

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Industrial communication networks – Wireless communication networks –
Part 2: Coexistence management**

**Réseaux de communication industriels – Réseaux de communication sans fil –
Partie 2: Gestion de coexistence**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62657-2:2017



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

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

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Industrial communication networks – Wireless communication networks –
Part 2: Coexistence management**

**Réseaux de communication industriels – Réseaux de communication sans fil –
Partie 2: Gestion de coexistence**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 25.040.40; 33.040; 35.100

ISBN 978-2-8322-4214-8

**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.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	10
2 Normative references	10
3 Terms, definitions, abbreviated terms and conventions.....	10
3.1 Terms and definitions.....	10
3.2 Abbreviated terms.....	21
3.3 Conventions.....	22
4 Coexistence concept in industrial automation	22
4.1 Overview.....	22
4.2 Objective	24
4.3 Necessity to implement a coexistence management.....	26
4.4 Interference potential.....	28
4.5 Ancillary conditions	29
4.6 Requirements to wireless devices for support of coexistence management	30
4.7 Concepts	30
4.7.1 Manual coexistence management	30
4.7.2 Automated non-collaborative metrics-based coexistence management	31
4.7.3 Automated collaborative metrics-based coexistence management	31
4.8 Best practices to achieve coexistence	32
4.9 Coexistence conceptual model.....	34
4.10 Coexistence management and selection of a wireless solution.....	36
4.11 Coexistence management system.....	38
5 Coexistence management parameters	38
5.1 General.....	38
5.1.1 Definition and usage of parameters	38
5.1.2 Physical link.....	38
5.2 Adjacent channel selectivity	38
5.3 Antenna gain	39
5.4 Antenna radiation pattern.....	39
5.5 Antenna type	39
5.6 Availability	39
5.7 Bandwidth.....	40
5.8 Bit rate of physical link	40
5.9 Centre frequency	40
5.10 Characteristic of the area of operation	40
5.11 Communication load	40
5.12 Cut-off frequency	42
5.13 Data throughput.....	43
5.14 Device type information	43
5.15 Distance between wireless devices	43
5.16 Duty cycle.....	44
5.17 Dwell time	46
5.18 Equivalent isotropic radiated power.....	47
5.19 Equivalent radiated power.....	47
5.20 Frequency band	47

5.21	Frequency channel	47
5.22	Frequency hopping procedure	48
5.23	Future expansion plan	48
5.24	Geographical dimension of the plant	48
5.25	Infrastructure device	48
5.26	Initiation of data transmission	48
5.27	ISM application	49
5.28	Length of user data per transfer interval	49
5.29	Limitation from neighbours of the plant	49
5.30	Maximum number of retransmissions	49
5.31	Mechanism for adaptivity	49
5.32	Medium access control mechanism	50
5.33	Modulation	50
5.34	Natural environmental condition	50
5.35	Network topology	50
5.36	Packet loss rate	51
5.37	Position of wireless devices	51
5.38	Power spectral density	51
5.39	Purpose of the automation application	52
5.40	Receiver blocking	52
5.41	Receiver input level	52
5.42	Receiver sensitivity	53
5.43	Regional radio regulations	53
5.44	Relative movement	53
5.45	Response time	53
5.46	Security level	54
5.47	Spatial coverage of the wireless communication network	54
5.48	Spurious response	54
5.49	Total radiated power	54
5.50	Transfer interval	54
5.51	Transmission gap	55
5.52	Transmission time	56
5.53	Transmitter output power	59
5.54	Transmitter sequence	59
5.55	Transmitter spectral mask	60
5.56	Update time	60
5.57	Wireless device density	61
5.58	Wireless communication network density	61
5.59	Wireless technology or standard	62
6	Coexistence management information structures	62
6.1	General	62
6.2	General plant characteristic	63
6.3	Application communication requirements	64
6.3.1	Overview	64
6.3.2	Requirements influencing the characteristic of wireless solutions	65
6.3.3	Performance requirements	66
6.4	Characteristic of wireless system type and wireless device type	66
6.4.1	Overview	66
6.4.2	Wireless system type	67

6.4.3	Wireless device type.....	67
6.5	Characteristic of wireless solution.....	70
6.5.1	Overview	70
6.5.2	Characteristic of a wireless network solution.....	70
6.5.3	Characteristic of a wireless device solution.....	71
7	Coexistence management process	72
7.1	General.....	72
7.1.1	Overview	72
7.1.2	Documentation	72
7.1.3	Suitable documentation method.....	75
7.1.4	Application of tools	76
7.2	Establishment of a coexistence management system	76
7.2.1	Nomination of a coexistence manager	76
7.2.2	Responsibility of a coexistence manager	77
7.2.3	Support by radio experts.....	77
7.2.4	Training	77
7.3	Maintaining coexistence management system.....	78
7.4	Phases of a coexistence management process	78
7.4.1	Investigation phase.....	78
7.4.2	Planning phase.....	81
7.4.3	Implementation phase.....	83
7.4.4	Operation phase	84
8	Coexistence parameter templates.....	86
	Bibliography.....	90
	Figure 1 – Issues of consideration	25
	Figure 2 – Applications using frequency spectrum	26
	Figure 3 – Progression of expense to achieve coexistence corresponding to the application classes	30
	Figure 4 – Separation of wireless systems according to frequency and time	33
	Figure 5 – Coexistence conceptual model.....	35
	Figure 6 – Flow chart of the coexistence conceptual model.....	36
	Figure 7 – Selection of a wireless system in the coexistence management process	37
	Figure 8 – Communication load in case of two wireless devices	41
	Figure 9 – Communication load in the case of several wireless devices	42
	Figure 10 – Cut-off frequencies derived from maximum power level	43
	Figure 11 – Distance of the wireless devices	44
	Figure 12 – Duty cycle	45
	Figure 13 – Maximum dwell time	46
	Figure 14 – Power spectral density of an IEEE 802.15.4 system	52
	Figure 15 – Communication cycle, application event interval and machine cycle	55
	Figure 16 – Minimum transmission gap	56
	Figure 17 – Example of the density functions of transmission time	57
	Figure 18 – Example of the distribution functions of transmission time	58
	Figure 19 – Transmitter sequence.....	59
	Figure 20 – Transmitter spectral mask of an IEEE 802.15.4 system	60

Figure 21 – Example of distribution functions of the update time	61
Figure 22 – Principle for use of coexistence parameters	63
Figure 23 – Parameters to describe the general plant characteristic	63
Figure 24 – Parameters to describe application communication requirements	65
Figure 25 – Parameters to describe wireless network type and device type	66
Figure 26 – Power spectral density and transmitter spectral mask of a DECT system	68
Figure 27 – Medium utilization in time and frequency of a DECT system	68
Figure 28 – Parameters to describe a wireless solution	70
Figure 29 – Relations of the documents in a coexistence management system specification	75
Figure 30 – Planning of a wireless system in the coexistence management process	82
Figure 31 – Implementation and operation of a wireless system in the coexistence management process	85
Table 1 – Example of a classification of application communication requirements	24
Table 2 – Application profile dependent observation time values	45
Table 3 – Parameter options for frequency channel	48
Table 4 – List of parameters used to describe the general plant characteristic	64
Table 5 – List of parameters used to describe the requirements influencing the characteristic of wireless solutions	65
Table 6 – List of parameters used to describe performance requirements	66
Table 7 – List of parameters used to describe the wireless system type	67
Table 8 – List of parameters used to describe the transmitter of a wireless device type	69
Table 9 – List of parameters used to describe the receiver of a wireless device type	69
Table 10 – List of parameters used to describe a wireless network solution	70
Table 11 – List of parameters used to describe the transmitter of a wireless device solution	71
Table 12 – List of parameters used to describe the receiver of a wireless device solution	72
Table 13 – Template used to describe the general plant characteristic	86
Table 14 – Template used to describe the application communication requirements	87
Table 15 – Template used to describe the wireless system type	87
Table 16 – Template used to describe a wireless device type	88
Table 17 – Template used to describe the wireless network solution	88
Table 18 – Template used to describe a wireless device solution	89
Table 19 – Template used to describe an ISM application	89

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS – WIRELESS COMMUNICATION NETWORKS –

Part 2: Coexistence management

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 62657-2 has been prepared by subcommittee 65C: Industrial networks, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement, control and automation.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2013. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) update of the normative references, terms, definitions, symbols and abbreviations;
- b) addition of terms;

- c) checking of the life-cycle terms of this document versus the terms used in IEC 62890:—¹ and addition of explanations;
- d) addition and modification of text to make the text more readable;
- e) alignment of some definitions and specifications of coexistence parameters in order to facilitate their future inclusion in the IEC Common Data Dictionary (IEC CDD) maintained by the IEC.

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

FDIS	Report on voting
65C/861/FDIS	65C/873/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 the parts of the IEC 62657 series, under the general title *Industrial communication networks – Wireless communication networks*, 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 website 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.

¹ Under preparation. Stage at the time of publication: IEC/AFDIS 62890:2017.

INTRODUCTION

The overall market for wireless network solutions spans a range of diverse applications, with differing performance and functional requirements. Within this overall market, the industrial automation domain could include:

- process automation, covering for example the following industry branches:
 - oil and gas, refining,
 - chemical,
 - pharmaceutical,
 - mining,
 - pulp & paper,
 - water & wastewater,
 - steel
- electric power such as:
 - power generation (for example wind turbine),
 - power transmission and distribution (grid),
- factory automation, covering for example the following industry branches:
 - food and beverage,
 - automotive,
 - machinery,
 - semiconductor.

Industrial automation requirements for wireless networks are different from those of, for example, the telecommunications, commercial and consumer markets. These industrial automation requirements are identified and provided in IEC 62657-1.

Industrial premises may contain a variety of wireless network technologies and other sources of radio frequency emissions.

This document is intended for designers and persons responsible for production and process plants, system integrators and mechanical engineers having to integrate and start up wireless systems in machines and plants, and producers of industrial wireless solutions. In particular, it is intended to motivate exchange of information between automation and radio engineers.

Many wireless industrial automation applications are also located in physical environments over which the operator/owner can exert control. That is, within a physical facility where the presence and operation of all radio frequency emitting devices are under the control of a single entity. This allows wireless management strategies to be employed which are not feasible for equipment installed in public or other unmanaged areas.

In industrial automation, many different wireless networks may operate in the same premises. Examples of these networks are IEC 62591 [8]² (WirelessHART^{®3}), IEC 62601 [9] (WIA-PA) and IEC 62734 [10] (ISA100.11a); all these networks use IEEE 802.15.4 [19] for the process automation applications. Other examples of wireless networks are specified in IEC 61784-1 [4] and IEC 61784-2 [5] CPs that use IEEE 802.11 [17] and IEEE 802.15.1 [18] for factory automation applications. Different to wired fieldbuses, the wireless communication devices can interfere with others on the same premises or environment, disturbing each other. Other sources of radio frequency energy in these bands, often at high energy levels, include radio-frequency process heating, plastic welding, plasma lamps, and microwave irradiation devices.

Clearly, without a means to manage the coexistence of these varied emitters, it would be problematic to ensure that wireless networks meet the time-criticality and other performance requirements of industrial automation.

