre une configuration de paramétrage statique qui permet la mise en correspondance des ports ETBN dans le sens ETB. Lorsqu'un nœud ETB est placé dans une voiture dont l'orientation peut être inversée dans une rame, le sens du nœud ETB est ajusté par modification des ports ETB et de la mise en correspondance des sens (voir Figure 29).



Légende

Anglais	Français
Train switch	Commutateur de train
Line A	Ligne A
Line B	Ligne B
DIR	SENS

Figure 29 – Capacité d'orientation des nœuds ETBN

8.3 Paramètres ETBN

8.3.1 États des ports de commutation ETB

Un port de commutation ETB peut présenter l'un des états du Tableau 12 (voir également IEEE 802.1D):

Tableau 12 – États des ports de commutation ETB

État des ports	Description
Désactivé:	Les trames ne sont pas autorisées à pénétrer (entrer) ou quitter (sortir) les ports désactivés. L'apprentissage ne s'effectue pas sur les ports désactivés.
Rejet:	Seules les trames de gestion IEEE 802.3 sont autorisées à pénétrer (entrer) ou quitter (sortir) un port de rejet. Tous les autres types de trame sont éliminés. L'apprentissage est désactivé sur les ports de rejet.
Acheminement:	Fonctionnement normal. Toutes les trames sont autorisées à pénétrer (entrer) ou quitter (sortir) un port d'acheminement. L'apprentissage s'effectue sur toutes les trames Ethernet.

Les états suivants sont obligatoires pour la mise en œuvre du protocole de découverte de topologie du train:

- rejet: cet état est dédié uniquement aux paramètres du nœud terminal pour le port d'extrémité.
- Acheminement: cet état est utilisé sur tous les ports ETB, sauf les ports d'extrémité.

L'état d'apprentissage de l'IEEE 802.1D ne doit pas être utilisé sur les nœuds ETB (dans cet état, seules les trames de gestion IEEE 802.3 sont autorisées à pénétrer (entrer) ou quitter (sortir) un port d'apprentissage. Tous les autres types de trames sont éliminés, mais l'apprentissage s'effectue sur toutes les autres trames Ethernet).

L'état désactivé est soit en mode provisoire, après mise sous tension / réinitialisation lorsque le port est utilisé, soit en mode permanent lorsque le port est désactivé de manière statique (par configuration).

8.3.2 Paramètres de nœuds

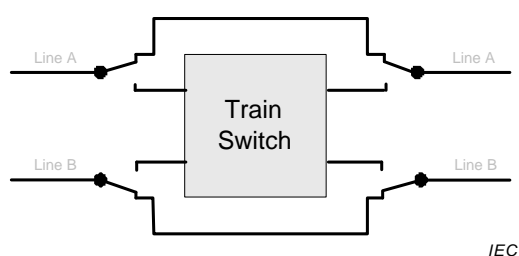
8.3.2.1 Généralités

Afin de prendre en charge les différents modes de fonctionnement de l'inauguration de train, un commutateur ETB doit être configurable pour permettre de définir les paramètres de base décrits dans les paragraphes suivants.

NOTE Les figures ci-dessous représentent uniquement 2 lignes pour liaisons redondantes; cependant, il est possible d'utiliser 4 lignes dans chaque sens.

8.3.2.2 Paramètre de dérivation passif

Pour le paramètre de dérivation passif, les lignes ETB doivent contourner le commutateur ETB qui est ensuite découplé des lignes ETB (voir la Figure 30). Le paramètre de dérivation passif est le paramètre par défaut hors tension, ainsi que lorsque le commutateur ETB ne fonctionne pas.

**Légende**

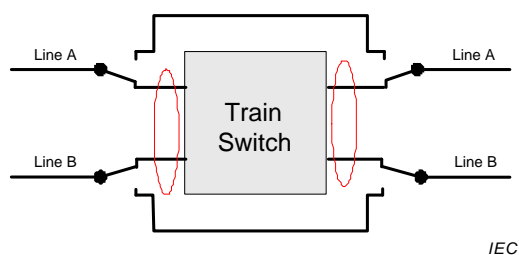
Anglais	Français
Train switch	Commutateur de train

Figure 30 – Commutateur ETB avec paramètre de dérivation passif

L'architecture du câblage doit gérer les questions de limites physiques lorsqu'une dérivation passive est activée (câblage plus long): commutateurs supplémentaires, répéteurs, etc.

8.3.2.3 Paramètre de nœud intermédiaire

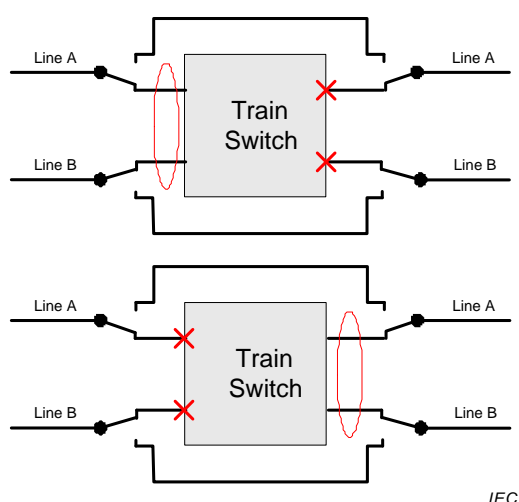
Pour le paramètre de nœud intermédiaire, les lignes ETB doivent être connectées au commutateur ETB (voir la Figure 31). Les ports ETB sont à l'état d'acheminement et les lignes ETB doivent être regroupées dans chaque sens, conformément à l'IEEE 802.1AX.

**Légende**

Anglais	Français
Train switch	Commutateur de train
Line A	Ligne A
Line B	Ligne B

Figure 31 – Commutateur ETB avec paramètre intermédiaire**8.3.2.4 Paramètre de nœud terminal**

Pour le paramètre de nœud terminal, les lignes ETB doivent être connectées au commutateur ETB (voir la Figure 32). Seuls les ports ETB dans un sens (soit Dir1, soit Dir2) sont à l'état d'acheminement, les ports ETB dans l'autre sens étant à l'état de rejet (lorsque l'inauguration est terminée). Les ports ETB d'acheminement doivent être regroupés conformément à l'IEEE 802.1AX. La gestion du port de rejet a pour but de protéger les échanges effectués dans un train inauguré. Les ports ETB à l'extrémité du train sont à l'état de rejet lorsque l'inauguration est terminée (état INAUGURATED – INAUGURÉ).



IEC

Légende

Anglais	Français
Train switch	Commutateur de train
Line A	Ligne A
Line B	Ligne B

Figure 32 – Commutateur ETB avec paramètre de nœud terminal

8.4 Comportement général

Le processus d'inauguration doit être exécuté sur tous les nœuds ETBN:

- découverte et surveillance des homologues ETB. Le processus de topologie de découverte doit toujours être actif. Les messages TOPOLOGY font l'objet d'une multidiffusion par chaque ETBN vers tous les autres, de sorte que les tables d'acheminement du commutateur ETBN sont actualisées lors de chaque transmission;
- notification et négociation de la topologie avec l'application de train. Aucune autre opération n'aura lieu sans acquittement d'application;
- après l'acquittement d'application, il est tenu compte de la topologie logique de train afin d'établir la mise en correspondance IP de train et d'actualiser les services de réseau (DHCP, DNS, NTP, etc.). Il convient d'informer le dispositif terminal de la nouvelle topologie agréée. Les ports d'extrémité de l'ETB d'un train sont à l'état de rejet et seuls les messages HELLO (qui sont des trames de gestion IEEE 802.3) sont envoyés et peuvent les traverser (en utilisant l'adresse MAC de gestion) pour découvrir un éventuel couplage.

La stabilité de topologie repose sur un calcul CRC. Lorsque tous les CRC (CRC local et CRC issus d'un autre ETBN) sont identiques, tous les nœuds ETBN partagent la même topologie.

Le résultat obtenu constitue une simple information d'ordre topologique. Le protocole TTDP décrit ici a pour objectif de détecter le plus rapidement possible les variations topologiques et/ou la stabilité. Un échange et un partage complets des descriptions de rames doivent être effectués par un autre protocole (voir l'IEC 61375-2-3).

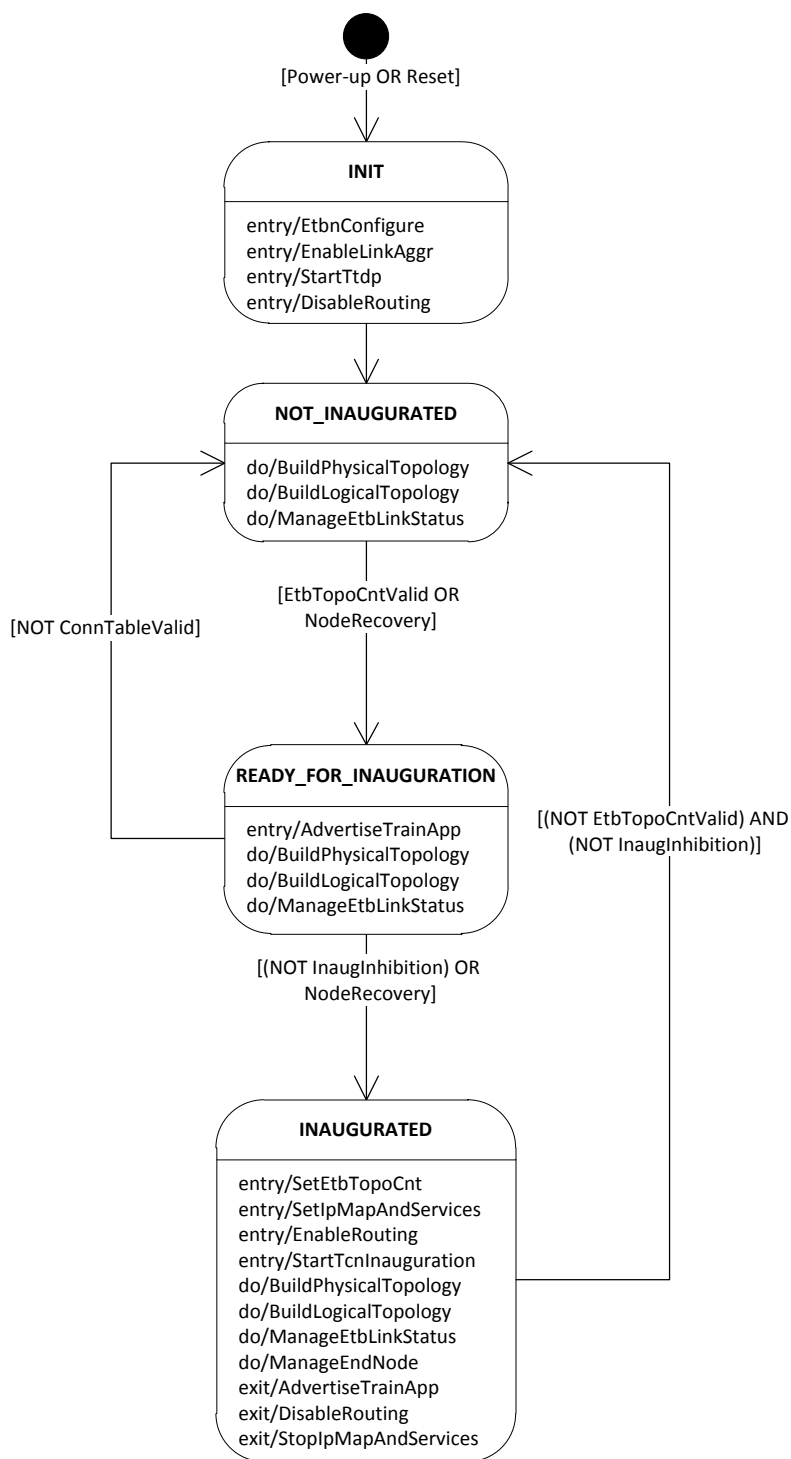
La distinction entre les changements souhaités en raison de l'assemblage/désassemblage de train ou de la perte d'homologues, doit également être gérée afin d'éviter des procédures d'inauguration multiples.

8.5 Diagramme d'état d'inauguration ETBN

8.5.1 Généralités

Le processus d'inauguration ETBN est défini par le diagramme de transition d'état de la Figure 33. Les définitions suivantes sont utilisées dans le diagramme:

- Entry (Entrée): action réalisée une seule fois au début de l'état
- Exit (Sortie): action réalisée une seule fois à la fin de l'état
- Do (Action): réalisée en boucle périodique
- NOT (NON), AND (ET), OR (OU): opérateurs logiques NOT (NON), AND (ET), OR (OU)



IEC

Légende

Anglais	Français
Power-up OR reset	Mise sous tension OU réinitialisation
Entry	Entrée
Do	Action
NOT ConnTableValid	NON ConnTableValid
EtbTopoCntValid OR NodeRecovery	EtbTopoCntValid OU NodeRecovery
NOT EtbTopoCntValid AND NOT InaugInhibition	NON EtbTopoCntValid ET NON InaugInhibition
NOT InaugInhibition OR NodeRecovery	NON InaugInhibition OU NodeRecovery
Exit	Sortie

Figure 33 – Diagramme d'état d'inauguration ETBN

8.5.2 Actions

EtbncConfigure (configurer ETBN)

Les ports de commutation ETB sont réglés sur l'état d'acheminement, le port d'acheminement IP est désactivé, aucune configuration IP n'a lieu, la table d'acheminement du commutateur ETB est réinitialisée, etc.

EnableLinkAggr (activer agrégation de liaisons)

Les ports de commutation ETBN DIR1, ainsi que les ports DIR2, sont configurés de manière à faire l'objet d'une agrégation statique commune.

StartTtdp (lancer TTDP)

Lancement du démon TTDP.

Configuration de la valeur initiale:

- État des ports ETBN = «Acheminement»
- etbnInhibition = Faux (l'inauguration est autorisée au niveau de la rame reliée au nœud ETBN)
- InaugInhibition = Faux (l'inauguration est autorisée au niveau du train, voir la description ci-dessous)
- ConnTableCrc32 = «Valeur par défaut ConnTableCrc32»
- Compteur de topologie = «Valeur par défaut etbTopoCnt»

NOTE «etbnInhibition» est une valeur booléenne générée par chaque nœud ETBN dans la trame TOPOLOGY. Définie comme vraie lorsque l'application de train interdit une nouvelle inauguration (train circulant en mode opérationnel par exemple), et définie comme fausse lorsque cette même application permet à l'inauguration de modifier tous les paramètres IP. Ces informations sont valables dans le domaine de l'ETBN local. A la mise sous tension, le champ «etbnInhibition» de la topologie est mis sur Faux (Inauguration autorisée).

DisableRouting (désactiver routage)

L'acheminement entre ETB et CN est désactivé. Aucune communication n'est possible entre les CN.

BuildPhysicalTopology (construire topologie physique)

Le démon TTDP établit la table de connectivité (topologie physique), calcule ConnTableCrc32 et actualise le paramètre TLV «ETB spécifique au TTDP» dans les trames TTDP TOPOLOGY (voir 8.7.6).

BuildLogicalTopology (construire topologie logique)

Le démon TTDP établit le répertoire de réseau de train (topologie logique), calcule etbTopoCnt (voir ci-après) et actualise le paramètre TLV «ETB spécifique au TTDP» dans les trames TTDP TOPOLOGY (voir 8.7.6).

ManageEtbLinkStatus (gérer état liaison ETB)

Le nœud ETBN doit gérer l'état des liaisons ETB avec ses nœuds voisins, en utilisant les résultats:

- des trames TTDP HELLO
- de l'état des ports physiques Ethernet

SetEtbTopoCnt (établir compteur de topologie ETB)

Mémorisation du CRC du répertoire de réseau de train comme compteur de topologie actuel (identifiant d'inauguration). Lorsque le nœud ETB est à l'état INAUGURATED, le champ etbTopoCnt de la trame TTDP TOPOLOGY est fixé sur le CRC mémorisé du répertoire de réseau de train.

SetIPMapAndServices (établir mise en correspondance IP et services)

Initialisation de la mise en correspondance IP (tous les paramètres IP: adresse IP, masque de réseau, résolution de noms, itinéraires IP, etc.) et les services (DHCP, NAT, DNS, etc.), en utilisant les résultats TTDP («Identifiant ETBN» et «Identifiant de sous-réseau»). (Re)lance des services, réinitialisation de la table ARP, etc.

Enablerouting (activer routage)

L'acheminement entre ETB et CN est activé. La communication entre les CN est possible.

AdvertiseTrainApp (notifier application de train)

Une nouvelle inauguration est notifiée à l'application de train interne au réseau CN. Selon la technologie du réseau CN, le nœud ETBN doit exporter la topologie du train.

StartTcnInauguration (lancer inauguration de TCN)

A l'état INAUGURATED, chaque ETBN doit permettre à l'inauguration du TCN de se poursuivre comme décrit par le profil de communication (voir l'IEC 61375-2-3).

ManageEndNode (gérer nœud terminal)

Le démon TTDP gère l'identification du nœud terminal et met les ports non connectés à l'état de rejet. De même, lorsqu'une reprise de nœud terminal a eu lieu, cette fonction est chargée de remettre à l'état d'acheminement les ports précédemment à l'état de rejet (voir 8.11.3).

StopIpMapAndServices (arrêter mise en correspondance IP et services)

Initialisation de la mise en correspondance IP (tous les paramètres IP: adresse IP, masque de réseau, résolution de noms, itinéraires IP, etc.) et arrêt des services (DHCP, NAT, DNS, etc.).

8.5.3 Transitions

Power-up OR Reset (Mise sous tension ou réinitialisation)

Événement de mise sous tension ou de réinitialisation des nœuds ETBN.

ConnTableValid (table de connectivité valide)

Valeur booléenne, vraie lorsque la topologie physique est partagée par tous les nœuds ETBN (même CRC de table de connectivité pour tous les nœuds ETBN).

EtbTopoCntValid (compteur de topologie ETB valide)

Valeur booléenne, vraie lorsque la topologie logique est partagée par tous les nœuds ETBN (même CRC de répertoire de réseau de train pour tous les nœuds ETBN).

InaugInhibition (inhibition de l'inauguration)

Cette balise est le résultat d'une opération d'exclusion (ou sur le champ «etbnInhibition») (considéré comme booléen) des trames TOPOLOGY reçues de tous les autres ETBN et de la valeur locale du CN. Pour activer l'inauguration, tous les CN doivent la valider (c'est-à-dire

que toutes les balises «etbnInhibition» notifiées par les ETBN doivent être sur faux). À la mise sous tension, InaugInhibition n'est pas significatif jusqu'à ce que l'ETBN atteigne au moins une fois l'état INAUGURATED (ainsi, sa valeur au démarrage est mise sur faux pour permettre la première inauguration).

NodeRecovery (reprise de nœud)

Vrai lorsque l'ETBN propre a un etbTopoCnt valide, même si les trames TOPOLOGY reçues des autres ETBN indiquent une inhibition de l'inauguration (au moins un Vrai dans leurs balises etbnInhibition). Ceci peut arriver lorsque l'ETBN propre:

- est un nœud intermédiaire, était précédemment un nœud connu, a disparu et réapparu,
- est un nœud intermédiaire et son réveil s'est effectué tard, dans une rame contenant au moins un ETBN déjà inauguré,
- est une reprise de nœud dans un groupe de nœuds terminaux perdus. On doit attendre un certain temps lors du passage de l'état READY_FOR_INAUGURATION (prêt pour inauguration) à l'état INAUGURATED: cette attente doit être suffisamment longue (aux environs de 200 ms) de manière à:
 - permettre au nœud terminal temporaire (connecté à un groupe de nœuds terminaux perdus réels) d'établir sa liaison d'extrémité temporaire en revenant d'un état de rejet à un état d'acheminement (au moment de la découverte des nœuds en cours de reprise),
 - permettre la transmission des trames TOPOLOGY aux nœuds en cours de reprise.

Cette temporisation est nécessaire pour éviter une situation de conflit avec des nœuds terminaux précédemment perdus qui effectuent une inauguration locale rapide de leur côté (c'est-à-dire sans voir les autres nœuds ETB): avant de passer de l'état READY_FOR_INAUGURATION à INAUGURATED, les nœuds terminaux en cours de reprise attendent suffisamment longtemps pour voir de nouveau les trames TOPOLOGY des autres nœuds ETB et converger vers une topologie ETB déjà inaugurée.

8.6 Découverte d'homologues ETBN

8.6.1 Détection d'homologues internes

Chaque ETBN tente en continu de détecter d'autres ETBN sur l'ETB. Pour cela, chaque ETBN transmet périodiquement une trame de couche 2 de multidiffusion à tous les autres ETBN. Cette trame est appelée trame TTDP TOPOLOGY.

Les groupes d'agrégation de liaisons (dans les deux sens de l'ETB) permettent de transmettre cette trame.

A la réception de cette trame, un ETBN doit rechercher l'adresse MAC d'émetteur de la trame dans sa table d'acheminement de commutation afin de détecter si la trame provient du côté DIR1 ou DIR2.

Lorsque seul le nœud ETBN se trouve sur le réseau ETB (il ne reçoit jamais de trames), la stabilité est autodéclarée au terme d'un certain délai.

Une période sans réception de trame provenant d'un ETBN spécifique permet de détecter toute disparition de nœuds ETBN.

Deux méthodes différentes de constitution de la table de connectivité peuvent être appliquées:

- Les champs «Vecteur de connectivité» (voir 8.8.1)
- Les champs «Vecteur ETBN» (voir 8.8.2)

Le choix d'utiliser l'un ou l'autre champ comme intrant de l'algorithme de construction de topologie est libre, mais il est obligatoire de remplir tous ces champs TOPOLOGY lors de l'envoi des trames TOPOLOGY.

Les deux algorithmes de constitution de la table de connectivité peuvent être utilisés en cas d'exigences de sécurité spécifiques.

L'Annexe B présente un exemple d'algorithme qui maintient la topologie physique (pour information uniquement).

8.6.2 Détection d'homologues externes

Une fois la topologie approuvée par l'application de train (balise «InaugInhibition» sur Vrai), les ports Ethernet ETB d'extrémité du train sont mis en mode rejet. Seules les trames de gestion (en fonction de leur adresse MAC de destination) telles que les trames TTDP HELLO, peuvent transiter par ces ports, mais ce n'est pas le cas des trames TTDP TOPOLOGY.

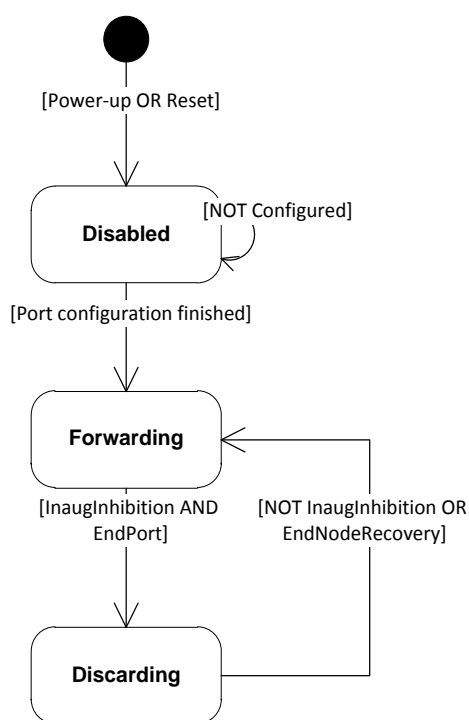
De nouveaux homologues externes ETB (par exemple pendant l'attelage du train / allongement de l'ETB) seront détectés par des échanges de trames périodiques. Ces messages sont appelés trames TTDP HELLO. Cependant, les nouveaux homologues ne seront ajoutés à la topologie ETB qu'à l'issue d'une nouvelle inauguration ETB et lorsque l'application du train le permet (la balise «InaugInhibition» est mise sur Faux).

Ces trames étant très petites, elles seront échangées à une certaine vitesse (élevée) qui peut être configurée, de manière à assurer une bonne réactivité lors de toute apparition ou perte d'ETBN (voir 8.12.2 et 8.12.3 pour les temporisations types).

Tout retard de réception de trame TTDP HELLO en provenance d'un voisin ETBN connu est utilisé pour détecter un dételage du train (raccourcissement de l'ETB).

8.6.3 Traitement des états de port de commutation

La Figure 34 ci-dessous résume le traitement des états de port de commutation ETBN en fonction de l'état d'inauguration et de la détection d'homologues. Elle décrit notamment la manière dont un nœud terminal peut passer de l'état de rejet à l'état d'acheminement:



IEC

Légende

Anglais	Français
Power-up OR reset	Mise sous tension ou réinitialisation
Disabled	Désactivé
Not configured	Non configuré
Port configuration finished	Configuration de port terminée
Forwarding	Acheminement
InaugInhibition AND EndPort	InaugInhibition ET EndPort
NOT InaugInhibition OR EndNodeRecovery	NON InaugInhibition OU EndNodeRecovery
Discarding	Rejet

Figure 34 – Diagramme d'états de port de commutation

Les états des ports sont définis en 8.3.1.

Transitions:

- **Mise sous tension OU réinitialisation:** événement de mise sous tension ou de réinitialisation des nœuds ETBN.
- **Configuration de port terminée:** séquence d'initialisation du port après mise sous tension ou une fois terminée la réinitialisation.
- **InaugInhibition** (Inhibition de l'inauguration): l'inauguration est inhibée lorsque la balise est sur Vrai (lorsque l'inauguration est effectuée).
- **EndPort** (port terminal): le port est déclaré comme port d'extrémité lorsqu'il ne reçoit aucune trame TTDP HELLO.
- **EndNodeRecovery** (reprise de port terminal): le port du nœud terminal précédent est rouvert lorsqu'un autre nœud terminal est découvert (par exemple, après un réveil tardif ou reprise d'un nœud terminal; voir 8.11.3).

