

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Electronic railway equipment – Train communication network (TCN) –
Part 1: General architecture**

**Matériel électronique ferroviaire – Réseau embarqué de train (TCN) –
Partie 1: Architecture générale**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61375-1:2012



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2012 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI 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.

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you 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It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 on-line 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 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

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 la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

Liens utiles:

Recherche de publications CEI - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI 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.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. 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 au monde 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 les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

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.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Electronic railway equipment – Train communication network (TCN) –
Part 1: General architecture**

**Matériel électronique ferroviaire – Réseau embarqué de train (TCN) –
Partie 1: Architecture générale**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XA

ICS 45.060

ISBN 978-2-88912-069-7

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references.....	8
3 Terms, definitions, abbreviated terms, acronyms, and conventions.....	8
3.1 Terms and definitions	8
3.2 Abbreviations and acronyms	15
3.3 Conventions	16
3.3.1 Requirement conventions.....	16
3.3.2 Base of numeric values.....	16
3.3.3 Naming conventions.....	16
3.3.4 State diagram conventions.....	16
4 Basic architecture	16
4.1 Contents of this clause	16
4.2 General	16
4.2.1 Technology classes	16
4.2.2 Component types.....	17
4.3 Hierarchical structure.....	17
4.3.1 Network levels	17
4.3.2 Train backbone level.....	17
4.3.3 Consist network level.....	18
4.3.4 Interface between train backbone and consist network	18
4.3.5 End devices connected to train backbone.....	19
4.4 Network configurations	19
4.5 Train to ground connection (option).....	20
5 Train backbone.....	21
5.1 Contents of this clause	21
5.2 Train backbone topology.....	21
5.2.1 General	21
5.2.2 Train backbone based on bus technology.....	21
5.2.3 Train backbone based on switched technology	22
5.3 Train compositions	22
5.4 Train backbone node numbering	23
5.5 Train directions.....	23
5.5.1 Vehicle	23
5.5.2 Consist	23
5.5.3 Closed train	24
5.5.4 Train.....	24
5.6 Train inauguration.....	26
5.6.1 Objectives	26
5.6.2 Train network directory	26
5.6.3 Inauguration control	28
5.6.4 Node states	29
5.6.5 Node roles	32
5.6.6 Performance.....	32
6 Consist network	32

6.1	Contents of this clause	32
6.2	Scope of standardization.....	32
6.3	Consist network topology	33
6.3.1	Consist network based on bus technology (MVB, CANopen)	33
6.3.2	Consist network based on switched technology	34
6.3.3	Sub-networks.....	36
6.3.4	Heterogeneous consist network	36
6.4	Gateway	36
6.4.1	General	36
6.4.2	Functional description	37
6.4.3	Application layer gateway.....	37
6.4.4	Gateway implemented by a router	39
7	On-board data communication	39
7.1	General	39
7.2	Communication patterns	39
7.2.1	Purpose.....	39
7.2.2	Definitions	39
7.2.3	Push pattern	40
7.2.4	Pull pattern	41
7.2.5	Subscription pattern	43
7.3	Addressing	43
7.3.1	General	43
7.3.2	Network layer addressing.....	43
7.3.3	Application layer addressing.....	45
7.4	Availability of data communication	45
7.5	Data classes.....	46
7.5.1	General	46
7.5.2	Service parameters.....	46
7.5.3	TCN data class definition	47
7.6	Communication profile	48
	Bibliography	49
	Figure 1 – Train backbone and consist network	17
	Figure 2 – Consist with two consist networks	18
	Figure 3 – End device connected to the train backbone (example)	19
	Figure 4 – Communication between train and ground (example)	21
	Figure 5 – Interfaces between consists	21
	Figure 6 – Train backbone bus topology	22
	Figure 7 – Train backbone switched topology	22
	Figure 8 – Directions and orientation in a vehicle	23
	Figure 9 – Directions and orientations in a consist	24
	Figure 10 – Directions and orientations in a closed train	24
	Figure 11 – Directions and orientations in train (TCN directions)	25
	Figure 12 – Structure of train network directory (example)	27
	Figure 13 – Train inauguration block diagram	30
	Figure 14 – Train inauguration state chart	31
	Figure 15 – Consist network standard interfaces.....	33

Figure 16 – Consist network (bus technology).....	34
Figure 17 – Consist switches.....	34
Figure 18 – Examples of consist network topologies (switched technology).....	35
Figure 19 – End Device connected to two consist switches	35
Figure 20 – Sub-networks in a consist network	36
Figure 21 – Implementation example for two vehicle busses	36
Figure 22 – Example of heterogeneous train control network architecture	37
Figure 23 – Local service	38
Figure 24 – Unconfirmed service	38
Figure 25 – Confirmed service.....	38
Figure 26 – Provider initiated services	39
Figure 27 – Point to point communication pattern (push).....	40
Figure 28 – Point to multi-point communication pattern (push)	41
Figure 29 – Point to point communication pattern (pull).....	41
Figure 30 – Point to multi-point communication pattern (push)	42
Figure 31 – Subscription communication pattern.....	43
Table 1 – Train composition changes	22
Table 2 – Train network specific parameters (example)	27
Table 3 – Consist network specific parameters (example).....	27
Table 4 – Vehicle specific parameters (example).....	28
Table 5 – Device specific parameters (example).....	28
Table 6 – Service parameters.....	46
Table 7 – Principal data classes	47

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61375-1:2012

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRONIC RAILWAY EQUIPMENT –
TRAIN COMMUNICATION NETWORK (TCN) –****Part 1: General architecture****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 61375-1 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

This third edition cancels the second edition published in 2007 and constitutes a technical revision.

The main technical changes with regard to the previous edition are as follows:

- new structuring of standard parts. The content of the previous edition has now been moved to IEC 61375-2-1 and IEC 61375-3-1.
- this part of the standard describes now the general architecture of the onboard train communication network.

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

FDIS	Report on voting
9/1641/FDIS	9/1665/RVD

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

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

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

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

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

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

INTRODUCTION

IEC 61375-1 defines the general architecture of the Train Communication Network (TCN) so as to achieve compatibility between consist networks defined by this part of IEC 61375 and train backbones defined by this part of IEC 61375.

The TCN has a hierarchical structure with two levels of networks, a train backbone and a consist network:

- a) for interconnecting vehicles in close or open trains, this part of IEC 61375 specifies train backbones with different characteristics;
- b) for connecting standard on-board equipment, this part of IEC 61375 specifies consist networks with different characteristics.

The general architecture of the TCN, which is defined in this part of the standard, shall

- c) establish the rules for interconnecting consist networks with train backbones, as
 - identifying the interfaces;
 - defining the principles of how train topology changes can be discovered;
 - defining the basic communication services provided by train backbones to be used by consist networks;
- d) establish basic rules for the train backbone and for the consist network;
- e) establish rules for communalities in operation, as:
 - patterns for the communication between users;
 - addressing principles;
 - data classes to be supported.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61375-1:2012

ELECTRONIC RAILWAY EQUIPMENT – TRAIN COMMUNICATION NETWORK (TCN) –

Part 1: General architecture

1 Scope

This part of IEC 61375 applies to the architecture of data communication systems in open trains, i.e. it covers the architecture of a communication system for the data communication between vehicles of the said open trains, the data communication within the vehicles and the data communication from train to the ground.

The applicability of this part of IEC 61375 to the train network technologies allows for interoperability of individual vehicles within open trains in international traffic. The data communication systems inside vehicles are given as recommended solutions to cope with the said TCN. In any case, proof of compatibility between a proposed train backbone and a proposed consist network will have to be brought by the supplier.

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

NOTE 1 For a definition of open trains, multiple unit trains and closed trains, see Clause 3.

NOTE 2 Road vehicles such as buses and trolley buses are not considered in this part of IEC 61375.

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.

ISO/IEC 7498-1, *Information Technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model: The Basic Model*

ISO/IEC 8824-1:2002, *Information technology – Abstract Syntax Notation One (ASN.1): specification of basic notation*

ISO/IEC 9646-1:1994, *Information technology – Open Systems Interconnection – Conformance testing methodology and framework – Part 1: General concepts*

ISO/IEC 19501:2005, *Information technology – Open Distributed Processing – Unified Modeling Language (UML) Version 1.4.2*

UIC CODE 556, *Information transmission in the train (train-bus)*

3 Terms, definitions, abbreviated terms, acronyms, and conventions

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1.1**active train backbone node**

train backbone node receiving a sequence number during inauguration and forwarding user data packets between consist network and train backbone

3.1.2**application layer**

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

3.1.3**application layer interface**

definition of the services offered by the application layer

3.1.4**application process**

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

3.1.5**bridge**

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

3.1.6**broadcast**

nearly simultaneous transmission of the same information to several destinations. Broadcast in the TCN is not considered reliable, i.e. some destinations may receive the information and others not

3.1.7**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

3.1.8**closed train**

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

EXAMPLE Consists are coupled in a workshop to establish a closed train for operation.

3.1.9**communication devices**

devices connected to consist network or train backbone with the ability to transport, source or sink data

3.1.10**composition**

number and characteristics of the vehicles forming a train

3.1.11**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

3.1.12

consist

train set

rake of coaches

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

EXAMPLE The vehicles of a consist are steadily connected in a workshop, and automatic couplers are mounted at both ends of the consist to facilitate the coupling and de-coupling of complete consists in the workshop or during operation.

3.1.13

consist network

communication network interconnecting communication devices in one consist

NOTE Consist networks do not spread beyond consist boundaries.

3.1.14

consist network address

network address, which does not change after inauguration and which is used to address communication device in the own consist network

3.1.15

consist sequence number

sequence number of the consist in the train as obtained during train inauguration

3.1.16

consist switch

consist network node

network component used in consist network based on switched technology (ECN). See “switch” 3.1.58.

3.1.17

consumer

receiver of a message at the transport layer (see: “producer” 3.1.47)

3.1.18

destination device

receiver of a data packet (see: “source device” 3.1.55)

3.1.19

end device

unit connected to one consist network or to one set of consist networks prepared for redundancy reasons

3.1.20

end node

node which terminates the train backbone

3.1.21

function

application process which exchanges messages with another application process

3.1.22

gateway

connection between different communication technologies

3.1.23**group address**

address of a multicast group to which a device belongs

3.1.24**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

3.1.25**integrity**

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

3.1.26**intermediate node**

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

3.1.27**jumper cable**

cable connecting the trunk cables of two consecutive vehicles, possibly of a larger cross-section than the trunk cable, and which is plugged by hand in the case of the UIC-cable. There are generally two jumper cables between vehicles

3.1.28**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)

[IEC 61784-2]

3.1.29**local area network**

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

3.1.30**medium access control**

sublayer of the link layer, which controls the access to the medium (arbitration, mastership transfer, polling)

3.1.31**medium**

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

3.1.32**message**

data item transmitted in one or several packets

3.1.33**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.

3.1.34

multicast

transmission of the same message to a group of receivers, identified by their group address; the word "multicast" is used even if the group includes all receivers

3.1.35

multiple unit train

a train consisting of a set of closed trains, where the composition of the set may change during normal operation

3.1.36

network

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

3.1.37

network address

address which identifies a communication device on network layer

3.1.38

network device

components used to set up consist networks and train networks. These may be passive components like cables or connectors, active unmanaged components like repeaters, media converters or (unmanaged) switches, or managed active components like gateways, routers and (managed) switches.

3.1.39

network layer

layer in the OSI model responsible for routing between different busses

3.1.40

network management

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

3.1.41

node

device on the train backbone, which may act as a gateway between train backbone and consist network

3.1.42

octet

byte

8-bit word stored in memory or transmitted as a unit

3.1.43

open train

train composed of one or a set of consists, where the configuration may change during operation, as for instance locomotive hauled international UIC trains

3.1.44

operator

enterprise or organization which is operating trains

3.1.45

packet

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

3.1.46**passive train backbone node**

train backbone node which is in standby to an active train backbone node in a consist network

3.1.47**producer**

sender of a message at the transport layer (see: “consumer” 3.1.17)

3.1.48**publisher**

source of a dataset for broadcasting (see: “subscriber” 3.1.57)

3.1.49**receiver**

electronic device which may receive signals from the physical medium

3.1.50**repeater**

connection at the physical layer between bus segments, providing an extension of the bus beyond the limits permitted by passive means. 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

3.1.51**residual error rate**

probability of integrity breach (unrecognized wrong bit) per transmitted bit

3.1.52**ring topology**

active network where each node is connected in series to two other nodes

[IEC 61918]

NOTE Ring may also be referred to as loop.

3.1.53**router**

connection between two busses at the network layer, which forwards datagrams from one bus to another on the base of their network address

3.1.54**service**

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

3.1.55**source device**

sender of a data packet (see: “destination device” 3.1.18)

3.1.56**sporadic data**

transmission of data on a demand basis

3.1.57**subscriber**

one of the sinks of a broadcast dataset (see: “publisher” 3.1.48)

3.1.58
switch

MAC bridge as defined in IEEE 802.1D

3.1.59
topography

data structure describing the nodes attached to the train backbone, including their address, orientation, position and node descriptor

3.1.60
topology

possible cable interconnection and number of devices in a given network

3.1.61
topography counter

counter in a node which is incremented at each new inauguration

3.1.62
train

composition of one or a set of consists, which can be operated as an autonomous unit, e.g. containing drives and at least one driver's cab. Trains can be categorized into open trains (see 3.1.43), closed trains (see 3.1.8) and multiple unit trains (see 3.1.35).

3.1.63
train communication network

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

3.1.64
train backbone

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

3.1.65
train backbone node
node

device connected to the train backbone. A train backbone node can be used to connect end devices or consist networks to the train backbone. A train backbone node can be active (see 3.1.1) or passive (see 3.1.46).

3.1.66
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.

3.1.67
train network address

dynamic network address, which is used to address communication devices in other consist networks. This address can change after each inauguration.

3.1.68
train network management

services of the network management for TCN

3.1.69
transport layer

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

3.2 Abbreviations and acronyms

ANSI	American National Standard Institute, a standardisation body in the United States
ALG	Application Layer Gateway
BER	Bit Error Rate, the rate of bit errors in a data stream, mainly caused by noise (random bit errors), but also caused by memory defects in data storing devices (systematic bit errors).
BR	Bit Rate, the rate of data throughput on the medium expressed in bits per second (bit/s) or in hertz (Hz), whichever is appropriate
CAN	Controller Area Network
CN	Consist Network
CPS	Communication Protocol Stack
CRC	Cyclic Redundancy Check, a data integrity check based on polynomial division
DIN	Deutsches Institut für Normung, the German national standardisation body
ECN	Ethernet Consist Network
ED	End Device
EIA	Electronics Industries Association, a standardisation body in the United States
ETB	Ethernet Train Backbone
IEC	International Electrotechnical Commission, Geneva
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York
IETF	Internet Engineering Task Force
IP	Internet Protocols, as defined by the IETF
ISO	International Standard Organisation, Geneva
ITU	International Telecommunication Union, the international standardisation body for telecommunications based in Geneva
MAC	Medium Access Control, a sub-layer within the Link Layer ruling which device is entitled to send on the bus
MCG	Mobile Communication Gateway
MTU	Mobile Train Unit
MVB	Multifunction Vehicle Bus
ND	Network Device
OSI	Open System Interconnection, a universal communication model defined in ISO/IEC 7498-1
PCTR	Protocol Conformance Test Report, defined in ISO/IEC 9646-1
PICS	Protocol Implementation Conformance Statement, defined in ISO/IEC 9646-1
RFC	Request For Comments, Internet Standard published by the IETF
TB	Train Backbone
TBN	Train Backbone Node
TCN	Train Communication Network, a set of communicating vehicle and Train Backbones
UIC	International Union of Railways, the international railways operators association
URI	Uniform Resource Identifier, as defined by the IETF
UML	Unified Modeling Language, defined in ISO/IEC 19501.
WTB	Wire Train Bus

3.3 Conventions

3.3.1 Requirement conventions

Shall is used to describe requirements.

Should is used to describe recommendations.

May is used to describe acceptable features.

Could is used to describe possible ways.

3.3.2 Base of numeric values

This part of IEC 61375 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 8824-1) convention.

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

3.3.3 Naming conventions

If the keyword name is composed, the different parts of the name are united with a space.

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 are beginning with a capital letter.

EXAMPLE "NumberOfConsists"

Function names are written with a lower case letter at the beginning.

If the function name is composed, the different parts of the name are united without a space, and all parts except the first part are beginning with a capital letter.

EXAMPLE "indicateTopoChange"

3.3.4 State diagram conventions

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

4 Basic architecture

4.1 Contents of this clause

This clause specifies the hierarchical network architecture of the train communication network together with the main characteristics of its parts and the interfaces in between.

4.2 General

4.2.1 Technology classes

This part of IEC 61375 defines a set of network technologies which can be used, either solely or in combination, to set up the train communication network. These network technologies can be classified in two technology classes: either the bus technology class (WTB, MVB, CANopen) or the switched technology class (ETB, ECN). The bus technology class is characterized by

having multiple end devices connected to the same data transmission media, forming one broadcast and one collision domain. In the switched technology class is one end device connected to a switch, which is responsible to actively forward user data inside the network. A switched technology based network has the possibility to restrict broadcast and collision domains.

4.2.2 Component types

The TCN is set up by two types of communication devices: network devices (ND) and end devices (ED). Network devices are all those devices whose primary use is to transport and forward user data. Examples of network devices are passive components like cables and connectors or active components like repeaters, bridges, switches, routers or application layer gateways. End devices on the other hand provide typically the sources and sinks of user data. Examples of end devices are controllers, displays or sub-systems.

NOTE There might also be devices which provide both functions of network devices and functions of end devices, e.g. network devices providing diagnostic information or network topology information. These devices are sometimes called "hybrid" devices. The main determination of a device should define whether it is referred to as network device or end device.

4.3 Hierarchical structure

4.3.1 Network levels

This part of IEC 61375 defines the architecture of the TCN as a hierarchy of two network levels, a train backbone level and a consist network level, as shown in Figure 1.

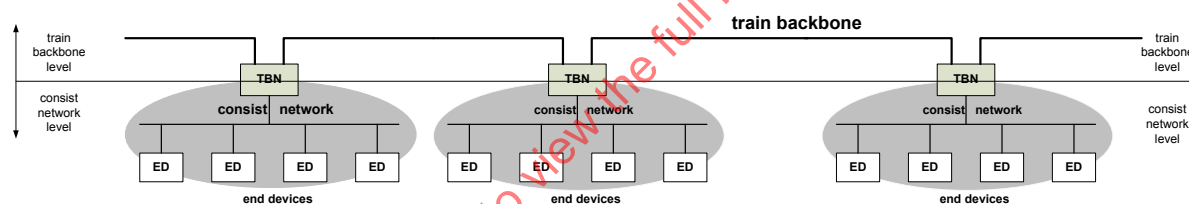


Figure 1 – Train backbone and consist network

The communication between consist networks shall be only possible over the train backbone.

NOTE This two level architecture has been selected for the following reasons:

- The communication network which is set-up by the consist network is a static, preconfigured network. In opposite to that is the communication network, which is set-up by the train backbone, a dynamic network, which changes its topology each time there is a change in the train composition. Communication between train backbone nodes may be interrupted if a reconfiguration of the train backbone happens. During times of unavailability of the train backbone communication the consist network communication shall not be affected.
- A break-down of a consist network shall not (e.g. due to power loss in the consist) compromise the communication between other consists of the same train.
- The train backbone cannot be loaded with all the data traffic in a train, therefore intra-consist data shall be kept local to the consist. Only data traffic directed to other consists shall be transported over the train backbone.

4.3.2 Train backbone level

On train backbone level, the train backbone interconnects the train backbone nodes (TBN) which are located in the consists constituting the train.

Each consist could have 0, 1 or more train backbone nodes.

A more detailed specification of the train backbone is given in Clause 5.

4.3.3 Consist network level

On consist network level, the consist networks interconnect end devices which are located in one consist. A consist may contain no, one or several consist networks as depicted in Figure 2 as an example of a consist with two consist networks.

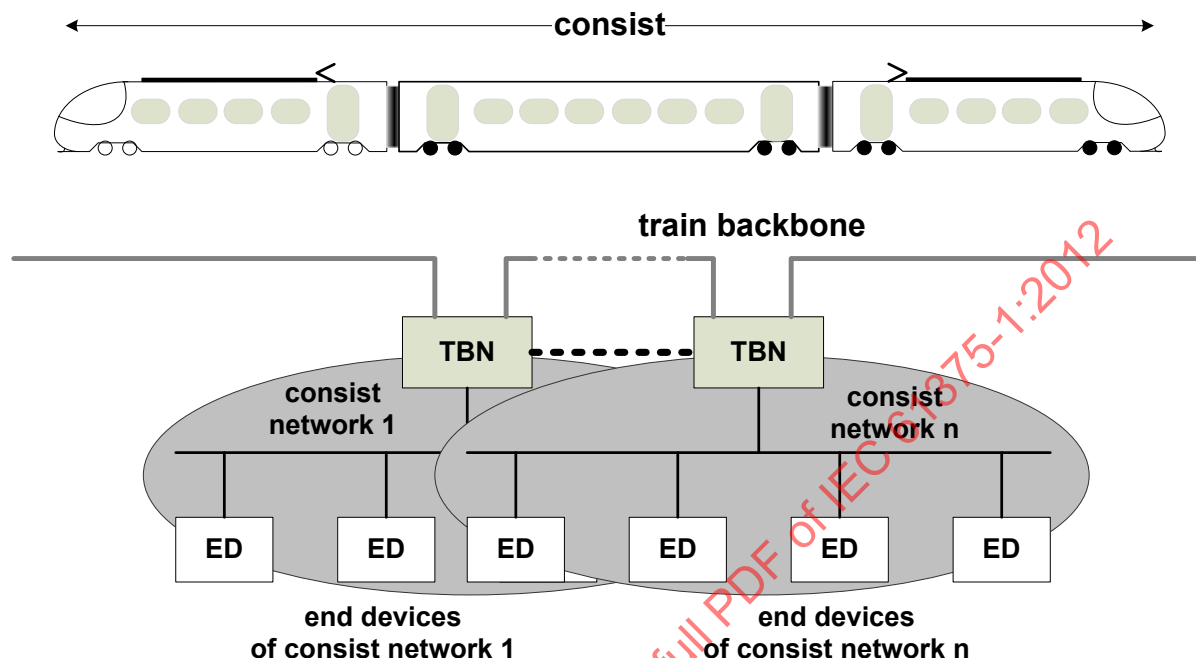


Figure 2 – Consist with two consist networks

A specific end device shall be connected to one consist network. A specific end device could be connected to a set of consist networks in case of consist network redundancy (see 4.3.4).