The IEC 62657 series has two parts:

- Part 1: Wireless communication requirements and spectrum considerations
- Part 2: Coexistence management

IEC 62657-1 provides general requirements for industrial automation and spectrum considerations that are the basis for industrial communication solutions. This document specifies the coexistence management of wireless devices to ensure predictable performance. It is intended to facilitate harmonization of future adjustments to international, national, and local regulations.

This document provides the coexistence management concept and process. Based on the coexistence management process, a predictable assuredness of coexistence can be achieved for a given spectrum with certain application requirements. This document describes mechanisms to manage the potential mutual interference that might occur due to the operation of multiple wireless devices in a plant.

This document provides guidance to the users of wireless networks on selection and proper use of wireless networks. To provide suitable wireless devices to the market, it also serves vendors in describing the behaviours of wireless devices to build wireless networks matching the application requirements.

This document is based on analyses of a number of International Standards, which focus on specific technologies. The intention of this standard is not to invent new parameters but to use already defined ones and to be technology independent.

² Numbers in square brackets refer to the bibliography.

³ WirelessHART is the registered trade name of the FieldComm Group, see www.fieldcommgroup.org. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by IEC of the product named. Equivalent products may be used if they can be shown to lead to the same results.

INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS – WIRELESS COMMUNICATION NETWORKS –

Part 2: Coexistence management

1 Scope

This document:

- specifies the fundamental assumptions, concepts, parameters, and procedures for wireless communication coexistence;
- specifies coexistence parameters and how they are used in an application requiring wireless coexistence;
- provides guidelines, requirements, and best practices for wireless communication's availability and performance in an industrial automation plant; it covers the life-cycle of wireless communication coexistence;
- helps the work of all persons involved with the relevant responsibilities to cope with the critical aspects at each phase of life-cycle of the wireless communication coexistence management in an industrial automation plant. Life-cycle aspects include: planning, design, installation, implementation, operation, maintenance, administration and training;
- provides a common point of reference for wireless communication coexistence for industrial automation sites as a homogeneous guideline to help the users assess and gauge their plant efforts;
- deals with the operational aspects of wireless communication coexistence regarding both the static human/tool-organization and the dynamic network self-organization.

This document provides a major contribution to national and regional regulations. It does not exempt devices from conforming to all requirements of national and regional regulations.

2 Normative references

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

IEC 62657-1:—⁴, *Industrial communication networks – Wireless communication networks – Wireless communication requirements and spectrum considerations*

IEC 62443 (all parts), *Industrial communication networks – Network and system security*

3 Terms, definitions, abbreviated terms and conventions

3.1 Terms and definitions

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

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

⁴ Under preparation. Stage at the time of publication: IEC/RFDIS 62657-1:2017.

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1.1

adjacent channel interference

interference that occurs from wireless devices using adjacent frequency channels

3.1.2

adjacent channel selectivity

ability of a radio receiver to respond to the desired signal and to reject signals in adjacent frequency channels

3.1.3

antenna type

structure or device used to collect or radiate electromagnetic waves

3.1.4

antenna gain

ratio of the power required at the input of a reference antenna to the power supplied to the input of the given antenna to produce, in a given direction, the same field strength at the same distance

[SOURCE: Federal Standard 1037C:1996, modified] [21]

3.1.5

antenna radiation pattern

variation of the field intensity of an antenna as an angular function with respect to the axis

3.1.6

automation application

industrial automation application

application of measurement and automatic control in the industrial automation domain

3.1.7

automation application data length

user data length

number of octets that are exchanged at the reference interface

3.1.8

availability, <performance>

ability of an item to be in a state to perform as required function under given conditions at a given instant of time or over a given time interval, assuming that the required external resources are provided

Note 1 to entry: This ability depends on the combined aspects of the reliability performance, the maintainability performance, and the maintenance support performance.

Note 2 to entry: Required external resources, other than maintenance resources, do not affect the availability performance of the item.

[SOURCE: IEC 60050-191:1990, 191-02-05]

3.1.9

bandwidth

difference between upper cut-off frequency and lower cut-off frequency

3.1.10

cellular topology

cellular network topology

network topology where the geographical area is divided in cells

Note 1 to entry: A device can move from one cell to another cell. Devices that are in a cell communicate through a central hub. Hubs in different cells are interconnected.

3.1.11

centre frequency

geometric mean of lower cut-off frequency and upper cut-off frequency of a frequency channel

3.1.12

channel occupation

time in which the medium is busy

Note 1 to entry: Beyond the pure transfer of user data, this time includes all time slices necessary to process the transmission protocol, for example to transfer an acknowledgement.

3.1.13

coexistence

wireless communication coexistence

state in which all wireless communication solutions of a plant using shared medium fulfil all their application communication requirements

Note 1 to entry: In IEEE 802.15.2-2003 [19] the coexistence is defined as a characteristic of a device.

3.1.14

coexistence assessment

undertaking of an investigation in order to arrive at a judgment, based on evidence of the suitability of a set of products and their installation to achieve coexistence

3.1.15

coexistence management

process to establish and to maintain coexistence that includes technical and organizational measures

3.1.16

coexistence planning

process that describes the allocation of wireless communication resources (time, frequencies, coding, space) to each wireless communication system in order to achieve coexistence

3.1.17

communication load

amount of user data to be transmitted from the automation application within a certain period of time

3.1.18

cut-off frequency

frequency limit, nearest to the frequency where the spectral power density drops below a certain level, defining the frequency bandwidth

3.1.19

data throughput

ratio of the number of user data per time period, transferred within a consumer at the reference interface to the application

3.1.20

device type information

manufacturer name, manufacturer contact, the type and version of hardware and software

3.1.21**distance between wireless devices**

geographical distance between devices within a three-dimensional space

3.1.22**duty cycle**

ratio of the transmitter sequence referenced to a given observation time for the used frequency channel

3.1.23**dwelt time**

period spent at a particular frequency during any single hop of a frequency hopping system

3.1.24**equivalent isotropic radiated power**

product of the power supplied to the antenna and the antenna gain in a given direction relative to an isotropic antenna (absolute or isotropic gain)

[SOURCE: Radio Regulations (2012) – Art.1 §1.161, modified — term modified from isotropically to isotropic and definition reformatted according to the ISO/IEC Directives Part 2]

3.1.25**effective radiated power**

product of the power supplied to the antenna and its gain relative to a half-wave dipole in a given direction

[SOURCE: Radio Regulations (2012) – Art.1 §1.162, modified — Deleted “(in a given direction)” and definition reformatted according to the ISO/IEC Directives Part 2]

3.1.26**electromagnetic interference**

EMI

degradation of the performance of an equipment, transmission channel or system caused by an electromagnetic disturbance

Note 1 to entry: In French, the terms “perturbation électromagnétique” and “brouillage électromagnétique” designate respectively the cause and the effect, and should not be used indiscriminately.

Note 2 to entry: In English, the terms “electromagnetic disturbance” and “electromagnetic interference” designate respectively the cause and the effect, and should not be used indiscriminately.

[SOURCE: IEC 60050-161:1990/AMD1:1997, 161-01-06]

3.1.27**frequency band**

range in the frequency spectrum that is assigned by regulatory organizations for use for specific applications or a group of applications

Note 1 to entry: The ITU as international regulatory organization assigns only radio communication services to a specific range in the frequency spectrum.

3.1.28**frequency channel**

span of the frequency band which is characterized by lower cut-off frequency and upper cut-off frequency or by centre frequency and bandwidth that is used by a wireless communication system under a specification (standard or device specification) or under a regulatory measure from the responsible regulatory organization

Note 1 to entry: The coordinated use of different frequency channels is one of the measures to achieve coexistence.

3.1.29

frequency hopping procedure

sequence of frequency channels used for transmission (hopping sequence) and dwell time

3.1.30

future expansion plan

possible installation of new wireless communication solutions and buildings that can affect coexistence

3.1.31

geographical dimension of the plant

length, width and height of the intended space of the wireless system

3.1.32

immunity

ability of an item to continue operating properly in the event of an interference, up to a certain level of interference, and to be resilient above this level

Note 1 to entry: Immunity of an item is achieved by adding to the robustness of the item the ability to be resilient to interference.

3.1.33

infrastructure device

device that is essential for building up a wireless communication system according to a technology or standard, but not having an interface to an automation application

EXAMPLE Router or base stations without interfaces to the wired industrial network or without automation application functions.

3.1.34

initiation of data transmission

method that specifies how the application initiates the data transfer

3.1.35

intermodulation sensitivity

levels of out-of-band interfering signals that, when mixed in the receiver front-end, produce an in-band third order non-linearity product

3.1.36

interference

radio frequency interference

effect of unwanted energy due to one or a combination of emissions, radiations, or inductions upon reception in a radio communication system, manifested by any performance degradation, misinterpretation, or loss of information which could be extracted in the absence of such unwanted energy

[SOURCE: Radio Regulations (2004) – Art.1 §1.166]

3.1.37

industrial, scientific and medical application

operation of equipment or appliances designed to generate and use locally radio frequency energy for industrial, scientific, medical, domestic or similar purposes, excluding applications in the field of telecommunications

[SOURCE: Radio Regulations (2012) – Art.1 §1.15]

3.1.38

jitter

time variation of an expected occurrence

Note 1 to entry: Examples are variation of transmission time and update time.

3.1.39**length of user data per transfer interval**

number of the octets sent out during a transfer interval, where the octets that are added because of the requirements of the wireless communication protocol are subtracted

Note 1 to entry: The application data length affects the communication load and might account for the temporal separation of the wireless communication systems.

3.1.40**life-cycle**

length of time from the start of the development phase of a product type to the product abandonment

[SOURCE: IEC 62890:—⁵, 3.1.19]

3.1.41**limitation from neighbours of the plant**

description of the neighbors of the plant that are likely to cause limitations for wireless communication

EXAMPLE High power radio source(s).

3.1.42**linear topology****linear network topology**

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

Note 1 to entry: This topology corresponds to that of an open ring.

[SOURCE: IEC 61918:2013, 3.1.44]

3.1.43**lower cut-off frequency**

frequency furthest below the frequency of maximum power where the power spectral density drops below a certain level

3.1.44**mechanisms for adaptivity**

measures to modify one or more of the systems operational parameters in order to improve the systems robustness against interferences and to minimize the medium utilization

3.1.45**maximum number of retransmissions**

upper limit of how many times user data are allowed being retransmitted automatically by the communication stack because of transmission errors

3.1.46**mechanism for adaptivity**

technique or procedure to increase coexistence capability

3.1.47**medium access control mechanism**

transmission technique how to access the medium

Note 1 to entry: Examples are CSMA, TDMA, or combination of both.

⁵ Under preparation. Stage at the time of publication: IEC/AFDIS 62890:2017.

3.1.48

mesh topology

mesh network topology

topology in which redundant physically-diverse routing paths are available between each pair of network nodes

Note 1 to entry: Wireless mesh topology is usable to extend coverage via multi-hop capability and/or to facilitate communication reliability by providing redundant paths between devices.