Les ports ETBN doivent être à l'état d'acheminement après mise sous tension et avant que les relais de dérivation ne soient mis hors tension (pour connecter des ports ETBN aux lignes ETB).

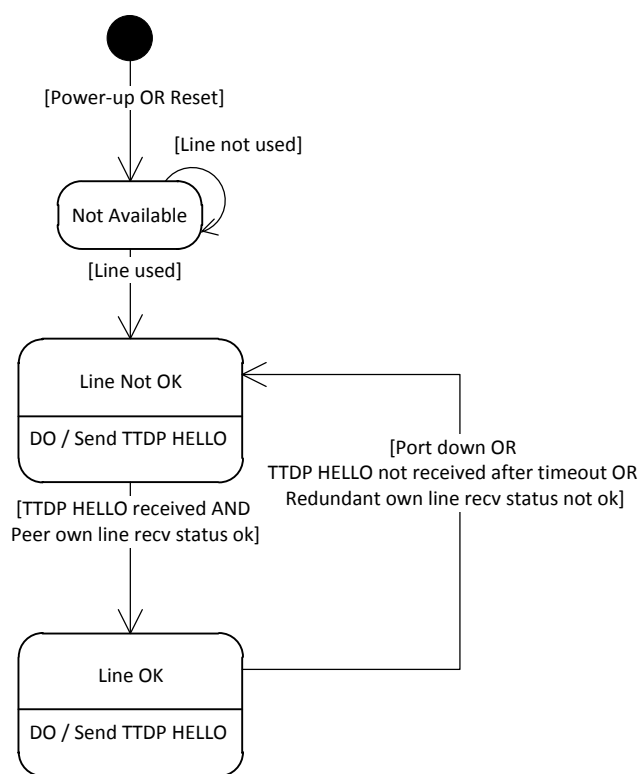
NOTE En cas d'allongement / raccourcissement (attelage / dételage) de train, les ports sont rouverts pour une découverte de nouvelle topologie lorsque l'application du train met la balise InaugInhibition sur Faux.

8.6.4 États des lignes ETB

Les états des lignes ETB sont envoyés dans une trame TTDP TOPOLOGY et partagés entre tous les ETBN (voir 8.7.6).

Chaque ETBN calcule ces états pour ses propres lignes, en fonction des trames TTDP HELLO reçues sur ses ports (voir 8.7.5). Pour la synchronisation et le traitement des temporisations de trames TTDP HELLO, voir également 8.9.1.

La Figure 35 ci-dessous illustre le diagramme d'état d'une ligne ETBN. Elle s'applique uniquement aux lignes utilisées, telles que définies par une configuration statique (aucune trame n'est envoyée sur les lignes non utilisées).



IEC

Légende

Anglais	Français
Power-up OR reset	Mise sous tension ou réinitialisation
Line not used	Ligne non utilisée
Not available	Non disponible
Line used	Ligne utilisée
Line not OK	Ligne non OK
Do / Send TTDP HELLO	Action / Envoi de TTDP HELLO
Port down OR TTDP HELLO not received after timeout OR redundant own line rcv status not OK	Port hors tension OU TTDP HELLO non reçue après temporisation OU État de réception de sa propre ligne redondante non OK
TTDP HELLO received AND peer own line rcv status OK	TTDP HELLO reçue ET État de réception de sa propre ligne homologue OK
Line OK	Ligne OK

Figure 35 – Diagramme d'état de ligne physique ETBN

États:

- Ligne «**Non disponible**» après mise sous tension ou réinitialisation, ou encore lorsque le port de commutation correspondant est configuré pour ne pas être utilisé,
- «**Ligne OK**» lorsque les trames TTDP HELLO sont périodiquement reçues au niveau du commutateur de port,
- «**Ligne non OK**» après démarrage lorsque l'état de la ligne n'a pas été encore évalué ou lorsque la trame TTDP HELLO n'est pas reçue après une temporisation donnée au niveau du commutateur de port.

Transitions / conditions:

- **Mise sous tension OU réinitialisation:** événement de mise sous tension ou de réinitialisation de nœud ETBN.
- **Ligne non utilisée:** la ligne est configurée de manière statique pour ne pas être utilisée.
- **Ligne utilisée:** la ligne est configurée de manière statique pour être utilisée.
- **Port hors tension:** le port de commutation connecté à la ligne est hors tension.
- **Trame TTDP HELLO reçue:** une trame TTDP HELLO a été reçue dans le délai de temporisation en cours.
- **Trame TTDP HELLO non reçue après temporisation:** une trame TTDP HELLO n'a pas été reçue dans le délai de temporisation en cours.
- **État de la ligne de réception propre de l'homologue OK:** l'état de réception de la ligne propre reçu de l'homologue distant dans la trame TTDP HELLO est OK.
- **État de réception de sa propre ligne redondante non OK:** l'état de réception de sa propre ligne reçu de l'une des autres lignes redondantes du même groupe d'agrégation n'est pas OK. Par exemple, si l'on recherche la ligne A et que l'état de réception de la ligne A, reçu de la ligne B du même groupe d'agrégation dans la trame TTDP HELLO, n'est pas OK (c'est-à-dire que l'homologue distant considère que la ligne A n'est pas OK).

Actions:

- **Envoyer TTDP HELLO:** dans tous les états, lorsque le port est configuré pour être utilisé, envoyer périodiquement la trame TTDP HELLO sur une ligne physique associée.

8.7 Description des messages TTDP

8.7.1 Généralités

Le présent paragraphe définit les paquets de données échangés entre les nœuds ETBN pour l'inauguration du réseau ETB. Deux paquets de données d'inauguration du réseau ETB sont définis:

- La trame TTDP HELLO, pour la découverte des nœuds voisins ETB directement connectés et pour l'essai des lignes de communication physiques avec ces nœuds voisins
- La trame TTDP TOPOLOGY, pour informer tous les autres ETBN de la découverte de son propre réseau ETB voisin. Elle est utilisée pour construire la topologie physique («table de connectivité»).

NOTE Même si les réponses aux trames TTDP HELLO sont utilisées sur chaque ETBN pour qu'il construise son propre «vecteur de connectivité», ces informations sont multidiffusées et partagées avec tous les nœuds par l'intermédiaire de trames TTDP TOPOLOGY (les trames HELLO concernent localement un voisinage ETBN direct).

8.7.2 Conventions

La convention générale applicable aux champs utilisés dans les messages est la suivante:

- Champs non utilisés/réservés
 - doit être mis à 0 lors de la transmission.
 - ne doit PAS être vérifié à réception

- Ordres des octets
 - Les valeurs numériques recouvrant deux octets ou plus respectent la convention «d'ordre de réseau», qui est la suivante: octet de poids fort en premier.
- Les valeurs numériques recouvrant moins d'un octet sont décrites en supposant que les bits les plus à gauche sont les bits de poids forts.

8.7.3 Balisage des trames TTDP

Les messages TTDP doivent porter une balise VLAN conformément à la norme IEEE 802.1Q:

- L'identifiant VLAN (VID) doit être mis à 492 (= '1EC'H),
- La priorité VLAN doit être maximale: 7.

8.7.4 Transport et adressage

Le protocole TTDP définit deux trames Ethernet spécifiques:

- La trame TTDP HELLO: basée sur une trame LLDP avec un paramètre TLV de TTDP organisationnel spécifique (TLV HELLO).
- La trame TTDP TOPOLOGY: trame de multidiffusion Ethernet TTDP spécifique.

L'adresse MAC du Tableau 13 doit être utilisée pour les trames de couche 2:

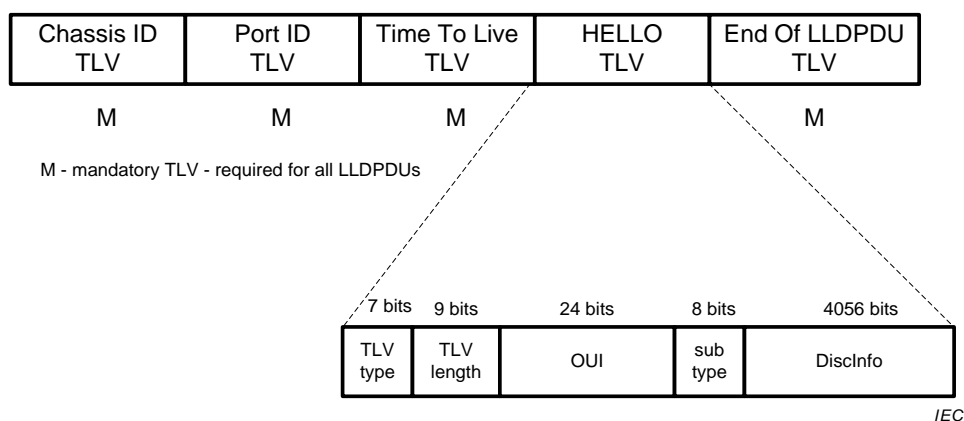
Tableau 13 – Adresses MAC de destination TTDP

Trame TTDP	Destination MAC	Cible	Définition
HELLO	01-80-C2-00-00-0E	Pont voisin	IEEE 802.1AB, LLDP, Protocole de découverte de couche de liaison. Permet aux stations d'échanger des informations concernant les châssis et les ports.
TOPOLOGY	01-80-C2-00-00-10	Tous les ponts	IEEE 802.1D. Définie comme une adresse de multidiffusion ordinaire à utiliser pour atteindre tous les ponts d'un réseau local ponté.

8.7.5 Trame TTDP HELLO

Comme décrit en 4.4.2, les trames TTDP HELLO sont périodiquement envoyées sur toutes les lignes physiques ETBN configurées de manière statique (celles utilisées pour le réseau ETB).

Les trames TTDP HELLO (voir la Figure 36) sont basées sur la définition des unités LLDPDU (voir IEEE 802.1AB qui décrit les paramètres TLV obligatoires du protocole LLDP et les paramètres TLV spécifiques à l'organisation).



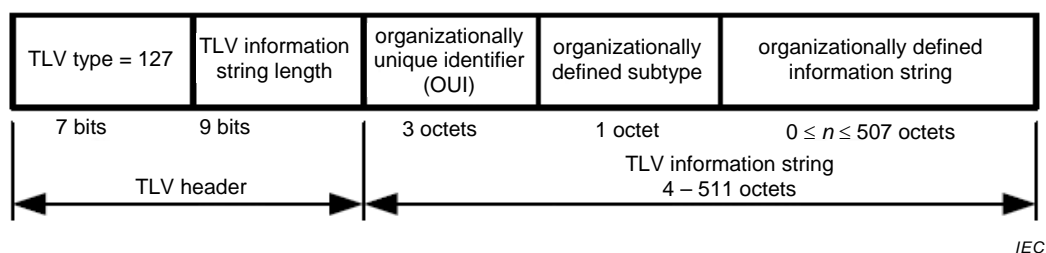
Légende

Anglais	Français
Chassis ID TLV	Paramètre TLV ID de châssis
Port ID TLV	Paramètre TLV ID de port
Time To Live TLV	Paramètre TLV Durée de vie
HELLO TLV	TLV HELLO
End of LLDPDU TLV	Fin de paramètre TLV LLDPDU
M – Mandatory	M – obligatoire
TLV – required for all LLDPDU	Paramètre TLV – requis pour toutes les LLDPDU
TLV type	Type de paramètre TLV
TLV length	Longueur de paramètre TLV
OUI	OUI
subtype	Sous-type

Figure 36 – Structure de LLDPDU de la trame TTDP HELLO

Sachant que les paramètres TLV obligatoires de LLDP (ID de châssis et de port, TTL, EOF) sont présents, mais que leurs valeurs ne doivent pas être utilisées par le protocole TTDP, les sous-types peuvent être librement utilisés pour ces paramètres TLV obligatoires du protocole LLDP.

Le format de codage des données TTDP HELLO est un format TLV spécifique à l'organisation (voir la Figure 37).



Légende

Anglais	Français
TLV type = 127	Type de paramètre TLV = 127
TLV information string length	Longueur de chaîne d'information de paramètre TLV
Organizationally unique identifier (OUI)	Identifiant unique à l'organisation (OUI: Organizationally Unique Identifier)
Organizationally defined subtype	Sous-type défini par l'organisation
Organizationally defined information string	Chaîne d'information définie par l'organisation
TLV header	En-tête de paramètre TLV
TLV information string	Chaîne d'information de paramètre TLV

Figure 37 – Structure de paramètre TLV spécifique à l'organisation LLDP

La trame TTDP HELLO doit être définie comme décrite ci-dessous en ASN.1 par enregistrement de TTDP-HELLO-FRAME. Les sous-types LLDP TLV obligatoires sont réglés sur les valeurs d'exemple.

```

TLV-TYPE ::= ENUM7 {
    endOfLLDPDU-TLV-TYPE (0),
    chassisId-TLV-TYPE (1),
    portId-TLV-TYPE (2),
    ttl-TLV-TYPE (3),
    -- other unused values in between
    specific-TLV-TYPE (127)
}
-- Definition of LLDP TLV type values
-- Organizationally specific TLVs

TLV-HEADER ::= RECORD {
    tlvType TLV-TYPE,
    tlvLength UNSIGNED9 (0..511)
    -- TLV header fields are not aligned on byte boundaries,
    -- total header size is 16 bits (7 + 9)
}
-- Definition of standard TLV header

GEN-TLV ::= RECORD {
    tlvHeader TLV-HEADER,
    tlvInfo ARRAY [tlvHeader.tlvLength] OF WORD8
}
-- Definition of generic TLV
-- standard TLV header
-- TLV payload

MAC-ADDR ::= ARRAY [6] OF UNSIGNED8
-- Definition of MAC address type (48-bit)

TTDP-VLAN-HDR ::= RECORD {
    tpid UNSIGNED16 ('8100'H),
    pcp UNSIGNED3 (7),
    de BOOLEAN1 (0),
    vid UNSIGNED12 ('1EC'H)
}
-- Definition for TTDP VLAN header
-- Tag Protocol Identifier value
-- to identify the frame as
-- an IEEE 802.1Q-tagged frame
-- Priority Code Point = highest
-- (refers to IEEE 802.1p priority)
-- Drop Eligible (to indicate
-- frames eligible to be dropped)
-- VLAN ID for TTDP

CHASSIS-TLV ::= RECORD {
    chassisTlvHeader TLV-HEADER {
        tlvType (chassisId-TLV-TYPE),
        tlvLength (7)
    },
    chassisIdSubtype UNSIGNED8 ('04'H),
    chassisId MAC-ADDR
}
-- Definition of Chassis TLV
-- Chassis TLV header values
-- Chassis ID subtype = MAC address
-- Chassis sender's MAC address

PORT-TLV ::= RECORD {
    portTlvHeader TLV-HEADER {
        tlvType (portId-TLV-TYPE),
        tlvLength (2)
    },
    portIdSubtype UNSIGNED8 ('06'H),
    portId UNSIGNED8 (0..255)
}
-- Port TLV definition
-- Port TLV header values
-- Agent circuit ID (IETF RFC 3046)
-- ETB, ETBN egress physical port nb

TTL-TLV ::= RECORD {
    ttlTlvHeader TLV-HEADER {
        tlvType (ttl-TLV-TYPE),
        tlvLength (2)
    },
    ttl UNSIGNED16 (0..65535)
}
-- Time To Live TLV definition
-- Time To Live TLV header values
-- LLDP Time To Live (seconds)

EOL-TLV ::= RECORD {
    eolTlvHeader TLV-HEADER {
        tlvType (endOfLLDPDU-TLV-TYPE),
        tlvLength (0)
    }
}
-- End Of LLDPDU TLV definition
-- End Of LLDPDU TLV header values

TIMEOUT-SPEED ::= ENUM8 {
    slowTimeout (1),
    fastTimeout (2)
}
-- Definition for timeout values
-- Slow timeout value (100 ms)
-- Fast timeout value (15 ms)

LINE-IDENT ::= CHARACTER8 (65 | 66 | 67 | 68 | 45)
-- Definition for line identification values
-- 'A' | 'B' | 'C' | 'D' | '-' character ASCII codes

```

```

EGRESS-DIR ::= ENUM8 {
    dir1 (1),
    dir2 (2)
}

HELLO-TLV ::= RECORD {
    specTlvHeader TLV-HEADER {
        tlvType (Specific-TLV-TYPE),
        tlvLength (86)
    },
    oui ARRAY [3] OF UNSIGNED8 ('200E95'H),
    ttdpSubtype UNSIGNED8 ('01'H),
    tlvCS UNSIGNED16,
    version UNSIGNED32 ('01000000'H),
    lifeSign UNSIGNED32,
    etbTopoCnt UNSIGNED32,
    vendor ARRAY [32] OF CHARACTER8,
    recvAstatus ANTIVALENT2,
    recvBstatus ANTIVALENT2,
    recvCstatus ANTIVALENT2,
    recvDstatus ANTIVALENT2,
    timeoutSpeed TIMEOUT-SPEED,
    srcId MAC-ADDR,
    srcPortId UNSIGNED8 (0..255),
    egressLine LINE-IDENT,
    egressDir EGRESS-DIR,
    reserved1 UNSIGNED6 (0),
    inaugInhibition ANTIVALENT2,
    remoteId MAC-ADDR,
    reserved2 UNSIGNED16 (0),
    cstUuid ARRAY [16] OF UNSIGNED8
}

TTDP-HELLO-FRAME ::= RECORD {
    destAddr MAC-ADDR ('0180C200000E'H),
    srcAddr MAC-ADDR,
    vlanHdr TTDP-VLAN-HDR,
    etherType UNSIGNED16 ('88CC'H),
    chassisTlv CHASSIS-TLV,
    portTlv PORT-TLV,
    ttlTlv TTL-TLV,
    otherTlvs1 SEQUENCE OF GEN-TLV,
    helloTlv HELLO-TLV,
    otherTlvs2 SEQUENCE OF GEN-TLV,
    eolTlv EOL-TLV,
    etherCrc UNSIGNED32
}

```

REMARQUES

- 1) Calculé selon l'IEEE 802.3 Valeur par défaut: voir la définition en 8.7.5. Dans ce paramètre TLV, le but est de gérer la reprise en cas de défaillance temporaire d'un nœud terminal (voir 8.11.3).
- 2) Information spécifique au fournisseur, chaîne de texte terminée par un zéro. Remplie de caractères nuls après le caractère de chaîne de texte terminée par un zéro jusqu'à la fin de la matrice.
- 3) État de réception de ligne: un état de réception de ligne est correct si les trames HELLO sont reçues du nœud directement voisin sur cette ligne et si l'état du port Ethernet correspondant est actif; un état de réception de ligne est considéré non correct si l'état du port Ethernet correspondant est inactif ou si aucune trame HELLO n'a été reçue sur cette ligne pendant longtemps + une courte temporisation. Les valeurs sont les suivantes:
 - '00'B (ERREUR) = valeur non valide (ne doit jamais être utilisée)
 - '01'B (FAUX) = état de réception de ligne Non OK
 - '10'B (VRAI) = état de réception de ligne OK
 - '11'B (NON DÉFINI) = non disponible.

Voir 8.6.4 pour le diagramme d'état et la description de ligne physique ETBN.

- 4) Notification sur la gestion de la temporisation en réception (mécanisme similaire au protocole LACP) afin d'accélérer la détection de défaillance dans tous les cas. Ces informations commandent la période de transmission de la trame TTDP HELLO des voisins.

En l'absence de réception de trames en mode (normal) de temporisation lente, demander au voisin d'adopter le mode de transmission rapide.

Signification en local: envoi immédiat en cas de modification de ce champ pour notification des voisins

Signification distante: Envoi immédiat en cas de modification de champ des voisins

Voir 8.9.1 pour plus de détails.

Il convient que la valeur initiale soit mise sur «slowTimeout» (temporisation lente).

- 5) Tous les nœuds ETBN dans la même rame partagent le même CstUUID. Voir ci-dessous.
- 6) État d'application de train relatif à l'autorisation d'inauguration du train (information d'inhibition générale = OU sur toutes les balises d'inhibition locales ETBN reçues et la valeur locale – voir 8.5.3).

La valeur de la balise est «non disponible» jusqu'à ce que la première topologie soit établie.

Les valeurs sont les suivantes:

'00'B (ERREUR)	= valeur non valide (ne doit jamais être utilisée)
'01'B (FAUX)	= Inauguration non inhibée (Inauguration autorisée)
'10'B (VRAI)	= Inauguration inhibée (Inauguration non autorisée)
'11'B (NON DÉFINI)	= non disponible.

- 7) La somme de contrôle TLV est calculée de la même manière que la somme de contrôle TCP dans le RFC 793. Elle doit être calculée sur la charge utile TLV (depuis le premier mot TLV après la somme de contrôle, jusqu'au dernier mot TLV, les deux étant inclus).

Le champ somme de contrôle est le complément à un sur 16 bits de la somme des compléments à un de tous les mots de 16 bits dans la charge utile TLV (valeur de départ égale à 0). Si une charge utile TLV contient un nombre impair d'octets dont la somme de contrôle est à calculer, le dernier octet est rempli à droite de zéros pour former un mot de 16 bits aux fins de calcul de la somme de contrôle. Les bits de remplissage ne sont pas transmis comme faisant partie du paramètre TLV.

- 8) S'il est nécessaire d'ajouter plus d'informations TTDP à la trame HELLO, il convient de définir un nouveau paramètre spécifique TLV contenant les OUI du protocole TTDP. Les TLV de TTDP de sous-type TTDP < 128 sont réservés pour l'interopérabilité et ceux de sous-type TTDP ≥ 128 sont librement utilisés par chaque fournisseur particulier.

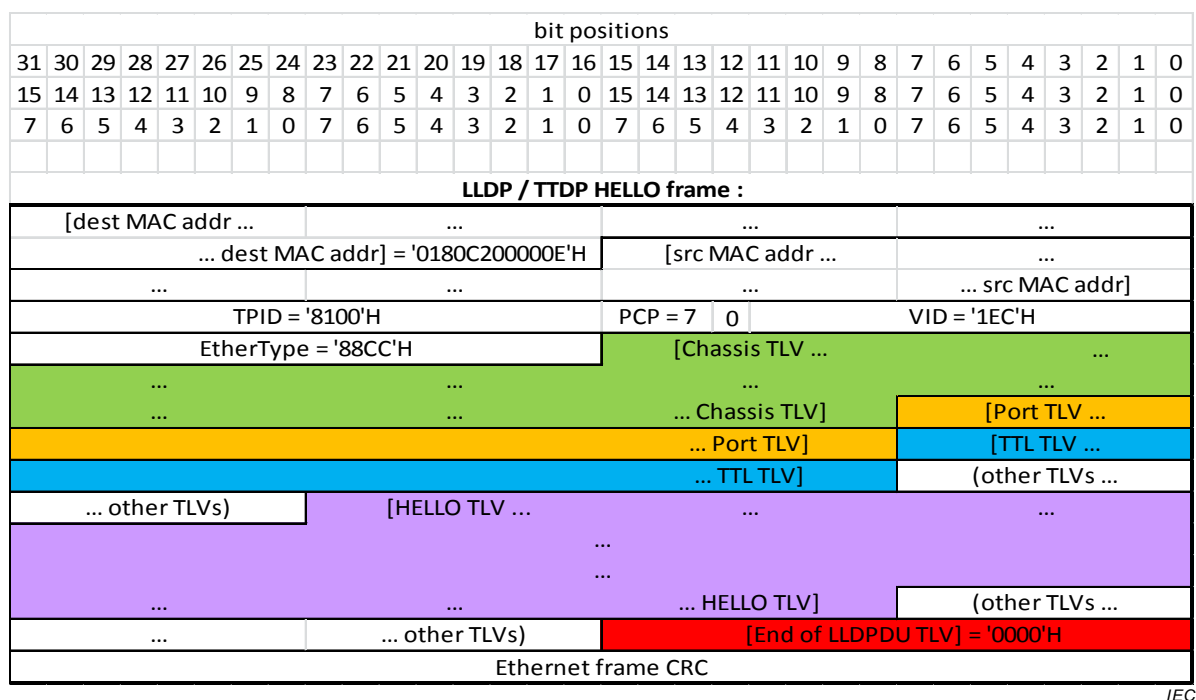
CstUUID permet d'identifier de manière unique une rame à l'échelon mondial sans devoir recourir à un processus central d'enregistrement. Ce paramètre est un identifiant de 128 bits. Il est défini dans la norme IETF RFC 4122. Une rame non modifiable est perçue comme une rame virtuelle (voir 6.3.2).

Tous les nœuds ETBN au sein d'une même rame doivent avoir le même CstUUID.