NOTE End Devices could connect to multiple consist networks via different interfaces on the device. One physical device can contain logically two or more end devices in it.

The consist networks in a consist shall be identified by a consecutive consist network number with start value = 1.

EXAMPLE The consist in Figure 2 contains two consist networks with number 1 and number 2.

If the consist belongs to a closed train, the consist networks in the closed train shall be identified by an consecutive closed train network number with start value = 1.

EXAMPLE In a closed train composed of two consists with each containing two consist networks are the consist networks numbered from 1 to 2 in each consist, and from 1 to 4 in the closed train.

A more detailed specification of the consist network is given in Clause 6.

4.3.4 Interface between train backbone and consist network

A consist network shall be connected to the train backbone via one or more train backbone node(s).

NOTE 1 Consist networks belonging to the same consist may be connected to the same train backbone node(s).

A train backbone node may be:

- active. in this case it shall forward user data packets between the consist network and the train backbone;

- passive. in this case it shall not forward user data packets between the consist network and the train backbone.

The connection between consist network and train backbone should be redundant. The following architectures for redundancy could be used:

- Consist network redundancy. Here the complete consist network is duplicated for redundancy. The train backbone node(s) of the redundant consist network(s) could be passive.
- Train backbone node redundancy. Here, the consist network and the train backbone are connected by at least two train backbone nodes, with at least one being active.

NOTE 2 Consist network redundancy can for instance be used for ladder type consist network topologies.

NOTE 3 Train backbone node redundancy with one active train backbone node is for instance used in UIC trains equipped with WTB.

NOTE 4 Multiple active train backbone nodes between consist network and train backbone can all be used for forwarding user data packets between consist network and train backbone (load balancing).

The train backbone node shall provide a gateway function which, as defined in 6.4, rules the user data packet transfer between the consist network and the train backbone.

4.3.5 End devices connected to train backbone

It should be possible to connect end devices directly to the train backbone via a train backbone node as it is depicted in Figure 3, showing an example of connecting two end devices and one consist network to the train backbone.

NOTE Addressing of end devices connected to the train backbone will differ from addressing end devices connected to the consist network, see 7.3.2.2.

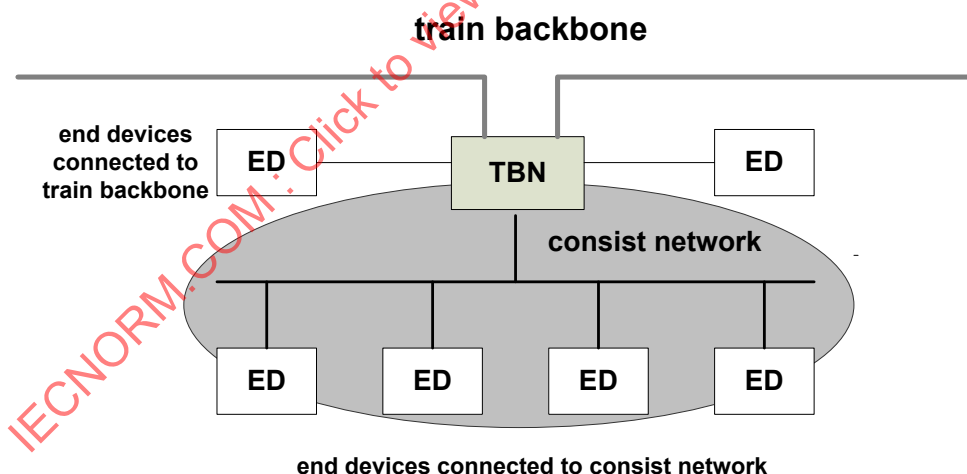


Figure 3 – End device connected to the train backbone (example)

4.4 Network configurations

Both train backbone and consist network may be implemented by one or a combination of the network technologies which are specified in this part of IEC 61375.

The network technologies defined in this part of IEC 61375 can be used in following configurations:

For train backbone:

- A train may use either WTB or ETB.

b) A train may use WTB and ETB in parallel.

EXAMPLE WTB is used for operational data and ETB for multimedia data.

c) A train may use multiple ETB in parallel.

EXAMPLE One ETB is used for operational data and another ETB for multimedia data.

d) Trains with static configuration (no operational connection or disconnections of train sets) may omit the train backbone.

NOTE Train Backbones of different technology (e.g. WTB and ETB) may be connected by the mean of a gateway.

For consist network:

- e) Any of the consist network technologies MVB, CAN or ECN may be used in a consist.
- f) A combination of consist network technologies MVB, CAN or ECN may be used in a consist, if explicitly supported by the involved technologies. In this case data exchange between the consist network technologies and between consist network and train backbone need to be specified.
- g) Simple consists need not have a consist network at all. End devices may be connected directly to the train backbone node, or the train backbone node implements functionalities of end devices.

4.5 Train to ground connection (option)

Train to ground connection from the onboard network to a ground network shall be provided by mobile communication gateways (MCG). A MCG shall provide at least two interfaces, one to the onboard network and one to the ground network.

Each consist should provide at least one MCG with a permanent or temporary, static or roaming connection to a ground consist gateway (GCG). There may however be simple consists without a MCG. The GCG shall provide a consist ground interface serving as the consist access point for the train to ground communication as illustrated in Figure 4. The consist ground interface shall abstract from the technology which is used for the GCG to MCG connection.

NOTE 1 A preferable solution is to provide a static address of the consist at the consist ground interface.

NOTE 2 The ground networks might be interconnected, e.g. by the public internet.

Besides providing communication access to the associated consist network, the MCG/GCG should also provide communication access to other consist networks in the train.

NOTE 3 Two use cases must be distinguished:

- a) Accessing a specific consist from ground without knowing in which train this consist is presently running.
- b) Accessing a known train from ground.

The MCG could be connected to the consist network or directly to a train backbone node.

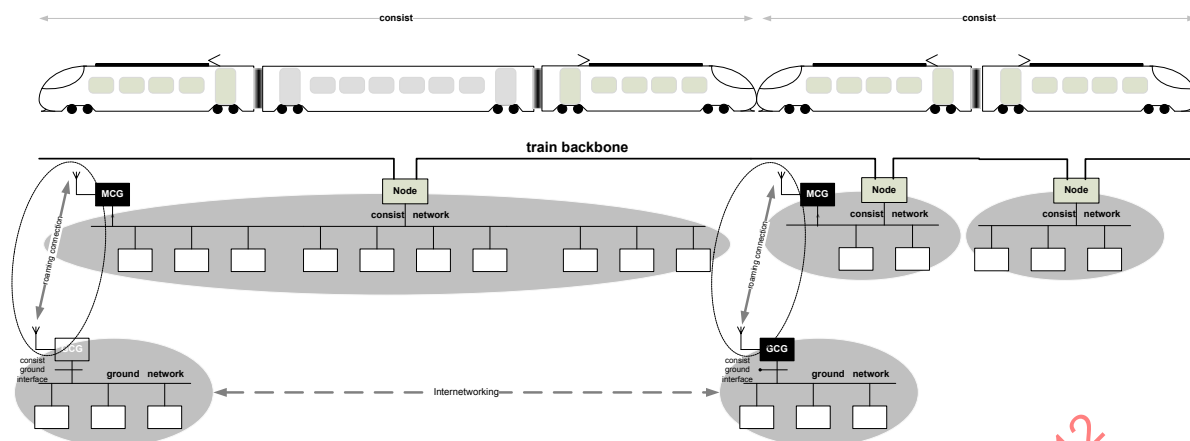


Figure 4 – Communication between train and ground (example)

EXAMPLE The consist shown on the right side in Figure 4 is composed of two consist networks, the second consist network without MCG. These consist networks shall be remotely accessible by at least the MCG connected to the first consist network of the same consist. Preferred is however a solution where all consists are accessible from either MCG.

5 Train backbone

5.1 Contents of this clause

This clause specifies the basic features a train backbone has to provide to ensure train wide communication in all types of trains. These features shall be common to all the train backbone technologies defined in this part of IEC 61375. As the train backbone interconnects the train backbone nodes in a train, which themselves belong to specific consists and vehicles in the train, it is first necessary to list possible train compositions (“topologies”) and to define directions and orientation on vehicle, consist, closed train and train level. Then the discovery of the actual train composition, called “train inauguration”, is described, and finally the services of train backbone operation are defined.

5.2 Train backbone topology

5.2.1 General

This part of IEC 61375 defines the data communication interface between consists as the connection of train backbone nodes, located in consists, to a train backbone, as shown in Figure 5.



Figure 5 – Interfaces between consists

NOTE 1 Train backbone nodes of different technology classes (WTB and ETB) cannot be connected to the same train backbone.

NOTE 2 It may be possible to connect two train backbones of different technology class by the mean of a gateway, see also 6.4.

5.2.2 Train backbone based on bus technology

When a bus technology is used, nodes shall be connected to a common data transmission medium, as shown in Figure 6, which establishes a common broadcast and a common collision domain.

In order to avoid collisions, a method shall be defined which controls bus access.

To support redundancy, the common data transmission medium should be doubled.

For supporting train inauguration, nodes shall be able to interrupt the bus and to receive transmitted data direction selective.

A mechanism shall be provided which prevents that a powerless or not operating node interrupts the bus unintended.

NOTE A bypass relay can be used to bridge a node if the node is powerless or not operating.

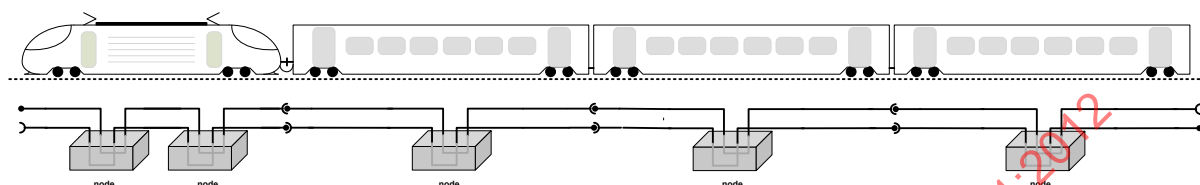


Figure 6 – Train backbone bus topology

5.2.3 Train backbone based on switched technology

When a switched technology is used, nodes shall provide a data transmission medium to each of their direct neighbour nodes, if present, as shown in Figure 7.

To support redundancy, the data transmission medium should be doubled.

A mechanism shall be provided which prevents that a powerless or not operating node interrupts the bus unintended.

NOTE A bypass relay can be used to bridge a node if the node is powerless or not operating.

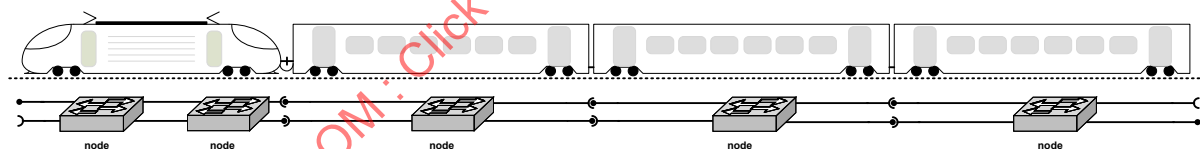


Figure 7 – Train backbone switched topology

5.3 Train compositions

The number and type of connected consists in a train can vary during operation, especially for the train operations listed in Table 1.

Table 1 – Train composition changes

Train operation	Description
Train lengthening	One or many consists are connected at one train end. A special case of lengthening is the coupling of two trains.
Train shortening	One or many consists are removed from the train at one train end. A special case of shortening is splitting one train into two trains
Insertion	An insertion takes place when a train backbone node, in the middle of the train, becomes activated later than its own neighbour nodes

5.4 Train backbone node numbering

All active train backbone nodes in a train shall be assigned a unique sequence number during train inauguration (see 5.6).

NOTE These sequence numbers may change after each train inauguration.

EXAMPLE WTB assigns numbers from 1..63 to WTB nodes, with WTB master node always having sequence number 1, WTB nodes on top of the WTB master node having numbers 63..33 and WTB nodes behind the WTB master node having numbers from 2 to 31.

5.5 Train directions

5.5.1 Vehicle

Directions and orientations of a vehicle are defined as follows:

- One end of the vehicle is identified as Extremity 1, the other as Extremity 2.
- Reference Direction_1 of a vehicle is directed towards Extremity 1, and Direction_2 is directed towards Extremity 2.
- If Direction_1 points north, the side of the vehicle that points west is named side A, the side which points east is named side B.
- A train backbone node uses the same conventions for A and B as the vehicle it is located in.

NOTE 1 The assignment of vehicle directions and orientations is static.

NOTE 2 Directions and orientations in a vehicle are shown in Figure 8.

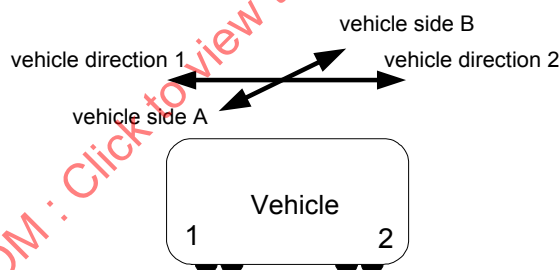


Figure 8 – Directions and orientation in a vehicle

5.5.2 Consist

Directions and orientations of a consist are defined as follows:

- One end of the consist is identified as Extremity 1, the other as Extremity 2.
- Reference Direction_1 of a consist is directed towards Extremity 1, and Direction_2 is directed towards Extremity 2.
- If Direction_1 points north, the side of the consist that points west is named side A, the side which points east is named side B.

The directions of a vehicle inside a consist may be identical to the directions of the consist or opposite. In the latter case this vehicle is described as having “inverse” orientation with respect to the consist.

Vehicles in a consist shall be consecutively numbered with the first vehicle in direction 1 being vehicle number 1.

A single vehicle consist shall have identical directions as the vehicle it is composed of.

EXAMPLE Directions and orientations in a 5 vehicle consist can be as shown in Figure 9.

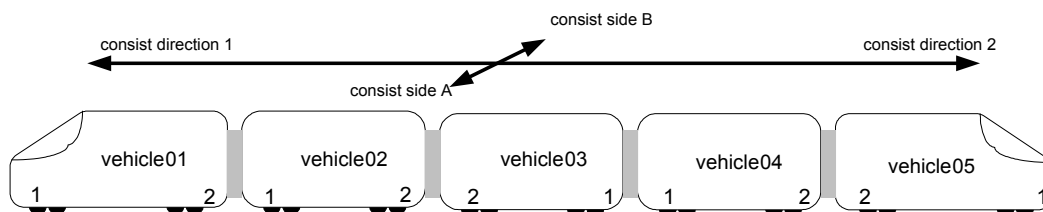


Figure 9 – Directions and orientations in a consist

NOTE As can be seen from Figure 9, the vehicles in a consist might not have the same orientation as the consist itself.

5.5.3 Closed train

Directions and orientations of a closed train are defined as follows:

- One end of the closed train is identified as Extremity 1, the other as Extremity 2.
- Reference Direction_1 of a closed train is directed towards Extremity 1, and Direction_2 is directed towards Extremity 2.
- If Direction_1 points north, the side of the closed train that points west is named side A, the side which points east is named side B.

The directions of a Consist inside a closed train may be identical to the directions of the closed train or opposite. In the latter case this consist is described as having “inverse” orientation with respect to the closed train.

Consists in a closed train shall be consecutively numbered with the first consist in direction 1 being consist number 1.

EXAMPLE Directions and orientations in a closed train with 2 consists can be as shown in Figure 10.

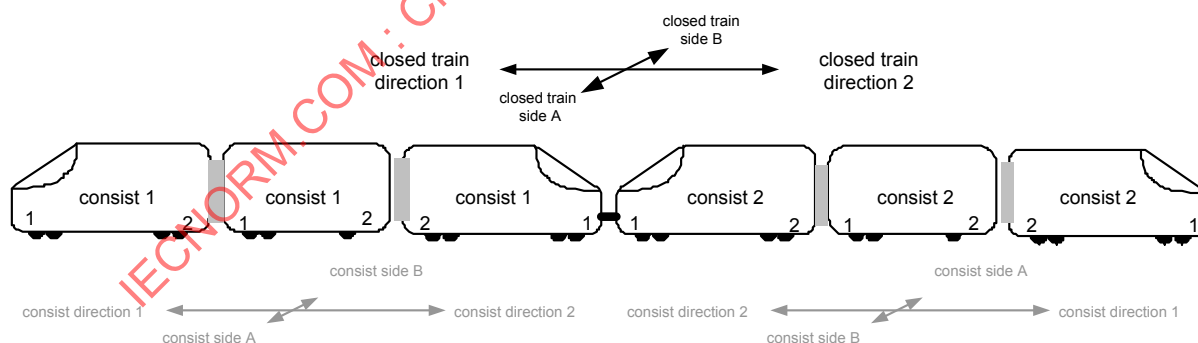


Figure 10 – Directions and orientations in a closed train

NOTE As can be seen from Figure 10, the consists in a closed train might not have the same orientation as the closed train itself.

5.5.4 Train

5.5.4.1 General

Trains can be dynamically composed; therefore the directions and orientations in a train may also change dynamically. There are basically two levels of directions and orientations defined:

- direction and orientation on communication network level (“TCN directions”)

- one or more directions and orientations on application level (“application directions”)

TCN directions and applications directions can change independently from each other.

5.5.4.2 TCN directions

TCN directions and orientations of a train are defined as follows:

- One end of the train is identified as Extremity 1, the other as Extremity 2.
- Reference Direction_1 of a train is directed towards Extremity 1, and Direction_2 is directed towards Extremity 2.
- If Direction_1 points north, the side of the train that points west is named side A, the side which points east is named side B;

Which of the ends of a train is assigned Extremity 1 is defined by the train backbone technology.

EXAMPLE 1 For WTB, the TCN directions depend on the node position of the train backbone bus master.

EXAMPLE 2 Directions and orientations in a train can be as shown in Figure 11.

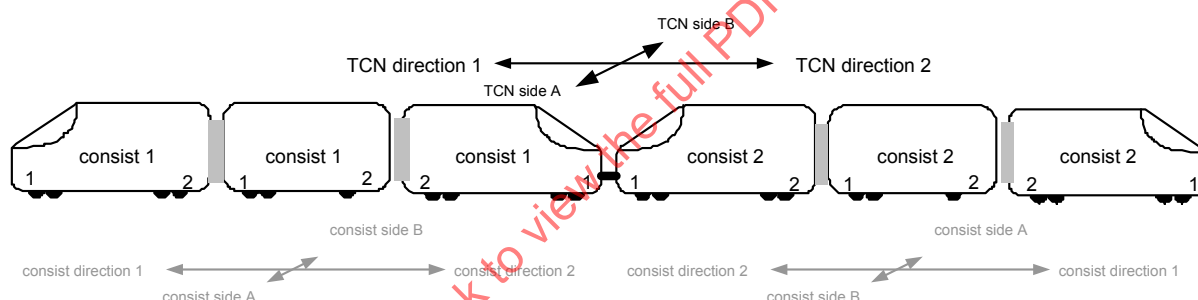


Figure 11 – Directions and orientations in train (TCN directions)

The direction/orientation of a consist inside a train may be identical to the direction/orientation of the train or opposite. In the latter case this consist is described as having “inverse” orientation with respect to the train.

EXAMPLE 3 Directions and orientations in a 2 consist open train can be as shown in Figure 11. Note that consist 2 direction is “inverse” with respect to the train orientation.

The direction/orientation of a closed train inside a multiple unit train may be identical to the direction/orientation of the multiple unit train or opposite. In the latter case this closed train is described as having “inverse” orientation with respect to the multiple unit train.

Consists in a train are consecutively numbered with the first consist in TCN direction 1 being the consist number 1.

Closed trains in a multiple unit train are consecutively numbered with the first closed train in TCN direction 1 being the closed train number 1.

5.5.4.3 Application directions

Application directions shall be defined in the communication and application profiles of TCN.

NOTE The communication and application profiles are defined in other parts of the IEC 61375 series.

EXAMPLE For UIC, the train directions are specified in UIC 556 and depend on the position of the leading vehicle.

5.6 Train inauguration

5.6.1 Objectives

The train inauguration procedure shall determine the present sequence of all active train backbone nodes in a train and shall determine the present orientation of the consist, where a node is located in, with respect to the train orientation. This is referred to as the train topology.

The train inauguration protocol is executed in all active train backbone nodes. This protocol depends on the technology of the train backbone, e.g. WTB or ETB.

5.6.2 Train network directory

Each active train backbone node executing the train inauguration procedure shall prepare a train network directory which shall contain all the data about the actual train backbone topology and which should also contain user defined data which describe the properties and functions of the individual consists. The train network directory should be made available to all devices (network devices and end devices) interested.

As the content of the train network directory depends on the train backbone technology and on the related communication profile, this subclause specifies only the basic content of the train network directory.

The train network directory should be structured:

- one common part for train parameters
- a part for each consist network with closed train, consist and consist network specific parameters (“consist network directory”)
- a part for each vehicle with vehicle specific parameters (“vehicle directory”)
- optional: a part for each end device with device specific parameters (“device directory”)

EXAMPLE An example of a train network directory structure is given in Figure 12.

NOTE 1 A train network directory should also be prepared if the TBN is the only TBN connected to the train backbone. This means practically that there is a train with one consist.

The train network directory shall be versioned:

- a static version number for the train network directory data structure. This version number is referred to as “train network directory version”
- a dynamic version number which shall change each time there is a change in the content of the train network directory. This version number is referred to as “TopoCount”.

NOTE 2 It can be more optimal to provide two dynamic information versions, one which indicates topology changes and one which indicates only parameter changes without topology changes, because the latter case does typically not have impact on the train wide addressing.

A changed TopoCount shall not equal a previously assigned TopoCount unless it can be ensured that this previous TopoCount is no more used by any communication device.

In order to prevent that a receiver of train data refers to another version of the train network directory than the sender of the train data, one of the two following measures shall be implemented:

- a) Communication devices which are using a wrong TopoCount while trying to send data train wide shall not be granted access to the train backbone.
- b) Communication devices providing the data source shall inform the receiving communication devices about the train network directory version and the TopoCount which was used for the preparation for the data.

NOTE 3 For the WTB, this version information is referred to as “topo_count”.

EXAMPLE The train network directory could contain the parameters which are marked with recommended (R) or optional (O) in Table 2 to Table 5.