[SOURCE: IEC 62734:2014, 3.1.2.95]

3.1.49

metrics

set of quantitative indicators corresponding to selected properties of a communication device, equipment, or wireless communication system

3.1.50

modulation

process of varying one or more properties of a periodic waveform with a modulating signal that contains information to be transmitted

3.1.51

natural environmental condition

condition that surrounds the wireless device and wireless system

Note 1 to entry: Examples are temperature, humidity, air pressure.

3.1.52

network

all of the media, connectors, repeaters, routers, gateways and associated node communication elements by which a given set of communicating devices are interconnected

[SOURCE: IEC 61158-2:2014, 3.1.30]

3.1.53

node

end-point of a branch in a network

[SOURCE: IEC 61918:2013, 3.1.50]

3.1.54

other frequency user

user which generates and uses radio frequency energy without having the objective of telecommunication

Note 1 to entry: Examples are welding machine, electrical drive and frequency converter

3.1.55

out-of-band emission

emission on a frequency or frequencies immediately outside the necessary bandwidth which results from the modulation process, but excluding spurious emissions

[SOURCE: Radio Regulations (2012) – Art.1 §1.144]

3.1.56

packet loss rate

ratio of number of packets, transferred from the application at the reference interface within the producer, and the number of packets, transferred at the reference interface to the application within the consumer

3.1.57**physical link**

relation between radio transceivers (physical end points) of two wireless devices

3.1.58**plant**

managed facility, typically with a physically protected perimeter, hosting the physical process, operation, personnel, equipment

3.1.59**point-to-point topology****point-to-point network topology**

topology where two nodes are directly connected to each other

3.1.60**position of wireless device**

geographical position of the three dimensional space in absolute or relative coordinates where the device is located

3.1.61**power spectral density**

distribution as a function of frequency of the power per unit bandwidth of the spectral components of a signal or a noise having a continuous spectrum and a finite mean power

[SOURCE: IEC 60050-713:1998, 713-09-12]

3.1.62**purpose of the automation application**

summary of the automation application supported by the wireless network to the extent needed to provide a useful overview of the requirements imposed on the wireless network

3.1.63**frequency channel**

span of the frequency spectrum which is characterized by lower cut-off frequency and upper cut-off frequency or by centre frequency and bandwidth

3.1.64**radio resource**

means used by multiple wireless communication solutions for the purpose of radio signal transmission

3.1.65**radio robustness**

attribute of wireless communication to fulfil the designated function despite the presence of other active wireless applications interfering in the sphere of influence

Note 1 to entry: This term has the same meaning as the definition of the term coexistence in IEEE 802.15.2:2003, 3.1.2 [19].

3.1.66**reference interface**

exposed interface between an automation application and the wireless communication function

Note 1 to entry: There is no consistently defined interface for measurement and automation. The interface of the device might be a serial or a parallel hardware interface, a fieldbus interface, a software interface, or serial, parallel, discrete, and analog interface.

3.1.67

receiver blocking

effect of a strong interfering signal on the receiver's ability to detect a low-level wanted signal

3.1.68

receiver input level

received signals with levels above the receiver maximum input level

3.1.69

receiver maximum input level

maximum signal power that the system can tolerate without distortion of the signal

3.1.70

receiver sensitivity

minimal signal power to receive data with a defined bit error rate

3.1.71

regional radio regulation

regulation of important coexistence parameters such as frequency band and output power related to the region where the wireless application is intended to be used

3.1.72

relative movement

position of a wireless device over time

3.1.73

response time

time interval between the instant delivery of the first user data bit, or octet, of a packet to the reference interface of a transmitter, and the instant when the last bit, or octet, of the confirmation packet is delivered at the reference interface of the same transmitter, which can be assigned to the request

3.1.74

ring topology

ring network topology

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

[SOURCE: IEC 61918:2013, 3.1.63]

3.1.75

robustness

ability of an item to continue operating properly in the event of an interference, up to a certain level of the interference

Note 1 to entry: The robustness of an item may be increased with measures that modify one or more of its operational parameters.

3.1.76

security level

requirement category for cyber security

3.1.77

shared medium

resource of frequency band in particular area shared by several wireless applications

Note 1 to entry: In the industrial, scientific and medical (ISM)-bands many wireless applications are used. Due to this joint use, the term shared medium is used in this document. The frequency bands are used by diverse ISM applications and wireless communication applications.

3.1.78**spatial coverage of the wireless communication network**

coverage specified by length, width and height of a cuboid that encloses the wireless communication network

3.1.79**spurious emission**

emission on a frequency or frequencies which are outside the necessary bandwidth and the level of which may be reduced without affecting the corresponding transmission of information, including harmonic emissions, parasitic emissions, intermodulation products and frequency conversion products, but exclude out-of-band emissions

[SOURCE: Radio Regulations (2012) – Art.1 §1.145]

3.1.80**spurious response**

receiver output due to unwanted signals

Note 1 to entry: That means having frequencies other than those of the tuned frequency channel.

3.1.81**star topology****star network topology**

network of three or more devices topology where all devices are connected to a central device

[SOURCE: IEC 61918:2013, 3.1.69, modified — information in the brackets “(which may be active or passive)” deleted]

3.1.82**telecommunication**

any transmission, emission or reception of signs, signals, writings, images and sounds or intelligence of any nature by wire, radio, optical or other electromagnetic systems

[SOURCE: Radio Regulations (2012) – Art.1 §1.3]

3.1.83**topology of a network**

network topology

pattern of the relative positions and interconnections of the individual elements of the network

[SOURCE: IEC 61918:2013, 3.1.73, modified – Deletion of “Note 1 to entry” and addition of admitted term]

3.1.84**total radiated power**

spatial power density integrated across the surface of the sphere

3.1.85**transfer interval**

time difference between two consecutive transfers of user data from the automation application via the reference interface to the wireless communication function

3.1.86**transmission gap**

gap between two successive channel usages by a transmitter

3.1.87

transmitter sequence

time that a transmitter uses a frequency channel without the possibility to be interrupted by a wireless device of the same network

3.1.88

transmission output power

total radiated power reduced by losses between the transmitter output and the antenna

3.1.89

transmitter spectral mask

envelope of maximum values of power spectral density over a frequency range

3.1.90

tree topology

tree network topology

network topology where all nodes are connected in a combination of a linear and a star topology

3.1.91

update time

interval from the delivery of the last user data byte of the packet of a producer, from the reference interface of a consumer to the automation application, until the delivery of the last user data byte of the following packet of the same producer

3.1.92

upper cut-off frequency

frequency furthest above the frequency of maximum power where the power spectral density drops below a certain level

3.1.93

wireless application

any use of electromagnetic waves with devices or equipment for the generation and use of radio frequency energy

Note 1 to entry: The definition includes radio determination equipment.

3.1.94

wireless communication

communication in which electromagnetic radiations are used to transfer information without the use of wires or optical fibers

3.1.95

wireless communication application

part of an industrial automation application that uses wireless communication

3.1.96

wireless device

wireless automation device

equipment of wireless communication applications that uses radio waves for wireless communication with other equipment of wireless communication applications

3.1.97

wireless device density

number of wireless devices within the spatial coverage of the wireless communication network

3.1.98**wireless network**

wireless communication network

network consisting of at least two wireless devices that established wireless communication

3.1.99**wireless communication network density**

ratio of the number of wireless communication networks and the spatial coverage of the plant

3.1.100**wireless solution****wireless communication solution**

specific implementation or instance of a wireless communication system

Note 1 to entry: A wireless solution may be composed of products of one or more producers.

3.1.101**wireless system****wireless communication system**

set of interrelated elements providing wireless communication

Note 1 to entry: A wireless system is a high level representation of a system, while a wireless solution is a practical instance of a system. A wireless system can comprise one or more wireless networks.

3.1.102**wireless technology or standard**

naming the wireless technology or standard

EXAMPLE Examples of standards specifying a wireless communication network are IEC 62591, IEC 62601 and IEC 62734.

3.2 Abbreviated terms

AFH	Adaptive frequency hopping
CEPT	European conference of postal and telecommunications administrations
CP	Communication profile according to IEC 61784-2 [5]
CSMA	Carrier sense multiple access
DAA	Detect and avoid
DAR	Detect and reduce
DAS	Detect and suppress
DECT	Digital enhanced cordless telecommunications
ECO	European communications office (the electronic communications committee of CEPT)
EIRP	Equivalent isotropic radiated power
EMC	Electromagnetic compatibility
EMI	Electromagnetic interference
ERP	Effective radiated power
GSM	Global system for mobile communications
IF	Intermediate frequency
IP	Internet protocol
ISM	Industrial, scientific and medical
IT	Information technology
ITU	International telecommunication union
LAN	Local area network

LOS	Line of sight
MAC	Medium access control
NLOS	Non line of sight
N/A	Not applicable
OLOS	Obstructed line of sight
PCB	Printed circuit board
PHY	Physical layer
PLR	Packet loss rate
PSD	Power spectral density
RFID	Radio frequency identification
SIR	Signal-to-interference ratio
TDMA	Time division multiple access
TRP	Total radiated power
UMTS	Universal mobile telecommunications system
WD	Wireless device
WIA-PA	Wireless network for industrial automation – process automation
WLAN	Wireless local area network
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.; the german electrical and electronic manufacturers' association

3.3 Conventions

NOTE The graphical representations of flow charts in figures are based on ISO 5807 [12].

The following conventions for the coexistence management parameter templates in Clause 8 apply:

- The column "Parameter" uses indentations to cluster certain parameters. The parameters that are more to the right belong to the parameter above that is more left.
- The column "Usage" specifies whether the parameter is mandatory, optional, or selection, if one out of several parameters is selected.
- The item "Value" can contain a range or a list of values if the parameters allow multiple options. If a parameter does not have a unit, then the item "Unit" shall be marked with not applicable (N/A).

4 Coexistence concept in industrial automation

4.1 Overview

Wireless communication allows industrial processes to be implemented more cost-efficiently, flexibly and reliably, as well as allowing the use of new automation concepts. Industrial automation applications usually place stricter requirements on reliability and real-time capability of wireless communication than applications in the domestic and office domain. Industrial automation applications can also reside in industrial facilities with higher ambient electromagnetic interference (EMI) levels than those of in non-industrial domains.

Additional sources of radio frequency emissions will also need to be taken into account during coexistence management.

NOTE In some industrial environments other sources of radio frequency emissions can be present within the same bands as used by the wireless communications systems. These emitters can include devices with unintentional emissions, such as high power welding devices which generate wideband electromagnetic energy.

Because of those requirements, different wireless systems are used. It is quite likely that several wireless systems may operate simultaneously in one place. Since these wireless systems share a common medium, interferences can be assumed throughout their life-cycles. This impacts system performance including reliability and its ability to meet real-time response requirements. This document is intended to help identify potential risks and to recommend measures to control these risks, depending on the requirements of the industrial automation application. This document also illustrates that most often the coexistence of several wireless systems and simultaneously the efficient handling of the frequency spectrum as a limited resource is feasible if an appropriate approach is chosen, taking into account the respective requirements. In order to achieve this, a process is needed in which all aspects of the coexistence of wireless systems during design, commissioning, and operation, as well as maintenance, are considered. This process, called coexistence management of wireless solutions, is the subject of this document. Associated actions and decisions serve to comply with the claimed limit values for the application over the whole life-cycle of the plant.