Un CstUUID se présente actuellement sous la forme d'un identifiant à 32 chiffres significatifs, par exemple:

“f81d4fae-7dec-11d0-a765-00a0c91e6bf6”

L'intégralité de la structure de la trame TTDP HELLO peut être résumée par la Figure 38 ci-dessous:



IEC

Légende

Anglais	Français
Bit positions	Position des bits
LLDP / TTDP HELLO frame	trame LLDP / TTDP HELLO
Dest MAC addr	Adr. MAC de dest.
Src MAC addr	Adr. MAC émetteur
Chassis TLV	Paramètre TLV de châssis
Port TLV	Paramètre TLV de port
Others TLVs	Autres paramètres TLV
End of LLDPDU TLV	Paramètre TLV Fin de LLDPDU
Ethernet frame CRC	CRC de trame Ethernet
HELLO TLV	TLV HELLO

Figure 38 – Structure de trame TTDP HELLO

La structure TLV spécifique de la trame TTDP HELLO peut être résumée par la Figure 39 ci-dessous:

LLDP specific HELLO TLV for TTDP :									
TLV type (7 bits) = 127				TLV length (9 bits)		[OUI ...			
... OUI]				TTDP subtype = 1		TVL checksum			
version = '01000000'H									
life sign									
etbTopoCnt									
[vendor ...				...		...		...
...				
...				
...				
...				
...				
...				
...				...		...		... vendor]	
InA	InB	InC	InD	timeout speed		[src ID ...		...
...				...		...		... src ID]	
src port ID				egress line		egress dir		reserved1 = 0	inhib.
[remote ID ...				...		...		...
...				... remote ID]		reserved2 = 0			
[cst UUID ...				...		...		...
...				
...				
...				...		...		... cst UUID]	

IEC

Légende

Anglais	Français
LLDP specific HELLO TLV for TTDP	Paramètre TLV HELLO spécifique du LLDP pour TTDP
TLV Type	Type de paramètre TLV
TLV length	Longueur de paramètre TLV
TTDP subtype	Sous-type TTDP
TLV Checksum	Somme de contrôle TLV
Life sign	Durée de vie
Vendor	Fournisseur
Timeout speed	Vitesse de la temporisation
Src ID	ID d'émetteur
Src port ID	ID de port d'émetteur
Egress line	Ligne de sortie
Egress dir	Sens de sortie
Remote ID	ID distant
Reserved 1	Réservé 1
Reserved 2	Réservé 2

Figure 39 – Structure de paramètre TLV HELLO spécifique au TTDP

8.7.6 Trame TTDP TOPOLOGY

Comme décrit en 8.6.1, les trames TTDP TOPOLOGY sont périodiquement envoyées sur toutes les liaisons logiques ETBN (dans les sens 1 et 2).

Ces trames permettent d'établir les topologies physiques et logiques.

La trame TTDP TOPOLOGY doit être définie comme décrite ci-dessous en ASN.1 par l'enregistrement de TTDP-TOPOLOGY-FRAME.

NOTE Certaines définitions ASN.1 utilisées ci-après sont définies en 8.7.5.

```

TTDP-PROTO-ID ::= ARRAY [4] OF CHARACTER8 {84, 84, 68, 80}
    -- Definition of TTDP protocol identification string = "TTDP" in ASCII

ETBN-INAUG-STATE ::= ENUM8 {
    Init (0),
    NotInaugurated (1),
    Inaugurated (2),
    ReadyForInaug (3)
    -- Other values shall never be used
}

ETBN-ROLE ::= ENUM8 {
    EtbnRoleUndefined (0),
    EtbnRoleMaster (1),
    EtbnRoleBackup (2),
    EtbnRoleNotRedundant (3)
    -- Other values shall never be used
}

ETBN-DIR-LINK-INFO ::= RECORD {
    etbnLineAstatus ANTIVALENT2,
    etbnLineBstatus ANTIVALENT2,
    etbnLineCstatus ANTIVALENT2,
    etbnLineDstatus ANTIVALENT2,
    etbnLineAdistIdent LINE-IDENT,
    etbnLineBdistIdent LINE-IDENT,
    etbnLineCdistIdent LINE-IDENT,
    etbnLineDdistIdent LINE-IDENT
    -- ETBN link information in a given direction
    -- Line A status (see 3)
    -- Line B status (see 3)
    -- Line C status (see 3)
    -- Line D status (see 3)
    -- ETBN line distant Id. from Line A
    -- ETBN line distant Id. from Line B
    -- ETBN line distant Id. from Line C
    -- ETBN line distant Id. from Line D
    -- (see 4)
}

```



```

ETB-TLV ::= RECORD {
    etbTlvHeader TLV-HEADER {
        tlvType (1),
        tlvLength (0..511)
    },
    tlvCS          UNSIGNED16,
    protoID        TTDP-PROTO-ID,
    protoVersion   UNSIGNED32 ('01000000'H),
    lifeSign       UNSIGNED32,
    cstUuid        ARRAY [16] OF UNSIGNED8,
    etbnInaugState ETBN-INAUG-STATE,
    etbnNodeRole   ETBN-ROLE,
    reserved1      UNSIGNED6 (0),
    etbnInhibition ANTIVALENT2,
    reserved2      UNSIGNED6 (0),
    remoteInhibition ANTIVALENT2,
    connTableCrc32 UNSIGNED32,
    etbnDir1LinkInfo ETBN-DIR-LINK-INFO,
    etbnDir2LinkInfo ETBN-DIR-LINK-INFO,
    dir1MacAddr     MAC-ADDR,
    ownMacAddr      MAC-ADDR,
    dir2MacAddr     MAC-ADDR,
    nDir1Etbn       UNSIGNED8 (0..62),
    nDir2Etbn       UNSIGNED8 (0..62),
    reserved3       UNSIGNED16 (0),
    dir1EtbnVector  ARRAY [nDir1Etbn] OF MAC-ADDR,
    dir2EtbnVector  ARRAY ALIGN 32 [nDir2Etbn] OF MAC-ADDR
}

ETBN-CN-CNXX ::= BITSET32 {
    -- for each bit, FALSE (0) means "not connected", TRUE (1) means "connected"
    cn01 (0),
    cn02 (1),
    -- ... to be filled with all intermediate values
    cn31 (30),
    cn32 (31)
}

CN-TYPE ::= ENUM8 {
    cn-MVB          (1),
    cn-NotUsed      (2),
    cn-CAN          (3),
    cn-Ethernet     (4),
    -- Other values shall never be used
}

```

```

CN-TLV ::= RECORD {
    -- Definition of TTDP topology CN specific TLV
    cnTlvHeader TLV-HEADER {
        -- CN TLV header values
        tlvType (2),
        tlvLength (0..511)
    },
    tlvCS          UNSIGNED16,          -- TLV checksum(see 7)
    etbTopoCnt     UNSIGNED32,          -- CRC32 of the internal
    -- "Train Network Directory" (see 13)
    ownEtbnNb      UNSIGNED8 (1..32),   -- Static relative position of the ETBN
    -- in the Consist (see 8)
    lengthen       ANTIVALENT2,         -- lengthening state (see 9)
    shorten        ANTIVALENT2,         -- shortening state (see 10)
    reserved1      UNSIGNED4 (0),       -- 4-bit padding for 8-bit alignment
    nEtbnCst       UNSIGNED8 (0..32),   -- Number of ETBN in the Consist (see 11)
    nCnCst         UNSIGNED8 (0..32),   -- Number of CN in the Consist (see 12)
    cnToEtbnList   ARRAY [nEtbnCst] OF ETBN-CN-CNX,
    -- List of CNs attached to ETBNs
    cnTypes        ARRAY ALIGN 32 [nCnCst] OF CN-TYPE
    -- Types of Consist networks
}

TTDP-TOPOLOGY-FRAME ::= RECORD {
    -- TTDP TOPOLOGY frame definition
    destAddr      MAC-ADDR ('0180C2000010'H),
    -- Destination MAC multicast address (see IEEE 802.1D)
    srcAddr       MAC-ADDR,             -- Source MAC address (ETBN sender's)
    vlanHdr       TTDP-VLAN-HDR,        -- TTDP VLAN header
    etherType      UNSIGNED16 ('894C'H), -- EtherType id. for IEC TTDP topology protocol
    reserved1      UNSIGNED16 (0),       -- padding bytes for 32-bit alignment
    etbTlv         ETB-TLV,             -- ETB topology specific TLV (TTDP mandatory)
    -- Used to build "Connectivity Table" (Physical Topology)
    cnTlv         CN-TLV,              -- Consist Networks specific TLV (TTDP mandatory)
    -- Used to build "Train Network Directory" (Logical Topology)
    otherTlvs      SEQUENCE OF GEN-TLV, -- optional list of TLVs
    eolTlv         EOL-TLV,            -- End Of TLV list (mandatory)
    etherCrc       UNSIGNED32          -- Ethernet frame CRC (see IEEE 802.3)
}

```

REMARQUES

- 1) Chaîne de texte en clair (sans 0 à la fin). Permet de filtrer les trames Ethernet dans l'outil de contrôle.
- 2) Tous les nœuds ETBN dans la même rame partagent le même CstUUID.
- 3) État d'une ligne dans un sens donné: peut être utilisé pour surveiller les lignes ETB. Les valeurs sont les suivantes:

'00'B (ERREUR)	= valeur non valide (ne doit jamais être utilisée)
'01'B (FAUX)	= ligne Non OK
'10'B (VRAI)	= ligne OK
'11'B (NON DÉFINI)	= non disponible.
- 4) Nom de la ligne connectée voisine («A», «B», «C» ou «D»). Lorsque le nom de la ligne voisine n'est pas connu, le caractère «-» doit être utilisé.
Peut être utilisé pour contrôler les lignes ETB.
- 5) CRC32 calculé selon l'IEEE 802.3.
Valeur de départ. 'FFFFFFF'H.
Valeur par défaut calculée dans la ConnTable avec un seul nœud ETBN à l'intérieur de ce nœud (voir 8.8.4).
- 6) Mis à 0 si aucun nœud voisin n'est détecté ou si un nœud voisin détecté précédemment n'est plus présent.
- 7) La somme de contrôle TLV est calculée de la même façon que la somme de contrôle TLV HELLO. Voir 8.7.5.
- 8) Position statique relative du nœud ETBN dans la rame: à ne pas confondre avec l'identifiant ETBN (ce dernier étant calculé de manière dynamique au moment de l'Inauguration).
Une valeur nulle ne doit pas être utilisée.
- 9) Indique un allongement apporté à une composition inaugurée (peut être établi par n'importe quel nœud), c'est-à-dire apparition d'une nouvelle rame. Détection par utilisation de la trame LLDP HELLO ET topologie logique.
Mis à VRAI si un nœud détecte un nouveau nœud ayant un CstUUID différent de ceux contenus dans le répertoire de réseau de train.

Remis à Faux («stable») par défaut et en cas de disparition de rame OU d'un nouveau répertoire de réseau de train (voir 8.8.5).

Les valeurs sont les suivantes:

'00'B (ERREUR)	= valeur non valide (ne doit jamais être utilisée)
'01'B (FAUX)	= longueur stable
'10'B (VRAI)	= allongement
'11'B (NON DÉFINI)	= non disponible.

Il convient de mettre la valeur initiale sur FAUX.

- 10) Indique un raccourcissement: perte d'au moins 1 rame à l'extrémité du train (peut être établi par n'importe quel nœud). Détection par utilisation de la trame LLDP HELLO ET précédente topologie logique.

Mis à VRAI si un nœud détecte la perte d'une ou de plusieurs rames à l'extrémité du train, en fonction du répertoire de réseau de train.

Remis à Faux («stable») par défaut et en cas de réapparition de la rame OU d'un nouveau répertoire de réseau de train (voir 8.8.5).

Les valeurs sont les suivantes:

'00'B (ERREUR)	= valeur non valide (ne doit jamais être utilisée)
'01'B (FAUX)	= longueur stable
'10'B (VRAI)	= raccourcissement
'11'B (NON DÉFINI)	= non disponible.

Il convient de mettre la valeur initiale sur FAUX.

- 11) Cette information fait partie intégrante de la description statique d'une rame.

Les nœuds ETBN de la rame sont énumérés dans l'ordre, dans le sens direct de la rame (ETBN#1 étant le premier à partir de l'extrémité 1 de la rame).

- 12) Cette information fait partie intégrante de la description statique d'une rame.

- 13) Calculé selon la norme IEEE 802.3. Valeur par défaut: Voir la définition en 8.7.5.

- 14) Il est important de noter que:

$$nDir1Etbn + nDir2Etbn \leq (63-1)$$

même si indépendamment chaque numéro est $\leq (63-1)$, sachant qu'il y a un nombre maximal de 63 ETBN sur l'ETB (-1 pour exclure son ETBN propre). Ainsi, la taille maximale des données du paramètre TLV de l'ETB est:

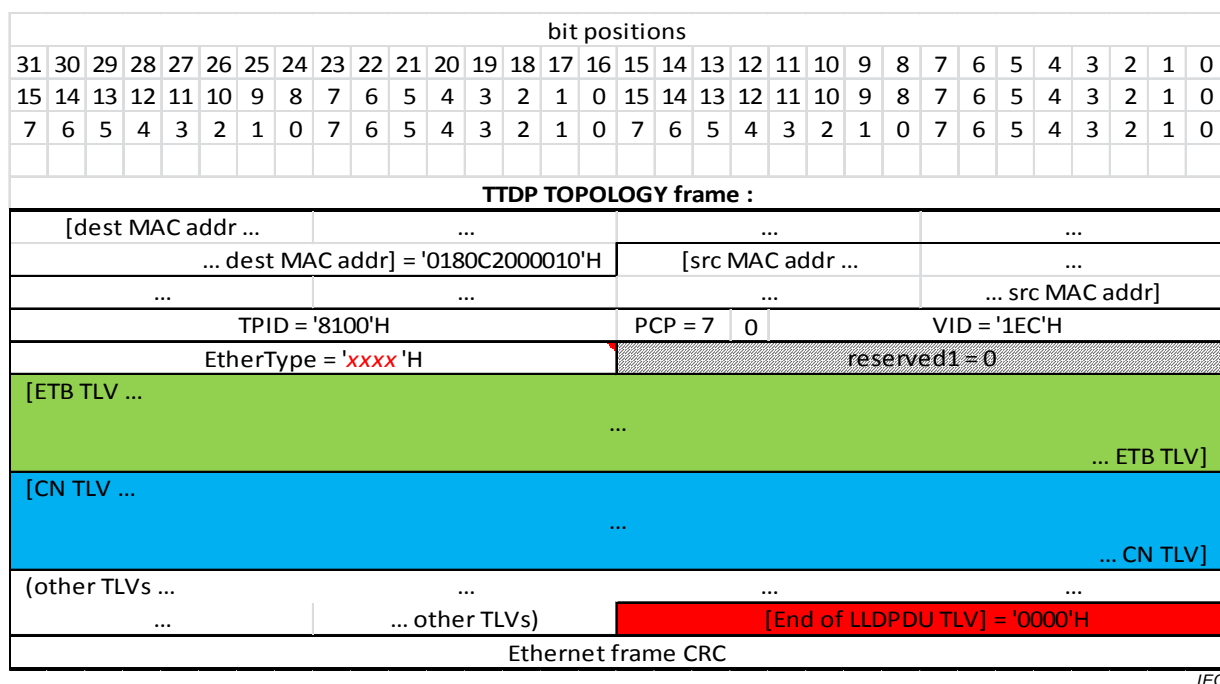
$$70 + 62 * 6 = 442$$

ce qui représente moins que la taille maximale des données pour un paramètre TLV (511 octets).

- 15) Indique, en cas d'allongement de train, si la composition distante est autorisée à procéder à l'inauguration (définie uniquement par les nœuds terminaux). Il convient que la valeur initiale soit «NON DÉFINIE», ce qui veut dire qu'elle ne doit pas être prise en compte.

- 16) Lorsqu'il est connecté à plusieurs réseaux ECN et qu'il est le maître d'au moins un ECN, il convient que l'ETBN soit considéré comme EtbnRoleMaster (ETBN ayant un rôle de maître) (même s'il s'agit d'une sauvegarde pour un autre ECN).

L'intégralité de la structure de la trame TTDP TOPOLOGY peut être résumée par la Figure 40 ci-dessous:

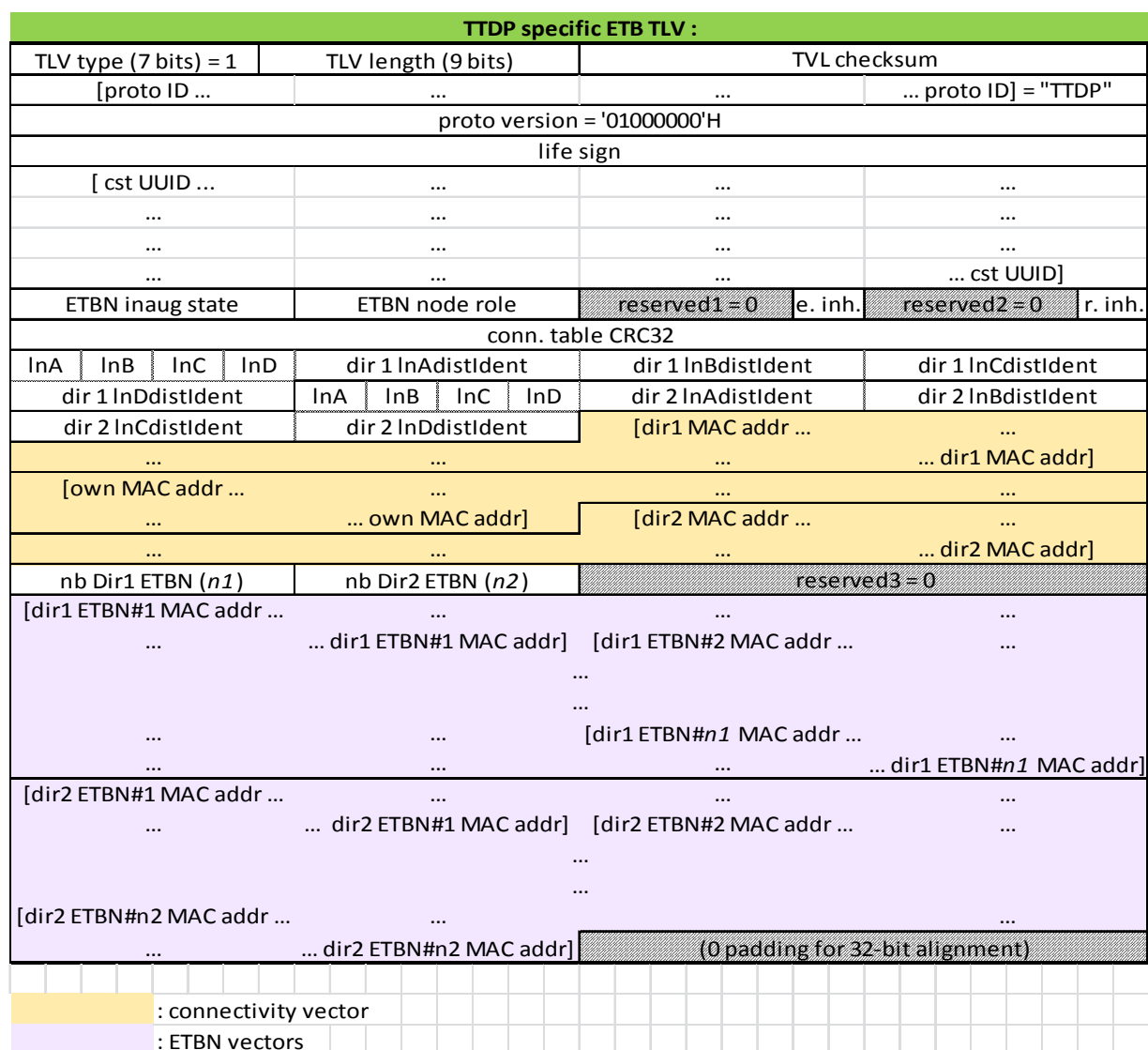


Légende

Anglais	Français
Bit positions	Position des bits
TTDP TOPOLOGY frame	Trame TTDP TOPOLOGY
Dest MAC addr	Adr. MAC de dest.
Src MAC addr	Adr. MAC émetteur
Ethertype	EtherType (Type Ethernet)
Reserved 1	Réservé 1
Other TLVs	Autres paramètres TLV
End of LLDPDU TLV	Paramètre TLV Fin de LLDPDU
Ethernet frame CRC	CRC de trame Ethernet

Figure 40 – Structure de trame TTDP TOPOLOGY

Les structures TLV spécifiques de la trame TTDP TOPOLOGY peuvent être résumées par la Figure 41 et la Figure 42 ci-dessous:



IEC

Légende

Anglais	Français
TTDP specific ETB TLV	TLV de réseau ETB spécifique au protocole TTDP
TLV type	Type de paramètre TLV
TLV length	Longueur de paramètre TLV
TVL checksum	Somme de contrôle TLV
Proto ID	ID de Protocole
Proto version	Version de Protocole
Life sign	Durée de vie
ETBN inaug state	État «inauguré» du nœud ETBN
ETBN node role	Rôle du nœud ETBN
Reserved 1	Réservé 1
Reserved 2	Réservé 2
Conn; table CRC32	CRC32 table conn.
Own MAC Addr	Adr. MAC propre
0 padding for 32 bit alignment	Remplissage par des 0 pour alignement sur 32 bits
Connectivity vector	Vecteur de connectivité
ETBN vectors	Vecteurs ETBN

**Figure 41 – Structure de paramètre TLV ETB
spécifique à la trame TTDP TOPOLOGY**

TTDP specific CN TLV :					
TLV type (7 bits) = 2	TLV length (9 bits)			TVL checksum	
etbTopoCnt					
own ETBN nb	length	shorte	reserved1 = 0	nb ETBN in consist (n)	nb CN in consist (p)
[cnToEtbnList#1					
...					
cnToEtbnList#n]					
[cnTypes#1	...		...		...
...	cnTypes#p]		(0 padding for 32-bit alignment)		

IEC

Légende

Anglais	Français
TTDP specific CN TLV	TLV de réseau CN spécifique au protocole TTDP
TLV type	Type de paramètre TLV
TLV length	Longueur de paramètre TLV
TVL checksum	Somme de contrôle TLV
Own ETBN nb	Numéro ETBN propre
Length	Longueur
Shorte	Courte
Reserved 1	Réservé 1
Nb ETBN in consist (n)	Nbre de nœuds ETBN dans la rame (n)
Nb CN in consist (p)	Nbre de CN dans la rame (p)
0 padding for 32 bit alignment	Remplissage par des 0 pour alignement sur 32 bits

Figure 42 – Structure de paramètre TLV CN spécifique à la trame TTDP TOPOLOGY

8.8 Structures de données TTDP

8.8.1 Vecteur de connectivité

Le vecteur de connectivité (voir le Tableau 14 et le Tableau 15) fournit des informations concernant les nœuds voisins directs. Le vecteur de connectivité fait **partie de la trame TTDP TOPOLOGY** (voir 8.7.6). Les trames TTDP HELLO ou TTDP TOPOLOGY permettent à chaque nœud ETBN d'établir son propre vecteur de connectivité.

Définition:

Tableau 14 – Vecteur de connectivité

	b47..b0
0	Adresse MAC (DIR 1)
1	Adresse MAC (OWN)
2	Adresse MAC (DIR 2)

avec:

Tableau 15 – Champs de vecteur de connectivité

Entrée	Description	Valeur
Adresse MAC	Adresse MAC du nœud voisin dans les sens 1 et 2 ou adresse MAC propre. Mis à 0 si aucun nœud voisin n'est détecté ou si un nœud voisin détecté précédemment n'est plus présent.	'XXXXXXXXXXXX'H

8.8.2 Vecteur ETBN

Le vecteur ETBN (voir Tableau 16 et Tableau 17) fournit des informations concernant tous les nœuds voisins détectés par rapport à un sens spécifique (DIR1 ou DIR2). La liste des nœuds ETB détectés n'est pas ordonnée. La **trame TTDP TOPOLOGY** comporte deux vecteurs ETBN (voir 8.7.6). Chaque nœud ETBN est capable d'établir ces deux vecteurs ETBN (dans les deux sens) en utilisant des trames TTDP TOPOLOGY de multidiffusion (une seule réception de chacun de ces nœuds ETBN suffit). Lors de la réception d'une trame TTDP TOPOLOGY, une simple recherche dans la table d'acheminement du commutateur ETBN donne le nombre de ports entrants, et il doit ainsi être facile de déduire le sens de l'émetteur par le nœud ETBN.

Définition:

Tableau 16 – Vecteur ETBN

	b47..b0
0	Adresse MAC
...	Adresse MAC
N	Adresse MAC

avec:

Tableau 17 – Champs de vecteur ETBN

Entrée	Description	Valeur
Adresse MAC	Adresse MAC d'un nœud voisin par rapport à un sens spécifique.	'XXXXXXXXXXXX'H

8.8.3 Table de connectivité

La table de connectivité (voir Tableau 18 et Tableau 19) contient la liste des nœuds ETBN physiques détectés sur le réseau central: «topologie physique». Cette liste est déterminée par calcul sur la base des trames TOPOLOGY. La première entrée appartient au nœud ETBN d'extrémité de train avec l'identifiant UUID de rame minimal (cstUUID de la trame TTDP TOPOLOGY). Le sens de référence ETB est utilisé comme référence d'orientation et l'orientation des nœuds ETBN est calculée selon le sens de référence du train. La table de connectivité est recalculée par tous les nœuds ETBN lors de chaque réception d'une nouvelle trame TOPOLOGY.

Pour tout nœud ETBN, juste à l'issue de l'initialisation, la table de connectivité minimale (valeur par défaut) contient elle-même un nœud seulement.