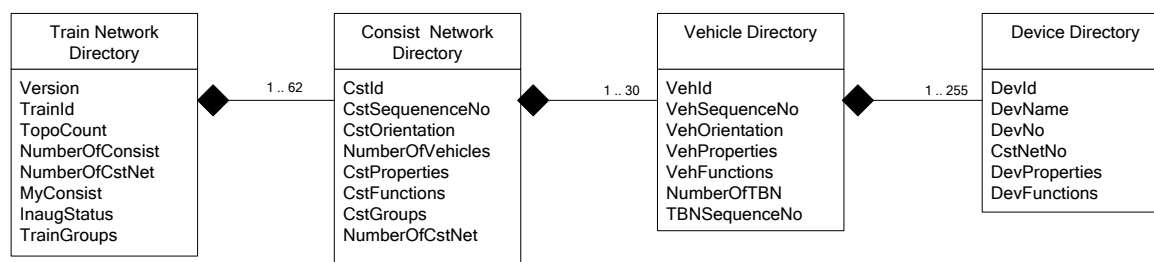


Figure 12 – Structure of train network directory (example)

Table 2 – Train network specific parameters (example)

Parameter	Recommended (R) Optional (O)	Description
Version	R	Version of the train network directory data structure
TrainId	O	Unique identifier of the train
TopoCount	R	Dynamic version of the train network directory content. Value changes with each new inauguration
NumberOfConsist	R	Number of consists in the train
NumberOfCstNet	R	Number of consist networks in the train
MyConsist	R	Consist sequence number of the local consist in the train as defined in 5.5.4.
InaugStatus	R	Inauguration status: INVALID UNCONFIRMED CONFIRMED
TrainGroups	O	List of train groups, see 7.3.2.3

Table 3 – Consist network specific parameters (example)

Parameter	Recommended (R) Optional (O)	Description
CstId	O	Unique consist identifier
CstSequenceNo	R	Consist sequence number in the train as defined in 5.5.4.
CstOrientation	R	Consist orientation with respect to the train orientation as defined in 5.5.4.
NumberOfVehicles	R	Number of vehicles in the consist
CstProperties	O	Consist properties, e.g. owner, operator, list of equipment, leading consist
CstFunctions	O	List of functions provided by the consist
CstGroups	O	List of consist groups, see 7.3.2.3
NumberOfCstNet	R	Overall number of consist networks in this consist

Table 4 – Vehicle specific parameters (example)

Parameter	Recommended (R) Optional (O)	Description
VehId	R	Unique vehicle identifier
VehSequenceNo	R	Vehicle sequence number in the consist (acc. to Figure 9)
VehOrientation	R	Vehicle orientation with respect to the consist orientation (acc. to Figure 9)
VehProperties	O	Static and dynamic vehicle properties
VehFunctions	O	List of functions provided by the vehicle
NumberOfTBN	R	Total number of train backbone nodes in this vehicle
TBNSequenceNo	R	Number of the train backbone node in this vehicle

Table 5 – Device specific parameters (example)

Parameter	Recommended (R) Optional (O)	Description
DevId	O	Unique device identifier
DevName	O	Name of the device
DevNo	O	Device number. Shall be unique in the consist network.
CstNetNo	O	Sequence number of the consist network where this device is connected to (see 4.3.3)
DevProperties	O	Static and dynamic device properties
DevFunctions	O	List of functions provided by the device

5.6.3 Inauguration control

5.6.3.1 Execution of the train inauguration

A train inauguration shall be automatically executed in the following cases:

- initial start-up of nodes
- train shortening (removing nodes from one end)
- train lengthening (appending nodes at one end)
- intermediate node insertion

5.6.3.2 Inauguration enforce

It should be possible for a user to enforce a new train inauguration.

NOTE Enforcing a new inauguration may be required if an entry in the own consist network directory or vehicle directory has been changed. Furthermore it may be needed for testing purposes.

5.6.3.3 Inauguration inhibit

It shall be possible to inhibit a train inauguration on user request, unless a train inauguration is unavoidable to save the train backbone from an integrity loss.

NOTE 1 Inauguration inhibit means to preserve sequence and orientation information obtained from the last train inauguration

NOTE 2 The possibility to inhibit train inauguration shall protect against temporally losing train backbone communication caused by new train inaugurations during critical operational phases like the coupling of two trains.

NOTE 3 An integrity loss of the WTB will happen for instance if an end node is gone. In that case a new train inauguration is unavoidable in order to re-terminate the bus physically.

5.6.3.4 User data communication

User data communication over the train backbone shall be stopped while the train inauguration is in progress. Train inauguration is finished after all active train backbone nodes have a valid and identical copy of the train network directory (see 5.6.2).

NOTE This prevents that user data are directed to the wrong destination.

5.6.3.5 Inauguration confirmation

The train inauguration process should provide a function which allows an application process to confirm the train backbone topology. The inauguration status (InaugStatus) of the train network directory shall then be set to “confirmed”.

Once confirmed, any changes to the train network directory with respect to the sequence and orientation of consists shall invalidate the train network directory by setting the inauguration status (InaugStatus) back to “unconfirmed”.

EXAMPLE UIC CODE 556 defines the number, orientation and sequence of vehicles as being subject of confirmation.

5.6.3.6 Inauguration correction

The train inauguration process should provide a function which allows an application process to correct a train backbone topology by inserting consists which have no active train backbone nodes. This results also in the generation of a corrected train network directory. The rules which define the correction procedure shall be defined in the application specific communication profile.

An inauguration correction shall always be followed by an inauguration confirmation; otherwise the correction shall be refused.

Corrections made by an application process should be preserved in case of new inaugurations.

If corrections cannot be preserved after a new inauguration, the inauguration status (InaugStatus) of the train network directory shall be set to “unconfirmed”.

EXAMPLE UIC CODE 556 allows the insertion of vehicles in the topology for the case that there are consists without active train backbone node. Upon new inaugurations the inserted consists are kept as long as this does not lead to conflicts.

5.6.4 Node states

5.6.4.1 Overview

The train inauguration protocol shall be implemented by a state machine (Figure 13), which performs the train inauguration and maintains the train network directory.

A minimum set of input signals shall be:

enforceInaug:	request a new train inauguration
inhibitInaug:	inhibit a train inauguration

Optional input signals are:

correctInaug:	correct the inauguration result
confirmInaug:	confirm the inauguration result

A minimum set of output signals shall be:

startUserDataEx:	start the transfer of user data between train backbone and consist network
stopUserDataEx:	stop the transfer of user data between train backbone and consist network
indicateTopoChange	indicate a change in topology if train inauguration is inhibit

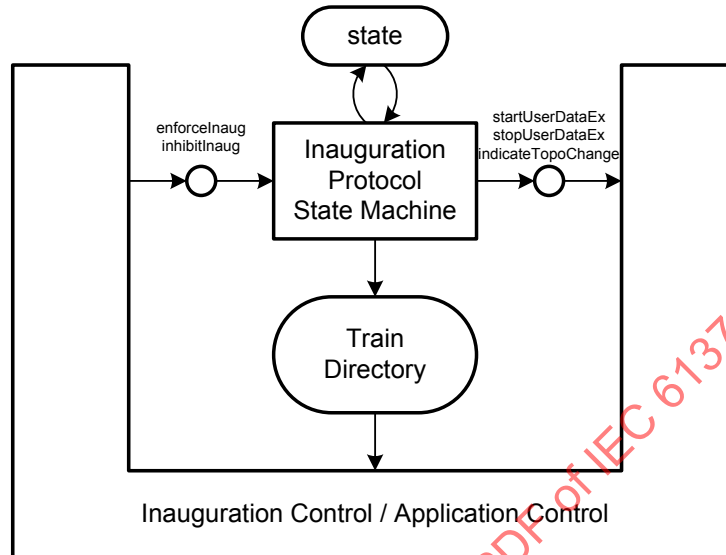


Figure 13 – Train inauguration block diagram

An active train backbone node shall be in one of the major node states¹ UNNAMED, NAMING and NAMED as depicted in Figure 14.

¹ These are only the top level states. Depending on the Train Backbone technology used, there are a lot more sub-states.

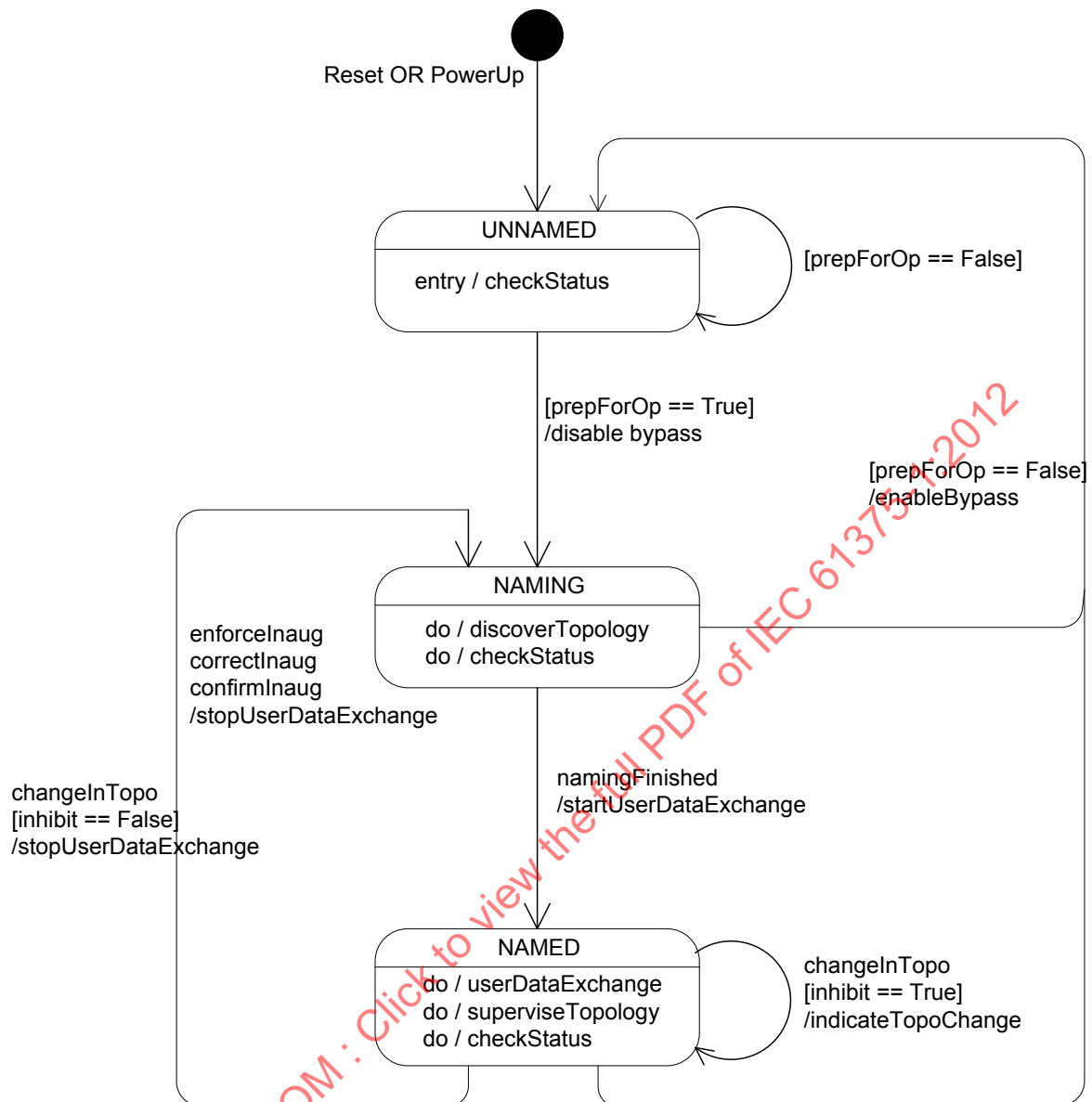


Figure 14 – Train inauguration state chart

5.6.4.2 State UNNAMED

This state is entered after power-up or reset. Node bypass is enabled. The node checks if it is able to launch train inauguration ("checkStatus"). If positive ("prepForOp == TRUE), the node will disable node bypass and change to state NAMING.

5.6.4.3 State NAMING

In this state the node is running the inauguration protocol as it is defined for the used train backbone. The inauguration is finished after the node has computed a valid train network directory. Thereafter the node changes to state NAMED and enables user data exchange over the train backbone. If the node detects an unrecoverable failure it shall return to state UNNAMED.

5.6.4.4 State NAMED

In this state user data are transferred over the train backbone. In parallel, the node checks for changes in the train backbone topology. If it is an end node, inauguration is "inhibit" and a train

lengthening is detected, it remains in the state NAMED, but indicates a train lengthening. In all other cases of topology change, and also when inauguration is enforced, it disables user data exchange over the train backbone, starts the inauguration protocol and changes to state NAMING.

5.6.5 Node roles

After inauguration is an active train backbone node in one of the following node roles:

- intermediate node, if it has neighbor nodes in both directions
- end node, if it has a neighbor node in only one directions
- single node, if it has no neighbor nodes

End nodes and single nodes shall not pass user data towards the open end.

NOTE It must be avoided that nodes in end node or single node role send user data unintended to nodes which are coupled.

5.6.6 Performance

An important performance parameter for the train inauguration is the time T_{inaug} , specified by the maximal permitted time span between the occurrence of a change in the sequence or orientation of train backbone nodes and the completion of the train inauguration, supposing train inauguration is not inhibited. The completion of train inauguration is accomplished with the availability of an updated train network directory and a new TopoCount value in all train backbone nodes.

Suitable values for T_{inaug} shall be defined in the communication and application profiles of TCN.

EXAMPLE UIC CODE 556 defines a value of $T_{\text{inaug}} = 1,4 \text{ s}$

6 Consist network

6.1 Contents of this clause

This clause specifies the basic features the consist network has to provide to ensure train wide communication in all types of trains. These features shall be common to all consist network technologies covered by this part of IEC 61375. As consist networks are used in different configurations, at first these configurations are listed. Subsequently the orientation on vehicle level is defined. The train wide communication between devices that are connected on consist network and which may use different communication techniques is enabled via gateway devices. The services to be provided by such gateway devices are described in this clause as well.

6.2 Scope of standardization

The standard parts related to the consist network technologies MVB, CANopen and ECN shall define at least for each of the consist network technologies (see Figure 15):

- The data communication interface (OSI Layers 1 until 7) of end devices connected to the consist network, as implemented by a communication protocol stack residing on the end device.
- The functions and services provided by the consist network to end devices.
- The gateway function for data transfer between train backbone and consist network. This gateway could be implemented as an application layer gateway (see 6.4.3) or as a router (see 6.4.4).
- The performances of the consist network.

The data communication interface between the consist network and the train backbone and the functions provided to the train backbone shall be subject of the standard parts relevant for the train backbone technologies WTB and ETB.

NOTE 1 The data communication interface between ED/CN comprises all the interface specifications and interface protocols from OSI Layer 1 (Physical Layer) until OSI layer 7 (application layer) if available. The standard does not prescribe how those specifications and protocols are implemented in the ED and the TBN, and hence does not require the specification of application programming interfaces for the communication protocol stacks (CPS) residing in the ED or the TBN. Nevertheless might it be helpful to provide a standardized application programming interfaces.

NOTE 2 It is not mandatory to specify the topology, the network components and the inner functions of the consist network.

NOTE 3 Performance parameters are for instance:

- latency of data transmission
- jitter of data transmission
- recovery time after a single network failure
- availability

NOTE 4 Functions and services are for instance:

- service for automatic address assignment to end devices
- service for network management

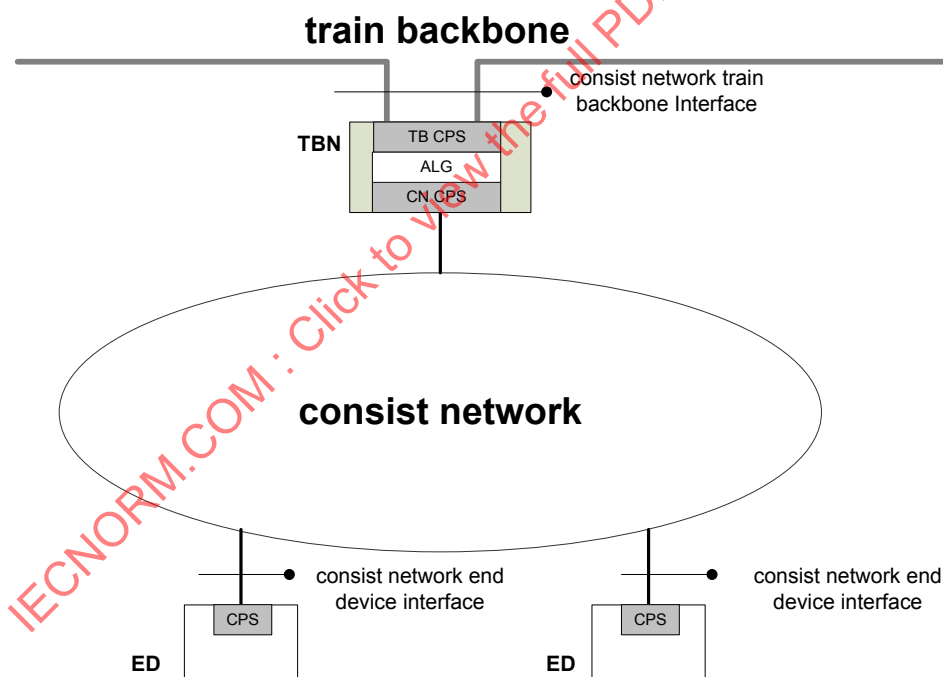


Figure 15 – Consist network standard interfaces

6.3 Consist network topology

6.3.1 Consist network based on bus technology (MVB, CANopen)

When a bus technology is used, communication devices are connected to a common data transmission medium which establishes a common broadcast and a common collision domain as shown in Figure 16.

In order to avoid collisions, a method has to be defined which controls bus access.

EXAMPLE The MVB controls bus access with a bus master.

To enhance availability, the common data transmission medium could be doubled.

The communication between consist network and train backbone shall be realized by a gateway. This gateway shall be implemented as part of the train backbone node.

The gateway should be redundant.

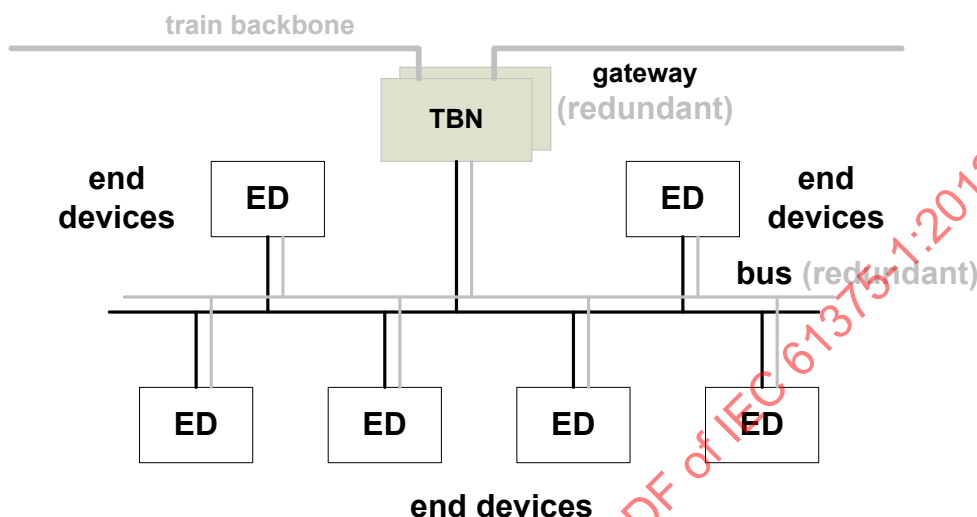


Figure 16 – Consist network (bus technology)

6.3.2 Consist network based on switched technology

In a switched technology end devices are interconnected by consist switch network devices as shown in Figure 17. Consist switches are devices with multiple ports (minimal two ports) and are responsible to forward data frames received on one port to either all (broadcast) or to selected ports. The switched network consists completely of point-to-point communication media, either between end devices and switches or between switches themselves.

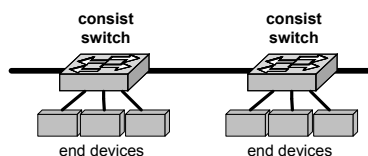


Figure 17 – Consist switches

In order to be used as part of the train communication network, the following general requirements are defined:

The communication media between any two communication devices should be full-duplex (separate media for receiving and sending). Half-duplex communication media (one media for receiving and sending) may be implemented as an option.

In order to manage collisions on half-duplex links, a method shall be defined which controls half-duplex media access.

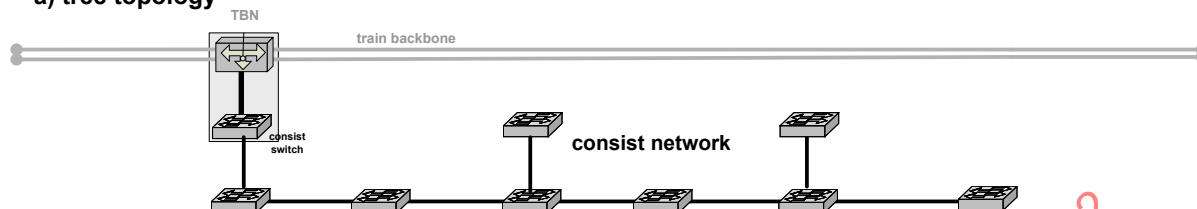
To implement different levels of redundancy, the topology could be of any type (Figure 18):

- a) linear;
- b) ring;

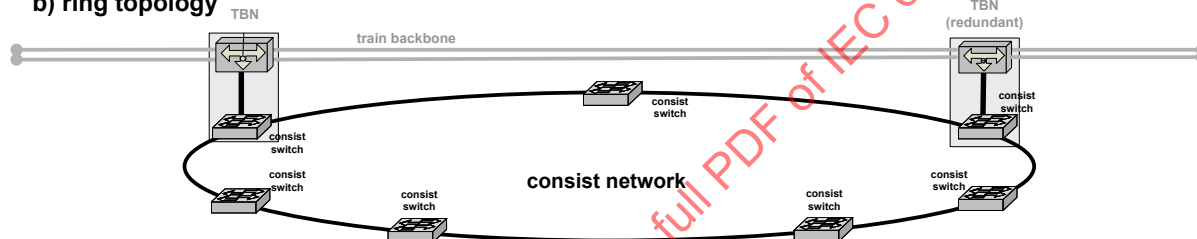
c) ladder.