This process can be more or less complex, depending on the relevance of the requirements related to the wireless communication for the plant. This complexity depends, among other aspects, on the characteristics of the wireless communication application served by each wireless solution (for example control with strict real time requirements), the number and location of the wireless solutions that can potentially interfere with each other, and the presence of any other radio frequency emitters in the same bands.

If no, or just modest, requirements are made on the wireless system, a lower effort for the coexistence of wireless solutions will be necessary than in the case of a wireless system that is part of a control application with strict real-time requirements. However, it is strongly recommended to consider that additional wireless systems might be implemented later or that the requirements on the present wireless system might change in the future (for example due to additional applications). The plant design shall ensure that the applied coexistence measures match the requirements of the wireless system.

The state of coexistence is characterized by meeting the limit values of relevant parameters for all wireless communication applications in the considered area. This state of coexistence is accomplished with appropriate actions in planning and in operation. This clarifies that coexistence is not a static attribute of a wireless solution, but rather a state within the life-cycle of a plant. It is possible to leave this state temporarily or permanently due to certain events. The parameter limit values are determined by the automation application in which the wireless communication takes place. This also implies that the coexistence management shall be evaluated and established contextually and in full accordance with the automation application.

From a general point of view, coexistence of two or more wireless solutions may be achieved by making orthogonal the transmissions that come from different sources.

There are three possibilities to manage coexistence, where a) means a higher amount of labor hours to establish and maintain the coexistence management and b) and c) means an increasing level of automation:

- a) manual coexistence management (lowest level);
- b) automated non-collaborative metrics-based coexistence management;
- c) automated collaborative metrics-based coexistence management (highest level).

Automated and unattended techniques, and the algorithms on which they are based, are usually classified into two broad categories: collaborative and non-collaborative.

4.2 Objective

This document is focused on measures to provide coexistence of wireless systems for measurement and automation applications. These industrial automation applications can be classified in various ways. For example, in Table 1 they are classified according to the degree of the application criticality. Efforts for coexistence management can vary according to the classification described in Table 1.

Table 1 – Example of a classification of application communication requirements

Class	Application	Application communication requirements
Functional safety	Implementation of a safety-related system whose failure could have an impact on the safety of persons and/or the environment and/or the plant	The communication protocol should support functional safety communication and the coexistence management shall be established in order to fulfil all requirements of this document.
Control	Closed or open loop control	The communication protocol should support a higher availability, reliability, and time-criticality protocol than the one used for other application domains like consumer industry or telecommunication. The coexistence management shall be established in order to fulfil most of the requirements of this document.
Monitoring	Process visualization and alerting	No specific add-ons required for the communication protocol. Typically monitoring application can be satisfied by a relaxed set of requirements. The coexistence management shall be established in order to fulfil these minimum requirements.
NOTE The relative terms “most” and “minimum” are based on the graphical description in Figure 3.		

The classification of automation applications provided with Table 1 refers to the functional requirements of the process industry application to be satisfied. This classification can also be adapted in other application domains.

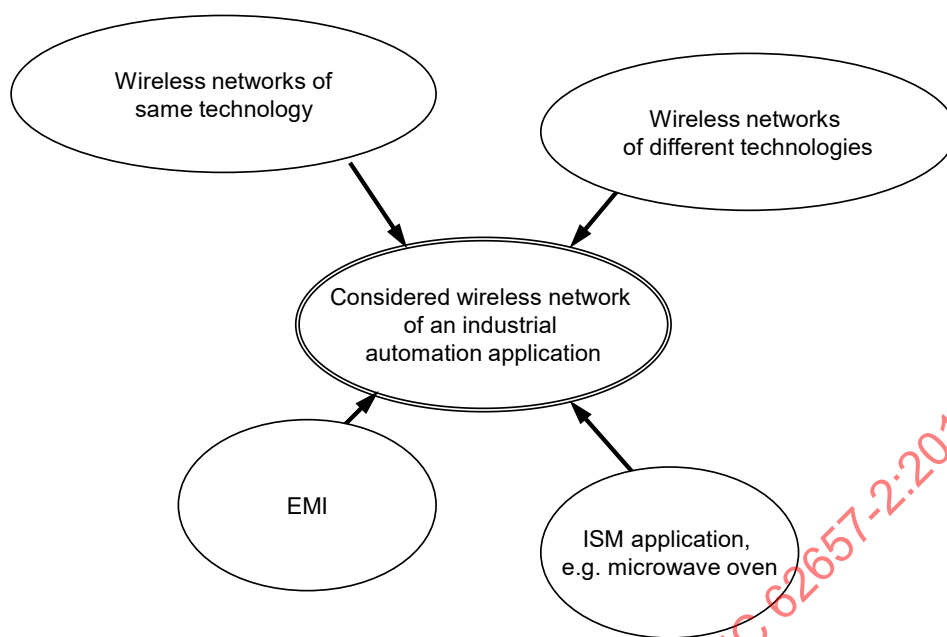
However, the determination of the criticality and the associated application communication requirements shall be determined on a case-by-case basis by the coexistence manager.

NOTE 1 Application communication requirements are described in IEC 62657-1.

Applications ranging from radio bar code readers to voice and video over IP applications can be classified likewise, and can be dealt with according to this document.

The applicability of this document is not confined to a specific band, for example the 2,4 GHz ISM band. Both concurrent communication systems and other approved wireless applications, such as microwave systems for drying or plastics welding, are considered as interferences. Moreover, further interferences might occur due to powerful low frequency electromagnetic fields (for example transformers, powerful motors or other EMI influences, see Figure 1). The interference sources to be considered are detailed in 4.4.

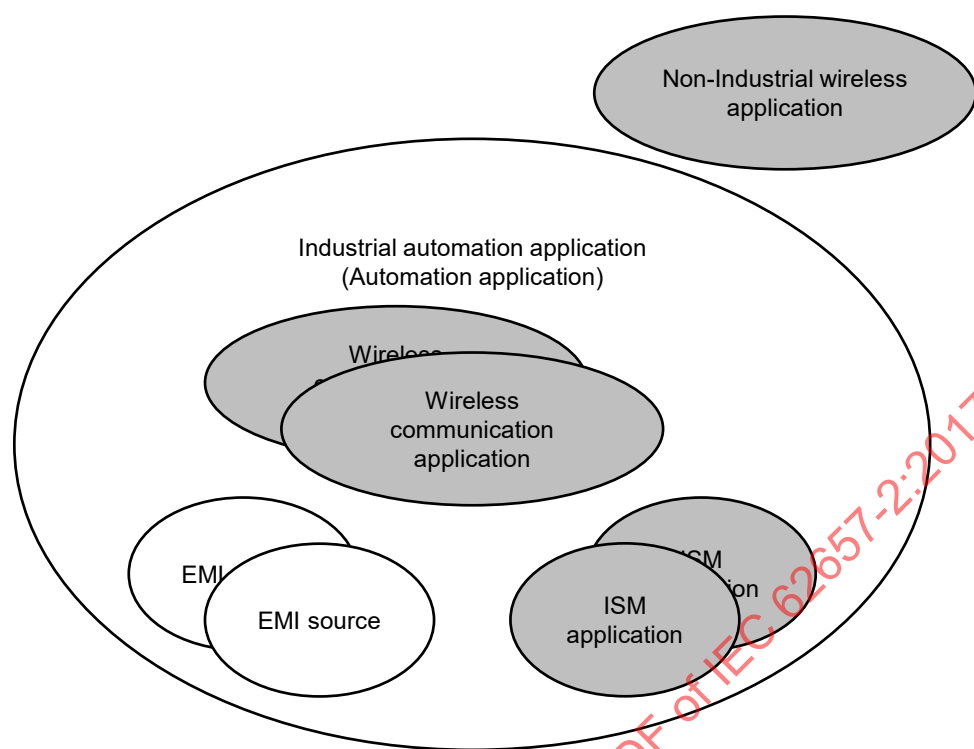
NOTE 2 The analysis of EMI is outside of scope of this document but has been considered.



IEC

Figure 1 – Issues of consideration

In Figure 2 the relation between industrial automation application, wireless communication application, EMI, ISM application and non-industrial wireless application is depicted. Wireless application is used as generic term for wireless communication application, ISM application and non-industrial wireless communication (grey in Figure 2). Wireless communication applications are parts of an automation application. Other parts of automation applications may use ISM spectrum e.g. for welding processes. Furthermore, equipment of industrial automation applications may be source of electromagnetic interference (EMI). In addition non-industrial wireless applications (e.g. smart phones or laptops) may use the spectrum in an industrial environment.



IEC

Figure 2 – Applications using frequency spectrum

This document is aimed at addressing coexistence management at the location of an enterprise; however, the manager shall take into consideration the fact that some interference could come from outside the location of the plant. The manager shall identify and characterize potential external radio frequency sources and their distance from the enterprise. Controls should be in place to ensure that unauthorized or unaccounted mobile sources are not allowed in the enterprise area.

It is assumed that, in conditions without interference, a wireless communication system basically meets the requirements of the wireless automation application and that, in particular, the limit values for time and error behaviour are taken into account by planning the communication requirements.

The measures described here are to ensure the required performance even in the presence of other wireless applications.

4.3 Necessity to implement a coexistence management

The frequency spectrum is a valuable limited resource which will be rapidly exhausted in the case of unmanaged use.

The following list shows an example of wireless devices to be found in industrial environments:

- wireless sensors and actuators;
- WLAN access point and clients;
- mobile panel;
- RFID devices and RFID readers.

There are also devices which may emit radio frequency energy in the same bands as the wireless devices:

- radio-frequency process heating;
- plastic welding;
- plasma lamps;
- general welding and
- other devices.

There is a high risk of interference whereby, under certain conditions the assumed availability and performance requirements cannot be observed. In order to avoid this, or rather to reduce the risk of interference a company-wide process for the administration of wireless applications for all parties involved is strongly recommended, and if adopted, shall be implemented according to this document. Coexistence management is an intra-company process which should be adjusted to the structure and the internal processes of the enterprise. In each individual company the structure and the processes can be organized differently.

Moreover, the focus in defining the process or its sub-steps can vary according to the user groups concerned:

- wireless communication applications with a high data throughput, but relaxed real-time requirements: the coexistence management puts the focus on the provision of adequate bandwidth;
- wireless communication applications without specific requirements for performance and real-time: the coexistence management aims at ensuring the spatial coverage;
- wireless communication applications with strict real-time requirements: the coexistence management safeguards against functional problems caused by the influence of other wireless applications (application classes Functional Safety or Control).

In addition, the following basic measures to implement coexistence management are recommended:

- nomination of a company-wide coexistence manager;
- nomination of a location-specific coexistence manager if the company has several facilities;
- establishment of a committee, consisting of contact persons of all company divisions using wireless applications (task of the committee should be the issues shown in Figure 1 and Figure 2);
- inventory of all installed and, if possible, all planned wireless applications including wireless communication;
- establishment of a policy to register new wireless applications or solutions and for the identification of existing ones;
- coordination and adoption of decisions regarding the approval and application of wireless systems within the committee;
- establishment of a policy and enforceable consequences for non-authorized introduction of new wireless applications or solutions.