Tableau 18 – Table de connectivité

	b7..b6	b5..b0
ETB Top Node first (defined by the lowest CstUUID value between ending node values)	Orientation	0
	0	
	MAC address(OUI)	
	MAC address(OUI)	
	MAC address(OUI)	
	MAC address(specific)	
	MAC address(specific)	
	MAC address(specific)	
...Intermediate ETBN ...	...	....
ETB Bottom Node last	Orientation	0
	0	
	MAC address(OUI)	
	MAC address(OUI)	
	MAC address(OUI)	
	MAC address(specific)	
	MAC address(specific)	
	MAC address(specific)	

avec:

Tableau 19 – Champs de la table de connectivité

Entrée	Description	Type	Valeur
Adresse MAC	Adresse MAC de tous les nœuds ETBN détectés sur le réseau ETB	uint8[6]	'XXXXXXXXXXXX'H
Orientation	Information concernant l'orientation du nœud par rapport au sens de référence ETB	Champ de 2 bits antivalents	'00'B -> erreur '01'B -> direct (même orientation que le sens de référence ETB) '10'B ->> inversé 11b ->> non défini

8.8.4 CRC de table de connectivité

La somme de contrôle CRC32 de la table de connectivité est appelée ConnTableCrc32. Elle est calculée selon l'IEEE 802.3; il s'agit d'un entier non signé de 32 bits, dont la valeur par défaut correspond au CRC de la table de connectivité, limitée à un seul nœud ETBN: le nœud ETBN propre. Le CRC de la table de connectivité est transmis dans la trame TTDP TOPOLOGY (voir 8.7.6).

La somme de contrôle CRC32 de la table de connectivité est calculée à partir de l'octet contenant l'information d'orientation du nœud ETB le plus haut jusqu'à l'octet contenant l'information spécifique à l'adresse MAC du nœud ETB le plus bas.

Lorsque tous les nœuds ETBN transmettent la même valeur, ils partagent la même table de connectivité. En d'autres termes, chaque nœud connaît les autres: la topologie physique est achevée.

8.8.5 Répertoire de réseau de train

Le répertoire de réseau de train (voir Tableau 20 et Tableau 21) contient la description de train en termes de CN: «Topologie logique». La première entrée appartient au réseau de rame d'extrémité de train avec l'identifiant CstUUID minimal. Cette rame est utilisée comme référence d'orientation du train. Le répertoire de réseau de train (TNDi) est recalculé par tous les nœuds ETBN à chaque réception d'une nouvelle trame TTDP TOPOLOGY (voir 8.7.6).

Tableau 20 – Répertoire de réseau de train

uint8[16]		uint32							
		b31..b30	b29..b24	b23..b22	b21..b16	b15..b14	b13..b8	b7..b2	b1..b0
0	CstUUID (la plus petite valeur de CstUUID parmi les valeurs de rame d'extrémité)	0	Identifiant de CN = 1 (il est possible de définir deux réseaux CN ou plus à l'intérieur de la rame)	0	Identifiant de sous-réseau	0	Identifiant ETBN	0	CstOrientation
1	CstUUID	0	Identifiant de CN	0	Identifiant de sous-réseau	0	Identifiant ETBN	0	CstOrientation
...	.../...								
n	CstUUID	0	Identifiant de CN	0	Identifiant de sous-réseau	0	Identifiant ETBN	0	CstOrientation

avec:

Tableau 21 – Champs du répertoire de réseau de train

Entrée	Description	Type	Valeur
CstUUID	ID unique universel de rame (IETF RFC 4122).	uint8[16]	Exemple: 'f81d4fae-7dec-11d0-a765-00a0c91e6bf6'H
Identifiant de CN	Comme le champ précédent, défini de manière statique, il identifie le réseau CN dans la rame.	Champ de 6 bits (bit5..bit0)	1..32
Identifiant de sous-réseau	Permet de numérotter le sous-réseau de réseau de rame sur le réseau ETB	Champ de 6 bits (bit5..bit0)	1..63
Identifiant ETBN	Permet de numérotter le nœud ETBN sur le réseau ETB	Champ de 6 bits (bit5..bit0)	1..63
CstOrientation	Orientation de la rame par rapport au sens de référence du train.	Champ de 2 bits antivalents (bit1..bit0)	'00'B -> erreur '01'B ->> direct '10'B ->> inversé '11'B ->> non défini

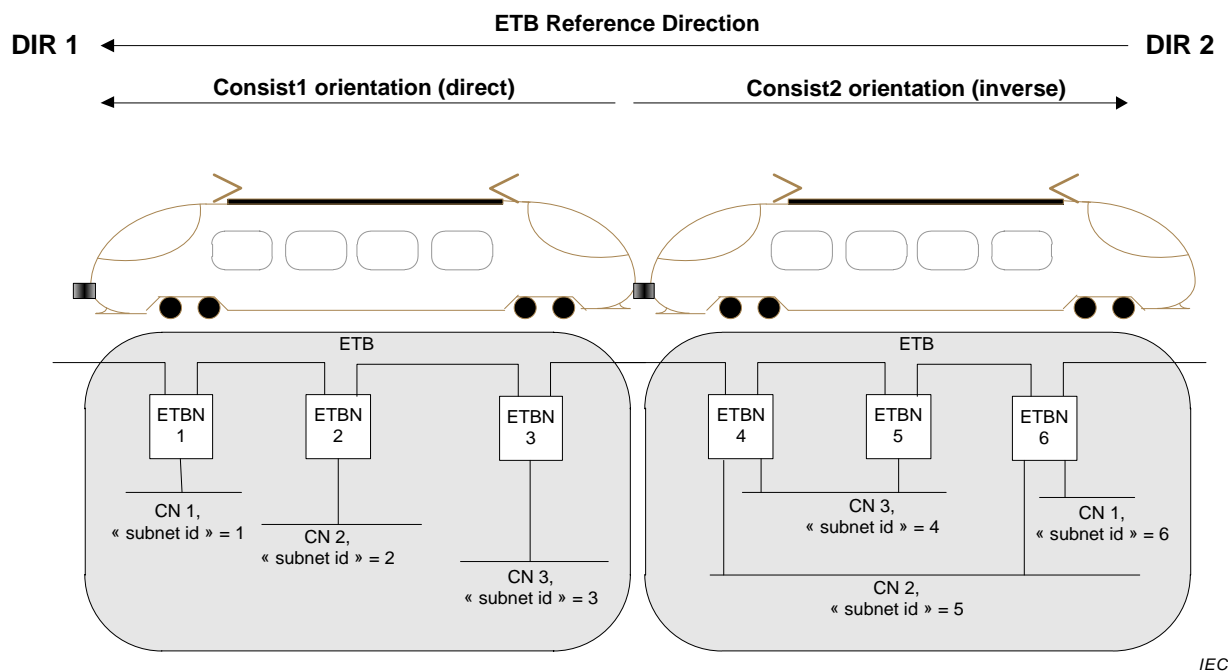
Les entrées du répertoire de réseau de train doivent être ordonnées en numérotant consécutivement les listes de rames, les identifiants de CN et les identifiants d'ETBN de la manière suivante:

- premier niveau («numérotation des rames»): comme spécifié ci-dessus, la première rame dans TNDiR est celle qui a le CstUUID le plus bas parmi les rames d'extrémité. Ensuite, la seconde rame dans TNDiR (éventuellement) est la rame suivante dans le sens de référence 2 de l'ETB (c'est-à-dire dans le sens de l'ordre ascendant des ETBN). Il est procédé de cette manière jusqu'à la dernière rame (voir 8.2.1).
- deuxième niveau («numérotation des identifiants de CN»): il s'agit d'un enregistrement (une entrée dans la matrice TNDiR) pour chaque CN dans chaque rame. Pour chaque rame, les identifiants de CN sont en ordre ascendant si la rame a une orientation directe. En revanche, si la rame a une orientation inversée, les identifiants de CN sont en ordre descendant.
- troisième niveau («numérotation des ETBN»): il s'agit d'un enregistrement (une entrée dans la matrice TNDiR) pour chaque ETBN de chaque CN. Les identifiants d'ETBN sont en ordre ascendant.

NOTES

- Les identifiants de CN sont obtenus à partir de données de configuration statique des rames. Les ETBN sont également décrits dans ces données et énumérés dans l'ordre d'orientation de la rame.
- Les identifiants de sous-réseaux sont directement associés aux identifiants de CN (dès que la topologie physique est connue).
- Les identifiants d'ETBN pour un réseau CN donné dans TNDiR comprennent également les nœuds manquants (éventuellement), c'est-à-dire tous les identifiants d'ETBN pour un réseau CN donné, tels qu'énumérés dans la topologie physique corrigée (tous les ETBN connus grâce aux données de configuration statique, voir 8.8.7).

La Figure 43 ci-dessous donne un exemple de composition de train:



Légende

Anglais	Français
ETB reference direction	Sens de référence ETB
Consist 1 orientation (direct)	Orientation de rame 1 (directe)
Consist 2 orientation (inverse)	Orientation de rame 2 (inversée)
CN 1, "subnet id" = 1	CN 1, «Identifiant de sous-réseau» = 1

Anglais	Français
CN 2, "subnet id" = 2	CN 2, «Identifiant de sous-réseau» = 2
CN 3, "subnet id" = 3	CN 3, «Identifiant de sous-réseau» = 3
CN 3, "subnet id" = 4	CN 3, «Identifiant de sous-réseau» = 4
CN 1, "subnet id" = 6	CN 1, «Identifiant de sous-réseau» = 6
CN 2, "subnet id" = 5	CN 2, «Identifiant de sous-réseau» = 5
DIR	SENS

Figure 43 – Exemple de composition de train pour répertoire TNDIR

Le répertoire de réseau de train est organisé comme présenté dans le Tableau 22 ci-dessous (la première colonne étant l'indice de la ligne qui ne fait pas partie du répertoire TNDIR):

Tableau 22 – Répertoire de réseau de train (exemple)

	uint8[16]	uint32							
	CstUUID	b31..b30	Identifiant de CN	b23..b22	Identifiant de sous-réseau	b15..b14	Identifiant d'ETBN	b7..b2	CstOrientation
0	Consist1 CstUUID	0	1	0	1	0	1	0	'01'B
1	Consist1 CstUUID	0	2	0	2	0	2	0	'01'B
2	Consist1 CstUUID	0	3	0	3	0	3	0	'01'B
3	Consist2 CstUUID	0	3	0	4	0	4	0	'10'B
4	Consist2 CstUUID	0	3	0	4	0	5	0	'10'B
5	Consist2 CstUUID	0	2	0	5	0	4	0	'10'B
6	Consist2 CstUUID	0	2	0	5	0	6	0	'10'B
7	Consist2 CstUUID	0	1	0	6	0	6	0	'10'B

8.8.6 CRC de répertoire de réseau de train (compteur de topologie)

Le CRC32 du répertoire de réseau de train est un entier non signé de 32 bits appelé *etbTopoCnt*. Il est calculé selon l'IEEE 802.3 et sa valeur par défaut correspond au CRC32 du répertoire de réseau de train limité à une seule rame: la rame ETBN propre.

Le CRC de répertoire de réseau de train est transmis dans la trame TTDP TOPOLOGY. Lorsque tous les nœuds ETBN transmettent la même valeur, ils partagent le même répertoire de réseau de train. En d'autres termes, chaque nœud connaît la description complète des réseaux de rames de train. Les nœuds ETBN partagent les mêmes «identifiants de sous-réseaux» et les mêmes «identifiants ETBN»; ils sont capables de lancer l'inauguration.

Étant donné qu'un CRC stable du répertoire de réseau de train identifie une configuration IP de train, cette valeur est également appelée et utilisée comme «Compteur de topologie» (à comparer au concept de «compteur de topographie» *TopoCount* décrit en 5.6.2 de l'IEC 61375-1:2012).

Si l'inauguration du train n'est pas autorisée, la trame TTDP TOPOLOGY doit contenir la dernière valeur stable valide d'*etbTopoCnt* (dernière valeur établie par la fonction *SetEtbTopoCnt*, voir 8.5.2). Si l'inauguration du train est autorisée, la trame TTDP TOPOLOGY doit contenir le CRC32 du répertoire courant de réseau de train (dernière valeur calculée par la fonction *BuildLogicalTopology*, voir 8.5.2).

8.8.7 Topologie corrigée

En interne, il convient que chaque ETBN maintienne une «topologie physique corrigée», déduite à partir de la topologie physique réelle. Elle contient tous les ETBN découverts (à

partir des trames TOPOLOGY reçues) et stockés dans la table de connectivité (topologie physique), auxquels s'ajoutent les ETBN (éventuellement) manquants ayant été insérés.

Les ETBN manquants peuvent être devinés à partir de la description de rame statique notifiée dans le paramètre TLV de CN, contenue dans les trames TTDP TOPOLOGY (voir 8.7.6). Ces ETBN sont insérés aux positions prévues sur l'ETB, conformément à l'orientation de la rame, ainsi qu'à la liste ordonnée des ETBN dans la description statique de la rame. Par conséquent, les identifiants d'ETBN et les adresses IP peuvent être attribués lors de l'inauguration sans être gênés par l'apparition de nœuds tardifs: les nœuds tardifs ont des identifiants et des adresses IP réservés.

NOTE

- Les nœuds ETBN manquants ne fournissent d'adresses MAC que lorsqu'ils apparaissent sur l'ETB.
- La topologie physique corrigée est une structure de données interne et ces informations ne sont pas notifiées en tant que telles dans les trames TTDP TOPOLOGY.

Comme défini en 8.8.5, la topologie logique est déjà une «topologie corrigée». Elle contient tous les ETBN et sous-réseaux (CN), y compris les manquants. Elle est en réalité construite à partir de la topologie physique corrigée et de la description statique de la rame.

8.9 Synchronisation des trames TTDP

8.9.1 TTDP HELLO

Les trames TTDP HELLO doivent être envoyées inconditionnellement par tous les ETBN sur tous les ports de commutation ETB, indépendamment de l'agrégation des liaisons (c'est-à-dire sur chaque ligne physique configurée pour utilisation).

L'algorithme de synchronisation TTDP HELLO est identique au protocole LACP (Link Aggregation Control Protocol) ou au protocole MRP (anneau). Deux périodes d'envoi sont définies pour TTDP HELLO:

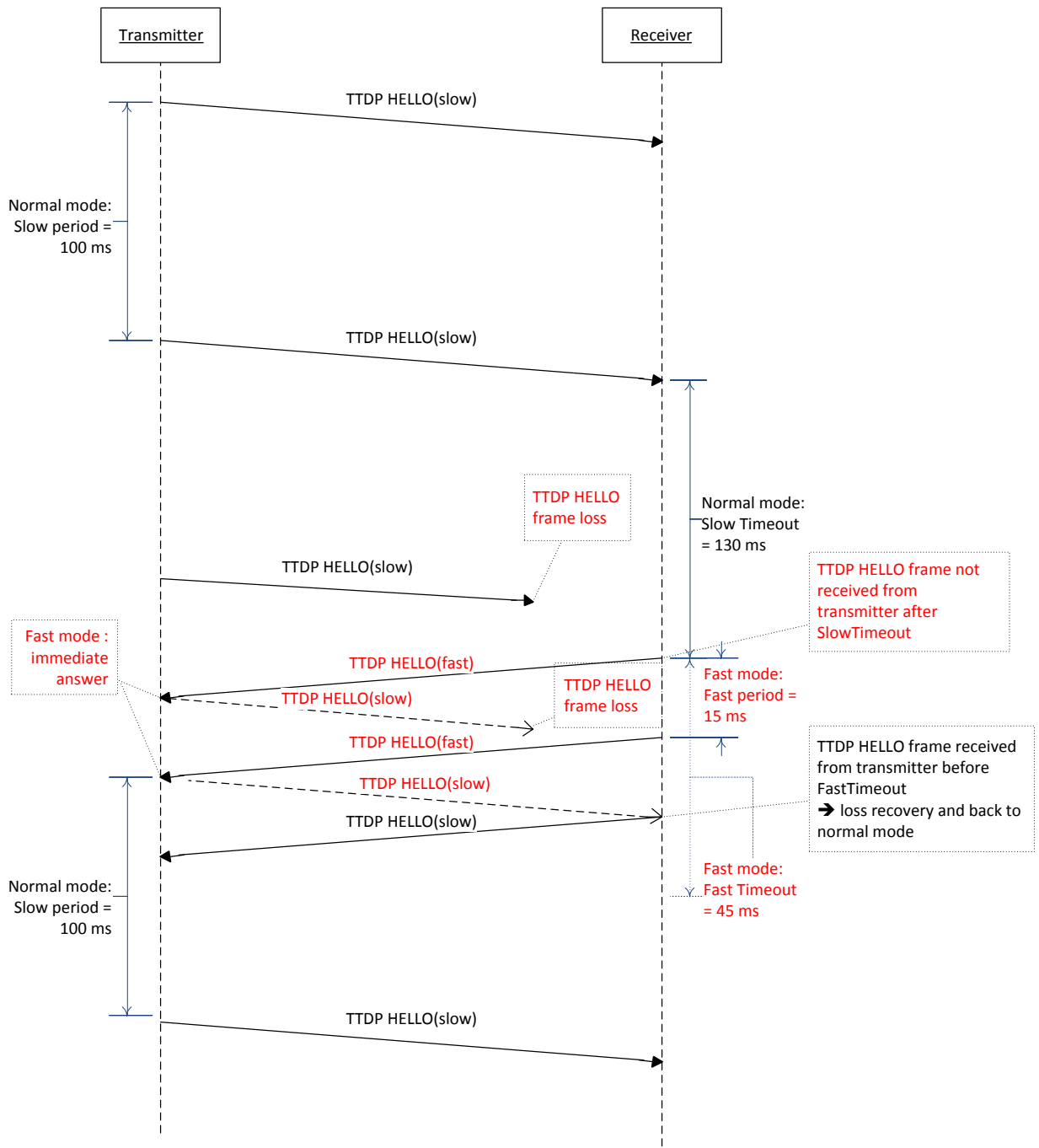
- une période d'envoi lente en mode normal, pour réduire les charges CPU et réseau, associée à une temporisation de réception de longue durée. La "période lente" doit être réglée sur 100 ms.
- une période d'envoi plus courte, en mode rapide, destinée à améliorer les performances de détection des erreurs de ligne, associée à une temporisation de réception de courte durée. La "période rapide" doit être réglée sur 15 ms. Dans ce mode, l'ETBN homologue doit modifier son propre mode et répondre à chaque trame TTDP HELLO reçue.

Exemples de valeurs de périodes et de temporisations suggérées pour répondre à l'exigence de durée de reprise:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| • SlowPeriod (période lente) | 100 ms |
| • SlowTimeout (temporisation lente) | $1,3 \times \text{SlowPeriod} = 130 \text{ ms}$ |
| • FastPeriod (période rapide) | 15 ms |
| • FastTimeout (temporisation rapide) | $3 \times \text{FastPeriod} = 45 \text{ ms}$ |

Temps de détection = SlowTimeout + FastTimeout = 175 ms

Le temps de reprise (Temps de détection + temps de reconfiguration d'agrégation de liaisons) doit être inférieur à 200 ms. Figure 44 et la Figure 45 ci-dessous illustrent la synchronisation du protocole TTDP HELLO (diagrammes séquentiels en UML):



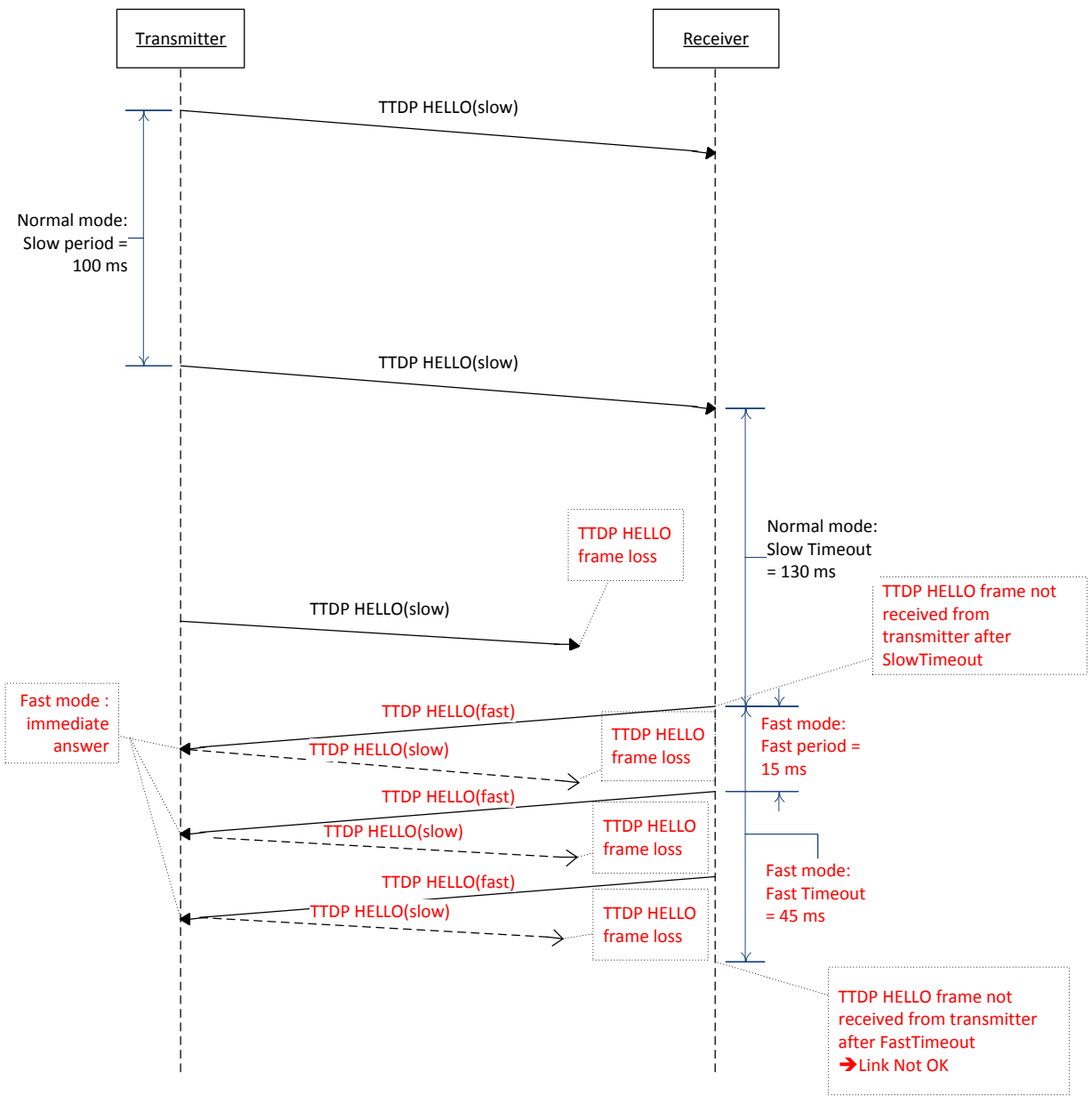
IEC

Légende

Anglais	Français
Transmitter	Émetteur
Receiver	Récepteur
Normal mode: slow period = 100 ms	Mode normal: période lente = 100 ms
TTDP HELLO (slow)	TTDP HELLO (lente)
Fast mode: immediate answer	Mode rapide: Réponse immédiate
TTDP HELLO: frame loss	TTDP HELLO: Perte de trame

Anglais	Français
Normal mode: slow timeout = 130 ms	Mode normal: temporisation lente = 130 ms
TTDP HELLO frame not received from transmitter after slow timeout	Trame TTDP HELLO non reçue de l'émetteur après temporisation lente
TTDP HELLO (fast)	TTDP HELLO (rapide)
Fast mode: fast period = 15 ms	Mode rapide: Période rapide = 15 ms
TTDP HELLO frame received from transmitter before fast timeout	Trame TTDP HELLO reçue de l'émetteur avant temporisation rapide
Loss recovery and back to normal mode	Reprise de la perte et retour au mode normal
Fast mode: fast timeout: 45 ms	Mode rapide: Temporisation rapide: 45 ms

Figure 44 – Synchronisation du mode normal et de la reprise TTDP HELLO



IEC

Légende

Anglais	Français
Transmitter	Émetteur
Receiver	Récepteur
Normal mode: slow period = 100 ms	Mode normal: période lente = 100 ms
TTDP HELLO (slow)	TTDP HELLO (lente)
Fast mode: immediate answer	Mode rapide: Réponse immédiate
TTDP HELLO: frame loss	TTDP HELLO: Perte de trame
Normal mode: slow timeout = 130 ms	Mode normal: temporisation lente = 130 ms
TTDP HELLO frame not received from transmitter after slow timeout	Trame TTDP HELLO non reçue de l'émetteur après temporisation lente
TTDP HELLO (fast)	TTDP HELLO (rapide)
Fast mode: fast period = 15 ms	Mode rapide: Période rapide = 15 ms

Anglais	Français
TTDP HELLO frame not received from transmitter after fast timeout Link not OK	Trame TTDP HELLO non reçue de l'émetteur après temporisation rapide Liaison non OK
Fast mode: fast timeout: 45 ms	Mode rapide: Temporisation rapide: 45 ms

Figure 45 – Synchronisation de la défaillance TTDP HELLO

Les notes concernent les conventions utilisées pour simplifier la compréhension des illustrations ci-dessus:

- Un seul sens du protocole HELLO est décrit dans ces figures, mais il faut garder à l'esprit qu'il est géré dans les deux sens (c'est-à-dire que le récepteur à gauche est également un émetteur de trames TTDP HELLO lorsqu'il vérifie l'autre sens et l'émetteur est alors le récepteur).
- Les cas pratiques présentés illustrent les problèmes de communication dans un sens uniquement (de l'émetteur vers le récepteur), en considérant que l'émetteur reçoit toujours correctement les trames du récepteur.