In physical switched network topologies which are different to a linear topology, a protocol shall establish a logical tree topology prior to any user data communication in order to prevent broadcast storms caused by loops.

a) tree topology



b) ring topology



c) ladder topology

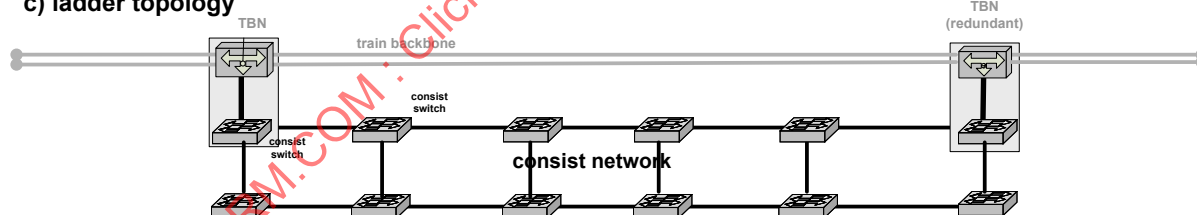


Figure 18 – Examples of consist network topologies (switched technology)

NOTE It is a design choice whether to combine a TBN and a Consist Switch in one device as sketched in Figure 18 or to keep it as separate devices.

For end device link redundancy, an end device may be connected to two different consist switches by two independent communication links (Figure 19).

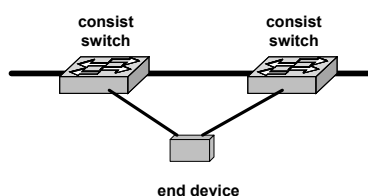


Figure 19 – End device connected to two consist switches

The connection between consist network and train backbone shall be realized by a gateway connected to a consist switch. This gateway should be implemented as part of the train backbone node.

6.3.3 Sub-networks

A consist network may be sub-structured into different sub-networks as for example depicted in Figure 20.

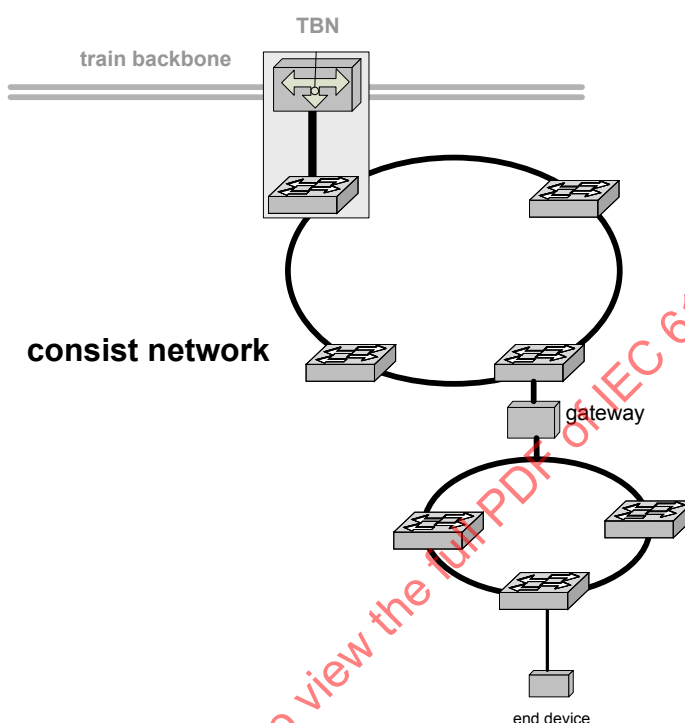


Figure 20 – Sub-networks in a consist network

6.3.4 Heterogeneous consist network

The consist network may also be composed of a combination of different technologies. For instance, a consist network may be implemented by means of several busses, connected to the train backbone via the gateway device. An example of such a consist network architecture is provided in Figure 21.

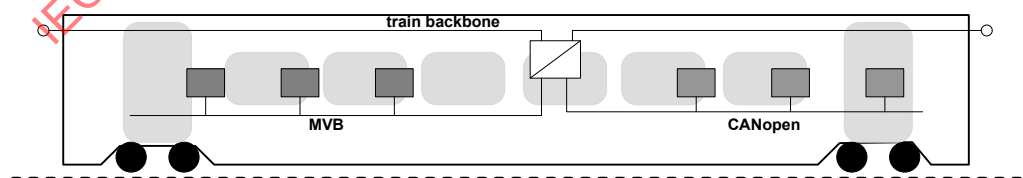


Figure 21 – Implementation example for two vehicle busses

6.4 Gateway

6.4.1 General

Gateways enable the communication flow in a train communication network between a train backbone and the consist network. This subclause provides a functional description of such gateway devices. In addition the service primitives for these gateways are defined.

6.4.2 Functional description

Train communication network architectures according to this part of IEC 61375 may use different communication technologies on the consist network level as well as on the train backbone level. An example of such heterogeneous train control network architecture is illustrated in Figure 22.

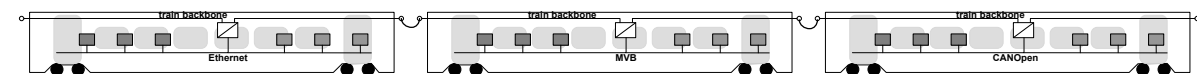


Figure 22 – Example of heterogeneous train control network architecture

Gateway devices are utilized to realize a proper train wide communication. These gateway devices provide a communication interface to the consist network as well as to the train backbone. Dependent on the used technologies for the train backbone and the consist network, those gateways may be implemented as either:

- a) Application layer gateways operating on OSI layer 7.
- b) Router devices operating on OSI layer 3.

NOTE It is highly recommended to use a homogeneous communication train backbone technology for train wide communication like WTB or ETB or both, in order to avoid gateways between train parts using different train backbone technologies, like one part with WTB and another part with ETB only.

6.4.3 Application layer gateway

6.4.3.1 General

Application layer gateways translate the services of one application layer into those of another application layer.

Bidirectional gateways enable the access from both sides of the gateway to the network on the related other side of the gateway. In particular, a bidirectional gateway between a consist network and a train backbone enables access from the train backbone level to the consist network and vice versa.

6.4.3.2 Service primitives for gateway devices

In order to interpret between the train backbone and the consist network, a gateway supports different service primitives. Service primitives are the means by which the gateway application and the network application layer interact. A bidirectional gateway between a consist network and a train backbone provides the following basic services at each communication interface:

- Request:
a request is issued by the gateway application to the network application layer to request a service.
- Indication:
an indication is issued by the network application layer to the gateway application to report an internal event detected by the network application layer or indicate that a service is requested.
- Response:
a response is issued by the gateway application to the network application layer to respond to a previously received indication.
- Confirmation:
a confirmation is issued by the network application layer to the gateway application to report the result of a previously issued request.

A service type defines the primitives that are exchanged between the network application layer and the gateway application for a particular service. A gateway between train backbone and consist network may support the following services:

- Local service: a local service involves only the local service element. The gateway application issues a request to its local service element that executes the requested service without communicating with peer service elements. A local service is illustrated in Figure 23.



Figure 23 – Local service

NOTE An example for a local service is the cyclic process data exchange between train backbone and consist network as implemented between MVB and WTB.

- Unconfirmed service: an unconfirmed service involves one or more peer service elements. The gateway application or the application of the network device issues a request to its local service element. This request is transferred to the peer service element that each passes it to its (their) application as an indication. An unconfirmed service is illustrated in Figure 24.

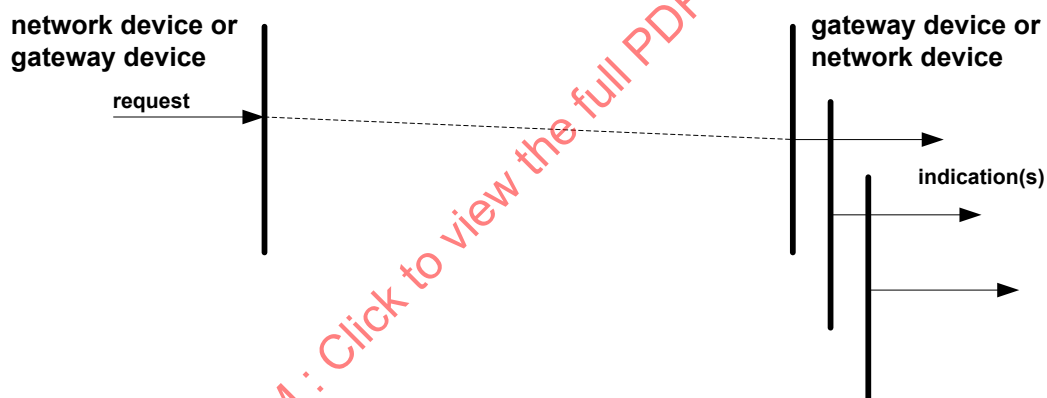


Figure 24 – Unconfirmed service

- Confirmed service: a confirmed service involves only one peer service element. The network device application or the gateway application issues a request to its local service element. This request is transferred to the peer service element that passes it to the network device application respectively to the gateway application as an indication. The network device application or the gateway applications issues a response that is transferred to the originating service object that passes it as a confirmation to the requesting service. This event is then indicated to the gateway application respectively to the network device application. The confirmed service is illustrated in Figure 25.

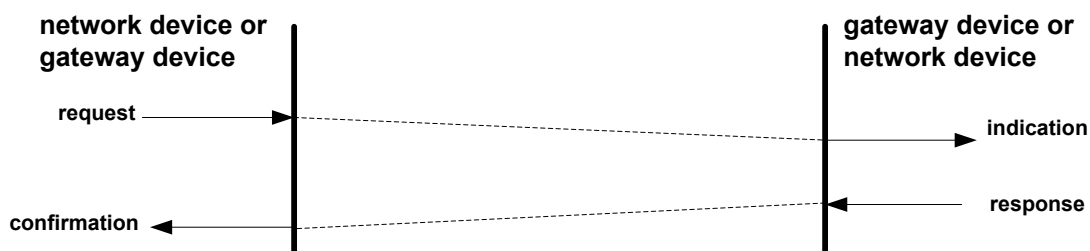


Figure 25 – Confirmed service

- Provider initiated service: a provider initiated service involves only the local service element. The service object (being the service provider) detects an event not solicited by a requested service. This event is then indicated to the gateway application. The provider initiated service is illustrated in Figure 26



Figure 26 – Provider initiated services

6.4.4 Gateway implemented by a router

Routers interconnect the train backbone and the consist network on OSI Layer 3. At least two routers are involved in the communication:

- Source router. This is the router in the train backbone node which belongs to the consist network of the source end device.
- Destination router. This is the router in the train backbone node which belongs to the consist network of the destination end device.

For routing user data packets from the consist network to the train backbone and vice versa, train network addresses as specified in 7.3.2.2 shall be used for destination addressing. If a valid train network destination address is used, the source router shall forward the user data packet to the destination router(s) and the destination router(s) shall forward the user data packet to the destination(s).

NOTE More than one destination router could be involved in case of point-to-multipoint communication (see 7.2).

EXAMPLE Message data exchange between WTB and MVB is performed by a router.

7 On-board data communication

7.1 General

This clause defines the general principles for the communication between applications in a train.

7.2 Communication patterns

7.2.1 Purpose

Communication patterns constitute the policy of data exchange between applications which exchange data over the TCN.

7.2.2 Definitions

Each data exchange between applications is provided by

- a data **sink**, which is an application instance consuming user data.
- a data **source**, which is an application instance producing user data.

The following data sending characteristics are considered:

- **Cyclic** sending: data is exchanged cyclically, e.g. every 0,1 s.

- **Sporadic** sending: data is exchanged when needed, e.g. an Event or Command.

Both data source and data sink can be initiator of a data exchange. Data exchange patterns initiated by a data source are called push patterns, data exchange patterns initiated by a data sink are called pull patterns.

The data exchange partners of an initiator can be at the time of sending:

- **Known** sources or sinks, in which case it can be single point or multi-point
- **Unknown** sources or sinks, in which case its **Range** is known and can be:
 - local sources or sinks,
 - remote sources or sinks, accessible through network, which can be:
 - in a vehicle
 - in a consist
 - in a closed train
 - in a train

EXAMPLE An unknown range of data sinks can for instance be all door controllers in a remote consist or all passenger displays in a specific vehicle. In that case the data source needs not know how many data sinks are available. Ranges of data sinks or data sources are typically implemented by defining groups.

7.2.3 Push pattern

7.2.3.1 General

In this pattern, the source provides the sink with the information when available.

7.2.3.2 Point to point

This pattern defines communication between one source and one sink as shown in Figure 27.

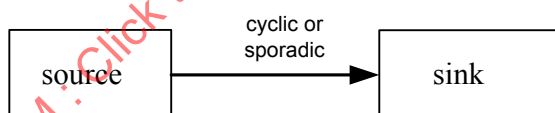


Figure 27 – Point to point communication pattern (push)

Push – Point to Point	
Data sending	Cyclic or sporadic.
Destination	1 case only: source knows sink.
Acknowledgement	3 cases: – cyclic without acknowledge, – sporadic with acknowledge – sporadic without acknowledge

EXAMPLE Command sent to a known door controller, with or without acknowledgement.

7.2.3.3 Point to multi-point

This pattern defines communication between one source and many sinks as shown in Figure 28.

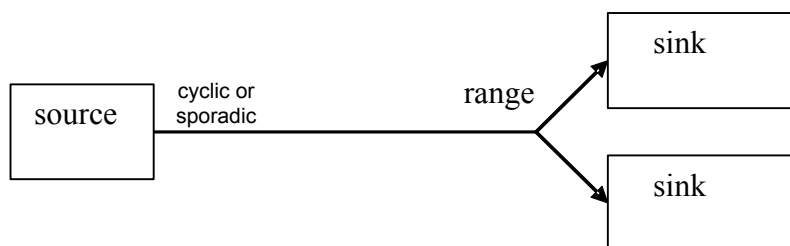


Figure 28 – Point to multi-point communication pattern (push)

Push – Point to Multi-Point	
Data sending	Cyclic and sporadic.
Destination	2 cases: – source knows sinks. – source does not know the sink but the range, and interested sink subscribes.
Acknowledgement	3 cases: – cyclic without acknowledge, – sporadic with acknowledge – sporadic without acknowledge Only possible when destination known.

EXAMPLE Command sent to all door controllers which are responsible for the left doors.

NOTE A special case of this communication pattern is broadcasting to all sinks.

7.2.4 Pull pattern

7.2.4.1 General

In this pattern, the sink requests to the source the needed information.

7.2.4.2 Point to point

This pattern defines communication between one source and one sink as shown in Figure 29.

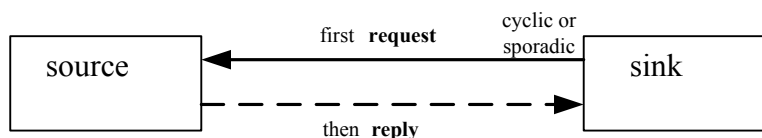


Figure 29 – Point to point communication pattern (pull)

Pull – Point to Point	
Data sending	Cyclic or sporadic.
Destination	1 case only: sink knows source.
Acknowledgement	3 cases: – cyclic without acknowledge

Pull – Point to Point	
	– sporadic with acknowledge – sporadic without acknowledge Reply can replace/include the acknowledge for the request. With or without acknowledge for reply.

EXAMPLE Vehicle controller asks known door controller to send status data.

7.2.4.3 Point to multi-point

This pattern defines communication between one sink and many sources as shown in Figure 30.

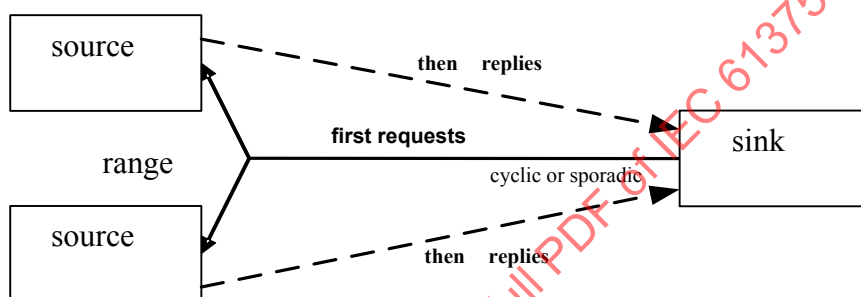


Figure 30 – Point to multi-point communication pattern (push)

Pull – Point to Multi-Point	
Data sending	cyclic or sporadic.
Destination	2 cases: – sink knows sources. – sink does not know the source but the range, and interested source subscribes.
Acknowledgement	3 cases: – cyclic without acknowledge – sporadic without acknowledge, – sporadic on first acknowledge (other acknowledges are ignored) – sporadic all acknowledge Acknowledge only possible when source known. Reply can replace/include the acknowledge. With or without acknowledge for reply.

EXAMPLE Vehicle controller asks all door controllers to send status data.

7.2.5 Subscription pattern

This pattern is used when a sink subscribes to a source as shown in Figure 31.

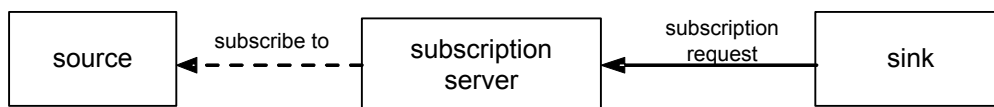


Figure 31 – Subscription communication pattern

The subscription server and source can be:

- combined as a unique entity,
- two different entities (e.g. subscription to a network message without knowing the source).

7.3 Addressing

7.3.1 General

This subclause defines the principles on addressing communication devices onboard trains, from train to ground and from ground to train. Addressing is defined on two levels: network layer addressing and application layer addressing (“functional addressing”).

7.3.2 Network layer addressing

7.3.2.1 Consist network address

Each device connected to the consist network shall be identified by one or several consist network address(es). The consist network address shall be unique within a consist network.

NOTE Communication devices in different consists may have identical consist network addresses. This can be used to manufacture identical consists.

The consist network address could be coded in a way that the location of a communication device can be derived.

EXAMPLE The consist network address in MVB systems is the MVB device address. The consist network address in ECN systems is the IP device address.

7.3.2.2 Train network address

Train wide addressing of communication devices shall be possible with a train network address which is unique in the train. This train network address might change with each train inauguration; therefore this train network address is only valid in combination with the present train network directory version.

Communication devices which are connected to the train backbone (see 4.3.5) shall be identified by a train network address.

For communication devices which are connected to a consist network (see 4.3.4), the following applies:

- train network address and consist network address of a communication device may be identical;

- if train network address and consist network address of a communication device are not identical, a service shall be provided which maps the train network address to the consist network address(es).²

7.3.2.3 Group addresses

Communication devices may be grouped:

- On consist level. Here all members of the group belong to one consist network (= consist group). Consist group addresses assigned to those groups shall be unique within the consist. Memberships of consist groups are normally static.
- On train level. Here the members of a group belong to one or several consist networks (= train groups). Train group addresses assigned to those groups shall be unique within the train. Memberships of train groups may change with each train inauguration.

The definition of train groups shall be subject of the communication profiles as defined in 7.6.

NOTE Consist groups are typically pre-configured, but membership can be dynamic when communication devices (e.g. service computer) are temporarily connected.

7.3.2.4 Mobile address

Each MCG possesses at least two addresses, one static address towards the consist network or the train backbone and at least one static or dynamic address towards ground.

NOTE The methodology of assigning ground addresses to the MCG depends on the ground infrastructure and the used protocols.

7.3.2.5 Addressing single destinations

Each communication device located in the same consist network shall be addressable with its consist network address(es).

The train network address shall be used as a destination address of a communication device located in a remote consist network.

NOTE Communication devices sending to communication devices located in another consist network of the same consist or located in the same closed train could, instead of using the train network address directly, ask their local gateway to the train backbone, or another server, to generate the train network address based on information about the relative location of the destination communication device. This relative location information is not supposed to change with train inaugurations, because the composition of consists or closed trains is static. The advantage would be that the source communication device needs not take care of changes of the train network address, caused by train inaugurations, for sending to communication devices within the local consist or local closed train.

The train network address could be used as a destination address of a communication device located in the same consist network.

NOTE The last requirement expresses the possibility to address a consist network local communication device with the train network address, which might simplify application programs.

7.3.2.6 Addressing multiple destinations (option)

Each consist group located in the same consist network shall be addressable with its consist group address.

Each train group shall be addressable with its train group address.

NOTE The only way to address consist groups in other consist networks is to define a train group for this group.

² This is typically done in the router function of the gateway which connects the train backbone with the consist network.

7.3.3 Application layer addressing

7.3.3.1 Application addresses

A sending application process should be able to address a destination application process or a group of destination application processes in a way which abstracts from the used network technology. The details of application addressing should be defined in the application specific communication profile (see 7.6).

EXAMPLE 1 UIC Code 556 defines the tuples [source_consist;source_function] and [destination_consist;destination_function] for application addressing.

EXAMPLE 2 The EU project InteGRail defined an application addressing scheme based on Uniform Resource Identifier (URI) Strings in accordance to RFC 3986.

For the point-to-point communication between specific functions/functions instances (data packet containing the address of source and destination):

"ipt://instance.function@device.vehicle.consist.train.fleet"

For multicast communication (data packet based on publish/subscribe paradigm):

"ipt://instance.function@deviceGroup.vehicle.consist.train.fleet"

Considering the basic URI:

"user@host"

7.3.3.2 Functional addressing

Functional addressing is a special way of application addressing. Instead of addressing a specific communication device in a consist, an abstract function in this consist is addressed. For functional addressing the following shall apply:

Functions shall be identified by a unique function name.

It should be possible to address functions in a train's consist by using the pair:

[function name, consist number].

The train backbone technology or consist network technology, respectively, has to provide a service which maps, transparently to the user, the function name to the related source and/or destination network address.

The definition of functions shall be subject of the communication and application profiles defined for TCN.

NOTE 1 A function name may also be represented by a number.

NOTE 2 The advantage of functional addressing is that a sending user application needs not know the destination network address of the communication device running the destination user application. Especially in open trains are destination network addresses in remote consists often not known.

EXAMPLE Addressing the function "door_control" in a remote consist.

7.4 Availability of data communication

Communication between ED connected to the same consist network shall not be interrupted by train inauguration.

Communication between ED connected to different consist networks, but belonging to one consist or one closed train, may be interrupted during train inauguration for the duration of the train inauguration.

7.5 Data classes

7.5.1 General

This sub-clause specifies the data classes which should be supported by the different consist network technologies and train backbone technologies defined in this part of IEC 61375.

7.5.2 Service parameters

Each specified data class is associated with communication service parameters which define the transmission characteristics of that data class. These service parameters include the quality of service (QoS) parameters.