Effective coexistence management is a concerted process with representation of all company divisions concerned (sub-divisions, departments, technologies). The divisions concerned are those involved in planning, procurement, installation, commissioning, operation and maintenance of wireless applications, for example process planning, IT, automation, plant operation (production), development, purchasing, facility management.

Coexistence management offers various benefits:

- reduction or elimination of interferences leading to unplanned downtimes;
- reduction or elimination of laborious, cost-intensive and time-consuming fault troubleshooting;

- reduction or elimination of disinvestments in wireless solutions that cannot be operated in the present radio environment of the enterprise.

NOTE The term 'wireless solution' is used here instead of the term 'wireless system' because it takes into account the distinct attributes of a product that are important for the coexistence management.

4.4 Interference potential

For wireless communication applications, interference will occur at a point in space (corresponding to an antenna location, received energy, antenna characteristics and polarization) if the received signals:

- overlap in the frequency domain;
- overlap in the time domain; and
- overlap in coding.

NOTE In the case of buildings and areas close to airports, harbours, transmitter masts and other places of powerful wireless systems, the interference potential is extremely high.

This leads to collisions between wireless solutions so that, for example a transferred packet has to be repeated. The system reaction to the described interference depends on several factors, for example on the wireless standard, on the hardware and software implementation or on the application class (see Table 1) the wireless system uses for transfer.

The separation of non-overlapping frequency channels is a method to achieve coexistence. However, there might be interference between wireless systems using different channels in the same frequency band, for example because of adjacent channel interference. This is called cross-channel interference. In particular, analog wireless systems hold a high interference potential for digital wireless systems due to their high channel occupation.

Moreover, wireless systems using different frequency bands may interfere with each other. Beneath the main signal, a wireless system also emits outer band signals that might penetrate the frequency channel of the endangered wireless system, thus affecting the wanted signal.

The received signal quality at a receiver as a function of interference by other wireless systems is typically measured by the signal-to-interference ratio (SIR), which is the ratio of the power of the wanted signal to the total residual power of the unwanted signals. The receiver can correctly interpret incoming data only if the SIR is above a given threshold.

The value of the threshold depends on the adopted modulation, while the actual SIR value depends on the superposition of interferers with respect to the intentional communication in the following two domains: time and frequency.

Different performances can be obtained if superposition (that means collision) in these domains is complete or only partial.

For the time domain, since the traffic of victim and interferer(s) wireless system(s) may change each time, the SIR evaluation should be preceded by the definition of a time interval in which the interference is constant.

For the frequency domain, the SIR evaluation should consider at least the combined effect of interfering transmitter(s) and receiver victim spectral masks. In fact, the interfering transmitter(s) may have spurious emission even outside the adopted frequency channel. On the other hand, the receiver blocking mask can reject the interferer(s) signal(s), mitigating its effect.

In order to foresee/estimate the effect of interferers, it is possible to use analytical models, simulations and experimental test beds. These three approaches have different (increasing) complexity and hence different (increasing) accuracy.

In order to assess whether there is a risk of collision or not, a collision risk should always be assumed if wireless applications are operating in parallel in the same frequency band without proof of their radio robustness.

NOTE 1 This term wireless application is more comprehensive than the term wireless system, because in wireless applications the frequency energy is not only used for information transfer.

NOTE 2 The use of the electromagnetic energy may be either intentional (as needed to serve the specific application) or unintentional/accidental.

However, a collision risk does not mean that parallel operation of competing wireless systems is unfeasible. They can co-exist if the requirements on the wireless solutions involved are met. This criterion should be taken as a basis for decisions regarding the application of wireless systems.

If possible, future changes in the requirements, implicating changes of the interference potential, should also be considered. In industrial automation, the life-cycle of a wireless solution typically lasts more than 5 years. During this time, new applications for the existing wireless system can be developed and deployed. Determination, coordination and control of these changes are part of coexistence management.

One more influence is radiated EMI. Regional regulations can allow significant radiated power for specific wireless applications in unlicensed spectrum, potentially generating a high field strength in the proximity of a wireless system.

A wireless solution shows a certain interference resistance against those radiated interferences. This limit value can be exceeded by the signal of a powerful wireless application.

EXAMPLE RFID applications in Europe are allowed to use 4 W in the 2,4 GHz band whereas other short range devices are limited to 100 mW.

Even though wireless solutions often hold a higher interference resistance than normatively claimed, and exceeding the limit value does not always result in harmful interference, the design of the wireless solutions shall be such that the noise level at the receiver does not exceed this limit value. Interferences from the same frequency band are much more likely than from other frequency bands. Nevertheless the interference potentials from other frequency bands also shall be taken into account.

EMI caused by defective devices and exceeding the normal operating limits should not influence the coexistence management. The defective device should instead be repaired to return to normal operating conditions.

4.5 Ancillary conditions

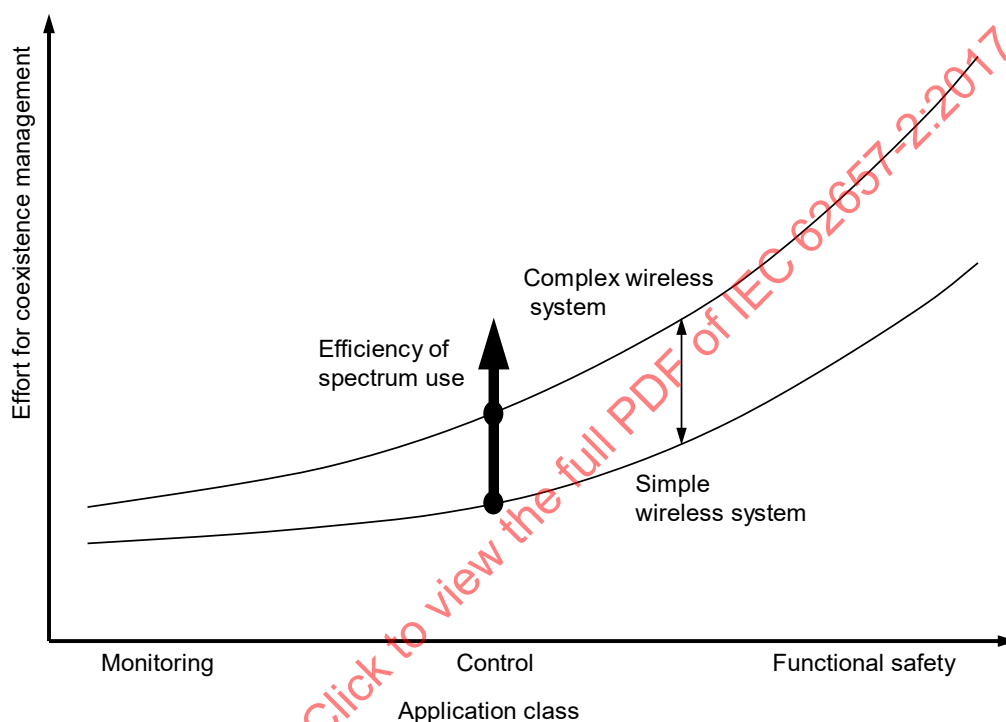
For wireless communication, there are only limited communication resources available, thus thorough planning is required. The higher the requirements of the application class on the wireless system, as to time behaviour, availability, dimension and others, the higher is the technical and organizational effort required to guarantee coexistence. The costs rise disproportionately as shown in Figure 3. A certain span of expense results from the complexity of the wireless solutions (for example, simple point-to-point link or linear, ring, star, cellular, tree, mesh topology network) and from the number of influencing factors to be considered (for example medium load, transmitter power). The span between the two curves moves upwards the more efficiently the spectrum is used. This applies to both:

- the expenses for the coexistence management in the coexistence planning phase and
- the costs to develop appropriate wireless solutions.

The bold arrow in Figure 3 shows that the curves will go higher as the coexistence management efforts increase to gain a higher efficient use of the spectrum.

The effort might be reduced by strategic regulations for coexistence management. A possible regulation is to confine the number of considered influencing factors, for example by exclusive assignment of frequencies to specific wireless applications. It is essential to take into account that strategic decisions in the coexistence planning phase have effects on the future expenditures and therewith on the life-cycle costs of the plant. The technical and organizational expenses for coexistence management in the operating phase can multiply the coexistence planning costs throughout the life-cycle of a plant.

It is therefore important to analyse whether the requirements of the planned application fit the intended application requirements. In relaxing the requirements, a more efficient use of the resource can be achieved. If the resource is exhausted, other solutions will need to be found.



IEC

Figure 3 – Progression of expense to achieve coexistence corresponding to the application classes

4.6 Requirements to wireless devices for support of coexistence management

Wireless devices shall be capable to vary parameters that are specified in Clause 5 to achieve the coexistence management by reducing the interference potential as specified in 4.4.

EXAMPLE The device is so constructed that certain frequencies can be blacklisted; power can be adjusted to be below the threshold of the incumbent services/applications.

4.7 Concepts

4.7.1 Manual coexistence management

In the case of manual coexistence management, the coexistence manager (see 7.2.1) shall define a fixed planning of the wireless solutions intended to prevent transmission overlaps. The manager shall implement manual measures to react to modifications that change the wireless coexistence state. This is the simplest management method, especially if multiple wireless solutions of different technologies and from several vendors are involved, or if several frequency bands have to be managed.

This method can be used if there are non-manageable radio frequency emitters in the same bands as used by wireless solutions.

However, the manual coexistence management capabilities are limited if some coexistence management parameters cannot be configured.

4.7.2 Automated non-collaborative metrics-based coexistence management

In automated non-collaborative coexistence management, the different wireless solutions are not capable of exchanging information. They are fully independent and rely only on interference detection and estimation. In other words, each offended wireless solution classifies the behaviour of the offending ones and tries consequently to adapt its own behaviour to the new estimated situation. For this reason, non-collaborative techniques are more general but less efficient than the collaborative ones. As an example, non-collaborative algorithms dynamically modify the communication strategies (for example the frequency band, the timeslot/packet scheduling, and so on) as a function of some metrics capable of establishing whether the communication performance is good enough or not.

Such methods are being proposed to address coexistence in uncontrolled public areas, however such methods may not be effective for the management of industrial automation wireless devices which have to meet performance requirements.

NOTE Some of these metrics are described in IEEE 802.15.2 [19].

4.7.3 Automated collaborative metrics-based coexistence management

4.7.3.1 General

In automated collaborative coexistence management, the different wireless solutions shall be able to exchange metrics.

The precondition for collaborative coexistence management for wireless systems using multiple technologies provided by multiple vendors is that a common standardized communication link is available amongst these solutions. This link can either be:

- a pilot channel between the collaborative coexistence manager and the coordinated devices to make the task of the collaborative coexistence manager easy;
- a wireless solution of the coordinated devices that is also understood by the collaborative coexistence manager, that means that the collaborative coexistence manager shall talk the language of all the coordinated devices that participate in the automated collaborative metrics-based coexistence management;
- a wired link between the coordinated devices and the collaborative coexistence manager.