8.9.2 Trames TTDP TOPOLOGY

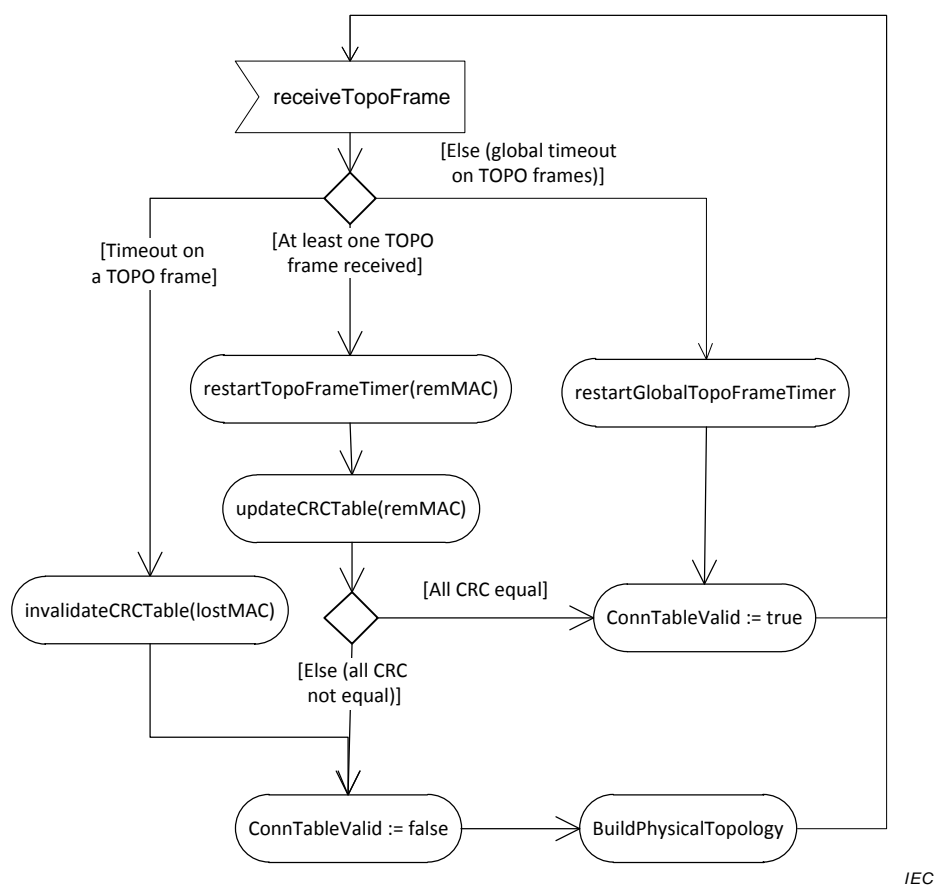
Les trames TTDP TOPOLOGY doivent être transmises inconditionnellement par tous les nœuds ETBN sur le réseau ETB, en utilisant des groupes d'agrégation de liaisons.

La période d'envoi de TTDP TOPOLOGY doit être réglée sur 100 ms.

Les informations de TTDP TOPOLOGY reçues doivent avoir une durée de validité d'au maximum 400 ms. Étant donné qu'il n'est fourni aucune valeur TTL explicite dans la trame TTDP TOPOLOGY, une temporisation locale de 400 ms doit être gérée sur chaque nœud ETBN pour chacune des informations TTDP TOPOLOGY reçues. Lorsque cette temporisation s'est écoulée sans qu'il y ait réception d'une nouvelle trame TTDP TOPOLOGY d'un nœud ETBN précédemment connu, les informations TOPOLOGY correspondantes deviennent invalides et le nœud ETBN distant doit être considéré comme manquant.

Chaque ETBN doit également gérer une temporisation globale de réception des trames TTDP TOPOLOGY: la valeur de cette temporisation est de 1 s. Une fois ce délai écoulé (c'est-à-dire sans qu'il y ait eu réception de trame TTDP TOPOLOGY d'un nœud quelconque), le nœud peut considérer qu'il est seul sur l'ETB et la topologie est stable.

La Figure 46 ci-dessous (diagramme d'activités en UML) illustre le traitement des trames TTDP TOPOLOGY:



Légende

Anglais	Français
Receive TopoFrame	Réception de TopoFrame
Else (global timeout on TOPO frames)	Sinon (temporisation globale sur trames TOPO)
Timeout on a TOPO frame	Temporisation sur une trame TOPO
At least one TOPO frame received	Au moins une trame TOPO reçue
Restart	Relance
Update	Mise à jour
Invalidate	Invalidation
All CRC equal	Tous les CRC sont égaux
Else (all CRC not equal)	Sinon (tous les CRC ne sont pas égaux)
False	Faux
True	Vrai

Figure 46 – Traitement des trames TTDP TOPOLOGY

La description des données est fournie en Annexe B.

Conditions:

- **Au moins une trame TOPO reçue:** au moins une trame TTDP TOPOLOGY a été reçue avant la temporisation globale. Ceci signifie que le nœud ETBN local n'est pas seul sur l'ETB.
- **Sinon (temporisation globale sur trames TOPO):** expiration de la temporisation globale en attendant l'arrivée de trames TTDP TOPOLOGY. Ceci signifie que l'ETBN local est seul

sur le réseau ETB. La topologie physique peut être considérée comme stable et constituée uniquement de son ETBN propre sur le réseau ETB.

- **Temporisation sur une trame TOPO:** une temporisation de trame ETBN TOPOLOGY précédemment reçue s'est écoulée, ce qui signifie que l'ETBN correspondant a disparu du réseau ETB.
- **Tous les CRC sont égaux:** tous les CRC des tables de connectivité sont égaux. Ceci signifie que la même topologie physique est partagée entre tous les nœuds ETBN.
- **Sinon (tous les CRC ne sont pas égaux):** tous les CRC des tables de connectivité ne sont pas égaux.

Actions:

- **receiveTopoFrame (réception de trame TOPO):** attente de l'arrivée de trames TTDP TOPOLOGY.
- **restartGlobalTopoFrameTimer (relance de la temporisation globale de trame TOPO):** relance du temporisateur des trames globales TOPOLOGY avec sa valeur de temporisation (1 s).
- **restartTopoFrameTimer(remMAC) [(relance du temporisateur de trame TOPO (MAC distant))]:** relance du temporisateur de trame TOPOLOGY pour le nœud ETBN distant avec sa valeur de temporisation (400 ms).
- **updateCRCTable(remMAC) [(mise à jour de la table de CRC (MAC distant))]:** mise à jour du CRC reçu du nœud ETBN distant dans la table CRC, avec le nouveau CRC de table de connectivité reçu dans la trame TTDP TOPOLOGY.
- **invalidateCRCTable(lostMAC) [(invalidation de la table de CRC (adresse MAC perdue))]:** invalider le CRC de la table de connectivité enregistrée localement pour le nœud ETBN distant dans la table CRC (celle contenant l'adresse MAC perdue) dont la temporisation s'est écoulée).
- **BuildPhysicalTopology** (construire topologie physique): lancer l'algorithme de construction de la topologie physique (voir détails en Annexe B) et mettre à jour la table de connectivité conformément aux informations reçues dans la trame TTDP TOPOLOGY.
- **ConnTableValid** (table de connectivité valide): = **Vrai**: mettre l'état de la table de connectivité locale sur stable.
- **ConnTableValid** (table de connectivité valide): = **Faux**: mettre l'état de la table de connectivité locale sur instable.

8.10 Interface d'application de train pour inauguration

Une interface doit être définie entre les nœuds ETBN et les dispositifs CN d'application de train. Dans la mesure où de nombreux types de CN existent: Ethernet (ECN), MVB, CAN, etc., la définition de cette interface est libre ou décrite dans un document CN.

Les interactions minimales doivent être les suivantes:

- Notification de l'application de train à partir du nœud ETBN en cas de changement de l'état d'inauguration.
- Obtention de l'état d'inauguration par l'application.
- Obtention de la topologie du train par l'application.
- Définition ou initialisation de la balise Inhibition d'inauguration à partir de l'application de train.

8.11 Modes dégradés

8.11.1 Insertion tardive d'un nœud ETBN

La trame TTDP TOPOLOGY doit permettre de détecter l'insertion tardive d'un nœud ETBN (une description de CN étant échangée entre les rames): les nœuds en retard démarrent avec

leurs ports en mode d'acheminement, ce qui signifie que la communication entre les nœuds déjà inaugurés n'est pas perturbée.

- Premier cas: le nœud ETBN en retard appartient à une rame déjà identifiée dans la topologie logique.

L'algorithme de découverte de topologie ne nécessite qu'un seul nœud ETBN par rame pour calculer la topologie réelle du train. Chaque nœud ETBN comporte une description complète de l'architecture de la rame qui comprend le numéro de nœud ETBN, le numéro de réseau de rame et la connexion entre le nœud ETBN et le réseau de rame. Lorsqu'ils sont actifs, les nœuds ETBN partagent le même répertoire de réseau de train; ils sont capables de réserver certains numéros pour les nœuds manquants et l'inauguration doit être effectuée sans attendre ces nœuds tardifs. On évite une nouvelle inauguration due au réveil tardif des nœuds (sachant qu'un numéro leur est réservé): les nœuds tardifs convergent vers la même topologie logique (le même `etbTopoCnt` que les autres nœuds) et peuvent passer à l'état `INAUGURATED`.

- Deuxième cas: le nœud ETBN tardif appartient à une rame non encore identifiée dans la topologie logique.

Une nouvelle inauguration ne doit pas être évitée pour une mise sous tension tardive d'une rame. Le nœud ETBN tardif ne peut pas converger vers une topologie logique étant donné que la trame `TOPOLOGY` des autres nœuds comporte un autre `etbTopoCnt`. Une nouvelle inauguration peut avoir lieu si `InaugInhibition` est égal à `Faux` (tous les nœuds déjà inaugurés le décident).

8.11.2 Perte de nœud ETBN

La perte d'un nœud ETBN ne doit pas impliquer une nouvelle inauguration.

La perte d'un nœud ETBN non redondant interrompt la communication ETB du réseau CN concerné. Les autres CN ne sont pas affectés (même s'ils sont dans la même rame).

La perte d'un nœud ETBN «de secours» (redondant) n'a pas d'effet.

La perte d'un nœud ETBN «maître» (redondant) interrompt la communication ETB du CN pendant la durée nécessaire pour que le nœud ETBN «de secours» devienne le nouvel ETBN «maître» de ce réseau CN.

Dans tous les cas, il ne doit pas y avoir de nouvelle inauguration lorsqu'un nœud ETBN est perdu. Les informations mises à jour dans les trames `TTDP TOPOLOGY` doivent permettre de corriger la table de connectivité et d'informer l'application de train de la perte du nœud ETBN. Voir «Topologie physique corrigée» en 8.8.7.

Le cas particulier de la perte d'un nœud intermédiaire ETBN, lorsque le nœud ETBN est le seul nœud d'une rame, est traité par le mécanisme `InaugInhibition` en prévenant toute nouvelle inauguration.

8.11.3 Défaillance d'un nœud ETBN terminal et compteur de topologie partielle

Le découplage ou la défaillance d'un ou de plusieurs nœuds terminaux est considéré(e) comme une perte de nœud(s) terminal(ux).

Le découplage est détecté par la perte d'au moins une rame d'extrémité: le répertoire de réseau de train (topologie logique) change, ce qui nécessite une nouvelle inauguration lorsqu'elle est autorisée. Lorsque l'inauguration n'est pas autorisée, la topologie reste identique à la dernière topologie stable mais avec une rame inaccessible.

Lorsqu'une rame d'extrémité contient plusieurs nœuds et que seul le nœud terminal est défaillant, le répertoire de réseau de train n'est pas modifié: aucune nouvelle inauguration n'a lieu.

Afin d'améliorer la disponibilité en cas de défaillance temporaire d'un nœud terminal, l'algorithme TTDP peut autoriser la reprise du ou des nœuds terminaux et du réseau de rame correspondant, même lorsque l'inauguration n'est pas autorisée (dans l'état INAUGURATED).

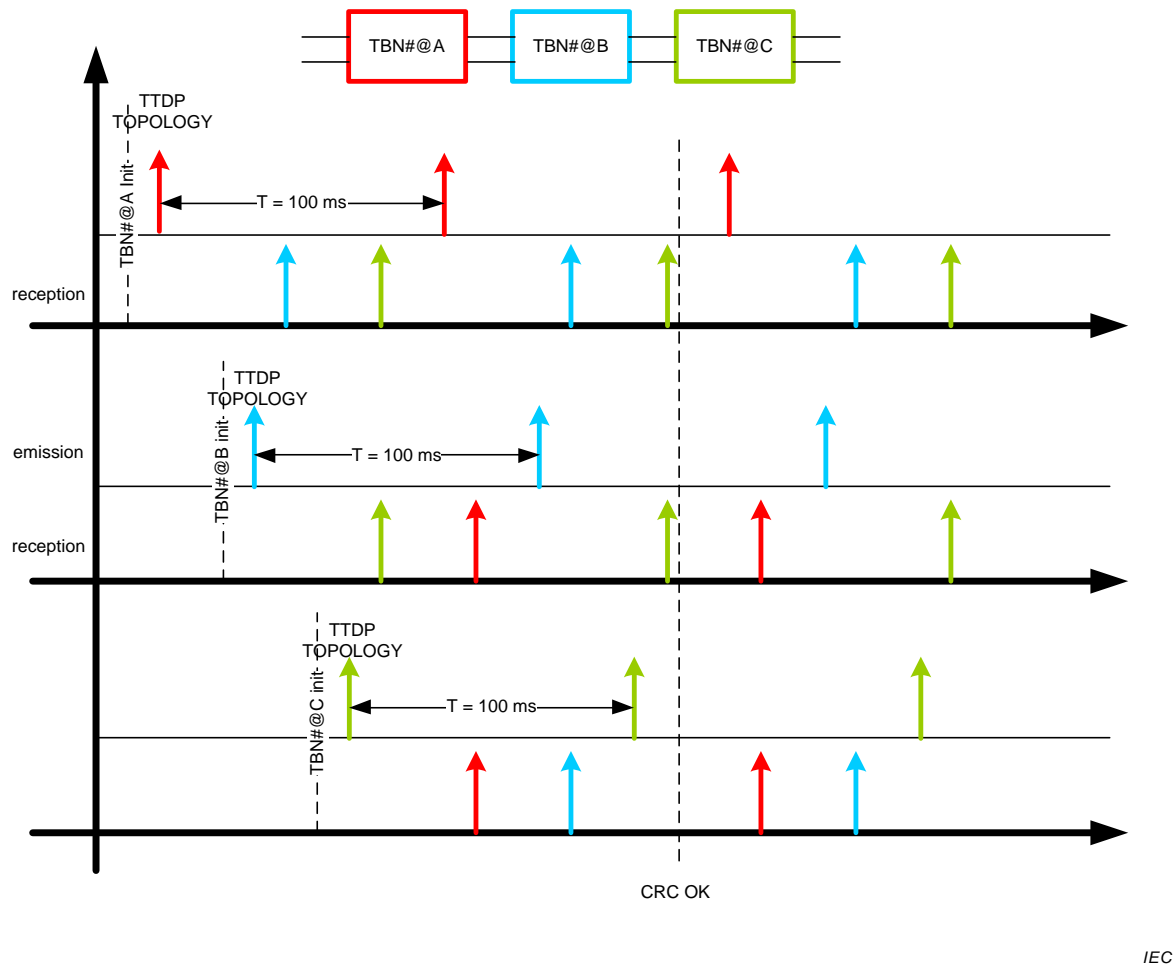
En cas de défaillance d'un nœud terminal, le port de rejet se déplace vers le nœud voisin. La principale problématique pour la reprise du nœud terminal perdu suite à une défaillance temporaire est le déverrouillage des ports de son voisin. Le nœud voisin peut déverrouiller ses ports en comparant l'etbTopoCnt transmis par le nœud terminal repris (dans la trame TTDP HELLO) aux compteurs de topologie partielle de la topologie logique courante.

Les compteurs de topologie partielle sont calculés par le nœud terminal, qui reçoit une nouvelle trame HELLO par l'intermédiaire de sa liaison terminale (ports en état de rejet). Il tente ensuite de faire correspondre l'etbTopoCnt reçu dans la trame HELLO de son nouveau voisin au compteur de topologie partielle calculé: les compteurs de topologie partielle sont calculés sur les parties limitées du répertoire de réseau de train courant qui contient le nouveau nœud qui apparaît. Lorsqu'une correspondance est obtenue, le nœud terminal en cours peut établir ses ports de rejet à l'état d'acheminement, puisqu'il partage la même topologie partielle avec son nouveau voisin. Ainsi, aucun nouveau nœud inconnu n'est introduit sans une nouvelle inauguration.

8.12 Synchronisation de découverte

8.12.1 Réveil de nœud ETBN

La Figure 47 illustre le réveil d'un train comportant 3 nœuds ETBN:



Légende

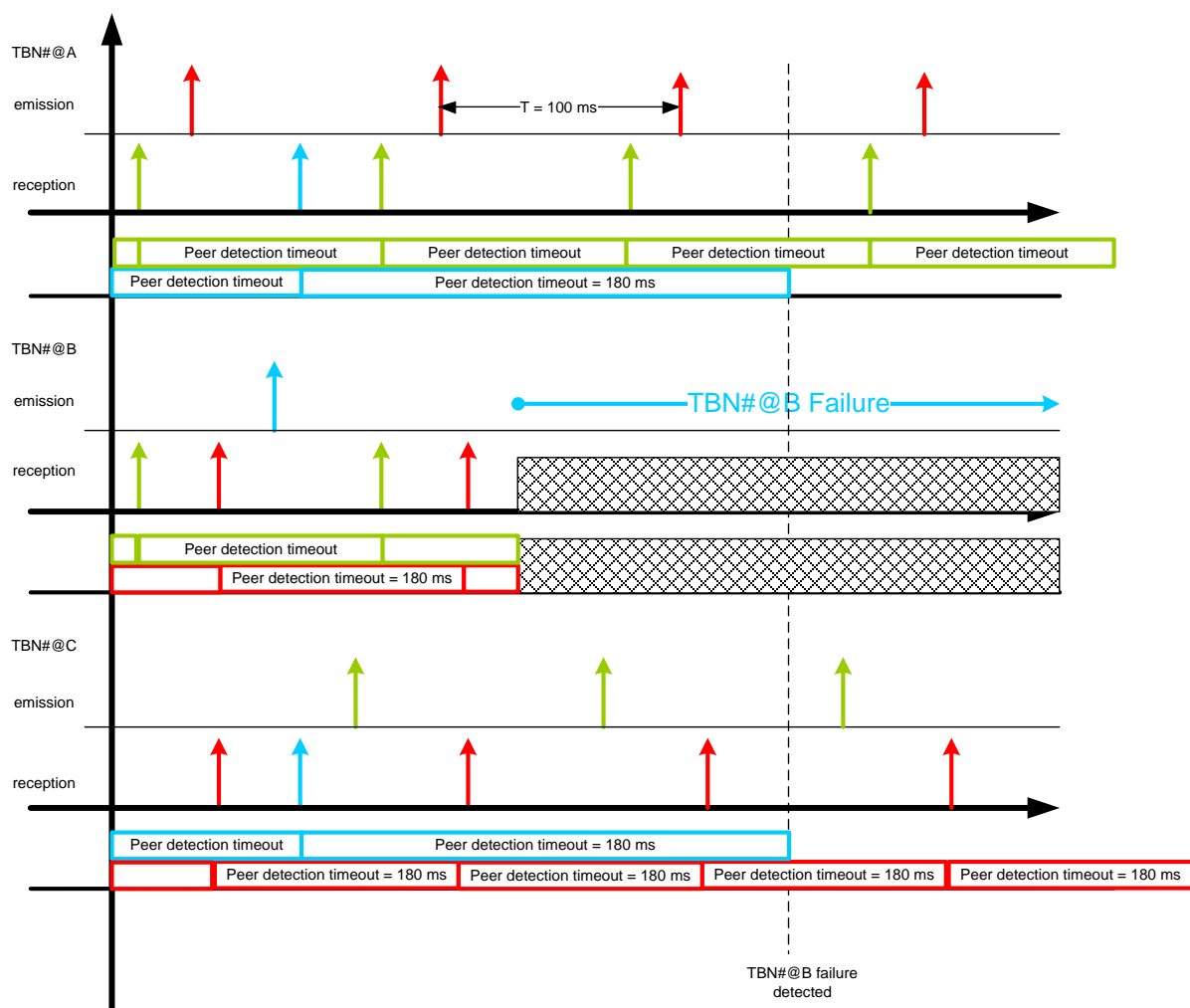
Anglais	Français
Reception	Réception
Emission	Émission

Figure 47 – Synchronisation du réveil de nœuds ETBN TTDP

Il convient de considérer que la synchronisation de découverte dépend du dernier nœud ETBN réveillé dans la dernière rame réveillée et non pas du nombre total de nœuds ETBN.

8.12.2 Défaillance de nœud ETBN

La Figure 48 illustre la détection de la défaillance de nœuds ETBN par le processus de découverte:



IEC

Légende

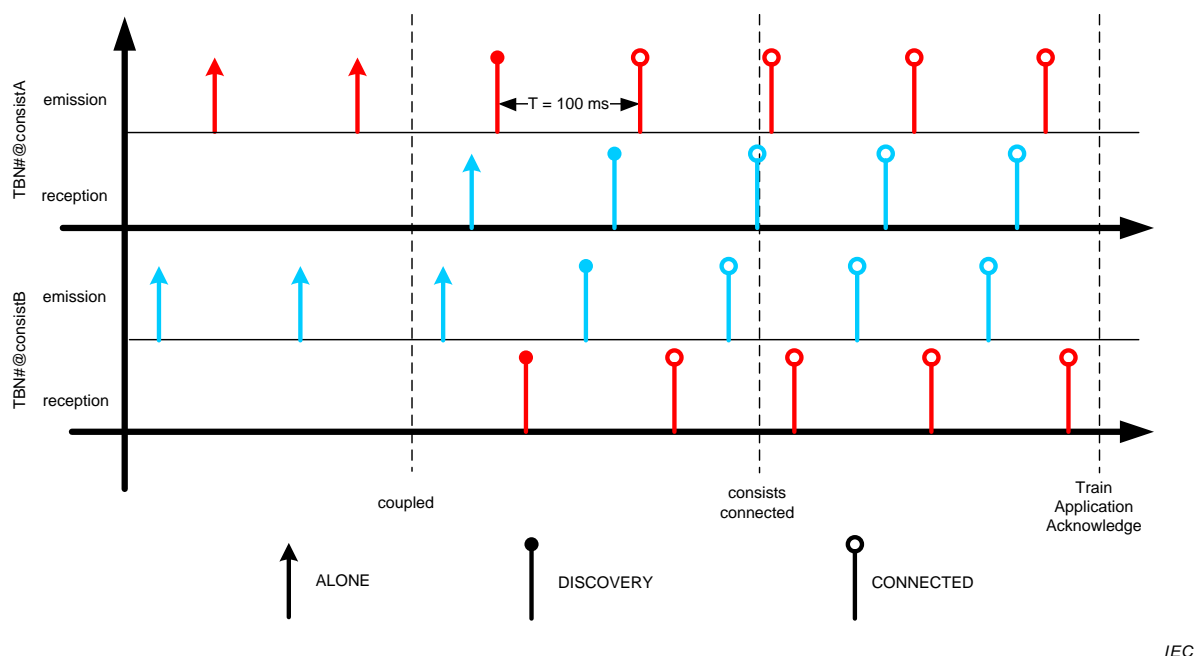
Anglais	Français
Emission	Émission
Reception	Réception
Peer detection timeout	Temporisation de la détection d'homologue
Failure	Défaillance
Failure detected	Défaillance détectée

Figure 48 – Synchronisation de la défaillance de nœuds ETBN TTDP

L'application de train est avisée de la défaillance d'un nœud ETBN, mais une nouvelle inauguration doit être évitée du fait de la présence de la balise inhibition d'inauguration. La numérotation des nœuds ETBN et la mise en correspondance des adresses IP ne changent pas.

8.12.3 Attelage des rames

La Figure 49 illustre la synchronisation de la détection des messages TTDP HELLO.



Légende

Anglais	Français
Reception	Réception
Emission	Émission
Coupled	Attelé
Consists connected	Rames connectées
Train application acknowledge	Acquittement d'application de train
Alone	Autonome
Discovery	Découverte
Connected	Connecté

Figure 49 – Synchronisation de l'attelage de rames TTDP

Après acquittement de l'attelage par l'application de train, les ports d'extrémité s'ouvrent et les messages TTDP TOPOLOGY sont multidiffusés.

9 Redondance de nœuds ETBN sur le réseau ETB

Le réseau ETB doit accéder à chaque sous-réseau de réseau de rame via un itinéraire IP unique. Ceci est une exigence obligatoire concernant l'interopérabilité du réseau ETB.

Pour un réseau CN spécifique sans redondance ETBN, cet itinéraire IP est réglé sur l'interface ETB de son nœud ETBN unique (voir la Figure 50). Pour rappel, l'adresse IP de train ETBN est définie de manière dynamique après l'inauguration, voir définition en 6.5.1.2. Cette adresse IP de train ETBN unique est utilisée par tous les autres nœuds ETBN de train comme itinéraire IP cible pour ce réseau CN.