A definition of service parameters is given in Table 6.

Table 6 – Service parameters

Service Parameter	Description
Data packet size	Volume of the data to be transmitted with one data packet. Measuring unit: number of octets
Data (packet) rate	Number of sent data packets per second. Multiplied with the data packet size * 8, it equals the (netto) data rate. Measuring unit: bits/s, Kbit/s, Mbit/s
Cycle time	Time interval between two data packet sending, for cyclically transmitted data. Measuring unit: seconds
Latency	Transmission time of the data packet from data source to data sink. Measuring unit: seconds
Jitter	Variance in transmission time for subsequent data packet transmissions. Measuring unit: seconds
Data integrity	Application data packet shall be received uncorrupted by the sink. Measuring unit: bit error rate (BER)
Safety Integrity	Probability that the following failures will be detected: a) data corruption b) sequencing error (unintended repetition, wrong sequence) c) timely delivery error d) authentication error (wrong source, wrong destination) Measuring unit: Probability P_{DU} of dangerous undetected failures per hour

EXAMPLE 1 A voice stream may be defined with the following service parameters:

data rate: 64 Kbit/s
latency: < 0,1 s
jitter: < 0,03 s
data integrity: < 10^{-3} BER

EXAMPLE 2 Sending sporadically a control message to the brake controller, which is defined with the following service parameters:

data packet size:	64 bit
data rate:	~ 0,1 bit/s (mean value: 1 packet per 10 minutes)
latency:	< 0,2 s
data integrity :	< 10^{-6} BER
safety integrity:	$P_{DU} < 10^{-7}/h$

7.5.3 TCN data class definition

For TCN five principal data classes are defined (Table 7). The table contains only a qualitative definition of the service parameters. A specific definition of the service parameters shall be given in the application specific communication profiles.

Table 7 – Principal data classes

Data class	Description/ Main characteristics
Supervisory Data	Data required for the train communication network operation, e.g. data for executing the train inauguration or data for network redundancy control Service parameters: as specified in the related parts of IEC 61375 NOTE these data are normally not visible to the application
Process Data	Real time data required for train control and monitoring. Service parameters: • low data rate • cyclic transmission • high data integrity • high safety integrity • low latency • low jitter
Message Data	Data required for train control and monitoring. Service parameters: • low to medium data rate • high data integrity • high safety integrity • medium latency
Stream Data – video – voice	Data packets of a video or voice stream. Service parameters: • high data rate • low to medium integrity • low latency • low jitter
Best Effort Data	Bulk data transfers and other activities that are allowed on the network but that should not impact the use of the network by one of the other data classes. Service parameters: not specified

EXAMPLE Typical examples for best effort data are:

- file transfer
- service access

7.6 Communication profile

A communication profile may be defined for specific application fields which rules how to use the communication technologies defined in this part of IEC 61375 for the specific purpose of this application.

The communication profile shall:

- a) Select the network technologies for the train backbone and/or the consist network which the communication profile shall be based on (e.g. WTB or ETB).
- b) Define the application domain (like open trains, closed trains etc.).
- c) Define an application addressing scheme and the mapping to the addressing scheme provided by the selected communication technology.

NOTE An application addressing scheme might be especially valuable for train wide addressing. As defined in 5.2, the train backbone is set up by nodes, so from network point of view only nodes are addressable. But a real train user would like to address vehicles and consists instead of train backbone nodes, and might also want to address with respect to static or dynamic properties, like addressing the leading vehicle or addressing the dining coach. For doing so, a mapping between the user view and the network view needs to be defined, which shall also include the necessary algorithms for doing so.

- d) Define how to populate the train network directory with application specific data, like vehicle and consist properties, identification information etc.
- e) Define the rules for correcting the train backbone topology.
- f) Define network services implemented on application layer which are needed but not supported by the selected communication technology.
- g) Define the functional addressing.
- h) Define data classes together with their service parameters which shall be supported by the selected communication technologies.

EXAMPLE A communication profile for international passenger trains based on WTB has been defined by UIC in the UIC Code 556.

Bibliography

IEC 61375-2-1, *Electronic railway equipment – Train Communication Network (TCN) – Wire Train Bus (to be published)*

IEC 61375-3-1, *Electronic railway equipment – Train Communication Network (TCN) – Multifunction Vehicle Bus (to be published)*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61375-1:2012

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	53
INTRODUCTION	55
1 Domaine d'application	56
2 Références normatives	56
3 Termes, définitions, abréviations, acronymes et conventions	57
3.1 Termes et définitions	57
3.2 Abréviations et acronymes	63
3.3 Conventions	64
3.3.1 Conventions relatives aux exigences	64
3.3.2 Base des valeurs numériques	64
3.3.3 Conventions d'appellation	65
3.3.4 Conventions de diagramme d'état	65
4 Architecture de base	65
4.1 Teneur du présent article	65
4.2 Généralités	65
4.2.1 Classes de technologie	65
4.2.2 Types de composants	65
4.3 Structure hiérarchique	66
4.3.1 Niveaux de réseau	66
4.3.2 Niveau de réseau central de train	66
4.3.3 Niveau de réseau de rame	67
4.3.4 Interface entre le réseau central de train et le réseau de rame	68
4.3.5 Dispositifs terminaux reliés au réseau central de train	68
4.4 Configurations de réseau	69
4.5 Liaison train-sol (option)	70
5 Réseau central de train	71
5.1 Teneur du présent article	71
5.2 Topologie du réseau central de train	71
5.2.1 Généralités	71
5.2.2 Réseau central de train basé sur la technologie de bus	72
5.2.3 Réseau central de train basé sur une technologie commutée	72
5.3 Compositions de train	73
5.4 Numérotation du nœud de réseau central de train	73
5.5 Directions de train	73
5.5.1 Véhicule	73
5.5.2 Rame	74
5.5.3 Rame non modifiable	75
5.5.4 Train	76
5.6 Inauguration de train	77
5.6.1 Objectifs	77
5.6.2 Répertoire (Table) de réseau de train	77
5.6.3 Commande d'inauguration	80
5.6.4 Etats des nœuds	82
5.6.5 Rôles des nœuds	84
5.6.6 Caractéristiques de fonctionnement	84
6 Réseau de rame	85

6.1	Teneur du présent article	85
6.2	Domaine d'application de normalisation	85
6.3	Topologie de réseau de rame	86
6.3.1	Réseau de rame basé sur la technologie de bus (MVB, CANopen)	86
6.3.2	Réseau de rame basé sur la technologie commutée	87
6.3.3	Sous-réseaux	89
6.3.4	Réseau de rame hétérogène	90
6.4	Passerelle	90
6.4.1	Généralités	90
6.4.2	Description fonctionnelle	90
6.4.3	Passerelle de couche application	91
6.4.4	Passerelle mise en œuvre par un routeur	93
7	Communication des données embarquées	93
7.1	Généralités	93
7.2	Configurations de réseau de communication	93
7.2.1	Objet	93
7.2.2	Définitions	94
7.2.3	Configuration push	94
7.2.4	Configuration pull	96
7.2.5	Configuration de souscription	98
7.3	Adressage	99
7.3.1	Généralités	99
7.3.2	Adressage de couche de réseau	99
7.3.3	Adressage de couche application	100
7.4	Disponibilité de la communication de données	101
7.5	Classes de données	101
7.5.1	Généralités	101
7.5.2	Paramètres de service	102
7.5.3	Définition des classes de données TCN	103
7.6	Profil de communication	104
	Bibliographie	105
	Figure 1 – Réseau central de train et réseau de rame	66
	Figure 2 – Rame avec deux réseaux de rame	67
	Figure 3 – Dispositif terminal relié au réseau central de train (exemple)	69
	Figure 4 – Exemple de communication train-sol	71
	Figure 5 – Interfaces entre rames	72
	Figure 6 – Topologie de bus de réseau central de train	72
	Figure 7 – Topologie commutée de réseau central de train	73
	Figure 8 – Directions et orientation d'un véhicule	74
	Figure 9 – Directions et orientation d'une rame	75
	Figure 10 – Directions et orientations d'une rame non modifiable	75
	Figure 11 – Directions et orientations d'un train (Directions TCN)	76
	Figure 12 – Structure du répertoire de réseau de train (exemple)	78
	Figure 13 – Organigramme d'inauguration de train	82
	Figure 14 – Diagramme d'état d'inauguration de train	83
	Figure 15 – Interfaces normalisées de réseau de rame	86

Figure 16 – Réseau de rame (technologie de bus)	87
Figure 17 – Commutateurs de rame	87
Figure 18 – Exemples de topologies de réseau de rame (technologie commutée)	88
Figure 19 – Dispositif terminal relié à deux commutateurs de rame	89
Figure 20 – Sous-réseaux d'un réseau de rame	89
Figure 21 – Exemple de mise en œuvre pour deux bus de véhicule	90
Figure 22 – Exemple d'architecture de réseau de commande de train hétérogène	90
Figure 23 – Service local	91
Figure 24 – Service non confirmé	92
Figure 25 – Service confirmé	92
Figure 26 – Services initiés par le fournisseur	93
Figure 27 – Configuration de communication point à point (push)	95
Figure 28 – Configuration de communication point à multipoint (push)	95
Figure 29 – Configuration de communication point à point (pull)	96
Figure 30 – Configuration de communication point à multipoint (push)	97
Figure 31 – Configuration de communication de souscription	98
Tableau 1 – Changements de composition de train	73
Tableau 2 – Paramètres spécifiques au réseau de train (exemple)	79
Tableau 3 – Paramètres spécifiques aux réseaux de rame (exemple)	79
Tableau 4 – Paramètres spécifiques au véhicule (exemple)	80
Tableau 5 – Paramètres spécifiques au dispositif (exemple)	80
Tableau 6 – Paramètres de service	102
Tableau 7 – Principales classes de données	103

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MATÉRIEL ÉLECTRONIQUE FERROVIAIRE –
RÉSEAU EMBARQUÉ DE TRAIN (TCN) –****Partie 1: Architecture générale****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI 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 CEI 61375-1 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition publiée en 2007 dont elle constitue une révision technique.

Les principales modifications techniques par rapport à la précédente édition sont les suivantes:

- nouvelle structuration des parties de normes. Le contenu de la précédente édition constitue désormais celui des CEI 61375-2-1 et CEI 61375-3-1.
- la présente partie de la norme décrit à présent l'architecture générale du réseau embarqué de train.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/1641/FDIS	9/1665/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/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 61375, présentées sous le titre général *Matériel électronique ferroviaire – Réseau embarqué de train (TCN)*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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

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

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

INTRODUCTION

La CEI 61375-1 définit l'architecture générale du Réseau Embarqué de Train (TCN en anglais Train Communication Network) permettant d'obtenir la compatibilité entre les réseaux de rame définis par la présente partie de la CEI 61375 et les réseaux centraux de trains définis par la présente partie de la CEI 61375.

Le Réseau Embarqué de Train a une structure hiérarchisée avec deux niveaux de réseaux, un réseau central de train et un réseau de rame:

- a) pour relier les véhicules de trains à composition indéformable ou variable, la présente partie de la CEI 61375 spécifie des réseaux centraux de trains avec différentes caractéristiques;
- b) pour relier des équipements standards embarqués, la présente partie de la CEI 61375 spécifie des réseaux de rame avec différentes caractéristiques.

L'architecture générale du Réseau Embarqué de Train, qui est définie dans la présente partie de la norme, doit:

- c) établir les règles permettant de relier les réseaux de rame aux réseaux centraux de trains, telles que:
 - identifier les interfaces;
 - définir les principes permettant de déterminer les changements topologiques des trains;
 - définir les services de communication de base fournis par les réseaux centraux de trains destinés à être utilisés par les réseaux de rame;
- d) établir les règles de base pour le réseau central de train et pour le réseau de rame;
- e) établir les règles pour les points communs en exploitation, telles que:
 - les formes de communication entre les utilisateurs;
 - les principes d'adressage;
 - les classes de données à prendre en charge.

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

Partie 1: Architecture générale

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61375 s'applique à l'architecture des systèmes de communication de données dans les trains à composition variable, c'est-à-dire qu'elle couvre l'architecture d'un système de communication de données entre les véhicules des trains considérés, les communications de données dans les véhicules et les communications de données train-sol.

L'application de la présente partie de la CEI 61375 aux technologies de réseau de train permet l'interopérabilité de véhicules individuels dans des trains à composition variable en trafic international. Les systèmes de communication de données dans les véhicules sont donnés comme solutions recommandées pour fonctionner avec ledit TCN. Dans tous les cas, le fournisseur devra apporter la preuve de la compatibilité entre un réseau central de train proposé et un réseau de rame proposé.

Par ailleurs, la présente partie de la CEI 61375 peut s'appliquer aux rames indéformables et aux automotrices après accord entre acheteur et fournisseur.

NOTE 1 Pour la définition des trains à composition variable, trains d'unités multiples et rames indéformables, voir l'Article 3.

NOTE 2 Les véhicules routiers comme les bus et les trolleybus ne sont pas traités dans la présente partie de la CEI 61375.

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).

ISO/CEI 7498-1, *Technologies de l'information – Interconnexion de systèmes ouverts (OSI) – Modèle de référence de base: Le modèle de base*

ISO/CEI 8824-1:2002, *Information technology – Abstract Syntax Notation One (ASN.1): Specification of basic notation* (disponible en anglais seulement)

ISO/CEI 9646-1:1994, *Technologies de l'information – Interconnexion de systèmes ouverts (OSI) – Cadre général et méthodologie des tests de conformité – Partie 1: Concepts généraux*

ISO/CEI 19501:2005, *Information technology – Open Distributed Processing – Unified Modeling Language (UML) Version 1.4.2* (disponible en anglais seulement)

UIC CODE 556, *Transmission d'informations dans le train (train-bus)*

3 Termes, définitions, abréviations, acronymes et conventions

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1.1

nœud de réseau central de train actif

nœud de réseau central de train réceptionnant un numéro de séquence lors de l'inauguration et transférant les paquets de données utilisateur entre le réseau de rame et le réseau central de train

3.1.2

couche application

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

3.1.3

interface de couche application

définition des services offerts par la couche application

3.1.4

processus d'application

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

3.1.5

pont

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

3.1.6

diffusion

transmission quasi simultanée des mêmes informations vers plusieurs destinataires. 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

3.1.7

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

3.1.8

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

EXEMPLE Les rames sont accouplées en atelier afin de constituer une rame non modifiable pour exploitation.

3.1.9

dispositifs de communication

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

3.1.10

composition

nombre et caractéristiques des véhicules composant un train

3.1.11

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

3.1.12

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

EXEMPLE Les véhicules d'une rame sont reliés en atelier de façon constante, des attelages automatiques étant montés aux deux extrémités de la rame afin de faciliter l'accouplement et le désaccouplement de rames complètes en atelier ou en exploitation.

3.1.13

réseau de rame

réseau de communication reliant des dispositifs de communication dans une rame

NOTE Les réseaux de rame ne s'étendent pas au-delà des limites de rame.

3.1.14

adresse réseau de rame

adresse réseau qui n'est pas modifiée après l'inauguration et qui est utilisée pour l'adressage du dispositif de communication dans le propre réseau de rame

3.1.15

numéro de séquence de rame

numéro de séquence de la rame dans le train obtenu lors de l'inauguration du train

3.1.16

commutateur (contacteur, interrupteur) de rame

nœud de réseau de rame

composant de réseau utilisé dans le réseau de rame sur la base de la technologie commutée (ECN) Voir « commutateur », 3.1.58.

3.1.17

consommateur

destinataire d'un message au niveau de la couche transport (voir: « producteur », 3.1.47)

3.1.18

dispositif destinataire

destinataire d'un paquet de données (voir: « dispositif source », 3.1.55)

3.1.19

dispositif terminal

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

3.1.20

nœud terminal

nœud d'extrémité du réseau central de train

3.1.21

fonction

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

3.1.22**passerelle**

liaison entre différentes technologies de communication

3.1.23**adresse de groupe**

adresse d'un groupe de distribution auquel appartient un dispositif

3.1.24**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

3.1.25**intégrité**

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

3.1.26**nœud intermédiaire**

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

3.1.27**câble de jonction**

câble connectant les câbles tronc de deux véhicules consécutifs, éventuellement de section supérieure à celle du câble tronc, et qui est connecté à la main dans le cas du câble UIC. Il y a en général deux câbles de jonction entre les véhicules

3.1.28**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)

[CEI 61784-2]

3.1.29**réseau local**

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

3.1.30**contrôle d'accès au support**

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

3.1.31**support**

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

3.1.32**message**

donnée transmise en un ou plusieurs paquets

3.1.33

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

3.1.34

distribution

transmission du même message à un groupe de destinataires identifiés par leur adresse de groupe. Le terme « distribution » est utilisé même si le groupe comprend tous les destinataires

3.1.35

train à unités multiples

train composé d'un ensemble de rames indéformables, la composition de cet ensemble pouvant évoluer en exploitation normale

3.1.36

réseau

ensemble de différents systèmes possibles de communication qui échangent de l'information selon un moyen communément accepté

3.1.37

adresse réseau

adresse qui identifie un dispositif de communication sur une couche de réseau

3.1.38

dispositif réseau

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

3.1.39

couche de réseau

couche du modèle OSI assurant le routage entre les différents bus

3.1.40

gestion de réseau

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

3.1.41

nœud

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

3.1.42

octet

mot de 8 bits stocké dans la mémoire ou transmis sous forme d'unité

3.1.43

train à composition variable

train composé d'une rame ou d'un ensemble de rames, dont la composition peut changer en exploitation normale, comme par exemple, les trains internationaux UIC tractés par une locomotive

3.1.44**exploitant (opérateur)**

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

3.1.45**paquet**

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

3.1.46**nœud de réseau central de train passif**

nœud de réseau central de train en attente d'un nœud actif de réseau central de train dans un réseau de rame

3.1.47**producteur**

émetteur d'un message au niveau de la couche transport (voir: « consommateur », 3.1.17)

3.1.48**éditeur**

source d'un Dataset en diffusion (voir: « souscripteur », 3.1.57)

3.1.49**récepteur**

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

3.1.50**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. 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

3.1.51**taux d'erreur résiduel**

probabilité d'atteinte à l'intégrité (bit erroné non reconnu) par bit transmis

3.1.52**topologie en anneau**

réseau actif dont chaque nœud est relié en série à deux autres nœuds

[CEI 61918]

NOTE L'anneau peut également être désigné comme une boucle.

3.1.53**routeur**

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

3.1.54**service**

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

3.1.55**dispositif source**

émetteur d'un paquet de données (voir: « dispositif destinataire », 3.1.18)

3.1.56

données apériodiques

transmission de données suite à une requête

3.1.57

souscripteur

un des destinataires d'un Dataset en diffusion (voir: « éditeur », 3.1.48)

3.1.58

commutateur

pont MAC tel que défini dans l'IEEE 802.1D

3.1.59

topographie

structure de données décrivant les nœuds connectés au réseau central de train, incluant leur adresse, orientation, position et descripteur de nœud

3.1.60

topologie

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

3.1.61

compteur de topographie (topologie)

compteur spécifique à un nœud incrémenté lors de chaque nouvelle inauguration

3.1.62

train

composition d'une rame ou d'un ensemble de rames, pouvant être exploitée(s) comme une unité autonome, par exemple contenant des commandes et au moins une cabine de conduite. Les trains peuvent être catégorisés en trains à composition variable (voir 3.1.43), rames non modifiables (voir 3.1.8) et trains à unités multiples (voir 3.1.35)

3.1.63

réseau embarqué de train

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

3.1.64

réseau central de train

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

3.1.65

nœud de réseau central de train

nœud

dispositif relié au réseau central de train. Un nœud de réseau central de train peut être utilisé pour relier des dispositifs terminaux ou des réseaux de rame au réseau central de train. Un nœud de réseau central de train peut être actif (voir 3.1.1) ou passif (voir 3.1.46)

3.1.66

numéro de nœud de réseau central de train

adresse du nœud

numéro du 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

3.1.67**adresse réseau de train**

adresse réseau dynamique utilisée pour l'adressage de dispositifs de communication dans d'autres réseaux de rame. Cette adresse peut être modifiée après chaque inauguration

3.1.68**gestion de réseau de train**

services de gestion de réseau TCN

3.1.69**couche transport**

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

3.2 Abréviations et acronymes

ANSI	American National Standard Institute, organisme de normalisation des États-Unis
ALG	Passerelle de Couche Application (de l'anglais <i>Application Layer Gateway</i>)
BER	Taux d'Erreurs sur les Bits (de l'anglais <i>Bit Error Rate</i>), taux des erreurs sur les bits dans un flux de données, dû principalement au bruit (erreurs sur les bits aléatoires), mais également dû à des défauts de mémoire dans les dispositifs d'archivage des données (erreurs sur les bits systématiques).
BR	Débit Binaire (de l'anglais <i>Bit Rate</i>), débit de passage des données sur le support, exprimé en bits par seconde (bit/s) ou en hertz (Hz), selon ce qui est approprié
CAN	Réseau local de contrôle (de l'anglais <i>Controller Area Network</i>)
CN	Réseau de Rame (de l'anglais <i>Consist Network</i>)
CPS	Pile de protocoles de communication (de l'anglais <i>Communication Protocol Stack</i>)
CRC	Contrôle par Redondance Cyclique, vérification de l'intégrité des données par division en polynômes
DIN	Deutsches Institut für Normung, organisme national de normalisation allemand
ECN	Réseau de Rame Ethernet (de l'anglais <i>Ethernet Consist Network</i>)
ED	Dispositif Terminal (de l'anglais <i>End Device</i>)
EIA	Electronics Industries Association, organisme de normalisation des États-Unis
ETB	Réseau Central de Train Ethernet (de l'anglais <i>Ethernet Train Backbone</i>)
CEI	Commission Electrotechnique Internationale, Genève
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York
IETF	Groupe IETF (de l'anglais <i>Internet Engineering Task Force</i>)
IP	Protocoles Internet, tel que défini par le groupe IETF (de l'anglais <i>Internet Protocols</i>)
ISO	International Standard Organisation, Organisation Internationale de Normalisation, Genève
UIT	Union Internationale des Télécommunications, organisme de normalisation international pour les télécommunications dont le siège est à Genève

MAC	Contrôle d'Accès au Support (de l'anglais <i>Medium Access Control</i>), sous-couche au sein de la couche liaison décidant quel dispositif est autorisé à émettre vers le bus
MCG	Passerelle de Communication Mobile (de l'anglais <i>Mobile Communication Gateway</i>)
MTU	Rame Mobile (de l'anglais <i>Mobile Train Unit</i>)
MVB	Bus de Véhicule Multifonctions (de l'anglais <i>Multifunction Vehicle Bus</i>)
ND	Dispositif Réseau (de l'anglais <i>Network Device</i>)
OSI	Interconnexion de systèmes ouverts (de l'anglais <i>Open System Interconnection</i>), modèle de communication universel défini dans l'ISO/CEI 7498-1
PCTR	Rapport d'Essai de Conformité au Protocole (de l'anglais <i>Protocol Conformance Test Report</i>), défini dans l'ISO/CEI 9646-1
PICS	Déclaration de Conformité d'une Mise en œuvre de Protocole (de l'anglais <i>Protocol Implementation Conformance Statement</i>), définie dans l'ISO/CEI 9646-1
RFC	Appel à Commentaires (de l'anglais <i>Request For Comments</i>), Norme applicable à Internet publiée par le Groupe IETF
TB	Réseau Central de Train (de l'anglais <i>Train Backbone</i>)
TBN	Nœud de Réseau Central de Train (de l'anglais <i>Train Backbone Node</i>)
TCN	Réseau Embarqué de Train (de l'anglais <i>Train Communication Network</i>), ensemble de véhicules communicants et de Réseaux Centraux de Train
UIC	Union Internationale des Chemins de fer, association internationale des opérateurs de chemins de fer
URI	Identificateur de Ressources Uniformes (de l'anglais <i>Uniform Resource Identifier</i>), tel que défini par le groupe IETF
UML	Langage de Modélisation Unifié (de l'anglais <i>Unified Modeling Language</i>), défini dans l'ISO/CEI 19501
WTB	Bus de train filaire (de l'anglais <i>Wire Train Bus</i>)

3.3 Conventions

3.3.1 Conventions relatives aux exigences

Le verbe « **devoir** » décrit des exigences.