An automated collaborative coexistence management may result in some restrictions on the adopted hardware since, for instance, collaborative methods are usually implemented by means of a centralized arbiter/scheduler. The exchanged information allows each offended wireless solution to effectively adapt its own behaviour to the real new situation, taking into account the requirements of its own application and the applications of the other wireless systems. These dynamic modifications may influence the determinism or reliability of the communication and can therefore be inappropriate for various wireless communication applications.

An example of such an automated collaborative coexistence management is a central coordination point (CCP), see IEC 62657-1:—, 4.3.4.3. National, regional and regulatory aspects are also described there.

Three different application use cases for automated collaborative coexistence manager exist:

- a) for sharing the same frequencies with other incumbent services/applications, see 4.7.3.2, 4.7.3.3 and 4.7.3.4

- b) for intra-system coexistence in a controlled environment;
- c) for intra-system coexistence in a public area.

Automated collaborative metrics-based coexistence management for industrial automation is still subject of current research.

4.7.3.2 Simple CCP

A collaborative coexistence manager is responsible detecting primary users and informing the underlying coordinated devices that they have to react to fulfil the requested mitigation techniques of the primary user. No reconfiguration of the assigned frequencies is requested. Examples how the coordinated devices could react are to lower the transmit power or stop transmission.

4.7.3.3 Intra-system CCP

All or at least most radio equipment in the space is known with their dynamic requirements. It is assumed that the installed devices are static. Nomadic devices are known and as such seen as static in the configuration. The collaborative coexistence manager is responsible to detect primary users and to inform the underlying coordinated devices (incumbent services/applications) if they could interfere primary users. The collaborative coexistence manager can decide whether the coordinated devices have to react to fulfil the requested mitigation techniques of the primary user or the coexistence manager can assign different spectrum to the coordinated devices. Some additional alternatives could be that the collaborative coexistence manager organize time synchronization or influence other parameters specified in 4.4.

4.7.3.4 Public CCP

All behaviours described in 4.7.1 and 4.7.2 as well as 4.7.3.2 and 4.7.3.3 could be supported. In addition unknown devices can ask the collaborative coexistence manager to also be managed.

The coordinated coexistence management increases the spectrum efficiency and the quality of service.

4.8 Best practices to achieve coexistence

The establishment of coexistence is a combination of technical and/or organizational measures to ensure the interference-free operation of wireless communication applications in their environments. The main criteria in the selection of appropriate actions to achieve coexistence are effectiveness, feasibility, economic efficiency and the loss of performance acceptable for the application if the wireless solution has to share the medium with other wireless systems. Future developments of the wireless communication application in the enterprise should be considered here as well.

Technically, signals of wireless communication at a point in space (corresponding to an antenna location, received energy, antenna characteristics and polarization) can be separated by:

- frequency;
- time;
- coding.

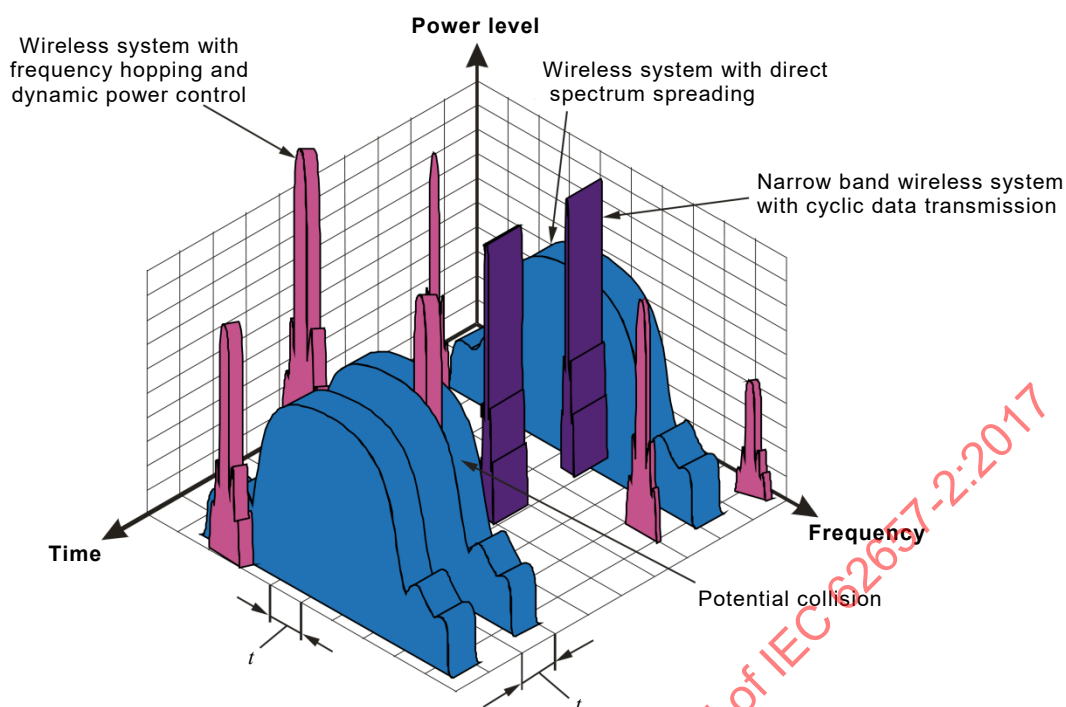


Figure 4 – Separation of wireless systems according to frequency and time

The separation in the frequency domain (see Figure 4) usually causes the least performance loss and initially the lowest expense. However, these measures occupy the medium to a great extent and should therefore be reserved for specific application classes used in the plant such as functional safety and control. A separation in time can be accomplished by configuring the communication request with respect to the application communication requirements.

For applications with a certain dynamics, the communication cycle should be set as long as possible and/or event driven communication may be used. Wireless technologies with automatic adaptive medium sharing mechanisms may also be used.

A spatial separation is rarely possible in the case of wireless communication application. Radio propagation can only be restricted spatially with great efforts. Structural conditions (for example large steel reinforced concrete walls) and the reduction of the radiated power (by adjusting the output power of the radio transmitter and the choice of the antenna radiation pattern) can be used for spatial separation. For larger facilities, the control of power levels can be a viable approach. If the power is reduced, the power of all related wireless devices (for example base stations, repeaters, and end devices) should be adjusted accordingly.

If the transceivers have multiple antennas, then it would be possible to utilize spatial processing, such as interference rejection techniques, to separate simultaneous transmissions in space.

Separation via polarization involves the specific attribute of an antenna to subdue radio waves with an orthogonal polarization (cross polarization). For example, a horizontally polarized antenna of a signal receiver can attenuate a vertically polarized interference signal. However, inside buildings or in other highly reflective surroundings, the effects of a polarization separation are relatively small.

In addition, directional pillbox antennas or other emerging antenna concepts can be used to restrict the radio propagation within a certain area.

The organizational measures apply to the operation of the wireless system and they have indirect implications for the uncoupling mechanism described in Figure 4. Hence the application of a wireless system can, for example, be restricted in space or time, or just services of a wireless solution meeting the coexistence requirements can be approved. The organizational measures (in particular those for wireless systems related to business process or safety) should evaluate in advance to what extent compliance with the specifications can be ensured and controlled.

Impact of the typically non-ideal radio propagation characteristics found in many industrial environments can impact the time and error behaviour of a wireless solution. Therefore suitable allowances shall be made in the planning of wireless systems.

In the operation phase, investigation of mechanisms to enhance the agility of wireless communication applications against the appearance of unexpected interferences shall be considered, for example diversity techniques and cognitive radio medium access methods.

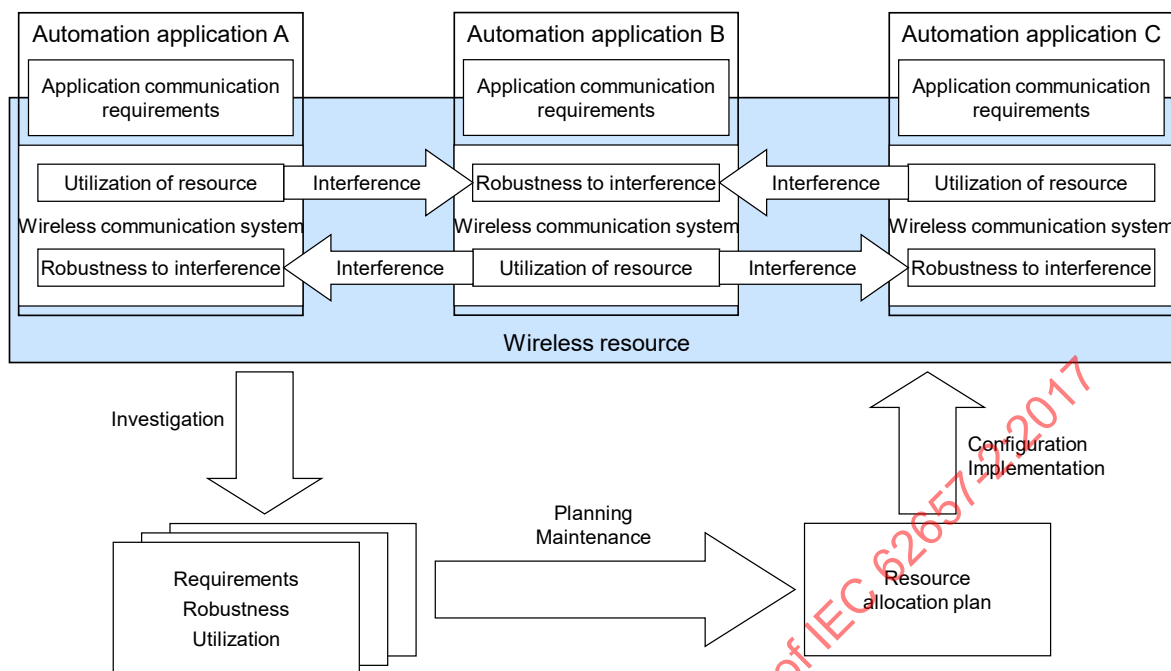
In order to define adequate measures and to evaluate their efficiency, the assistance of radio experts is recommended.

4.9 Coexistence conceptual model

The application communication requirements and the characteristics of the wireless system (immunity and utilization) shall be reported in an inventory. The resulting coexistence planning shall be reported in a resource allocation plan. This shall be the basis for configuring, implementing and maintaining the involved wireless systems. This process of coexistence management is not just one activity during the system planning but an iterative process throughout the entire life-cycle of the system.

NOTE IEC 62890 provides more details about a life-cycle management.