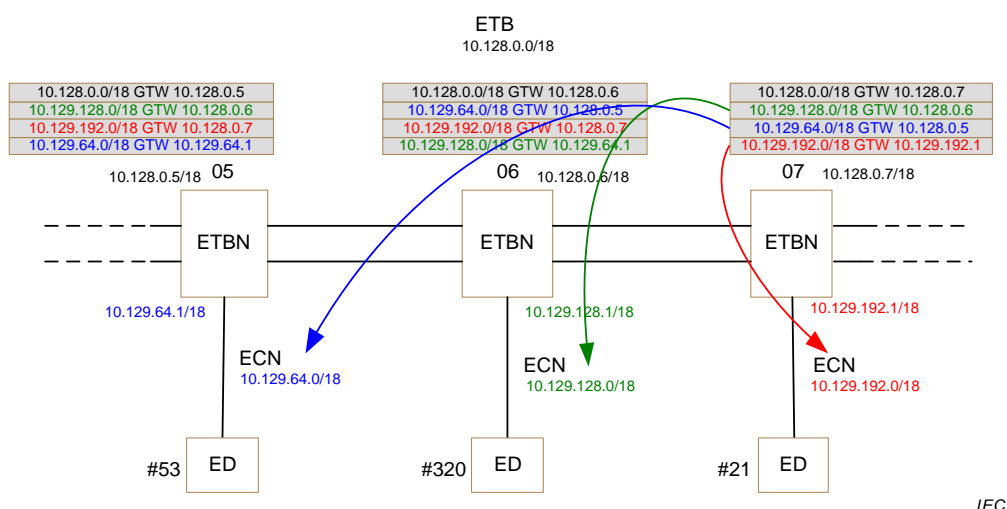
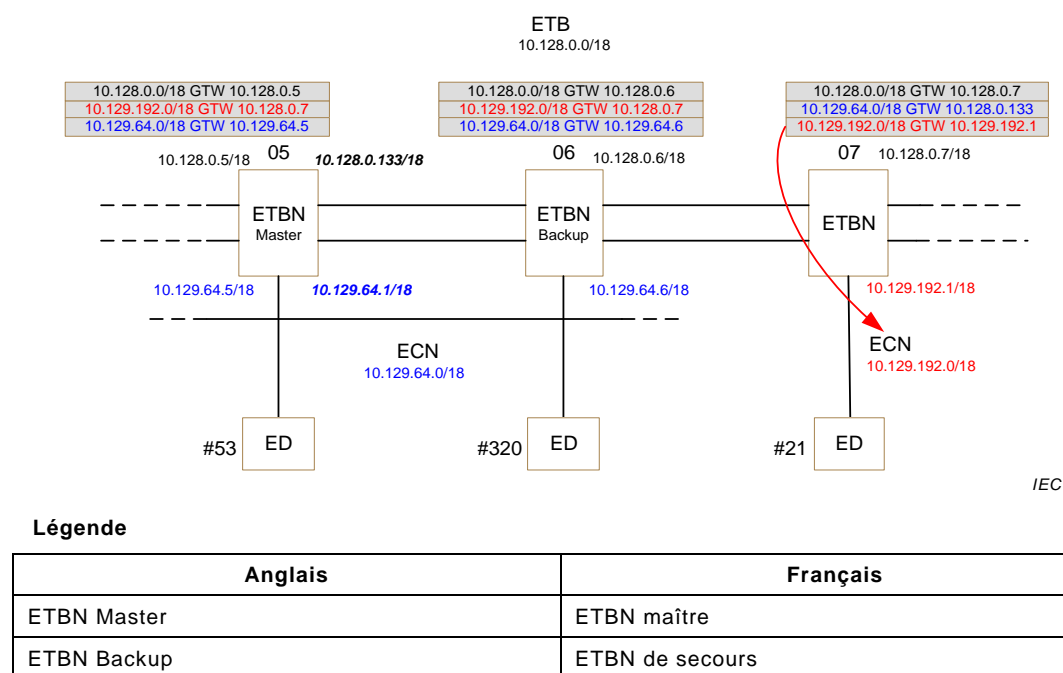


Figure 50 – Exemple de table de routage IP ETBN sans redondance

En cas de nœuds ETBN multiples pour un même réseau CN, cette adresse IP de train doit être partagée entre tous les nœuds ETBN redondants sous la forme d'une adresse IP virtuelle (sans adresse MAC virtuelle; voir la Figure 51). Seul un nœud ETBN redondant exporte cette adresse IP à un moment quelconque; ce nœud ETBN est le nœud maître redondant, et les autres nœuds sont appelés nœuds ETBN de secours. L'adresse IP de train virtuelle pour les nœuds ETBN redondants est définie en 6.5.1.2.

Le mode ETBN maître/ de secours doit être géré par des échanges au niveau CN; pour plus de détails, voir les descriptions du réseau CN (IEC 61375-3-4 pour le réseau ECN Ethernet).



Chaque ETBN est directement connecté à l'ETB au niveau de la couche 2. Tous les nœuds ETBN sont capables de communiquer directement avec tout autre nœud ETBN.

Le choix de l'ETBN maître n'est pas décrit dans la présente norme car il n'est pas pertinent pour le mécanisme d'interopérabilité.

L'état de redondance du nœud ETBN doit être disponible au niveau de l'application au moyen d'une balise d'état PD (données de processus), par exemple au moyen d'une balise «est le maître».

Il convient que l'état de redondance du nœud ETBN ait une fonction de surveillance utilisant le protocole SNMP.

10 Convention d'appellation de train physique ETB (facultatif)

10.1 Généralités

Dans un train spécifique, chaque hôte ayant une adresse IP de train (dispositif terminal ou dispositif de réseau) doit être identifié par un nom de domaine de train pleinement qualifié (FQDN – Full Qualified Domain Name) univoque.

Cette exigence est satisfaite par la mise en œuvre d'une définition facultative de domaine de train.

Pour rappel, un FQDN, «hostname.domain.tld.», comprend deux parties:

- «hostname»: (nom d'hôte) identification physique du dispositif. Elle doit être unique dans un domaine donné.
- «domain.tld.»: identification du domaine, «tld» est le domaine de niveau supérieur et «domain» peut être divisé en une hiérarchie de sous-domaines.

10.2 Domaine de train ETB

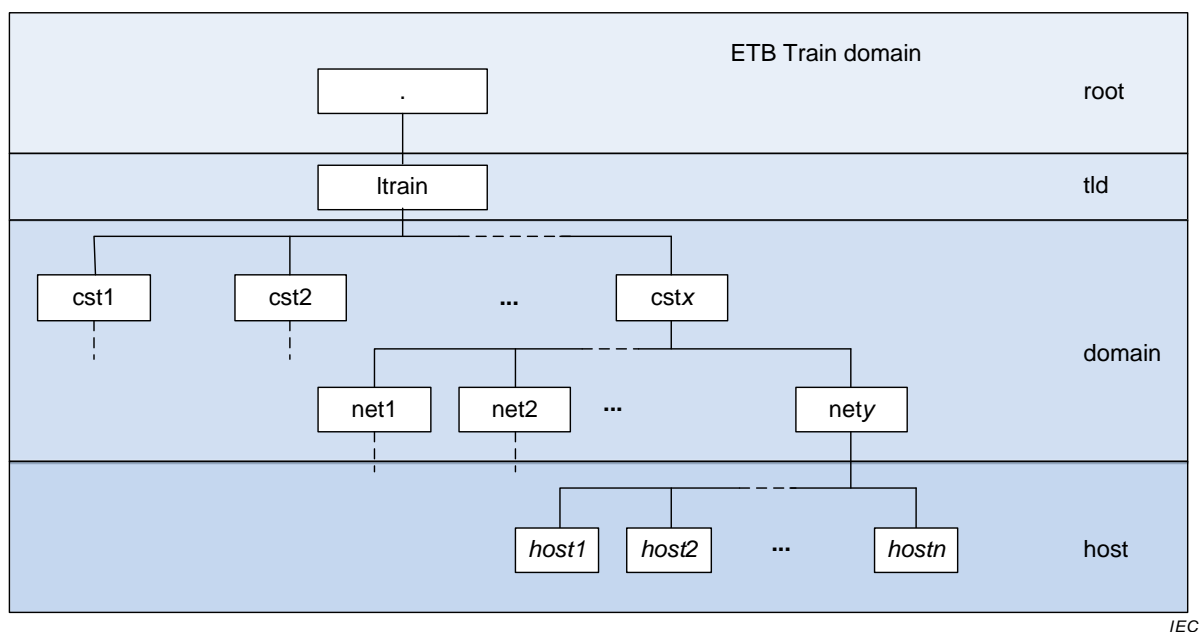
Il permet d'identifier chaque dispositif terminal physique dans le train. Tous les dispositifs terminaux doivent avoir un FQDN compris dans ce domaine: FQDN de train. Il définit une identification ED physique univoque sans aucune autre signification.

La définition FQDN de train doit s'appliquer dans l'ensemble du train. Le FQDN de train doit toujours être converti en une adresse IP de train.

Le protocole de système de nom de domaine (DNS – Domain Name System) normalisé (défini dans l'IETF RFC 1035) doit être disponible sur le réseau ETB entre rames (interface interrames) afin de convertir le FQDN de train en une adresse IP de train.

Le contenu du répertoire de réseau de train doit définir le domaine de train ETB. Ce dernier est donc valable pour un compteur de topologie donné.

Le domaine de train ETB doit être défini comme illustré à la Figure 52:



Légende

Anglais	Français
ETB train domain	Domaine de train ETB
Root	Racine
Domain	Domaine
Host	Hôte

Figure 52 – Définition du domaine de train ETB

Le Tld de l'ETB doit être le suivant: «ltrain».

Le domaine ETB doit être «netx.csty», où «x» est l'identifiant de réseau CN (voir le répertoire de réseau de train) et «y» est le nombre de rames du train, déterminé de manière dynamique lors de l'inauguration (attention de ne pas confondre y avec «Subnet Id», c'est-à-dire l'identifiant de sous-réseau).

En conséquence: les noms d'hôte doivent être uniques à l'intérieur d'un réseau CN donné.

NOTE

- Comme le montre la Figure 52 ci-dessus, les hôtes peuvent comporter plusieurs FQDN, dans de nombreux domaines, définis à différents niveaux: ETB, ECN, etc. ou à d'autres fins différentes: maintenance, aspects fonctionnels, communication au sol, etc.
- La structure du nom de domaine est informelle. Les spécifications d'adressage fonctionnel sont données dans l'IEC 61375-2-3 et la future IEC 61375-2-4.

10.3 Nom d'hôte

La partie nom d'hôte FQDN de train du dispositif terminal doit être définie par le projet conformément à l'IETF RFC 1035.

Le nom d'hôte du dispositif terminal doit être unique à l'intérieur du domaine de train ETB (voir ci-dessus).

Il convient que le nom du dispositif terminal soit convivial (voir IETF RFC 1178).

Par exemple:

- Utiliser un nom ou un acronyme de type: DDU pour l'écran conducteur (driver display unit), MPU pour le processeur principal (main processing unit), etc.
- Complété éventuellement par un numéro d'instance (1, 2, etc.)

Exemple; mpu, DDU1, ddu2, etc.

Le nom du dispositif terminal est insensible à la casse (norme IETF RFC 1033): mpu, MPU, etc., sont des désignations équivalentes.

11 Qualité de service ETB

11.1 Teneur du présent article

Le présent article spécifie les caractéristiques de qualité des services fournis par le réseau ETB. Ces caractéristiques de qualité doivent garantir la capacité d'un service à satisfaire à ses exigences dans toutes les conditions de fonctionnement du réseau ETB.

11.2 Acheminement des trames

11.2.1 Vitesse de commutation ETBN

L'acheminement des trames Ethernet entre les entrées et sorties de ports ETB doit s'effectuer à la vitesse maximale.

11.2.2 Absence de blocage de tête de ligne

Un port de sortie encombré ou lent ne doit jamais affecter la transmission des trames vers des ports non encombrés.

11.2.3 Priorités de commutation

Les nœuds ETBN doivent prendre en charge au moins 4 priorités différentes pour la commutation de trames Ethernet.

La priorité d'une trame doit être définie par son champ IP TOS/Services différenciés conformément aux recommandations de l'IETF RFC 2474.

La mise en correspondance des points de codage différenciés (DSCP, comme spécifié dans le RFC 2474) avec les quatre priorités, doit être telle que définie dans le Tableau 23:

Tableau 23 – Mise en correspondance des champs DSCP

Champ DSCP	Priorité
'11X000'B	Maximale
'10X000'B	Maximale (2 ^{ème} priorité)
'01X000'B	Maximale (3 ^{ème} priorité)
'00X000'B	Minimale (par défaut)

la valeur «X» étant «0» ou «1».

Sauf définition contraire, la priorité d'une trame doit être définie par son champ de priorité VLAN conformément aux recommandations de l'IEEE 802.1Q (voir le Tableau 24).

Tableau 24 – Priorités de commutation ETB

Recommandations IEEE			Gestion obligatoire minimale des priorités ETB (4 niveaux)		Conformité à l'IEC 61375-2-5
Priorité	Champ binaire de priorité VLAN	Type de trafic	Champ binaire de priorité VLAN	Priorité de commutation	M Obligatoire, R Recommandé
0	'000'B	Service au mieux	'00x'B	Minimale (par défaut)	M
1	'001'B	De référence			
2	'010'B	De réserve	'01x'B	Maximale (3 ^{ème} priorité)	M
3	'011'B	Service excellent			
4	'100'B	Charge sous contrôle	'10x'B	Maximale (2 ^{ème} priorité)	M
5	'101'B	Vidéo			
6	'110'B	Voix	'11x'B	Maximale	M
7	'111'B	Contrôle de réseau			

11.2.4 Système de mise en file d'attente de la commutation

La commutation doit être effectuée avec une mise en file d'attente à priorité stricte.

NOTE La mise en file d'attente à priorité stricte est telle que toutes les trames de priorité maximale quittent un port ETBN avant les trames de priorité minimale.

11.3 Priorité des trames d'inauguration

Les trames d'inauguration (trames TTDP HELLO et TOPOLOGY) doivent être transmises avec la priorité maximale de trame IEEE 802.1Q: 7.

11.4 Limitation du taux d'injection ETB

Il est admis que le nœud ETBN ait la possibilité de limiter le taux d'injection des trames provenant du réseau de rame ou d'un dispositif terminal directement connecté.

Lorsque la limitation du taux nécessite le rejet de trames, les trames de priorité faible doivent être supprimées en premier lieu.

NOTE La limitation du taux d'injection permet d'éviter qu'un réseau ETB soit involontairement envahi d'un nombre excessif de trames en provenance d'un réseau de rame défectueux ou d'un dispositif terminal directement connecté défectueux.

11.5 Mise en forme du taux de sortie ETB

Le nœud ETBN peut permettre de limiter le taux de sortie des trames issues du réseau de rame ou d'un dispositif terminal directement connecté.

Lorsque la limitation du taux nécessite le rejet de trames, les trames de priorité faible doivent être supprimées en premier lieu.

11.6 Classes de données ETB

L'IEC 61375-1 définit cinq classes de données que le réseau ETB doit pouvoir prendre en charge:

- Données de surveillance,
- Données de processus,
- Données de messagerie,
- Données de flux,
- Données du Service au mieux.

Ces classes de données doivent être mises en correspondance avec les classes de priorité ETB dans le profil de communication de l'IEC 61375-2-3 et des définitions spécifiques des paramètres de service doivent être fournies dans le profil d'application de la future IEC 61375-2-4.

12 Gestion et surveillance ETB

Le protocole SNMP doit permettre de gérer les dispositifs de réseau sur le réseau ETB (voir 13.5.2 pour le nœud ETBN).

Lorsqu'un paramètre est défini dans une MIB (Management Interface base – base d'informations de gestion) normalisée, il doit être déterminé à partir de cette même base MIB normalisée (et non à partir d'une base propriétaire).

Tout gestionnaire SNMP doit pouvoir accéder aux variables MIB de réseau ETB.

Il convient que des outils réseau habituels existants soient utilisés pour la surveillance des réseaux, afin de:

- Vérifier, via le protocole ICMP, l'adressage IP et la résolution de nom, et donner une indication du temps de latence.
- Vérifier l'itinéraire IP.
- Vérifier la résolution de nom.
- Observer et enregistrer le trafic Ethernet. Si nécessaire, il convient d'utiliser la fonction de mise en miroir des ports pour dupliquer le trafic.
- Vérifier l'état réseau de dispositifs terminaux (ports IP ouverts, etc.).

13 Interface d'application ETB

13.1 Teneur du présent article

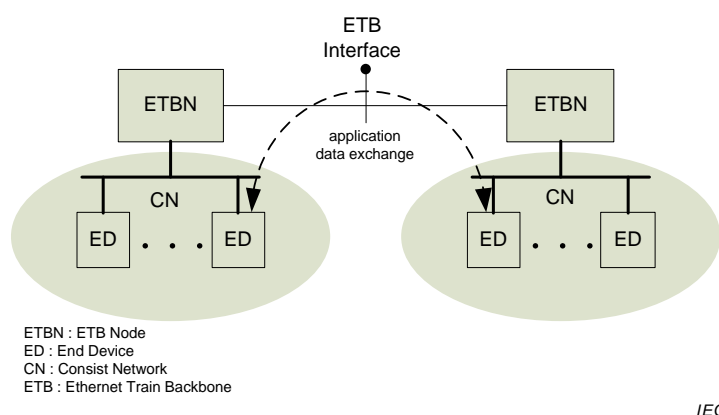
Le présent article spécifie les protocoles de transmission pour l'échange des données régulières et des données d'événement sur le réseau ETB. Il est nécessaire, afin de définir ces protocoles de manière abstraite, de définir tout d'abord un modèle de communication abstrait pour la communication ETB. Les protocoles de transmission des données régulières et des données d'événement ETB sont définis sur la base de ce modèle abstrait.

13.2 Modèle de communication abstrait

La définition de l'échange de données sur le réseau ETB nécessite un modèle abstrait qui masque les technologies spécifiques utilisées pour la connexion des dispositifs terminaux sur le réseau ETB (voir la Figure 53). Le modèle de communication qui permet de définir la communication ETB est illustré en Figure 53. Cette Figure montre les «dispositifs terminaux logiques» connectés par tout type de réseau de rame au nœud ETBN.

NOTE 1 Lorsque le réseau CN se fonde sur le réseau ECN et que les nœuds ETBN agissent comme des routeurs, ces dispositifs terminaux logiques peuvent coïncider avec les dispositifs terminaux physiques, mais ils peuvent également être partagés entre dispositifs terminaux physiques. Ces dispositifs terminaux sont considérés uniquement comme étant le point de localisation des fonctions d'application d'émetteur et de destination qui communiquent sur le réseau ETB.

NOTE 2 Lorsque le réseau CN n'est pas basé sur le réseau ECN ou que le nœud ETBN agit comme une passerelle d'application (entre les protocoles d'application), ces dispositifs terminaux logiques coïncident avec le nœud ETBN.



Légende

Anglais	Français
ETB interface	Interface ETB
Application data exchange	Échange de données d'application
ETBN: ETB node	ETBN: Nœud ETB
ED: end device	ED: Dispositif terminal
CN: consist network	CN: Réseau de rame
ETB: Ethernet train backbone	ETB: Réseau central de train Ethernet

Figure 53 – Modèle de communication abstrait pour la communication ETB

Les fonctions d'application comprises dans le dispositif terminal (ED) logique échangent les données d'application sur le réseau ETB. Ces données d'application sont structurées en classes de données et différents protocoles peuvent être utilisés pour chaque classe de données (voir 11.6 pour la liste des classes de données).

13.3 Données de processus ETB et protocoles de données de messagerie

Un protocole PD/MD doit être utilisé pour l'échange de données au niveau de l'application de train. Le choix du protocole d'application est défini dans l'IEC 61375-2-3 (profil de communication).

13.4 Transparence du protocole ETB

Le réseau ETB doit être transparent pour toute application au niveau UDP/TCP. Le réseau ETB doit transmettre des échanges de destination unique et multiple.

Le sous-réseau ETB doit être transparent pour les protocoles de réseau habituels: SNMP, DNS, FTP, HTTP, NTP, etc.

Le sous-réseau ETB doit être transparent pour les protocoles d'application de train: PD/MD, mode continu multimédia, etc.

13.5 Interfaces ETBN

13.5.1 Application

A l'intérieur du réseau CN, le nœud ETBN doit exporter une interface d'application (TCMS, multimédia, etc.) destinée à gérer l'état ETB.

Interfaces:

- État ETB: état de liaison, redondance, etc.
- Résultats de la découverte de topologie du train (liste ETBN ordonnée avec orientation et CstUUID).

Le Tableau 25 donne un exemple de résultat de la découverte de topologie du train:

Tableau 25 – Objet «découverte de la topologie du train»

"Identifiant de sous-réseau" du numéro de rame	Nom de rame	Orientation de rame	CstUUID	LocalFlag (balise locale utilisée pour connaître sa propre rame)
1	«rame234»	1	«f81d4fae-7dec-11d0-a765-00a0c91e6bf6»	0
2	«rame124»	0	«ba1d4fae-fcd5-11d0-a765-00b1c91e7cf7»	0
3	«rame78»	1	«f56d4fae-7abc-11d0-a658-00a0c91e1259»	1

Lorsque le réseau CN est de type Ethernet (ECN), le meilleur moyen d'échanger des données avec l'application de train consiste à utiliser le protocole PD/MD d'application de données de train.

13.5.2 Maintenance et surveillance

13.5.2.1 Surveillance de réseau

Le nœud ETBN doit mettre en œuvre un agent SNMPv2 (voir IETF RFC 1901, RFC 1905 et RFC 1906).

Le nœud ETBN doit exporter les MIB suivantes:

- LAG-MIB de l'IEEE 8023
- TTDP-MIB de l'IEC 61375-2-5, comme défini en Annexe C

Il convient que le nœud ETBN exporte les MIB suivantes:

- MIB-II (Base d'information de gestion, IETF RFC 1213)
- IF-MIB (Groupe d'interface IETF RFC 2863)
- VRRP-MIB (IETF RFC 2787)

13.5.2.2 Surveillance ETBN

Le nœud ETBN doit mettre en œuvre le protocole SSH ou telnet/CLI.

13.5.2.3 Maintenance ETBN

Il convient que le nœud ETBN mette en œuvre un serveur HTTP.

La liste de paramètres suivante doit être disponible:

Généralités:

- Nom du constructeur,
- Type de dispositif,
- Nom du dispositif,
- Emplacement du dispositif,
- Version du produit,

État:

- État actuel de découverte de topologie,
- États courants des ports Ethernet,

Paramètres:

- Paramètres IPv4.

Il convient que le nœud ETBN mette en œuvre les services Web de maintenance SOAP.

14 Déclaration de conformité ETB

Pour revendiquer la conformité à la présente norme, il est prévu que les équipements subissent une série d'essais. Les équipements à soumettre aux essais doivent comprendre:

Le «Nœud de Réseau Central de Train Ethernet (ETBN): un nœud de réseau central de train conforme à la présente norme (réseau de communication de train de type Ethernet)».

Le plan d'essai de conformité pour le réseau ETB ne relève pas du domaine d'application de la présente norme.