L'expression « **il convient** » décrit des recommandations

Le verbe « **pouvoir** » décrit des caractéristiques acceptables.

Le verbe « **pouvoir** » au conditionnel décrit des méthodes possibles.

3.3.2 Base des valeurs numériques

La présente partie de la CEI 61375 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/CEI 8824-1).

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

3.3.3 Conventions d'appellation

Lorsque l'appellation d'un mot-clé est composée, les différentes parties de l'appellation sont séparées par un espace.

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"

La première lettre des appellations de fonction est une minuscule.

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

EXEMPLE "indicateTopoChange"

3.3.4 Conventions de diagramme d'état

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

4 Architecture de base

4.1 Teneur du présent article

Le présent article spécifie l'architecture hiérarchique du réseau embarqué de train, ainsi que les principales caractéristiques de ses parties et leurs interfaces.

4.2 Généralités

4.2.1 Classes de technologie

La présente partie de la CEI 61375 définit un ensemble de technologies de réseau qui peuvent être utilisées, séparément ou de manière combinée, pour établir le réseau embarqué de train. Ces technologies de réseau peuvent être réparties en deux classes de technologie: à savoir, la classe de technologie de bus (WTB, MVB, CANopen) ou la classe de technologie commutée (ETB, ECN). La classe de technologie de bus se caractérise par la présence de plusieurs dispositifs terminaux reliés au même support de transmission des données, constituant un domaine de diffusion et un domaine de collision. Dans le cas de la classe de technologie commutée, un dispositif terminal est relié à un commutateur, chargé du transfert actif des données utilisateur à l'intérieur du réseau. Un réseau à technologie commutée est capable de limiter les domaines de diffusion et de collision.

4.2.2 Types de composants

Le Réseau Embarqué de Train (TCN) est constitué de deux types de dispositifs de communication: les dispositifs réseau (ND) et les dispositifs terminaux (ED). Les dispositifs réseau sont tous les dispositifs principalement utilisés pour transporter et transférer les

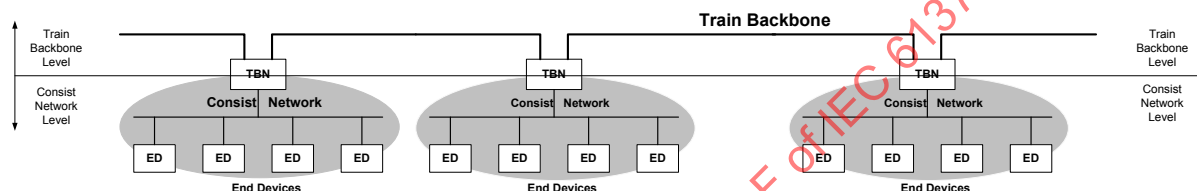
données utilisateur. Les exemples de dispositifs réseau sont des composants passifs tels que des câbles et des connecteurs ou des composants actifs tels que des répéteurs, ponts, commutateurs, routeurs ou passerelles de couche application. Les dispositifs terminaux fournissent généralement les émetteurs et les destinataires des données utilisateur. Les exemples de dispositifs terminaux sont les contrôleurs, les afficheurs ou les sous-systèmes.

NOTE Des dispositifs peuvent également assurer à la fois les fonctions des dispositifs réseau et des dispositifs terminaux, par exemple, des dispositifs réseau fournissant des informations de diagnostic ou des informations de topologie de réseau. Ces dispositifs sont parfois appelés dispositifs « hybrides ». Il convient que la détermination principale d'un dispositif définisse s'il est désigné comme dispositif réseau ou comme dispositif terminal.

4.3 Structure hiérarchique

4.3.1 Niveaux de réseau

La présente partie de la CEI 61375 définit l'architecture du Réseau Embarqué de Train (TCN) comme une hiérarchie de deux niveaux de réseau, à savoir un niveau de réseau central de train et un niveau de réseau de rame, tel qu'illustré à la Figure 1.



Légende

Anglais	Français
Train Backbone Level	Niveau de réseau central de train
Consist Network Level	Niveau de réseau de rame
Train Backbone	Réseau central de train
Consist Network	Réseau de rame
End Devices	Dispositifs terminaux

Figure 1 – Réseau central de train et réseau de rame

La communication entre les réseaux de rame ne doit pouvoir s'effectuer que par le réseau central de train.

NOTE Cette architecture à deux niveaux a été choisie pour les raisons suivantes:

- Le réseau de communication établi par le réseau de rame est un réseau statique pré-configuré. A l'inverse le réseau de communication établi par le réseau central de train est un réseau dynamique, qui modifie sa topologie à chaque modification de la composition du train. Toute reconfiguration effective du réseau central de train peut interrompre la communication entre les nœuds de réseau central de train. La communication des réseaux de rame ne doit pas être affectée pendant les moments d'indisponibilité de la communication du réseau central de train.
- Toute panne d'un réseau de rame (par exemple, du fait de la perte de puissance de la rame) ne doit pas compromettre la communication entre d'autres rames du même train.
- Le réseau central de train ne peut pas comporter l'ensemble du trafic de données circulant dans un train; par conséquent, les données propres à une rame doivent être conservées au niveau de la rame. Seul le trafic de données destiné à d'autres rames doit être acheminé par le réseau central de train.

4.3.2 Niveau de réseau central de train

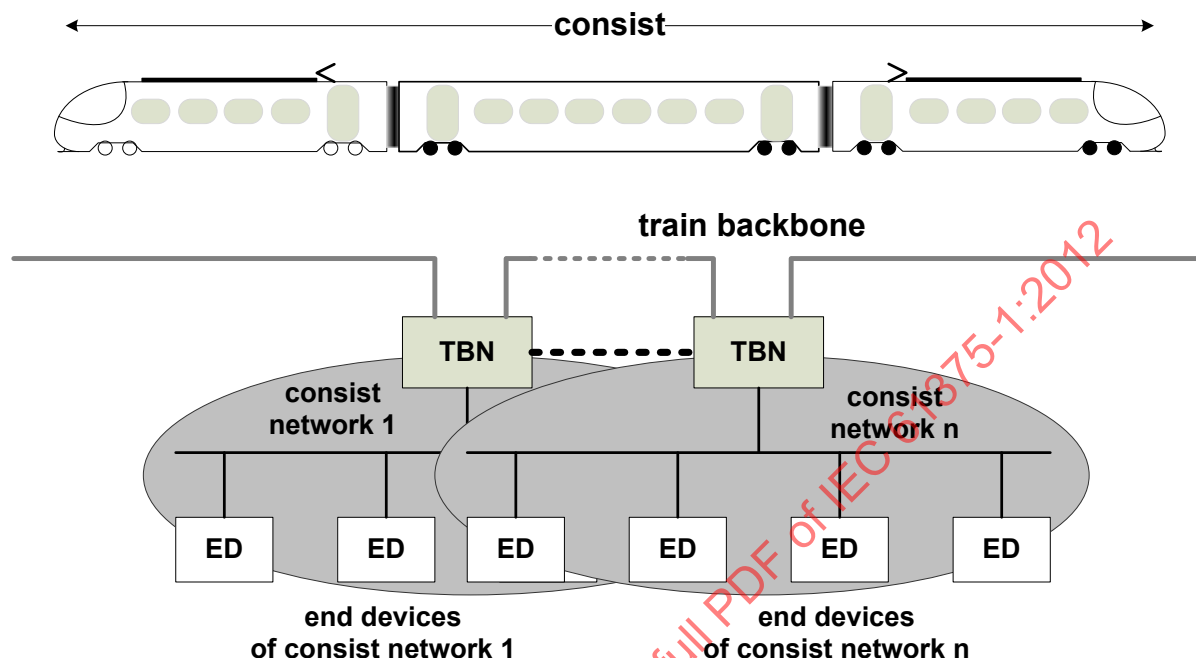
A ce niveau, le réseau central de train relie entre eux les nœuds de réseau central de train (TBN) situés dans les rames qui forment le train.

Chaque rame pourrait comporter 0, 1 ou plusieurs nœuds de réseau central de train.

L'Article 5 donne une spécification plus détaillée du réseau central de train.

4.3.3 Niveau de réseau de rame

A ce niveau, les réseaux de rame relient entre eux les dispositifs terminaux situés dans une rame. Une rame peut contenir aucun, un ou plusieurs réseaux de rame comme l'exemple de rame comportant deux réseaux de rame illustré à la Figure 2.



Légende

Anglais	Français
consist	rame
train backbone	réseau central de train
consist network	réseau de rame
end devices of consist network	dispositifs terminaux du réseau de rame

Figure 2 – Rame avec deux réseaux de rame

Un dispositif terminal spécifique doit être relié à un réseau de rame. Un dispositif terminal spécifique pourrait être relié à un ensemble de réseaux de rame en cas de redondance de réseaux de rame (voir 4.3.4).

NOTE Les Dispositifs Terminaux pourraient être reliés à plusieurs réseaux de rame par l'intermédiaire de différentes interfaces sur le dispositif. Un dispositif physique peut contenir logiquement deux dispositifs terminaux ou plus.

Les réseaux de rame présents dans une rame doivent être identifiés par un numéro consécutif avec une valeur de départ = 1.

EXEMPLE La rame illustrée à la Figure 2 contient deux réseaux de rame avec les numéros 1 et 2.

Si la rame appartient à une rame non modifiable, les réseaux de rame de cette dernière doivent être identifiés par un numéro consécutif de réseau de rame non modifiable avec une valeur de départ = 1.

EXEMPLE Les réseaux (de rame) d'une rame non modifiable composée de deux rames, chacune de ces rames comportant deux réseaux, sont numérotés de 1 à 2 dans chaque rame, et de 1 à 4 dans la rame non modifiable.

L'Article 6 donne une spécification plus détaillée du réseau de rame.

4.3.4 Interface entre le réseau central de train et le réseau de rame

Un réseau de rame doit être relié au réseau central de train par l'intermédiaire d'un ou de plusieurs nœuds de réseau central de train.

NOTE 1 Les réseaux de rame appartenant à la même rame peuvent être reliés au(x) même(s) nœud(s) de réseau central de train.

Un nœud de réseau central de train peut être:

- actif. Dans ce cas, il doit transférer les paquets de données utilisateur entre le réseau de rame et le réseau central de train;
- passif. Dans ce cas, il ne doit pas transférer les paquets de données utilisateur entre le réseau de rame et le réseau central de train.

Il convient que la liaison entre le réseau de rame et le réseau central de train soit redondante. Les architectures de redondance suivantes pourraient être utilisées:

- Redondance de réseau de rame. Dans ce cas, le réseau de rame complet est dupliqué à des fins de redondance. Le(s) nœud(s) de réseau central de train du (des) réseau(x) de rame redondant(s) pourrai(en)t être passif(s).
- Redondance de nœud de réseau central de train. Dans ce cas, le réseau de rame et le réseau central de train sont reliés par au moins deux nœuds de réseau central de train, un de ces nœuds au moins étant actif.

NOTE 2 La redondance de réseau de rame peut être utilisée, par exemple, pour les topologies de réseau de rame de type échelle.

NOTE 3 La redondance de nœud de réseau central de train avec un nœud actif est utilisée, par exemple, dans les trains UIC équipés d'un Bus de Train Filaire (WTB).

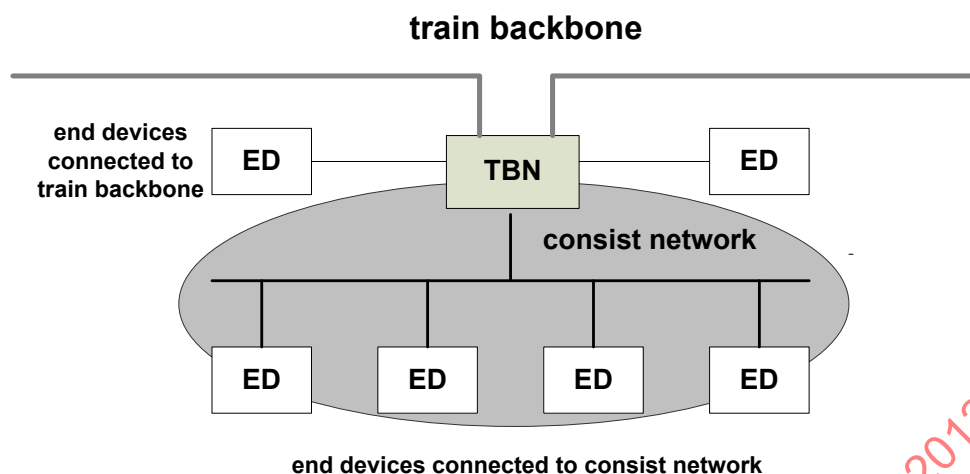
NOTE 4 L'ensemble des nœuds actifs de réseau central de train entre le réseau de rame et le réseau central de train peuvent être utilisés pour le transfert des paquets de données utilisateur entre le réseau de rame et le réseau central de train (équilibre des charges).

Le nœud de réseau central de train doit assurer une fonction de passerelle telle que définie en 6.4 qui régit le transfert de paquets de données utilisateur entre le réseau de rame et le réseau central de train.

4.3.5 Dispositifs terminaux reliés au réseau central de train

Il convient de pouvoir relier des dispositifs terminaux directement au réseau central de train par l'intermédiaire d'un nœud de réseau central de train tel qu'illustré à la Figure 3, qui montre un exemple de liaison de deux dispositifs terminaux et d'un réseau de rame au réseau central de train.

NOTE L'adressage de dispositifs terminaux reliés au réseau central de train est différent de l'adressage de dispositifs terminaux reliés au réseau de rame, voir 7.3.2.2.



Légende

Anglais	Français
train backbone	réseau central de train
end devices connected to train backbone	dispositifs terminaux reliés au réseau central de train
consist network	réseau de rame
end devices connected to consist network	dispositifs terminaux reliés au réseau de rame

Figure 3 – Dispositif terminal relié au réseau central de train (exemple)

4.4 Configurations de réseau

Le réseau central de train et le réseau de rame peuvent tous deux être mis en œuvre par l'une ou une combinaison des technologies de réseau spécifiées dans la présente partie de la CEI 61375.

Les technologies de réseau définies dans la présente partie de la CEI 61375 peuvent être utilisées dans les configurations suivantes:

Pour le réseau central de train:

- Un train peut utiliser un Bus de Train Filaire (WTB) ou un Bus de Train Ethernet (ETB)
- Un train peut utiliser un Bus de Train Filaire (WTB) et un Bus de Train Ethernet (ETB) en parallèle.

EXEMPLE Le Bus de Train Filaire est utilisé pour les données opérationnelles et le Bus de Train Ethernet est utilisé pour les données multimédia.

- Un train peut utiliser plusieurs Bus de Train Ethernet (ETB) en parallèle.

EXEMPLE Un Bus de Train Ethernet (ETB) est utilisé pour les données opérationnelles, un autre ETB étant utilisé pour les données multimédia.

- Les trains dont la configuration est statique (aucune connexion ou déconnexion des rames en exploitation) peuvent omettre le réseau central de train.

NOTE Les réseaux centraux de train qui utilisent différentes technologies (par exemple, WTB et ETB) peuvent être reliés au moyen d'une passerelle.

Pour le réseau de rame:

- Une rame peut utiliser l'une des technologies de réseau de rame suivantes: MVB, CAN ou ECN.

- f) Une rame peut utiliser une combinaison des technologies de réseau de rame MVB, CAN ou ECN, si elle est prise en charge de manière explicite par les technologies concernées. Dans ce cas, il est nécessaire de spécifier l'échange de données entre les technologies de réseau de rame et entre le réseau de rame et le réseau central de train.
- c) Les rames simples ne doivent pas nécessairement comporter un réseau de rame. Les dispositifs terminaux peuvent être reliés directement au nœud de réseau central de train, ou ce dernier réalise les fonctionnalités de ces dispositifs.

4.5 Liaison train-sol (option)

La liaison train-sol entre le réseau embarqué et un réseau au sol doit être assurée par des passerelles de communication mobiles (MCG). Une MCG doit fournir au moins deux interfaces, une avec le réseau embarqué et l'autre avec le réseau au sol.

Il convient que chaque rame fournisse au moins une MCG avec une liaison permanente ou provisoire, statique ou itinérante avec une passerelle sol-rame (GCG – ground consist gateway). Il peut cependant exister des rames simples ne comportant pas de MCG. La GCG doit fournir une interface rame sol utilisée comme point d'accès aux rames pour la communication train-sol illustrée à la Figure 4. L'interface rame sol doit être issue de la technologie utilisée pour la liaison GCG/MCG.

NOTE 1 Une solution recommandée consiste à fournir une adresse statique de la rame à l'interface rame sol.

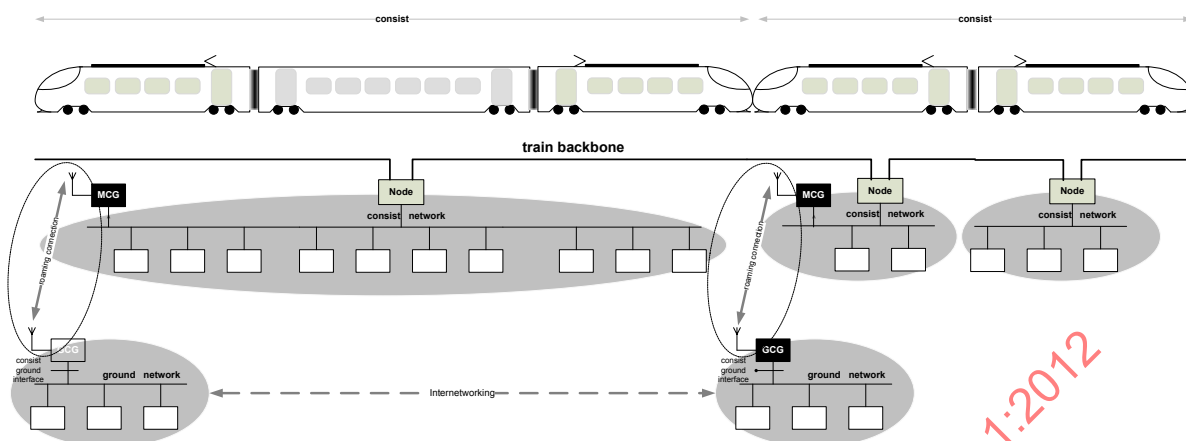
NOTE 2 Les réseaux sol peuvent être reliés entre eux, par exemple, par une connexion Internet publique.

Outre le fait qu'elle fournisse un accès de communication au réseau de rame associé, il convient que la liaison MCG/GCG fournisse également un accès de communication aux autres réseaux de rame dans le train.

NOTE 3 Il faut différencier deux cas de figure:

- a) Accès à une rame spécifique à partir du sol sans connaître le train dont fait actuellement partie cette rame.
- b) Accès à un train connu à partir du sol.

La MCG pourrait être reliée au réseau de rame ou directement à un nœud de réseau central de train.



Légende

Anglais	Français
consist	rame
train backbone	réseau central de train
Node	Nœud
roaming connection	liaison itinérante
consist network	réseau de rame
consist ground interface	interface rame sol
ground network	réseau sol
internetworking	interconnexion de réseaux

Figure 4 – Exemple de communication train-sol

EXEMPLE La rame illustrée du côté droit de la Figure 4 se compose de deux réseaux de rame, le second réseau ne comportant pas de MCG. Ces réseaux de rame doivent être accessibles à distance au moins par la MCG reliée au premier réseau de rame de la même rame. L'accessibilité de toutes les rames à partir de l'une ou l'autre des MCG constitue toutefois une solution préférable.

5 Réseau central de train

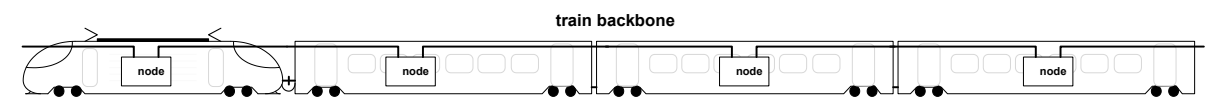
5.1 Teneur du présent article

Le présent article spécifie les caractéristiques de base que doit fournir un réseau central de train pour assurer une communication dans l'ensemble du train, et ce, pour tous les types de trains. Ces caractéristiques doivent être communes à toutes les technologies de réseau central de train définies dans la présente partie de la CEI 61375. Dans la mesure où le réseau central de train relie les nœuds correspondants dans un train donné, ces nœuds appartenant à des rames et à des véhicules spécifiques du train, il est avant tout nécessaire d'établir la liste des compositions de train potentielles (« topologies ») et de définir des directions et une orientation au niveau du véhicule, de la rame, de la rame indéformable et du train. La détermination de la composition réelle du train, appelée « inauguration du train », est alors décrite, les services de fonctionnement du réseau central de train étant définis en dernier lieu.