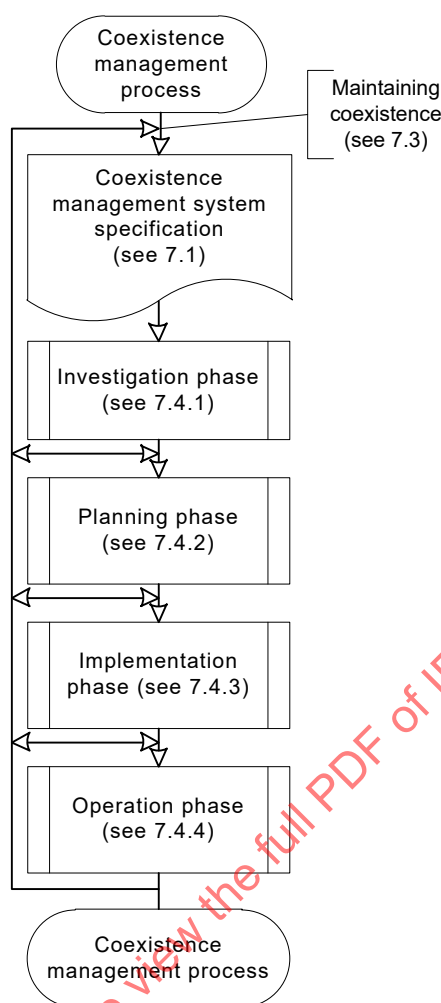
Figure 5 shows the coexistence conceptual model. A wireless communication application (Automation application A) has application requirements to fulfil its intended tasks. Part of the wireless communication application A is the selected wireless system A. It has certain immunity against interference from other wireless communication applications and the utilization of its resources can interfere with other wireless communication applications. An investigation of the requirements shall be reported in an inventory. The resulting coexistence planning shall be reported in a resource allocation plan. This shall be the basis for implementing the radio resources and their utilization.



IEC

Figure 5 – Coexistence conceptual model

Figure 6 shows some of the contents of Figure 5 as a flow chart to provide the relations to Figure 7, Figure 30 and Figure 31. The coexistence management system specification is shown in Figure 6 only at the start to keep the figure simple. The documentation shall be extended and updated at each phase. The documentation is specified in 7.1.2.



IEC

Figure 6 – Flow chart of the coexistence conceptual model

4.10 Coexistence management and selection of a wireless solution

The starting point and precondition for the implementation phase is that the wireless solution is suitable for the requirements made on it. The investigation phase begins by reviewing the wireless system requirements and making a determination as to whether or not the system is able to fulfil application communication requirements. As part of this process, new wireless systems may be evaluated against application communication requirements. Figure 7 maps decisions and actions into the flowchart shown in Figure 6.

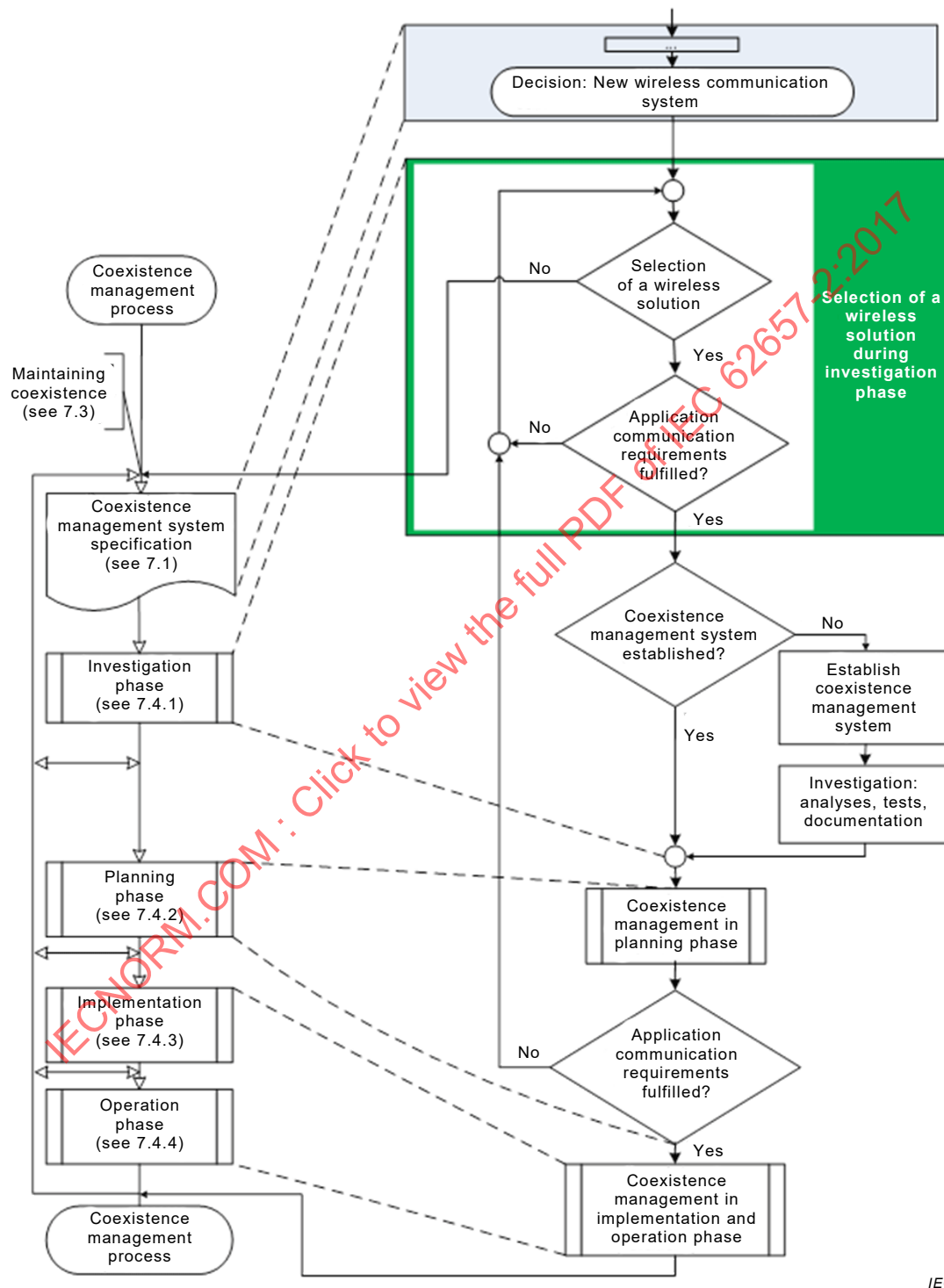
While investigating whether a wireless solution meets the requirements of an automation application, radio transmission shall be analysed to see whether it is a reasonable approach when considering the efforts that are required to be taken to achieve coexistence. In this respect, the selection process of a wireless solution is already part of the coexistence management process.

The decision to install a wireless system shall be followed by the decision to implement a coexistence management process (see Clause 7). The coexistence management process includes coexistence planning, installation, operation and maintenance of wireless systems. The coexistence planning phase (see 7.4.2.2) begins with the inventory of all wireless applications, because they can be regarded as potential interferers (see 7.3).

In the coexistence planning phase, it might become apparent that a chosen wireless solution cannot be integrated into the existing plant. Another wireless solution might be chosen or the idea of a wireless system might be abandoned. If, in the coexisting planning phase, it is

ensured that all wireless communication applications meet the respective requirements, the coexistence management process for the operating phase can be initiated (see 7.4.4).

NOTE Processes in the planning phase and in the operating phase are specified in more detail later in this document.



IEC

Figure 7 – Selection of a wireless system in the coexistence management process

4.11 Coexistence management system

The coexistence management system consists of an organizational structure and procedural documents. The execution of the coexistence management brings the system into a state of “coexistence management in operating phase”. The coexistence management system specification shall include the following information:

- scope of the coexistence management;
- commitment of the organization to coexistence management;
- procedure for maintaining the coexistence management system specification;
- organizational issues including structure of the organization, roles of personnel, communication with external organizations and personnel education;
- procedures for coexistence management.

The coexistence management system specification shall be documented and maintained.

5 Coexistence management parameters

5.1 General

5.1.1 Definition and usage of parameters

Clause 5 specifies the parameters of a coexistence management process. These parameters are relevant to the automation communication requirements and conditions within the area of operation and characterize wireless devices and networks.

Their usage is specified in Clause 6. Clause 8 contains the templates related to some of these parameters.

The parameters are listed in alphabetical order. All parameters also have a definition in 3.1. As there are more definitions than parameters, the numbering is different.

5.1.2 Physical link

The concept of physical link is used in the definition of several coexistence parameters.

A physical link is the relation between radio transceivers (physical end points) of two wireless devices. The set of physical links of a wireless system forms its physical topology. A physical link may use different frequency channels for transmissions. Wireless transmission conditions can be described with a radio channel model. Such a model considers the characteristic of the frequency channel, the environmental conditions, the distance between the wireless devices, the antenna characteristic etc. Because the antenna systems of the wireless devices may be different and the propagation conditions depend on the position of the wireless devices the radio channel is normally different for both directions of a physical link.

Where wireless devices have redundant wireless modules, for example for different frequency channels, the related physical links shall be counted separately. It is not required that a wireless device has a physical link to all other wireless devices. There may be physical, technological or application related reasons. The communication load of a physical link is determined by the logical links which use this physical link. A logical link may use more than one physical link, in sequence (via repeater) or in parallel (for redundancy). More than one logical link may use one physical link (different communication services).

5.2 Adjacent channel selectivity

In ETSI TR 100 027 [14] the following is defined:

"The adjacent channel selectivity is a measure of the capability of the receiver to receive a wanted modulated signal at the nominal frequency without exceeding a given degradation due to the presence of an unwanted modulated signal which differs in frequency from the wanted signal by an amount equal to the adjacent channel separation for which the equipment is intended."

Adjacent channel selectivity is specified according to ETSI TR 100 027 [14] as "the lower value (of the upper and lower adjacent channels) of the ratios, in decibels, of the levels of the unwanted signal level, expressed as field strength to a specified wanted signal level expressed as field strength producing a data signal with a bit error ratio of 10^{-2} ." Adjacent channel selectivity is suitable to estimate the immunity of the equipment against systems in adjacent channels.

The unit of this parameter shall be dB over the intended frequency range.

5.3 Antenna gain

The antenna gain describes the focusing of a transmitted or received signal. Values are given with respect to a half wave dipole or a theoretical isotropic radiator. As the isotropic gain of a half wave dipole is 2,15 dBi, the antenna gain with respect to a half wave dipole is 2,15 dBi lower than the antenna gain with respect to an isotropic radiator.

Together with transmit power values, and with due consideration for propagation conditions, receiver sensitivity can be used to optimize the location and the direction of the equipment or antennas.

The unit shall be dBi.

5.4 Antenna radiation pattern

A radiation pattern is usually represented graphically for the far-field conditions in either the horizontal or vertical plane. This information can be used to optimize the location and the direction of the equipment or antennas.

The parameter shall be represented as a figure.

5.5 Antenna type

Wireless devices can use different kinds of antenna to collect or radiate electromagnetic waves. Examples include omni-directional antennas, directional antennas, antenna arrays and PCB antennas. The antennas can be integrated into the equipment (internal) or antenna connectors are available to mount antennas externally. If equipment can only be used with one certain antenna, it is called dedicated antenna. The information concerning the antenna type can be used to estimate the quality of the communication link and the sensitivity to interferences.

The parameter shall be a multiple octet string with text.

5.6 Availability

Requirements for availability of wireless communication shall be specified. Other wireless solutions could cause degradation of availability of target wireless communication application. Tolerable availability levels to achieve the target of the application should be clarified.

The parameter shall be a multiple octet string with text.