Annexe A (normative)

Synthèse des paramètres de dimensionnement d'un réseau ETB

Le Tableau A.1 ci-après résume les principaux paramètres de dimensionnement d'une architecture d'ETB:

Tableau A.1 – Paramètres de dimensionnement de réseau ETB

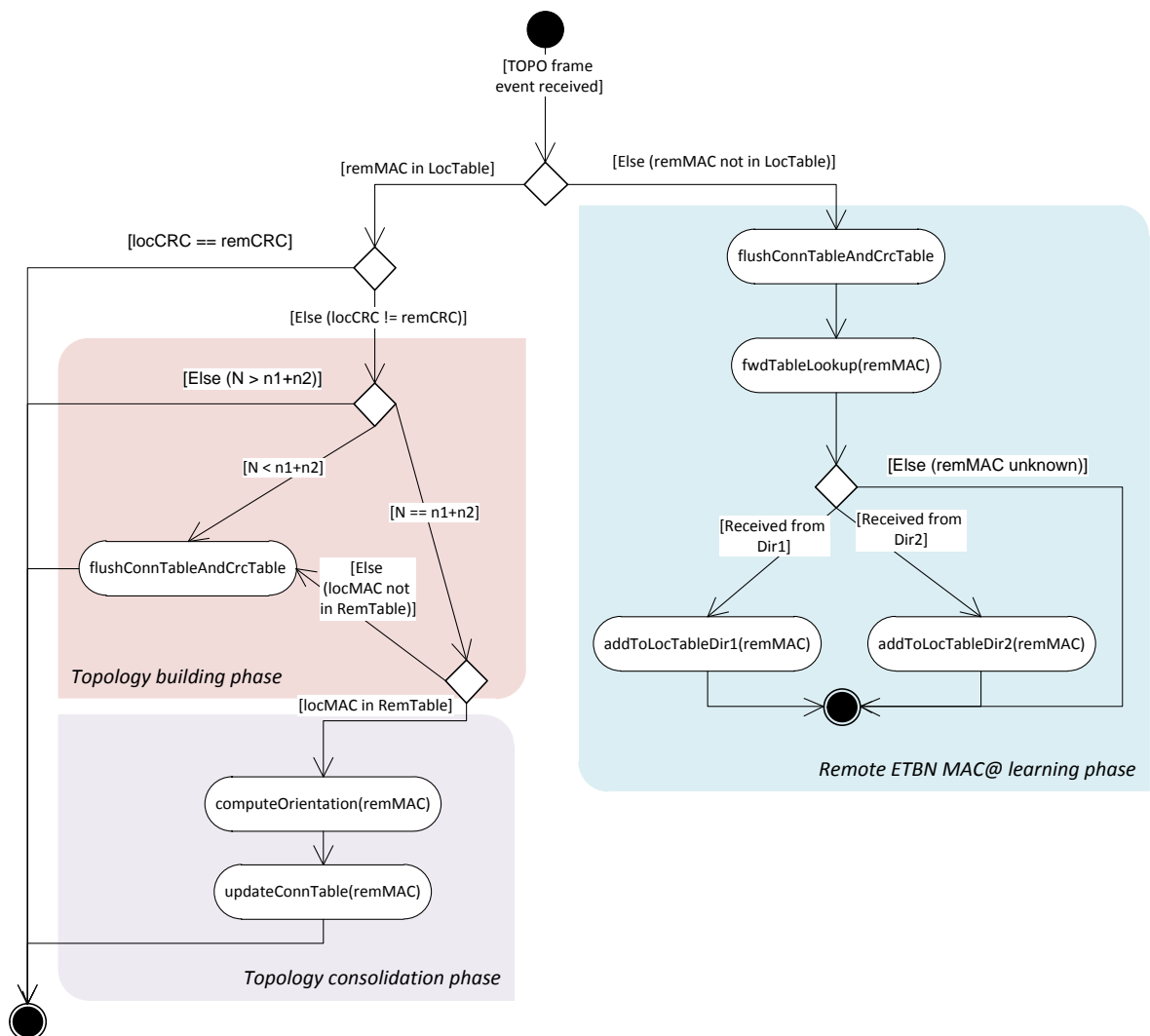
Paramètre	Valeur	Commentaires
Nombre max d'ETB / trains	4	Correspondant aux identifiants de réseau central (0 à 3). Voir 6.4.2.2
Nombre max de nœuds ETBN / ETB	63	Correspondant aux identifiants de nœuds ETBN sur le réseau ETB après Inauguration (1 à 63). Voir 6.4.2.3.1
Nombre max de rames / trains	~ 63	Non spécifié, mais limité par le nombre max de nœuds ETBN / réseau ETB. 63 rames est le nombre maximal s'il y a au moins un nœud ETBN / rame
Nombre max de nœuds ETBN / rame	32	Correspondant à la position relative d'un nœud ETBN dans une rame (configuration statique, 1 à 32). Voir «ownEtbnNb» au 8.7.6
Nombre max de réseaux CN / rames	32	Correspondant aux identifiants relatifs de CN (1 à 32) dans une rame (configuration statique, 0 à 31). Voir «ETBN-CN-CNX» au 8.7.6
Nombre max de réseaux CN / trains	63	Correspondant aux identifiants de sous-réseaux CN (1 à 63). Voir 6.4.2.3.1
Nombre max d'hôtes (Dispositifs terminaux) / ETBN	254	Hôtes directement connectés au réseau ETB. Voir 6.5.2
Nombre max d'hôtes / CN	16382	Correspondant aux identifiants d'hôtes sur le CN. Voir 6.4.2.2
Nombre de ports-lignes physiques / liaisons logiques (groupe d'agrégation)	1, 2 ou 4	Voir agrégation de liaisons en 4.4.2

Annexe B (normative)

Algorithme de construction de topologie physique

Le diagramme d'activités en UML de la Figure B.1 ci-après décrit (pour information uniquement) une possibilité d'algorithme permettant de maintenir la topologie physique («table de connectivité»). Il repose sur des informations de trames TTDP TOPOLOGY ainsi que sur l'utilisation de «vecteurs ETBN». Pour la définition des champs de trame TOPOLOGY utilisés ci-dessous, voir 8.7.6.

Cet algorithme est exécuté sur chaque nœud ETBN à chaque fois qu'est reçu un événement de trame TTDP TOPOLOGY. Il est décrit ci-dessous du point de vue d'un nœud «ETBN local».



IEC

Légende

Anglais	Français
TOPO frame event received	Événement de trame TOPO reçu
remMac in LocTable	remMac est dans LocTable
Else (remMac not in LocTable)	Sinon (remMac n'est pas dans LocTable)
Else	Sinon

Anglais	Français
Else (remMAC unknown)	Sinon (remMAC inconnue)
Topology building phase	Phase de construction de la topologie
Topology consolidation phase	Phase de consolidation de la topologie
Received from	Reçue de
Else (locMAC not in RemTable)	Sinon (locMAC n'est pas dans RemTable)
locMAC in RemTable	locMAC est dans RemTable
Remote ETBN MAC@ learning phase	Phase d'apprentissage de l'adresse MAC du nœud ETBN distant

Figure B.1 – Construction d'une topologie physique

Données:

- **remMAC:** (adresse MAC distante) adresse MAC d'un nœud ETBN distant qui a envoyé la trame TOPOLOGY actuellement reçue (= champ ownMacAddr dans la trame TOPOLOGY reçue)
- **locMAC:** (adresse MAC locale) Adresse MAC de nœud ETBN local
- **LocTableDir1:** (table locale dans le sens 1) liste locale non ordonnée de nœuds ETBN perçus dans le sens Dir1 d'un ETBN local (vecteur ETBN pour le sens Dir1 à transmettre dans la trame TOPOLOGY)
- **LocTableDir2:** (table locale dans le sens 2) liste locale non ordonnée de nœuds ETBN perçus dans le sens Dir2 d'un ETBN local (vecteur ETBN pour le sens Dir2 à transmettre dans la trame TOPOLOGY)
- **LocTable:** (table locale) réunion des tables LocTableDir1 et LocTableDir2
- **N1:** Nombre de nœuds ETBN dans la table LocTableDir1
- **N2:** Nombre de nœuds ETBN dans la table LocTableDir2
- **N:** Nombre de nœuds ETBN dans la table LocTable, $N = N1 + N2$
- **RemTableDir1:** (table distante dans le sens 1) liste non ordonnée reçue de nœuds ETBN perçus dans le sens Dir1 d'un ETBN distant (vecteur ETBN pour le sens Dir1 à transmettre dans la trame TOPOLOGY reçue)
- **RemTableDir2:** (Table distante dans le sens 2) liste non ordonnée reçue de nœuds ETBN perçus dans le sens Dir2 d'un ETBN distant (vecteur ETBN pour le sens Dir2 à transmettre dans la trame TOPOLOGY reçue)
- **RemTable:** (table distante) Réunion des tables RemTableDir1 et RemTableDir2
- **remCRC:** (CRC de table distante) CRC de la table de connectivité distante (champ connTableCrc32 des trames TOPOLOGY reçues)
- **n1:** nombre de nœuds ETBN dans la table RemTableDir1
- **n2:** nombre de nœuds ETBN dans la table RemTableDir2
- **n:** nombre de nœuds ETBN dans la table RemTable, $n = n1 + n2$
- **ConnTable:** (table de connectivité) table de connectivité ETB locale
- **locCRC:** (CRC de table locale) CRC de la table de connectivité locale ConnTable (champ connTableCrc32 de la trame TOPOLOGY à envoyer)
- **CRCTable:** (CRC des tables de connectivité) liste des CRC reçus (CRC des tables de connectivité de nœud ETBN distants)
- **Orientation:** liste ordonnée des orientations de nœuds ETBN distants

Conditions:

- **Événement de trame TOPO reçu:** une trame TTDP TOPOLOGY a été reçue ou une temporisation de validité s'est écoulée sur une trame TOPOLOGY précédemment reçue.

- **Else (remMAC not in LocTable) – Sinon (remMAC n'est pas dans LocTable):** trame TOPOLOGY reçue avec une adresse MAC de nœud ETBN inconnue. Ce nœud ETBN est un nouvel arrivant et il faut déterminer s'il se trouve sur le réseau ETB. En cas de succès, l'adresse MAC est enregistrée dans la LocTable (Dir1 ou Dir2) prévue. Cette branche est également utilisée lorsqu'une temporisation de validité s'est écoulée. Dans ce cas, l'adresse remMAC est considérée inconnue, ce qui entraîne le vidage des tables ConnTable et CRCTable.
- **Else (remMAC unknown) – Sinon (remMAC inconnue):** l'adresse MAC reçue ne se trouve pas encore dans la table d'acheminement du commutateur ETBN local (il convient que cela n'arrive pas lorsque la trame TOPOLOGY est reçue).
- **Received from Dir1 (Reçue de Dir1):** la trame TOPOLOGY a été reçue du côté Dir1 du nœud ETBN local.
- **Received from Dir2 (Reçue de Dir2):** la trame TOPOLOGY a été reçue du côté Dir2 du nœud ETBN local.
- **remMAC in LocTable (remMAC dans LocTable):** la trame TOPOLOGY reçue contient une adresse MAC de nœud ETBN connue.
- **locCRC == remCRC (CRC de table locale == CRC de table distante):** le CRC de la table de connectivité reçu est identique au CRC de la table de connectivité locale. Tous les nœuds ETBN partagent la même topologie physique; rien à faire.
- **Else (locCRC != remCRC) – Sinon (CRC de table locale != différent de CRC de table distante):** le CRC de la table de connectivité reçu n'est pas identique au CRC de la table de connectivité locale. Le nœud ETBN ne partage pas encore la même topologie physique. La table de connectivité locale sera à mettre à jour.
- **Else (Sinon) (N > n1+n2):** le nœud ETBN local connaît plus de nœuds ETBN que l'ETBN distant dans la trame TOPOLOGY reçue. Les informations de topologie reçues sont ignorées.
- **N < n1+n2:** le nœud ETBN distant connaît plus de nœuds ETBN que l'ETBN local. Il est possible de réinitialiser les informations locales de topologie ordonnée, d'attendre et d'apprendre à partir des trames TOPOLOGY à venir. De cette façon, il est possible d'éviter le traitement d'insertions dans la table de connectivité locale, d'attendre que tous les nœuds soient connus, puis de mettre à jour plus facilement la topologie locale.
- **N == n1+n2:** les nœuds ETBN local et distant connaissent le même nombre de nœuds ETBN.
- **Else (locMAC not in RemTable) – Sinon (locMAC n'est pas dans RemTable):** l'adresse MAC locale de l'ETBN ne se trouve pas dans les vecteurs de nœuds ETBN reçus (ce qui signifie que le nœud ETBN distant connaît un ETBN qu'on ne connaît pas localement). Il est possible de réinitialiser les informations locales de topologie ordonnée.
- **locMAC in RemTable (locMAC est dans RemTable):** l'adresse MAC locale de l'ETBN se trouve dans les vecteurs de nœuds ETBN reçus. Il est possible de traiter les informations de nœuds ETBN reçues et de mettre à jour la table de connectivité locale.

Actions:

- **flushConnTableAndCrcTable (vidage des tables de connectivité et de CRC):** réinitialisation de la table de connectivité locale ConnTable à sa valeur par défaut et réinitialisation du CRC local à sa valeur par défaut (comme s'il s'agissait de son propre nœud ETBN seul, voir 8.8.4). De même, vidage de la table CRC reçue.
- **fwdTableLookup(remMAC) (consultation de la table d'acheminement – adresse MAC distante):** rechercher l'adresse MAC de la trame TOPOLOGY reçue dans les tables d'acheminement du commutateur ETBN local pour déterminer son sens d'injection.
- **addToLocTableDir1(remMAC) / addToLocTableDir2(remMAC) (ajouter à table locale dans le sens 1 – adresse MAC distante / ajouter à table locale dans le sens 2 – adresse MAC distante):** ajouter l'adresse MAC reçue dans la liste Dir1 / Dir 2 du nœud ETBN local et incrémenter son compteur (n1: = n1 + 1 / n2: = n2 + 1).
- **computeOrientation(remMAC) (calculer orientation – adresse MAC distante):** calculer l'orientation du nœud ETBN distant par rapport à son orientation locale.

```

IF      (remMAC in LocTableDir1) AND (locMAC in RemTableDir2) THEN
orientation:= same
ELSE IF (remMAC in LocTableDir2) AND (locMAC in RemTableDir1) THEN
orientation:= same
ELSE IF (remMAC in LocTableDir1) AND (locMAC in RemTableDir1) THEN
orientation:= opposite
ELSE IF (remMAC in LocTableDir2) AND (locMAC in RemTableDir2) THEN
orientation:= opposite
ENDIF

```

- **updateConnTable(remMAC) (mettre à jour table de connectivité – adresse MAC distante):** mettre à jour les informations de topologie physique.

```

IF (orientation == same) THEN
ConnTable[n1]:= remMAC
Orientation[n1]:= orientation
ELSE
ConnTable[n2]:= remMAC
Orientation[n2]:= orientation
ENDIF
Compute new locCRC from updated ConnTable

```

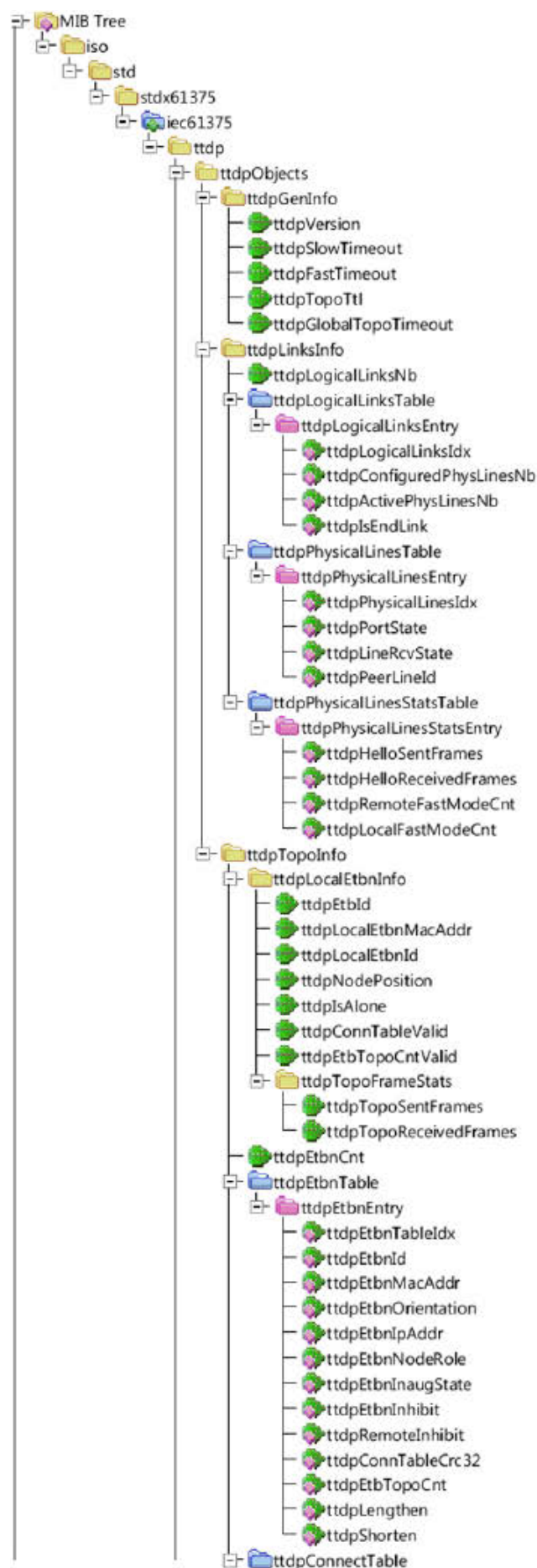
NOTE Lorsque tous les nœuds ETBN sont connus (c'est-à-dire au cours de la «phase de consolidation»), n1 ou n2 (selon l'orientation) donne directement la position du nœud ETBN distant sur le réseau ETB.

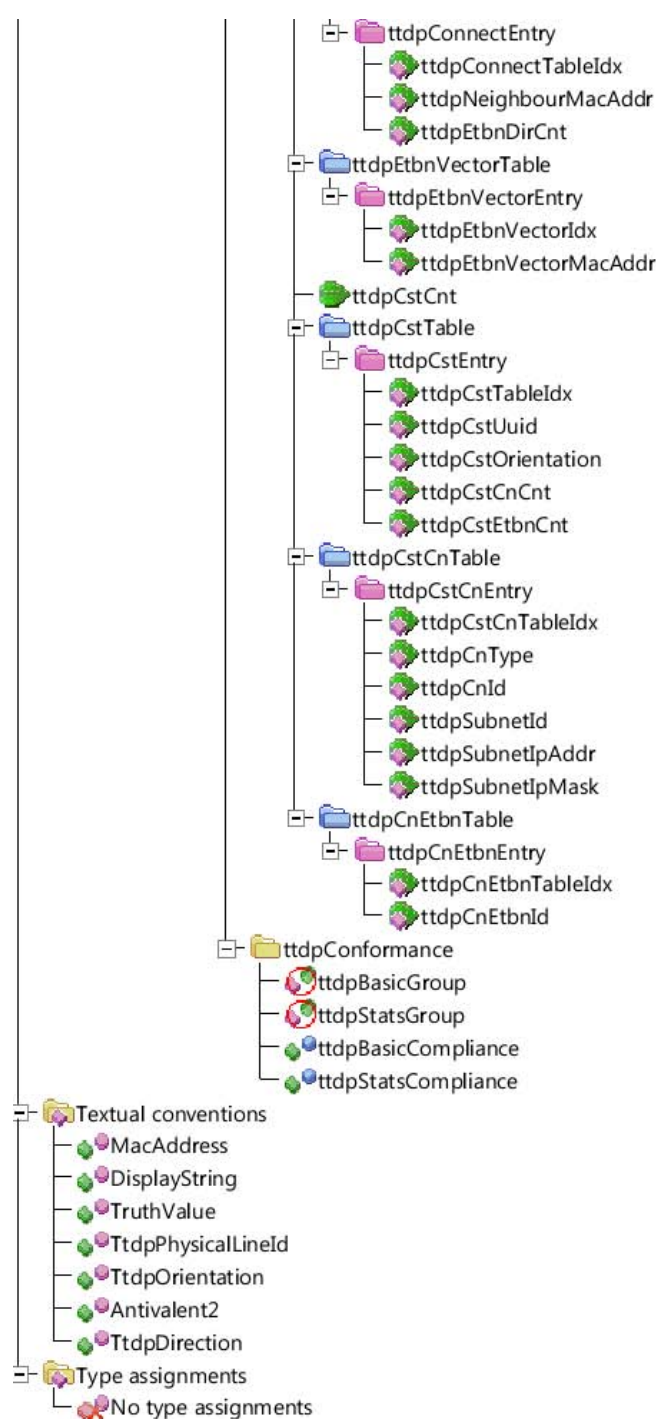
Annexe C (normative)

Définition de la base TTDP MIB

La présente Annexe donne la définition de la base TTDP-MIB spécifiée dans l'IEC 61375-2-5.

L'arborescence de la base MIB est la suivante (Figure C.1):





IEC

Légende

Anglais	Français
MIB tree	Arbre MIB
Textual conventions	Conventions textuelles
Type assignments	Attributions de types
No type assignments	Pas d'attribution de types

Figure C.1 – Arborescence de la base TTDP MIB

La description ASN.1 détaillée est la suivante:

```
--
-- MIB generated
-- Monday, February 25, 2013 at 13:39:53
--

TTDP-MIB DEFINITIONS ::= BEGIN

    IMPORTS
        OBJECT-GROUP, MODULE-COMPLIANCE
            FROM SNMPv2-CONF
        iso, IpAddress, Integer32, Unsigned32, OBJECT-TYPE,
        MODULE-IDENTITY
            FROM SNMPv2-SMI
        MacAddress, TruthValue, TEXTUAL-CONVENTION
            FROM SNMPv2-TC;

-- *****
-- Root OID
-- *****
-- January 07, 2013
-- 1.0.61375.2
iec61375 MODULE-IDENTITY
    LAST-UPDATED "201212211751Z"          -- December 21, 2012 at 17:51
GMT

    ORGANIZATION
        "IEC"
    CONTACT-INFO
        "International Electrotechnical Commission
        IEC Central Office
        3, rue de Varembé
        P.O. Box 131
        CH - 1211 GENEVA 20
        Switzerland
        Phone: +41 22 919 02 11
        Fax: +41 22 919 03 00
        email: info@iec.ch"
    DESCRIPTION
        "This MIB module defines the Network Management interfaces
        for the TTDP protocol defined by the IEC standard 61375-2-5.

        This definition specifies a pure monitoring variant of a SNMP
        entity."

    ::= { stdx61375 2 }

--
-- Textual conventions
--

TtdpPhysicalLineId ::= TEXTUAL-CONVENTION
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Represents TTDP physical line Identifier (A, B, C, D or none)."
```

```
SYNTAX INTEGER
    {
        lineNone(45),
        lineA(65),
        lineB(66),
        lineC(67),
        lineD(68)
    }

TtdpOrientation ::= TEXTUAL-CONVENTION
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Represents orientation of an ETBN or a Consist"
```

```
SYNTAX INTEGER
    {
        direct(1),
        inverse(2),
        undefined(3)
    }

Antivalent2 ::= TEXTUAL-CONVENTION
```

```

        STATUS current
        DESCRIPTION
            "Definition of ANTIVALENT2 type."
        SYNTAX INTEGER
            {
                error(0),
                false(1),
                true(2),
                undefined(3)
            }

TtdpDirection ::= TEXTUAL-CONVENTION
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Represents an ETB direction."
    SYNTAX INTEGER
        {
            dir1(1),
            dir2(2)
        }

--
-- Node definitions
--

-- 1.0
std OBJECT IDENTIFIER ::= { iso 0 }

-- 1.0.61375
stdx61375 OBJECT IDENTIFIER ::= { std 61375 }

-- *****
-- TTDP Protocol
-- *****
-- 1.0.61375.2.5
ttdp OBJECT IDENTIFIER ::= { iec61375 5 }

-- *****
-- objects groups of TTDP object identifiers
-- *****
-- 1.0.61375.2.5.1
ttdpObjects OBJECT IDENTIFIER ::= { ttdp 1 }

-- ETBN TTDP general information.
-- 1.0.61375.2.5.1.1
ttdpGenInfo OBJECT IDENTIFIER ::= { ttdpObjects 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.1.1
ttdpVersion OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "TTDP protocol version.

        Interpreted version string is 'M.m.r.n' for raw value 'Mmrn'H.
        First version is '1.0.0.0'."
    ::= { ttdpGenInfo 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.1.2
ttdpSlowTimeout OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "TTDP HELLO frames slow timeout in ms."
    ::= { ttdpGenInfo 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.1.3
ttdpFastTimeout OBJECT-TYPE

```

```

        SYNTAX Unsigned32
        MAX-ACCESS read-only
        STATUS current
        DESCRIPTION
            "TTDP HELLO frames fast timeout in ms."
        ::= { ttdpGenInfo 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.1.4
ttdpTopoTtl OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "TTDP TOPOLOGY frames TTL in ms."
    ::= { ttdpGenInfo 4 }

-- 1.0.61375.2.5.1.1.5
ttdpGlobalTopoTimeout OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "global TTDP TOPOLOGY frames timeout in ms."
    ::= { ttdpGenInfo 5 }

-- ETBN ETB links information.
-- 1.0.61375.2.5.1.3
ttdpLinksInfo OBJECT IDENTIFIER ::= { ttdpObjects 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.1
ttdpLogicalLinksNb OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (2)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of ETBN logical links connected to ETB.

        Must always be 2."
    ::= { ttdpLinksInfo 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.2
ttdpLogicalLinksTable OBJECT-TYPE
    SYNTAX SEQUENCE OF TtdpLogicalLinksEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "ETBN ETB logical links table.

        There are always 2 directions (dir1, dir2) for each ETBN."
    ::= { ttdpLinksInfo 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.2.1
ttdpLogicalLinksEntry OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpLogicalLinksEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Entry for an ETBN logical links table."
    INDEX { ttdpLogicalLinksIdx }
    ::= { ttdpLogicalLinksTable 1 }

TtdpLogicalLinksEntry ::=
    SEQUENCE {
        ttdpLogicalLinksIdx
            TtdpDirection,
        ttdpConfiguredPhysLinesNb
            Unsigned32,
        ttdpActivePhysLinesNb
            Unsigned32,
        ttdpIsEndLink
            TruthValue
    }

```

```

    }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.2.1.1
ttdpLogicalLinksIdx OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpDirection
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Link index in logical link table.

        1 is for dir1, 2 for dir2 of the ETBN."
    ::= { ttdpLogicalLinksEntry 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.2.1.2
ttdpConfiguredPhysLinesNb OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..4)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of statically defined physical lines in LAG."
    ::= { ttdpLogicalLinksEntry 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.2.1.3
ttdpActivePhysLinesNb OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (0..4)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of active physical lines in LAG."
    ::= { ttdpLogicalLinksEntry 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.2.1.4
ttdpIsEndLink OBJECT-TYPE
    SYNTAX TruthValue
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Logical link extremity status.

        true when logical link is an ETB end link, else false."
    ::= { ttdpLogicalLinksEntry 4 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.3
ttdpPhysicalLinesTable OBJECT-TYPE
    SYNTAX SEQUENCE OF TtdpPhysicalLinesEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Physical lines table for an ETB direction."
    ::= { ttdpLinksInfo 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.3.1
ttdpPhysicalLinesEntry OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpPhysicalLinesEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Physical lines table entry.

        ttdpLogicalLinksIdx is the first level index in
ttdpLogicalLinksTable,
        ttdpPhysicalLinesIdx is the second level index in
ttdpPhysicalLinesTable."
    INDEX { ttdpLogicalLinksIdx, ttdpPhysicalLinesIdx }
    ::= { ttdpPhysicalLinesTable 1 }

TtdpPhysicalLinesEntry ::=
    SEQUENCE {
        ttdpPhysicalLinesIdx
            TtdpPhysicalLineId,
        ttdpPortState
            INTEGER,

```

```

        ttdpLineRcvState
            INTEGER,
        ttdpPeerLineId
            TtdpPhysicalLineId
    }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.3.1.1
ttdpPhysicalLinesIdx OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpPhysicalLineId
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Line index in physical lines table.

        None value is not allowed (only line A, B, C or D).

        "
    ::= { ttdpPhysicalLinesEntry 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.3.1.2
ttdpPortState OBJECT-TYPE
    SYNTAX INTEGER
        {
            disabled(0),
            forwarding(2),
            discarding(3)
        }
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "TTDP switch port state."
    ::= { ttdpPhysicalLinesEntry 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.3.1.3
ttdpLineRcvState OBJECT-TYPE
    SYNTAX INTEGER
        {
            lineNotOK(1),
            lineOK(2),
            notAvailable(3)
        }
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Physical line status (according to TTDP HELLO frames received
and port status)."
    ::= { ttdpPhysicalLinesEntry 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.3.1.4
ttdpPeerLineId OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpPhysicalLineId
    MAX-ACCESS read-write
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Physical line distant (peer) ID."
    ::= { ttdpPhysicalLinesEntry 4 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.4
ttdpPhysicalLinesStatsTable OBJECT-TYPE
    SYNTAX SEQUENCE OF TtdpPhysicalLinesStatsEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Physical lines statistics table for physical lines (optional)."
    ::= { ttdpLinksInfo 4 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.4.1
ttdpPhysicalLinesStatsEntry OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpPhysicalLinesStatsEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Physical line statistics table entry.