5.2 Topologie du réseau central de train

5.2.1 Généralités

La présente partie de la CEI 61375 définit l'interface de communication de données entre les rames comme la connexion des nœuds de réseau central de train, situés dans les rames, à un réseau central de train, tel qu'illustré à la Figure 5.



Légende

Anglais	Français
train backbone	réseau central de train
node	nœud

Figure 5 – Interfaces entre rames

NOTE 1 Les nœuds de réseau central de train de différentes classes de technologie (WTB et ETB) ne peuvent pas être reliés au même réseau central de train.

NOTE 2 Une passerelle permet de relier deux réseaux centraux de train de classe de technologie différente, voir également 6.4.

5.2.2 Réseau central de train basé sur la technologie de bus

Avec la technologie de bus, les nœuds doivent être reliés à un support commun de transmission de données, tel qu'illustré à la Figure 6, qui établit un domaine commun de diffusion et de collision.

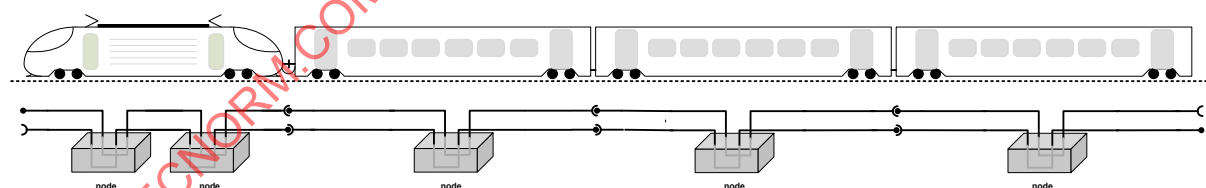
Une méthode de contrôle de l'accès au bus doit être définie pour éviter les collisions.

Il convient de doubler le support commun de transmission de données pour prendre en charge la redondance.

Les nœuds doivent être capables d'interrompre le bus et de recevoir les données transmises en fonction de la direction, pour prendre en charge l'inauguration du train.

Un mécanisme doit être prévu pour empêcher qu'un nœud hors tension ou inactif interrompe le bus de manière intempestive.

NOTE Un relais de dérivation peut être utilisé pour ponter un nœud si celui-ci est hors tension ou inactif.



Légende

Anglais	Français
node	nœud

Figure 6 – Topologie de bus de réseau central de train

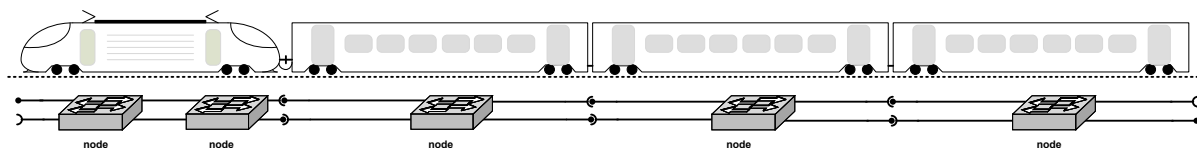
5.2.3 Réseau central de train basé sur une technologie commutée

Dans le cas d'une technologie commutée, les nœuds doivent fournir un support de transmission de données à chacun de leurs nœuds voisins directs, s'ils existent, tel qu'illustré à la Figure 7.

Il convient de doubler le support de transmission de données pour prendre en charge la redondance.

Un mécanisme doit être prévu pour empêcher qu'un nœud hors tension ou inactif interrompe le bus de manière intempestive.

NOTE Un relais de dérivation peut être utilisé pour ponter un nœud si celui-ci est hors tension ou inactif.



Légende

Anglais	Français
node	nœud

Figure 7 – Topologie commutée de réseau central de train

5.3 Compositions de train

Le nombre et le type de rames accouplées dans un train peuvent varier en cours d'exploitation, notamment pour les manœuvres ferroviaires énumérées dans le Tableau 1:

Tableau 1 – Changements de composition de train

Manœuvre ferroviaire	Description
Prolongement de train	Une ou plusieurs rames sont accouplées à l'extrémité d'un train. L'accouplement de deux trains constitue un cas particulier de prolongement.
Raccourcissement de train	Une ou plusieurs rames sont désaccouplées du train à l'une de ses extrémités. La séparation d'un train en deux trains distincts constitue un cas particulier de raccourcissement.
Insertion	Un nœud de réseau central de train situé au milieu du train peut être activé avec un retard ou ultérieurement.

5.4 Numérotation du nœud de réseau central de train

Un numéro de séquence unique doit être attribué à tous les nœuds de réseau central de train actifs lors de l'inauguration du train (voir 5.6).

NOTE Ces numéros de séquences peuvent varier après l'inauguration de chaque train.

EXEMPLE Le WTB attribue des numéros de 1 à 63 aux nœuds WTB, un numéro de séquence égal à 1 étant toujours attribué au nœud maître WTB, les numéros 63 à 33 étant attribués aux nœuds WTB situés avant le nœud maître WTB, et les numéros 2 à 31 étant attribués aux nœuds WTB situés après le nœud maître WTB.

5.5 Directions de train

5.5.1 Véhicule

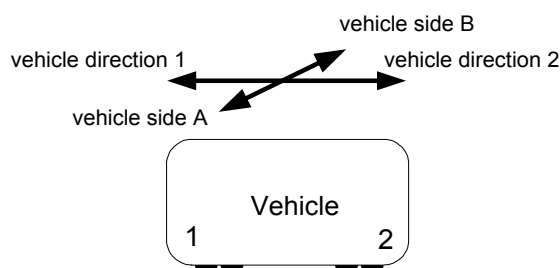
Les directions et orientations d'un véhicule sont définies comme suit:

- Une extrémité du véhicule est identifiée comme Extrémité 1, l'autre comme Extrémité 2.
- La Direction_1 de référence d'un véhicule est orientée vers l'Extrémité 1, et la Direction_2 est orientée vers l'Extrémité 2.
- Si la Direction_1 est orientée vers le nord, le côté du véhicule orienté vers l'ouest est appelé côté A, celui pointant vers l'est étant appelé côté B.

- d) Un nœud de réseau central de train utilise les mêmes conventions pour A et B que le véhicule dans lequel il se situe.

NOTE 1 L'attribution des directions et orientations du véhicule est statique.

NOTE 2 Les directions et orientations d'un véhicule sont illustrées à la Figure 8.



Légende

Anglais	Français
vehicle	véhicule
vehicle direction	direction du véhicule
vehicle side	côté du véhicule

Figure 8 – Directions et orientation d'un véhicule

5.5.2 Rame

Les directions et orientations d'une rame sont définies comme suit:

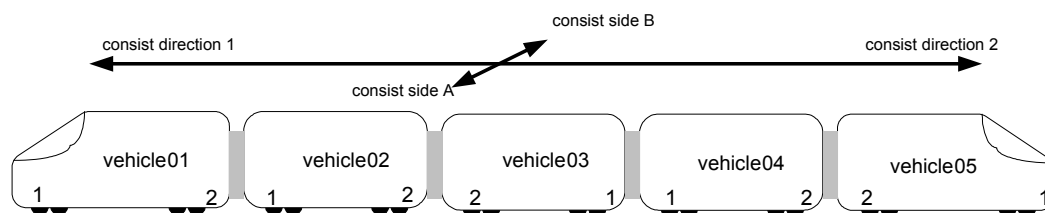
- Une extrémité de la rame est identifiée comme Extrémité 1, et l'autre comme Extrémité 2.
- La Direction_1 de référence d'une rame est orientée vers l'Extrémité 1, et la Direction_2 est orientée vers l'Extrémité 2.
- Si la Direction_1 est orientée vers le nord, le côté de la rame orientée vers l'ouest est appelé côté A, celui pointant vers l'est étant appelé côté B.

Les directions d'un véhicule à l'intérieur d'une rame peuvent être identiques aux directions de la rame ou inverses à celles-ci. Dans ce dernier cas, ce véhicule est désigné comme ayant une orientation « inverse » par rapport à la rame.

Les véhicules d'une rame doivent être numérotés de manière consécutive, le numéro 1 étant attribué au premier véhicule dans la direction 1.

Une rame à véhicule unique doit avoir des directions identiques à celles du véhicule qui la constitue.

EXEMPLE Les directions et orientations d'une rame à 5 véhicules peuvent se présenter tel qu'illustré à la Figure 9.



Légende

Anglais	Français
consist direction	direction de la rame
consist side	côté de la rame
vehicle	véhicule

Figure 9 – Directions et orientation d'une rame

NOTE Comme illustré à la Figure 9, les véhicules constituant une rame peuvent ne pas avoir la même orientation que la rame elle-même.

5.5.3 Rame non modifiable

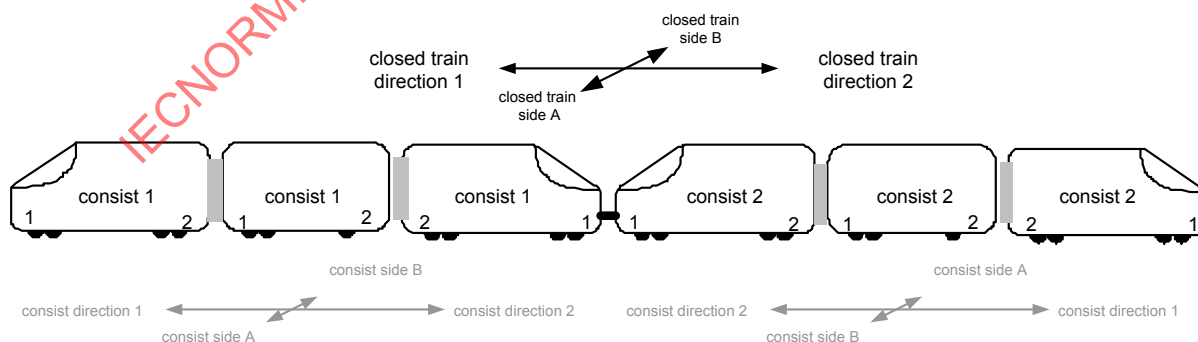
Les directions et orientations d'une rame non modifiable sont définies comme suit:

- Une extrémité de la rame non modifiable est identifiée comme Extrémité 1, et l'autre comme Extrémité 2.
- La Direction_1 de référence d'une rame non modifiable est orientée vers l'Extrémité 1, et la Direction_2 est orientée vers l'Extrémité 2.
- Si la Direction_1 est orientée vers le nord, le côté de la rame non modifiable orientée vers l'ouest est appelé côté A, celui pointant vers l'est étant appelé côté B.

Les directions d'une rame à l'intérieur d'une rame non modifiable peuvent être identiques aux directions de la rame non modifiable ou inverses à celles-ci. Dans ce dernier cas, cette rame est désignée comme ayant une orientation « inverse » par rapport à la rame non modifiable.

Les rames d'une rame non modifiable doivent être numérotées de manière consécutive, le numéro 1 étant attribué à la première rame dans la direction 1.

EXEMPLE Les directions et orientations d'une rame non modifiable à 2 rames peuvent se présenter tel qu'illustré à la Figure 10.



Légende

Anglais	Français
closed train side B	rame non modifiable côté B
closed train direction 1	rame non modifiable direction 1
closed train side A	rame non modifiable côté A
closed train direction 2	rame non modifiable direction 2
consist	rame
consist direction	direction de rame
consist side	côté de rame

Figure 10 – Directions et orientations d'une rame non modifiable

NOTE Comme illustré à la Figure 10, les rames constituant une rame non modifiable peuvent ne pas avoir la même orientation que la rame non modifiable elle-même.

5.5.4 Train

5.5.4.1 Généralités

Les trains peuvent avoir une composition dynamique; par conséquent, les directions et orientations d'un train peuvent également varier de manière dynamique. Il existe fondamentalement deux niveaux de directions et orientations définis:

- un niveau de réseau de communication avec une direction et une orientation (« directions TCN »)
- un niveau d'application avec une ou plusieurs directions et orientations (directions d'application)

Les directions TCN et les directions d'application peuvent changer indépendamment les unes des autres.

5.5.4.2 Directions TCN

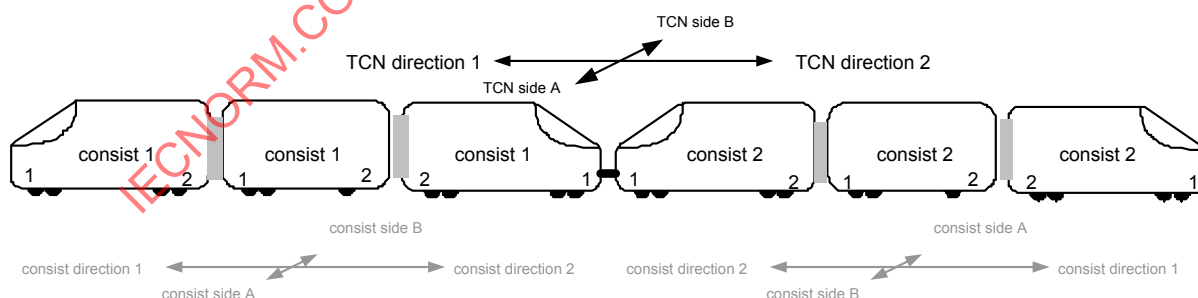
Les directions TCN et orientations d'un train sont définies comme suit:

- Une extrémité du train est identifiée comme Extrémité 1, et l'autre comme Extrémité 2.
- La Direction_1 de référence d'un train est orientée vers l'Extrémité 1, et la Direction_2 est orientée vers l'Extrémité 2.
- Si la Direction_1 est orientée vers le nord, le côté du train orienté vers l'ouest est appelé côté A, celui pointant vers l'est étant appelé côté B.

La technologie de réseau central de train permet de définir quelle extrémité du train, parmi les deux extrémités existantes, se voit identifiée comme Extrémité 1.

EXEMPLE 1 Pour le WTB, les directions TCN sont fonction de la position des nœuds du bus maître du réseau central de train.

EXEMPLE 2 Les directions et orientations d'un train peuvent être tel qu'illustré à la Figure 11.



Légende

Anglais	Français
TCN direction	direction TCN
TCN side	côté TCN
consist	rame
consist side	côté de la rame
consist direction	direction de la rame

Figure 11 – Directions et orientations d'un train (Directions TCN)

Les direction/orientation d'une rame à l'intérieur d'un train peuvent être identiques aux direction/orientation du train ou inverses à celles-ci. Dans ce dernier cas, cette rame est désignée comme ayant une orientation « inverse » par rapport au train.

EXEMPLE 3 Les directions et orientations d'un train à composition variable constitué de deux rames peuvent se présenter tel qu'illustré à la Figure 11. Noter que la direction de la rame 2 est « inverse » à l'orientation du train.

Les direction/orientation d'une rame non modifiable à l'intérieur d'un train à unités multiples peuvent être identiques aux direction/orientation dudit train ou inverses à celles-ci. Dans ce dernier cas, cette rame indéformable est désignée comme ayant une orientation « inverse » par rapport au train à unités multiples.

Les rames d'un train sont numérotées de manière consécutive, le numéro 1 étant attribué à la première rame dans la direction TCN 1.

Les rames non modifiables d'un train à unités multiples sont numérotées de manière consécutive, le numéro 1 étant attribué à la première rame non modifiable dans la direction TCN 1.

5.5.4.3 Directions d'application

Les directions d'application doivent être définies dans les profils de communication et d'application de TCN.

NOTE Les profils de communication et d'application sont définis dans les autres parties de la série CEI 61375.

EXEMPLE Pour l'UIC, les directions du train sont spécifiées dans l'UIC 556 et dépendent de la position du véhicule de tête.

5.6 Inauguration de train

5.6.1 Objectifs

La procédure d'inauguration de train doit déterminer la séquence actuelle de tous les nœuds de réseau central de train actifs et doit également déterminer l'orientation actuelle de la rame dans laquelle se situe un nœud, par rapport à l'orientation du train. Ceci est défini comme la topologie du train.

Le protocole d'inauguration de train est exécuté dans tous les nœuds de réseau central de train actifs. Ce protocole dépend de la technologie du réseau central de train, par exemple, WTB ou ETB.

5.6.2 Répertoire (Table) de réseau de train

Chaque nœud de réseau central de train actif qui exécute la procédure d'inauguration de train doit établir un répertoire de réseau de train qui doit contenir toutes les données concernant la topologie réelle du réseau central de train. Il convient également que ce répertoire contienne les données définies par l'utilisateur qui décrivent les propriétés et fonctions des rames individuelles. Il convient que le répertoire de réseau de train soit mis à disposition de tous les dispositifs (dispositifs réseau et dispositifs terminaux) intéressés.

Dans la mesure où le contenu du répertoire de réseau de train dépend de la technologie de réseau central de train et du profil de communication associé, le présent paragraphe ne spécifie que le contenu fondamental du répertoire de réseau de train.

Il convient que le répertoire de réseau de train soit structuré comme suit:

- une partie commune pour les paramètres du train

- une partie pour chaque réseau de rame avec des paramètres spécifiques aux rames non modifiables, rames et réseaux de rame (« répertoire de réseau de rame »)
- une partie pour chaque véhicule avec des paramètres spécifiques au véhicule (« répertoire de véhicule »)
- facultatif: une partie pour chaque dispositif terminal avec des paramètres spécifiques au dispositif (« répertoire de dispositif »)

EXEMPLE Un exemple de structure du répertoire de réseau de train est donné à la Figure 12.

NOTE 1 Il convient également d'établir un répertoire de réseau de train si le TBN est le seul TBN relié au réseau central de train. Cela signifie pour ainsi dire qu'il existe un train avec une seule rame.

Le répertoire de réseau de train doit se présenter sous des versions différentes:

- un numéro de version statique pour la structure des données intrinsèques. Ce numéro de version est défini comme la « version du répertoire de réseau de train »
- un numéro de version dynamique qui doit être modifié à chaque modification du contenu du répertoire. Ce numéro de version est défini comme « TopoCount ».

NOTE 2 Il peut se révéler plus approprié de fournir deux versions dynamiques, une version indiquant les changements topologiques, l'autre version indiquant les seuls changements paramétriques sans les changements topologiques, dans la mesure où ce dernier cas n'a généralement aucune incidence sur l'adressage dans l'ensemble du train.

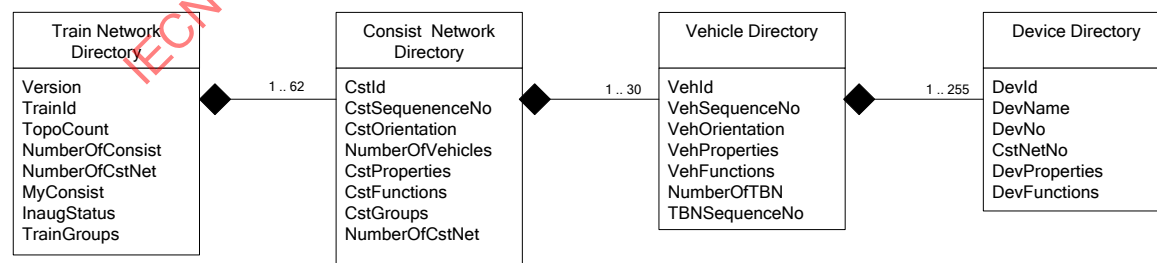
Un TopoCount modifié ne doit pas être équivalent à un TopoCount attribué précédemment, à moins qu'il puisse être assuré que ce TopoCount précédent n'est plus utilisé par aucun dispositif de communication.

L'une des deux mesures suivantes doit être appliquée pour éviter qu'un destinataire de données de train se réfère à une version du répertoire de réseau de train autre que celle à laquelle se réfère l'expéditeur desdites données:

- Les dispositifs de communication qui utilisent un TopoCount erroné lorsqu'ils tentent de transmettre des données dans l'ensemble du train ne doivent pas être autorisés à accéder au réseau central de train.
- Les dispositifs de communication qui fournissent la source des données doivent informer les dispositifs de communication récepteurs de l'existence de la version du répertoire de réseau de train, ainsi que du TopoCount utilisé pour la préparation des données.

NOTE 3 Pour le WTB, cette version est définie comme « topo_count ».

EXEMPLE Le répertoire de réseau de train pourrait contenir les paramètres marqués de la mention recommandé (R) ou facultatif (O) dans les Tableaux 2 à 5.



Légende

Anglais	Français
Train Network Directory	Répertoire de Réseau de Train
Consist Network Directory	Répertoire de Réseau de Rame
Vehicle Directory	Répertoire de Véhicule
Device Directory	Répertoire de Dispositif

Figure 12 – Structure du répertoire de réseau de train (exemple)

Tableau 2 – Paramètres spécifiques au réseau de train (exemple)

Paramètre	Recommandé (R) Facultatif (O)	Description
Version	R	Version de la structure des données du répertoire de réseau de train
TrainId	O	Indicatif unique du train
TopoCount	R	Version dynamique du contenu du répertoire de réseau de train. Changement de la valeur à chaque nouvelle inauguration
NumberOfConsist	R	Nombre de rames composant le train
NumberOfCstNet	R	Nombre de réseaux de rame composant le train
MyConsist	R	Numéro de séquence de rame de la rame locale dans le train, tel que défini au 5.5.4.
InaugStatus	R	Etat d'Inauguration: INVALID UNCONFIRMED CONFIRMED
TrainGroups	O	Liste des groupes de trains, voir 7.3.2.3

Tableau 3 – Paramètres spécifiques aux réseaux de rame (exemple)

Paramètre	Recommandé (R) Facultatif (O)	Description
CstId	O	Indicatif unique de rame
CstSequenceNo	R	Numéro de séquence de rame du train, tel que défini au 5.5.4.
CstOrientation	R	Orientation de la ou des rames par rapport à l'orientation du train, telle que définie au 5.5.4.
NumberOfVehicles	R	Nombre de véhicules dans la rame
CstProperties	O	Propriétés de la ou des rames, par exemple, propriétaire, exploitant, liste du matériel, rame de tête
CstFunctions	O	Liste des fonctions assurées par la rame
CstGroups	O	Liste des groupes de rames, voir 7.3.2.3
NumberOfCstNet	R	Nombre global de réseaux de rame dans cette rame

Tableau 4 – Paramètres spécifiques au véhicule (exemple)

Paramètre	Recommandé (R) Facultatif (O)	Description
VehId	R	Indicatif unique de véhicule
VehSequenceNo	R	Numéro de séquence de véhicule dans la rame (selon la Figure 9)
VehOrientation	R	Orientation du véhicule par rapport à l'orientation de la ou des rames (selon la Figure 9)
VehProperties	O	Propriétés statiques et dynamiques du véhicule
VehFunctions	O	Liste des fonctions assurées par le véhicule
NumberOfTBN	R	Nombre total de nœuds de réseau central de train dans ce véhicule
TBNSequenceNo	R	Numéro du nœud de réseau central de train dans ce véhicule

Tableau 5 – Paramètres spécifiques au dispositif (exemple)

Paramètre	Recommandé (R) Facultatif (O)	Description
DevId	O	Indicatif unique de dispositif
DevName	O	Nom du dispositif
DevNo	O	Numéro de dispositif. Doit être unique dans le réseau de rame.
CstNetNo	O	Numéro de séquence du réseau de rame de connexion de ce dispositif (voir 4.3.3)
DevProperties	O	Propriétés statiques et dynamiques du dispositif
DevFunctions	O	Liste des fonctions assurées par le dispositif

5.6.3 Commande d'inauguration

5.6.3.1 Exécution de l'inauguration du train

L'inauguration d'un train doit être exécutée de manière automatique dans les cas suivants:

- démarrage initial des nœuds
- raccourcissement de train (retrait de nœuds d'une extrémité)
- prolongement de train (ajout de nœuds à une extrémité)
- insertion de nœuds intermédiaires

5.6.3.2 Exécution d'inauguration

Il convient qu'un utilisateur puisse exécuter une nouvelle inauguration de train.