```

```

        ttdpLogicalLinksIdx is the first level index in
ttdpLogicalLinksTable,
        ttdpPhysicalLinesIdx is the second level index in
ttdpPhysicalLinesStatsTable."
        INDEX { ttdpLogicalLinksIdx, ttdpPhysicalLinesIdx }
        ::= { ttdpPhysicalLinesStatsTable 1 }

TtdpPhysicalLinesStatsEntry ::=
    SEQUENCE {
        ttdpHelloSentFrames
            Integer32,
        ttdpHelloReceivedFrames
            Integer32,
        ttdpRemoteFastModeCnt
            Integer32,
        ttdpLocalFastModeCnt
            Integer32
    }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.4.1.1
ttdpHelloSentFrames OBJECT-TYPE
    SYNTAX Integer32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of HELLO frames sent on this line

        Optional, = -1 if not provided."
    ::= { ttdpPhysicalLinesStatsEntry 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.4.1.2
ttdpHelloReceivedFrames OBJECT-TYPE
    SYNTAX Integer32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of HELLO frames received on this line

        Optional, = -1 if not provided."
    ::= { ttdpPhysicalLinesStatsEntry 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.4.1.3
ttdpRemoteFastModeCnt OBJECT-TYPE
    SYNTAX Integer32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of times fast mode was activated on peer.

        Optional, = -1 if not provided."
    ::= { ttdpPhysicalLinesStatsEntry 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.3.4.1.4
ttdpLocalFastModeCnt OBJECT-TYPE
    SYNTAX Integer32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of times fast mode was locally entered (activated by
peer).

        Optional, = -1 if not provided."
    ::= { ttdpPhysicalLinesStatsEntry 4 }

-- ETBN TTDP TOPOLOGY information.
-- 1.0.61375.2.5.1.5
ttdpTopoInfo OBJECT IDENTIFIER ::= { ttdpObjects 5 }

-- Local ETBN information
-- 1.0.61375.2.5.1.5.1
ttdpLocalEtnbInfo OBJECT IDENTIFIER ::= { ttdpTopoInfo 1 }

```

```

-- 1.0.61375.2.5.1.5.1.1
ttdpEtbId OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..4)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "ETB number on which local ETBN is connected to."
    ::= { ttdpLocalEtbnInfo 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.1.2
ttdpLocalEtbnMacAddr OBJECT-TYPE
    SYNTAX MacAddress
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Local ETBN MAC address."
    ::= { ttdpLocalEtbnInfo 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.1.3
ttdpLocalEtbnId OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..63)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Local ETBN number on ETB."
    ::= { ttdpLocalEtbnInfo 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.1.4
ttdpNodePosition OBJECT-TYPE
    SYNTAX INTEGER
        {
            intermediate(0),
            extremity1(1),
            extremity2(2)
        }
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Node position on ETB."
    ::= { ttdpLocalEtbnInfo 4 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.1.5
ttdpIsAlone OBJECT-TYPE
    SYNTAX TruthValue
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Flag which tells whether ETBN node is alone on ETB."
    ::= { ttdpLocalEtbnInfo 5 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.1.6
ttdpConnTableValid OBJECT-TYPE
    SYNTAX TruthValue
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Flag which describes whether physical topology is stable or
not."
    ::= { ttdpLocalEtbnInfo 6 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.1.7
ttdpEtbTopoCntValid OBJECT-TYPE
    SYNTAX TruthValue
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Flag which describes whether logical topology is stable or not."
    ::= { ttdpLocalEtbnInfo 7 }

```

```
-- Statistics on local ETBN TOPOLOGY frames (optional)
-- 1.0.61375.2.5.1.5.1.8
ttdpTopoFrameStats OBJECT IDENTIFIER ::= { ttdpLocalEtbnInfo 8 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.1.8.1
ttdpTopoSentFrames OBJECT-TYPE
    SYNTAX Integer32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of TOPOLOGY frames sent from this node.

        = -1 if not provided."
    ::= { ttdpTopoFrameStats 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.1.8.2
ttdpTopoReceivedFrames OBJECT-TYPE
    SYNTAX Integer32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of TOPOLOGY frames received on this node.

        = -1 if not provided."
    ::= { ttdpTopoFrameStats 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.2
ttdpEtbnCnt OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..63)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of ETBN on ETB."
    ::= { ttdpTopoInfo 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3
ttdpEtbnTable OBJECT-TYPE
    SYNTAX SEQUENCE OF TtdpEtbnEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "corrected physical topology (connectivity table) + some more
info."
    ::= { ttdpTopoInfo 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1
ttdpEtbnEntry OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpEtbnEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Entry for corrected physical topology (connectivity table)."
    INDEX { ttdpEtbnTableIdx }
    ::= { ttdpEtbnTable 1 }

TtdpEtbnEntry ::=
    SEQUENCE {
        ttdpEtbnTableIdx
            Unsigned32,
        ttdpEtbnId
            Unsigned32,
        ttdpEtbnMacAddr
            MacAddress,
        ttdpEtbnOrientation
            TtdpOrientation,
        ttdpEtbnIpAddr
            IpAddress,
        ttdpEtbnNodeRole
            INTEGER,
        ttdpEtbnInaugState
            INTEGER,
        ttdpEtbnInhibit
```



```

        TruthValue,
        ttdpRemoteInhibit
        TruthValue,
        ttdpConnTableCrc32
        Unsigned32,
        ttdpEtbnTopoCnt
        Unsigned32,
        ttdpLengthen
        Antivalent2,
        ttdpShorten
        Antivalent2
    }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.1
ttdpEtbnTableIdx OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..63)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "ETBN index in ttdpEtbnTable (physical topology)."
    ::= { ttdpEtbnEntry 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.2
ttdpEtbnId OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (0..63)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "ETBN ID on ETB.

        1..N ETBN are ordered from lowest cstUUID toward direction2 for
ascending ETBN Ids,
        0 for a missing ETBN (corrected topology)."
    ::= { ttdpEtbnEntry 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.3
ttdpEtbnMacAddr OBJECT-TYPE
    SYNTAX MacAddress
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "ETBN MAC address.

        NULL if ETBN not present in case of corrected topology."
    ::= { ttdpEtbnEntry 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.4
ttdpEtbnOrientation OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpOrientation
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "ETBN orientation."
    ::= { ttdpEtbnEntry 4 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.5
ttdpEtbnIpAddress OBJECT-TYPE
    SYNTAX IpAddress
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "ETBN IP address on ETB.

        NULL if not defined."
    ::= { ttdpEtbnEntry 5 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.6
ttdpEtbnNodeRole OBJECT-TYPE
    SYNTAX INTEGER
    {
        undefined(0),
        master(1),
        backup(2),

```

```

        notRedundant(3)
    }
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "ETBN node role."
    ::= { ttdpEtbnEntry 6 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.7
ttdpEtbnInaugState OBJECT-TYPE
    SYNTAX INTEGER
    {
        init(0),
        notInaugurated(1),
        inaugurated(2),
        readyForInauguration(3)
    }
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "ETBN inauguration state."
    ::= { ttdpEtbnEntry 7 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.8
ttdpEtbnInhibit OBJECT-TYPE
    SYNTAX TruthValue
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Inhibit request from this node.

        Inauguration allowed true or false."
    ::= { ttdpEtbnEntry 8 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.9
ttdpRemoteInhibit OBJECT-TYPE
    SYNTAX TruthValue
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Remote composition inhibition.

        Inauguration allowed true or false."
    ::= { ttdpEtbnEntry 9 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.10
ttdpConnTableCrc32 OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "CRC32 of raw physical topology (connectivity table), not
corrected."
    ::= { ttdpEtbnEntry 10 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.11
ttdpEtbnTopoCnt OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "CRC32 of logical topology (Train Network Directory)."
    ::= { ttdpEtbnEntry 11 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.12
ttdpLengthen OBJECT-TYPE
    SYNTAX Antivalent2
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Lengthen flag.
```

```

        1(false)=stable length,
        2(true)=lengthening,
        3(undefined)=undefined."
    ::= { ttdpEtbnEntry 12 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.13
ttdpShorten OBJECT-TYPE
    SYNTAX Antivalent2
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Shorten flag.

        1(false)=stable length,
        2(true)=shortening,
        3(undefined)=undefined."
    ::= { ttdpEtbnEntry 13 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.4
ttdpConnectTable OBJECT-TYPE
    SYNTAX SEQUENCE OF TtdpConnectEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Connection table for ETBNs in each ETB directions (always 2
directions).

        Contains "connectivity vector" and "ETBN vector" for each ETBN"
    ::= { ttdpTopoInfo 4 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.4.1
ttdpConnectEntry OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpConnectEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Connection table entry.

        ttdpEtbnTableIdx is the first level index in ttdpEtbnTable,
        ttdpConnectTableIdx is the second level index in
ttdpConnectTable."
    INDEX { ttdpEtbnTableIdx, ttdpConnectTableIdx }
    ::= { ttdpConnectTable 1 }

TtdpConnectEntry ::=
    SEQUENCE {
        ttdpConnectTableIdx
            TtdpDirection,
        ttdpNeighbourMacAddr
            MacAddress,
        ttdpEtbnDirCnt
            Unsigned32
    }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.4.1.1
ttdpConnectTableIdx OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpDirection
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Direction index in ttdpConnecttable."
    ::= { ttdpConnectEntry 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.4.1.2
ttdpNeighbourMacAddr OBJECT-TYPE
    SYNTAX MacAddress
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "MAC address of direct ETBN neighbour in this direction."
    ::= { ttdpConnectEntry 2 }

```

```

-- 1.0.61375.2.5.1.5.4.1.3
ttdpEtbnDirCnt OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (0..62)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of ETBNs in this direction."
    ::= { ttdpConnectEntry 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.5
ttdpEtbnVectorTable OBJECT-TYPE
    SYNTAX SEQUENCE OF TtdpEtbnVectorEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Table of "ETBN vectors" for each ETBN in each direction."
    ::= { ttdpTopoInfo 5 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.5.1
ttdpEtbnVectorEntry OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpEtbnVectorEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "ETBN vectors table entry.

        ttdpEtbnTableIdx is the first level index in ttdpEtbnTable,
        ttdpConnectTableIdx is the second level index in
ttdpConnectTable,
        ttdpEtbnVectorIdx is the third level index in
ttdpEtbnVectorTable"
    INDEX { ttdpEtbnTableIdx, ttdpConnectTableIdx, ttdpEtbnVectorIdx }
    ::= { ttdpEtbnVectorTable 1 }

TtdpEtbnVectorEntry ::=
    SEQUENCE {
        ttdpEtbnVectorIdx
            Unsigned32,
        ttdpEtbnVectorMacAddr
            MacAddress
    }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.5.1.1
ttdpEtbnVectorIdx OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..62)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Index of ETBN in ttdpEtbnVector."
    ::= { ttdpEtbnVectorEntry 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.5.1.2
ttdpEtbnVectorMacAddr OBJECT-TYPE
    SYNTAX MacAddress
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "ETBN MAC address."
    ::= { ttdpEtbnVectorEntry 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.6
ttdpCstCnt OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..31)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of Consists in train."
    ::= { ttdpTopoInfo 6 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.7
ttdpCstTable OBJECT-TYPE
    SYNTAX SEQUENCE OF TtdpCstEntry

```

```

        MAX-ACCESS not-accessible
        STATUS current
        DESCRIPTION
            "Consist table: logical topology = Train Network Directory
(TNDir) + some more info.

            Organized conforming to the 3 levels of TNDir."
        ::= { ttdpTopoInfo 7 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.7.1
ttdpCstEntry OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpCstEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Entry for Consist table."
    INDEX { ttdpCstTableIdx }
    ::= { ttdpCstTable 1 }

TtdpCstEntry ::=
    SEQUENCE {
        ttdpCstTableIdx
            Unsigned32,
        ttdpCstUuid
            OCTET STRING,
        ttdpCstOrientation
            TtdpDirection,
        ttdpCstCnCnt
            Unsigned32,
        ttdpCstEtbnCnt
            Unsigned32
    }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.7.1.1
ttdpCstTableIdx OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..32)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Consist number (index in Consist table).

        Consist nb 1 is the reference at extremity 1 of the train with
lowest CstUUID."
    ::= { ttdpCstEntry 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.7.1.2
ttdpCstUuid OBJECT-TYPE
    SYNTAX OCTET STRING (SIZE (16))
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Consist UUID (Universally Unique Identifier)."
    ::= { ttdpCstEntry 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.7.1.3
ttdpCstOrientation OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpDirection
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Orientation of the Consist in relation to train reference
direction."
    ::= { ttdpCstEntry 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.7.1.4
ttdpCstCnCnt OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (0..32)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of CN in Consist."
    ::= { ttdpCstEntry 4 }

```

```
-- 1.0.61375.2.5.1.5.7.1.5
ttdpCstEtbnCnt OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (0..32)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of ETBN in Consist."
    ::= { ttdpCstEntry 5 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.8
ttdpCstCnTable OBJECT-TYPE
    SYNTAX SEQUENCE OF TtdpCstCnEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "List of CN in this Consist."
    ::= { ttdpTopoInfo 8 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.8.1
ttdpCstCnEntry OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpCstCnEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Entry for list of Consist CNs.

        ttdpCstTableIdx is the first level index in ttdpCstTable,
        ttdpCstCnTableIdx is the second level index in ttdpCstCnTable."
    INDEX { ttdpCstTableIdx, ttdpCstCnTableIdx }
    ::= { ttdpCstCnTable 1 }

TtdpCstCnEntry ::=
    SEQUENCE {
        ttdpCstCnTableIdx
            Unsigned32,
        ttdpCnType
            INTEGER,
        ttdpCnId
            Unsigned32,
        ttdpSubnetId
            Unsigned32,
        ttdpSubnetIpAddr
            IpAddress,
        ttdpSubnetIpMask
            IpAddress
    }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.8.1.1
ttdpCstCnTableIdx OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..32)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Index in this Consist CN table."
    ::= { ttdpCstCnEntry 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.8.1.2
ttdpCnType OBJECT-TYPE
    SYNTAX INTEGER
    {
        mvb(1),
        notUsed(2),
        can(3),
        ethernet(4)
    }
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "CN type."
    ::= { ttdpCstCnEntry 2 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.8.1.3
```

```

ttdpCnId OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..32)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "CN ID.

        Statically defined, it identifies the Consist Network inside the
Consist"

    ::= { ttdpCstCnEntry 3 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.8.1.4
ttdpSubnetId OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..63)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Used to number the CN subnet on ETB."
    ::= { ttdpCstCnEntry 4 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.8.1.5
ttdpSubnetIpAddress OBJECT-TYPE
    SYNTAX IpAddress
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "CN subnet IP address."
    ::= { ttdpCstCnEntry 5 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.8.1.6
ttdpSubnetIpMask OBJECT-TYPE
    SYNTAX IpAddress
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "CN subnet IP network mask."
    ::= { ttdpCstCnEntry 6 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.9
ttdpCnEtbnTable OBJECT-TYPE
    SYNTAX SEQUENCE OF TtdpCnEtbnEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "List of ETBN connected to this CN."
    ::= { ttdpTopoInfo 9 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.9.1
ttdpCnEtbnEntry OBJECT-TYPE
    SYNTAX TtdpCnEtbnEntry
    MAX-ACCESS not-accessible
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Entry for list of ETBN connected to this CN.

        ttdpCstTableIdx is the first level index in ttdpCstTable,
        ttdpCstCnTableIdx is the second level index in ttdpCstCnTable.
        ttdpCnEtbnTableIdx is the third level index in ttdpCnEtbnTable."
    INDEX { ttdpCstTableIdx, ttdpCstCnTableIdx, ttdpCnEtbnTableIdx }
    ::= { ttdpCnEtbnTable 1 }

TtdpCnEtbnEntry ::=
    SEQUENCE {
        ttdpCnEtbnTableIdx
            Unsigned32,
        ttdpCnEtbnId
            Unsigned32
    }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.9.1.1
ttdpCnEtbnTableIdx OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..63)

```

```

MAX-ACCESS read-only
STATUS current
DESCRIPTION
    "Index in this CN ETBN table."
::= { ttdpCnEtbnEntry 1 }

-- 1.0.61375.2.5.1.5.9.1.2
ttdpCnEtbnId OBJECT-TYPE
    SYNTAX Unsigned32 (1..63)
    MAX-ACCESS read-only
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Number of the ETBN (on ETB) connected to this CN."
    ::= { ttdpCnEtbnEntry 2 }

-- *****
-- conformance statements
-- *****

-- 1.0.61375.2.5.2
ttdpConformance OBJECT IDENTIFIER ::= { ttdp 2 }

-- 1.0.61375.2.5.2.2
ttdpBasicGroup OBJECT-GROUP
    OBJECTS { ttdpVersion, ttdpSlowTimeout, ttdpFastTimeout, ttdpTopoTtl,
ttdpGlobalTopoTimeout,
            ttdpLogicalLinksNb,          ttdpLogicalLinksIdx,          ttdpIsEndLink,
ttdpPortState, ttdpEtbnId,
            ttdpLocalEtbnMacAddr,        ttdpLocalEtbnId,          ttdpNodePosition,
ttdpIsAlone, ttdpConnTableValid,
            ttdpEtbnCnt,          ttdpEtbnTableIdx,          ttdpEtbnId,          ttdpEtbnMacAddr,
ttdpEtbnOrientation,
            ttdpEtbnIpAddr,          ttdpEtbnNodeRole,          ttdpEtbnInaugState,
ttdpEtbnInhibit, ttdpRemoteInhibit,
            ttdpConnTableCrc32,          ttdpLengthen,          ttdpShorten,
ttdpConnectTableIdx, ttdpNeighbourMacAddr,
            ttdpEtbnDirCnt,          ttdpEtbnVectorIdx,          ttdpEtbnVectorMacAddr,
ttdpCstCnt, ttdpCstTableIdx,
            ttdpCstUuid,          ttdpCstOrientation,          ttdpCstCnCnt,          ttdpCstEtbnCnt,
ttdpCstCnTableIdx,
            ttdpCnType,          ttdpCnId,          ttdpSubnetId,          ttdpSubnetIpAddr,
ttdpSubnetIpMask,
            ttdpCnEtbnTableIdx,          ttdpCnEtbnId,          ttdpEtbnTopoCntValid,
ttdpEtbnTopoCnt, ttdpConfiguredPhysLinesNb,
            ttdpActivePhysLinesNb,          ttdpPhysicalLinesIdx,          ttdpPeerLineId,
ttdpLineRcvState }
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Mandatory parameters which are to monitor
        the status of TTDP on an ETBN."
    ::= { ttdpConformance 2 }

-- 1.0.61375.2.5.2.3
ttdpStatsGroup OBJECT-GROUP
    OBJECTS { ttdpHelloSentFrames,          ttdpHelloReceivedFrames,
ttdpRemoteFastModeCnt, ttdpLocalFastModeCnt, ttdpTopoSentFrames,
            ttdpTopoReceivedFrames }
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Parameters which are optional to monitor
        the status of TTDP on an ETBN (statistics)."
    ::= { ttdpConformance 3 }

-- 1.0.61375.2.5.2.4
ttdpBasicCompliance MODULE-COMPLIANCE
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Basic implementation requirements for TTDP monitoring support.
        The agent shall support the monitoring of mandatory parameters."
    MODULE -- this module
        MANDATORY-GROUPS { ttdpBasicGroup }
    ::= { ttdpConformance 4 }

```



```
-- 1.0.61375.2.5.2.5
ttdpStatsCompliance MODULE-COMPLIANCE
    STATUS current
    DESCRIPTION
        "Optional implementation requirements for TTDP monitoring
support.
        The agent shall support the monitoring of statistics parameters."
    MODULE -- this module
        MANDATORY-GROUPS { ttdpStatsGroup }
    ::= { ttdpConformance 5 }

END

--
--
--
```

Bibliographie

Le tableau ci-après donne un récapitulatif des «Appels à commentaires» (RFC) de l'IETF utilisés dans la présente norme.

Références RFC

Référence	Sujet	Source
IETF RFC 768	User Datagram Protocol (Protocole de datagrammes utilisateur)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc768/
IETF RFC 791	Internet Protocol (Protocole Internet)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc791/
IETF RFC 792	Internet Control Message Protocol (Protocole de messages de contrôle Internet)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc792/
IETF RFC 793	Transmission Control Protocol (Protocole de contrôle de transmission)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc793/
IETF RFC 826	Ethernet Address Resolution Protocol (Protocole de résolution d'adresse Ethernet)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc826/
IETF RFC 1033	Domain administrators operations guide (Guide opérationnel des administrateurs de domaines)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc1033/
IETF RFC 1035	Domain names – implementation and specification (Noms de domaines – mise en œuvre et spécification)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc1035/
IETF RFC 1178	Choosing a name for your computer (Choix d'un nom pour votre ordinateur)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc1178/
IETF RFC 1213	Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets:MIB-II (Base d'information de gestion pour la gestion de réseaux Internet à base TCP/IP: MIB-II)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc1213/
IETF RFC 1519	Classless Inter-Domain Routing (CIDR): an Address Assignment and Aggregation Strategy (Routage inter-domaine sans classe (CIDR): attribution d'adresses et stratégie d'agrégation)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc1519/
IETF RFC 1597	Address Allocation for Private Internets (Attribution d'adresses pour les réseaux Internet privés)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc1597/
IETF RFC 1901	Introduction to Community-based SNMPv2 (Introduction au protocole SNMPv2 collectif)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc1901/
IETF RFC 1905	Protocol Operations for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2) (Opérations de protocole pour la version 2 du protocole de gestion de réseau simple (SNMPv2))	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc1905/
IETF RFC 1906	Transport Mappings for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2) (Mapping de transport pour la version 2 du protocole de gestion de réseau simple (SNMPv2))	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc1906/
IETF RFC 2236	Internet Group Management Protocol, Version 2 (Protocole de gestion de groupes Internet, Version 2)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc2236/
IETF RFC 2544	Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices (Méthodologie d'évaluation comparative pour les dispositifs d'interconnexion de réseaux)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc2544/
IETF RFC 2365	Administratively Scoped IP Multicast (Multidiffusion IP à portée administrative)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc2365/
IETF RFC 2474	Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers (Définition du champ Services différenciés (Champ DS) dans les en-têtes IPv4 et IPv6)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc2474/
IETF RFC 2787	Definitions of Managed Objects for the Virtual Router Redundancy Protocol (Définitions des objets de gestion pour le protocole de redondance de routeur virtuel)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc2787/
IETF RFC 2863	The Interfaces Group MIB (La MIB des groupes d'interfaces)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc2863/

Référence	Sujet	Source
IETF RFC 3046	DHCP Relay Agent Information Option (Option d'information des agents relais DHCP)	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc3046/
IETF RFC 4122	A Universally Unique Identifier (UUID) URN Namespace (Espace de nom URN à Identifiant unique universel (UUID))	http://datatracker.ietf.org/doc/rfc4122/

Autres références

IEC 60571, *Applications ferroviaires – Equipements électroniques utilisés sur le matériel roulant*

IEC 61375-2-1:2012, *Matériel électronique ferroviaire – Réseau embarqué de train (TCN) – Partie 2-1: Bus de Train Filaire (WTB)*

IEC 61784-2, *Réseaux de communication industriels – Profils – Partie 2: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps réel basés sur l'ISO/IEC 8802-3*

IEC 61918, *Réseaux de communication industriels – Installation de réseaux de communication dans des locaux industriels*

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
www.iec.ch