NOTE L'exécution d'une nouvelle inauguration peut se révéler nécessaire en cas de modification d'une entrée dans le propre répertoire de réseau de rame ou répertoire de véhicule. Cette exécution peut par ailleurs se révéler nécessaire à des fins d'essai.

5.6.3.3 Blocage d'inauguration

Le blocage d'une inauguration de train doit être possible à la demande de l'utilisateur, à moins que l'inauguration de train soit nécessaire pour protéger le réseau central de train contre toute perte d'intégrité.

NOTE 1 Le blocage d'inauguration signifie la protection des informations de séquence et d'orientation obtenues lors de la dernière inauguration de train.

NOTE 2 La possibilité de blocage de l'inauguration d'un train doit protéger ce dernier contre la perte provisoire de communication du réseau central de train due à de nouvelles inaugurations de train au cours de phases opérationnelles critiques telles que l'accouplement de deux trains.

NOTE 3 Une perte d'intégrité du WTB se produit, par exemple, en cas de perte d'un nœud terminal. Dans ce cas, une nouvelle inauguration de train est inévitable pour réaliser une nouvelle fois la terminaison physique du bus.

5.6.3.4 Communication des données utilisateur

La communication des données utilisateur sur le réseau central de train doit être interrompue au cours de l'inauguration effective du train. L'inauguration du train est terminée lorsque tous les nœuds de réseau central de train actifs disposent d'un exemplaire valable et identique du répertoire de réseau de train (voir 5.6.2).

NOTE Cette disposition empêche toute transmission des données utilisateur vers la mauvaise destination.

5.6.3.5 Confirmation d'inauguration

Il convient que le processus d'inauguration de train fournisse une fonction qui permette à un processus d'application de confirmer la topologie du réseau central de train. L'état d'inauguration (InaugStatus) du répertoire de réseau de train doit alors prendre la valeur "confirmé".

Après confirmation, les changements éventuels apportés au répertoire de réseau de train par rapport à la séquence et à l'orientation des rames doivent invalider ledit répertoire en donnant à l'état d'inauguration (InaugStatus) de nouveau la valeur « non confirmé ».

EXEMPLE Le CODE UIC 556 définit le nombre, l'orientation et la séquence de véhicules comme devant être confirmés.

5.6.3.6 Correction d'inauguration

Il convient que le processus d'inauguration de train fournisse une fonction qui permette à un processus d'application de corriger la topologie d'un réseau central de train en intégrant des rames ne disposant pas de nœuds de réseau central de train actifs. Cette opération entraîne également la production d'un répertoire de réseau de train corrigé. Les règles qui définissent la procédure de correction doivent être définies dans le profil de communication spécifique à l'application.

La correction d'une inauguration doit toujours être suivie d'une confirmation de l'inauguration; dans le cas contraire, la correction doit être refusée.

Il convient de protéger les corrections effectuées par un processus d'application dans le cas de nouvelles inaugurations.

Si les corrections ne peuvent pas être protégées après une nouvelle inauguration, l'état d'inauguration (InaugStatus) du répertoire de réseau de train doit prendre la valeur "non confirmé".

EXEMPLE Le CODE UIC 556 permet d'intégrer des véhicules dans la topologie dans le cas où des rames ne comportent pas de nœud de réseau central de train actif. Lors de nouvelles inaugurations, les rames intégrées sont conservées aussi longtemps que cela n'entraîne pas de conflits.

5.6.4 Etats des nœuds

5.6.4.1 Présentation générale

Le protocole d'inauguration de train doit être mis en œuvre par une machine d'état (Figure 13), qui effectue l'inauguration du train et conserve le répertoire de réseau de train.

L'ensemble minimal de signaux d'entrée doit être le suivant:

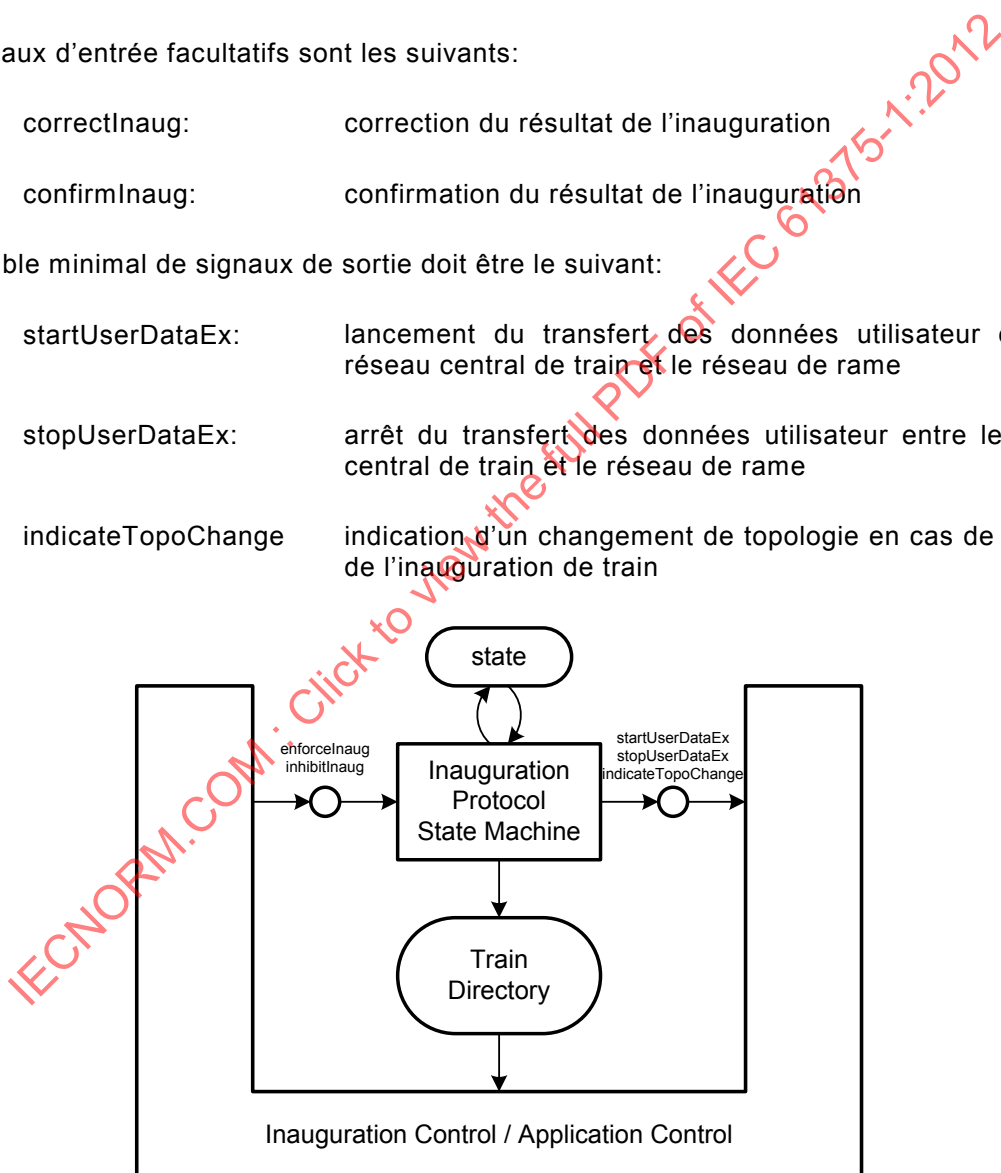
enforceInaug:	demande d'une nouvelle inauguration de train
inhibitInaug:	blocage d'inauguration de train

Les signaux d'entrée facultatifs sont les suivants:

correctInaug:	correction du résultat de l'inauguration
confirmInaug:	confirmation du résultat de l'inauguration

L'ensemble minimal de signaux de sortie doit être le suivant:

startUserDataEx:	lancement du transfert des données utilisateur entre le réseau central de train et le réseau de rame
stopUserDataEx:	arrêt du transfert des données utilisateur entre le réseau central de train et le réseau de rame
indicateTopoChange	indication d'un changement de topologie en cas de blocage de l'inauguration de train

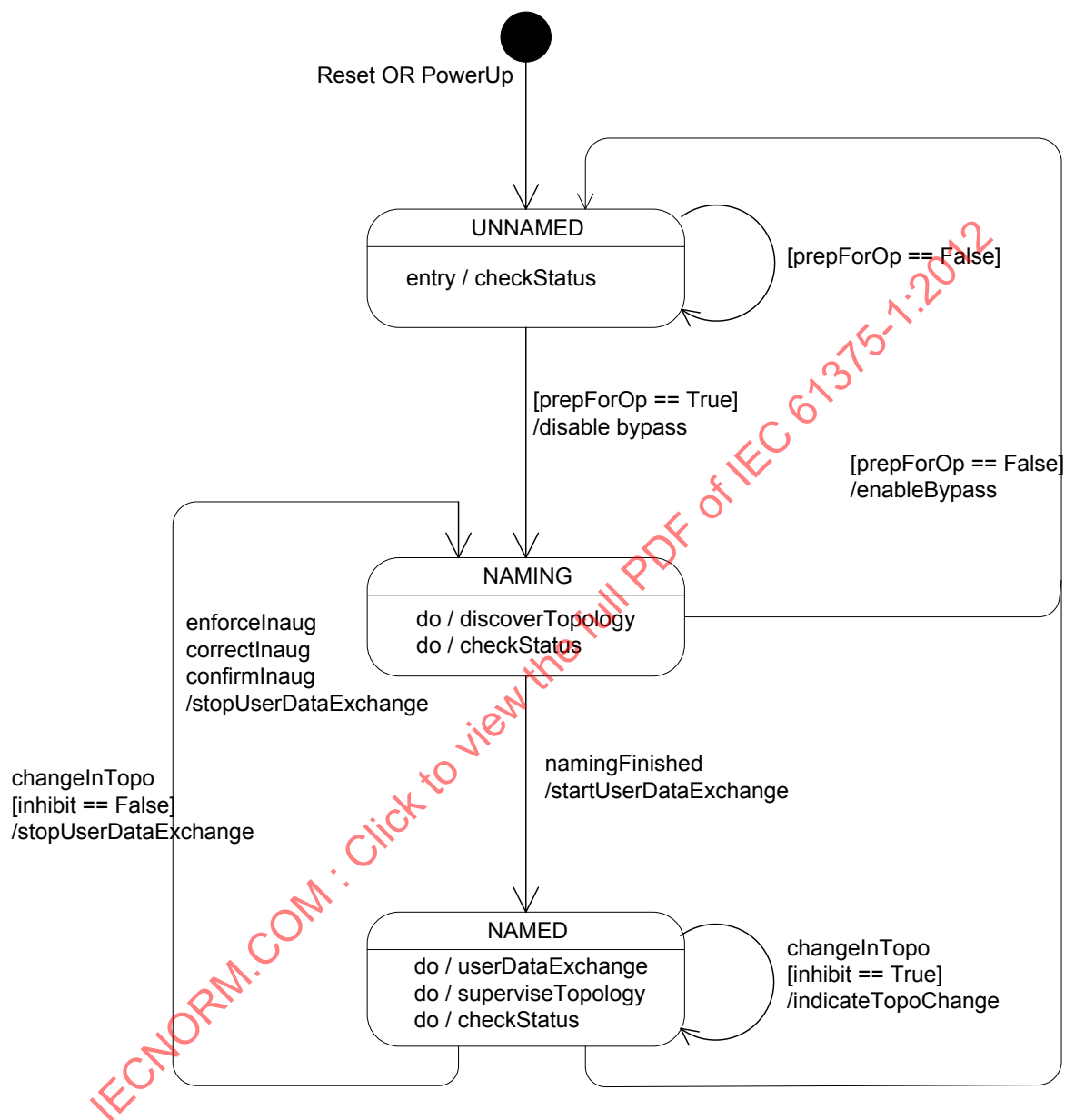


Légende

Anglais	Français
state	état
Inauguration Protocol State Machine	Machine d'état de protocole d'inauguration
Train Directory	Répertoire de Train
Inauguration Control / Application Control	Commande d'inauguration / Commande d'application

Figure 13 – Organigramme d'inauguration de train

Un nœud de réseau central de train actif doit être dans l'un des états principaux de nœuds¹ UNNAMED, NAMING et NAMED tel qu'illustré à la Figure 14.



Légende

Anglais	Français
Reset OR PowerUp	Réinitialisation OU à Mise sous tension
entry	entrée
True	Vrai
False	Faux
do	action
inhibit	blocage

Figure 14 – Diagramme d'état d'inauguration de train

¹ Il s'agit uniquement des états de niveau supérieur. Il existe un nombre bien plus important de sous-états selon la technologie de réseau central de train utilisée.

5.6.4.2 Etat UNNAMED

Cet état est actif après mise sous tension ou réinitialisation. La dérivation de nœud est activée. Le nœud vérifie s'il est capable de lancer l'inauguration du train ("checkStatus"). Dans l'affirmative ("prepForOp == TRUE), le nœud désactive la dérivation de nœud et passe à l'état NAMING.

5.6.4.3 Etat NAMING

Dans cet état, le nœud exécute le protocole d'inauguration tel que défini pour le réseau central de train utilisé. L'inauguration est terminée lorsque le nœud a défini un répertoire de réseau de train valable. Ensuite, le nœud passe à l'état NAMED et active l'échange des données utilisateur sur le réseau central de train. Si le nœud détecte une défaillance non récupérable, il doit revenir à l'état UNNAMED.

5.6.4.4 Etat NAMED

Dans cet état, les données utilisateur sont transférées vers le réseau central de train. Le nœud vérifie en parallèle les modifications apportées dans la topologie du réseau central de train. S'il s'agit d'un nœud terminal, l'inauguration est « bloquée » et un prolongement de train est détecté. Il reste à l'état NAMED tout en indiquant un prolongement de train. Dans tous les autres cas de changement topologique, et également lors de l'exécution d'une inauguration, il désactive l'échange des données utilisateur sur le réseau central de train, lance le protocole d'inauguration et passe à l'état NAMING.

5.6.5 Rôles des nœuds

Après une inauguration, un nœud de réseau central de train actif est répertorié dans l'un des rôles de nœud suivants:

- nœud intermédiaire, s'il comprend des nœuds voisins dans les deux directions
- nœud terminal, s'il comprend un nœud voisin dans une seule direction
- nœud unique, s'il ne comprend aucun nœud voisin

Les nœuds terminaux et les nœuds uniques ne doivent pas transmettre les données utilisateur vers l'extrémité ouverte.

NOTE Il faut éviter que les nœuds répertoriés dans un rôle de nœud terminal ou de nœud unique transfèrent des données utilisateur non destinées à des nœuds couplés.

5.6.6 Caractéristiques de fonctionnement

Un paramètre de caractéristiques de fonctionnement important pour l'inauguration du train est le temps T_{inaug} , spécifié par la durée maximale admissible entre l'occurrence d'un changement dans la séquence ou l'orientation des nœuds de réseau central de train et la réalisation de l'inauguration du train, en supposant l'absence de blocage de l'inauguration de train. L'inauguration du train est réalisée grâce à l'utilisation d'un répertoire de réseau de train actualisé et d'une nouvelle valeur TopoCount dans tous les nœuds de réseau central de train.

Des valeurs appropriées de T_{inaug} doivent être définies dans les profils de communication et d'application de TCN.

EXEMPLE Le CODE UIC 556 définit une valeur de $T_{\text{inaug}} = 1,4$ s.

6 Réseau de rame

6.1 Teneur du présent article

Le présent article spécifie les caractéristiques de base que doit fournir le réseau de rame pour assurer une communication dans l'ensemble du train, et ce, pour tous les types de trains. Ces caractéristiques doivent être communes à toutes les technologies de réseau de rame couvertes par la présente partie de la CEI 61375. Dans la mesure où les réseaux de rame sont utilisés dans des configurations différentes, ces configurations sont tout d'abord répertoriées dans des listes. L'orientation au niveau du véhicule est ensuite définie. La communication dans l'ensemble du train entre les dispositifs reliés au réseau de rame et qui peuvent utiliser différentes techniques de communication est activée par l'intermédiaire de passerelles. Le présent article décrit également les services que doivent fournir ces passerelles.

6.2 Domaine d'application de normalisation

Les parties de la norme associées aux technologies de réseau de rame MVB, CANopen et ECN doivent définir au moins, et pour chacune desdites technologies (voir Figure 15):

- L'interface de communication des données (Couches OSI 1 à 7) des dispositifs terminaux reliés au réseau de rame, mise en œuvre par une pile de protocole de communication présente sur le dispositif terminal.
- Les fonctions et services fournis par le réseau de rame aux dispositifs terminaux.
- La fonction passerelle pour le transfert de données entre le réseau central de train et le réseau de rame. Cette passerelle pourrait être mise en œuvre comme une passerelle de couche application (voir 6.4.3) ou comme un routeur (voir 6.4.4).
- Les caractéristiques de fonctionnement du réseau de rame.

L'interface de communication des données entre le réseau de rame et le réseau central de train et les fonctions fournies au réseau central de train doivent être soumises aux spécifications des parties de la norme applicables aux technologies de réseau central de train WTB et ETB.

NOTE 1 L'interface de communication des données entre ED/Réseau de Rame comprend toutes les spécifications et protocoles d'interface de la couche OSI 1 (Couche Physique) à la Couche OSI 7 (couche application) si disponibles. La norme ne précise pas la méthode de mise en œuvre de ces spécifications et protocoles dans l'ED et le TBN, et n'exige de ce fait aucune spécification d'interface de programmation d'application pour les piles de protocole de communication (CPS) présentes dans l'ED ou le TBN. Il peut néanmoins s'avérer utile de fournir des interfaces de programmation d'application normalisées.

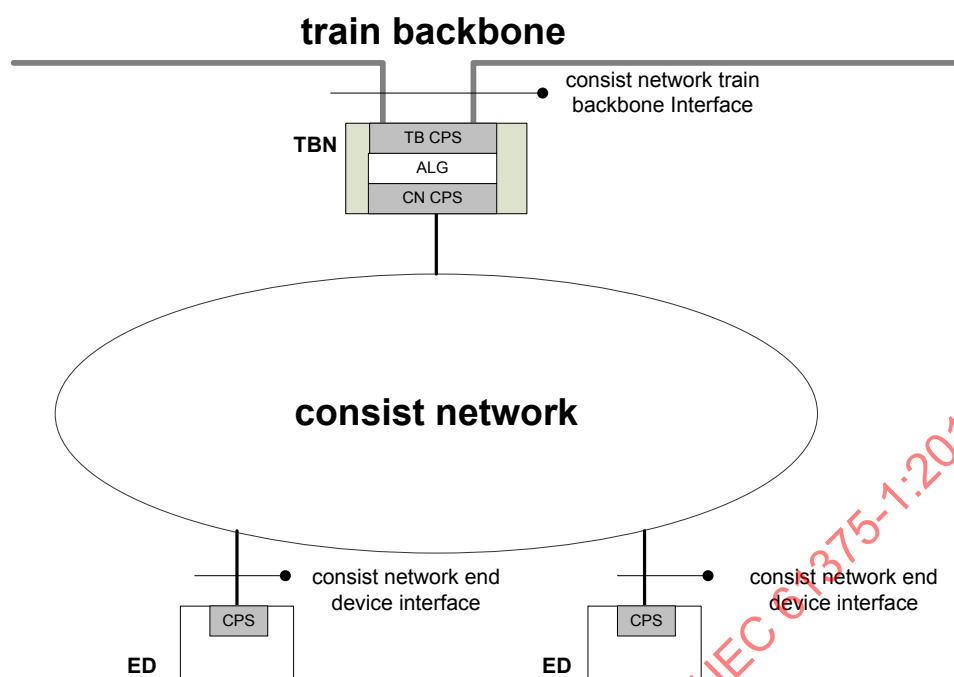
NOTE 2 La spécification de la topologie, des composants de réseau et des fonctions intrinsèques du réseau de rame n'est pas obligatoire.

NOTE 3 Exemples de paramètres de caractéristiques de fonctionnement:

- latence de la transmission des données
- gigue de la transmission des données
- temps de récupération après la défaillance d'un réseau simple
- disponibilité

NOTE 4 Exemples de fonctions et de services:

- service d'attribution automatique d'adresse aux dispositifs terminaux
- service de gestion de réseau



Légende

Anglais	Français
train backbone	réseau central de train
consist network train backbone interface	interface de réseau central de train et de réseau de rame
consist network	réseau de rame
consist network end device interface	interface de dispositif terminal de réseau de rame

Figure 15 – Interfaces normalisées de réseau de rame

6.3 Topologie de réseau de rame

6.3.1 Réseau de rame basé sur la technologie de bus (MVB, CANopen)

Avec la technologie de bus, les dispositifs de communication sont reliés à un support commun de transmission de données qui établit un domaine commun de diffusion et de collision, tel qu'illustré à la Figure 16.

Une méthode de contrôle de l'accès au bus doit être définie pour éviter les collisions.

EXEMPLE Le MVB contrôle l'accès au bus au moyen d'un bus maître.

Le support commun de transmission de données pourrait être doublé pour améliorer la disponibilité.

La communication entre le réseau de rame et le réseau central de train doit être réalisée par une passerelle. Cette passerelle doit être mise en œuvre comme partie intégrante du nœud de réseau central de train.

Il convient que la passerelle soit redondante.