5.7 Bandwidth

The bandwidth is the range of frequencies occupied by a modulated carrier signal. The bandwidth value depends on the spectral power level referred to (see 5.38). The bit rate of a communication channel is proportional to the bandwidth of the signal used for the communication. From the point of view of coexistence management, the bandwidth indicates the utilization of the frequency spectrum by the wireless equipment. Systems can also unintentionally radiate outside the defined bandwidth. This could lead to so-called adjacent channel interference (for the next) or even alternate channel interference (for the next but one).

The unit of this parameter shall be Hz.

5.8 Bit rate of physical link

The bit rate of the physical link is a measure of the number of binary digits transferred per second. Since data is often combined by modulation or coding, the time utilization of a telegram cannot always be calculated by simply dividing the number of bits of the telegram by the bit rate. It has also to be mentioned that the bit rate of the physical link is normally not identical with the bit rate of the reference interface. A high bit rate of the physical link does not automatically mean a high quality of service.

The unit shall be Bit/s.

5.9 Centre frequency

Some wireless standards define frequency channels using centre frequency and bandwidth. Thus the centre frequency indicates the position of a frequency channel within the frequency spectrum. The centre frequency shall be calculated based on the relevant cut-off frequencies. The centre frequency is the geometric mean of lower cut-off frequency and upper cut-off frequency.

The unit of this parameter shall be Hz.

5.10 Characteristic of the area of operation

The following areas of operation shall be considered:

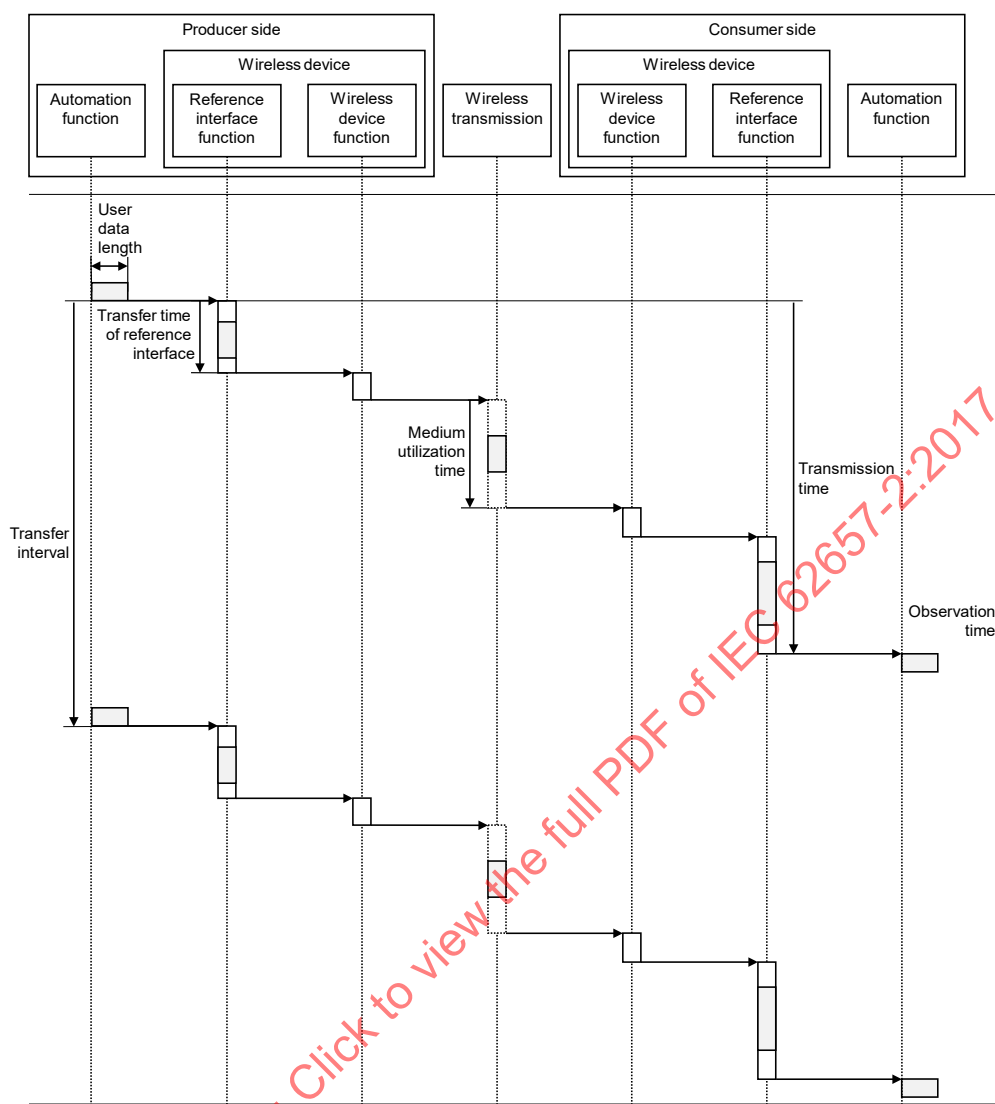
- indoor;
- outdoor;
- indoor and outdoor.

For indoor areas of operation, it is reasonable to define whether the communication is concentrated in a machine or manufacturing cell or if it operates all over the entire factory hall or plant.

The parameter shall be a multiple octet string with text.

5.11 Communication load

The communication load describes the requirement of the automation application to transfer a certain amount of user data within a certain period of time as shown in Figure 8. The communication load is the ratio of user data length and transfer interval.

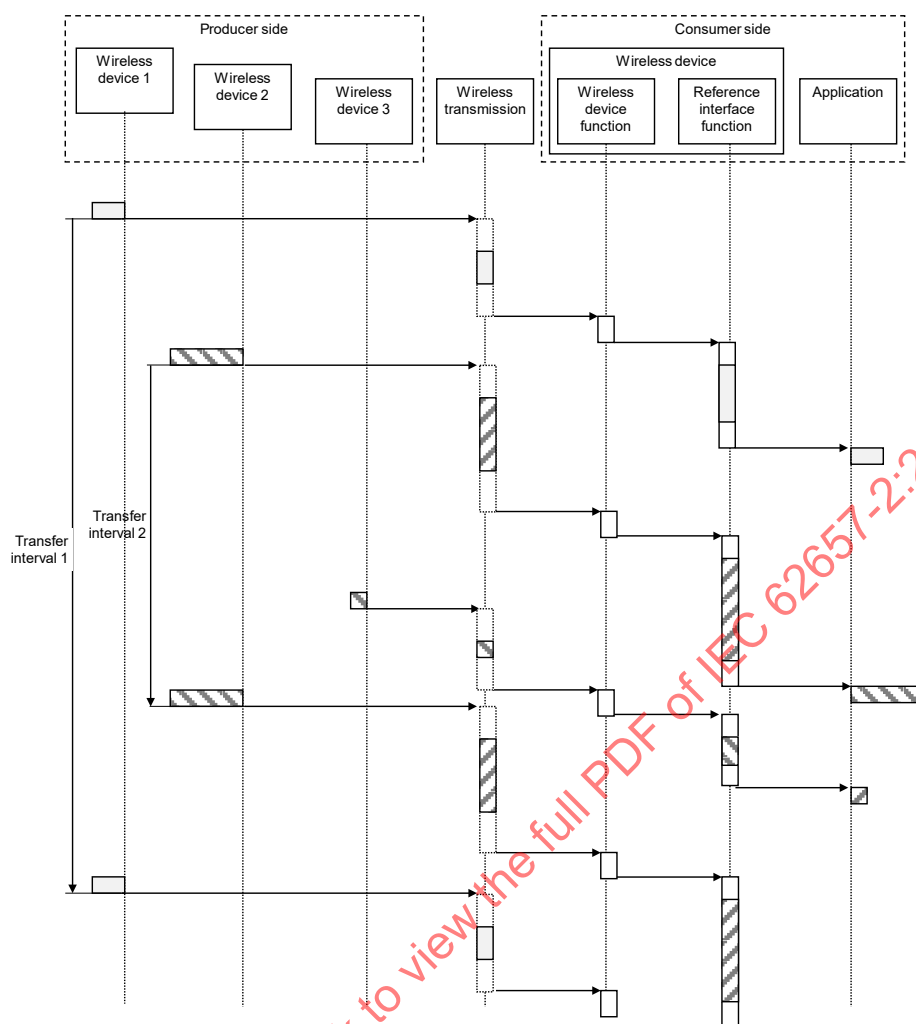


IEC

Figure 8 – Communication load in case of two wireless devices

However, the actual medium utilization depends on the applied wireless solution. In the example in Figure 9, the communication load is indicated for more than two wireless devices.

The unit shall be Bit/s.



IEC

Figure 9 – Communication load in the case of several wireless devices

5.12 Cut-off frequency

In principle, there are two cut-off frequencies. The upper cut-off frequency is the highest relevant frequency of the spectrum envelope. The lower cut-off frequency is the lowest relevant frequency of the spectrum envelope. However, it depends on the wireless technology or standard as to what relevant means.

There are two principle approaches:

- The first approach is shown in Figure 10 with the help of a wireless LAN system. The reference level is the maximum transmitted power spectral density. From this maximum level, a certain value is subtracted. An example of this value is 20 dB. The frequency furthest above the frequency, where the power spectral density drops below the resulting level, is called the lower cut-off frequency. Accordingly, the frequency furthest below the frequency, where the power spectral density drops below this level, is called the upper cut-off frequency.
- The second approach defines the cut-off frequencies with respect to a certain spurious emission level.

The cut-off frequencies determine the bandwidth of a system and thus the medium utilization in the frequency domain. Furthermore, the cut-off frequencies can be used to calculate the centre frequency.

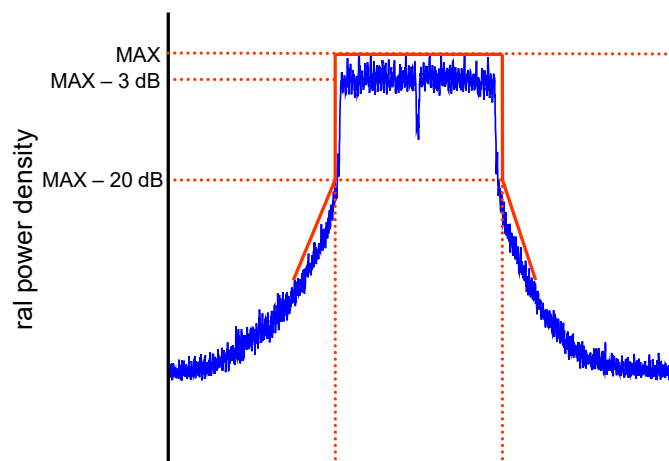


Figure 10 – Cut-off frequencies derived from maximum power level

The unit of this parameter shall be Hz.

5.13 Data throughput

The data throughput is relevant to the transfer of large amounts of data (for example the transmission of huge parameter data sets to drives or the downloading of programs into complex field devices).

The data throughput is the number of user data bytes, or user data bits, transferred within a consumer from the reference interface to the application per time unit.

To evaluate the coexistence, the average value of a series of measurements can be used, compared with a value given by the automation application.

The unit shall be Bit/s.

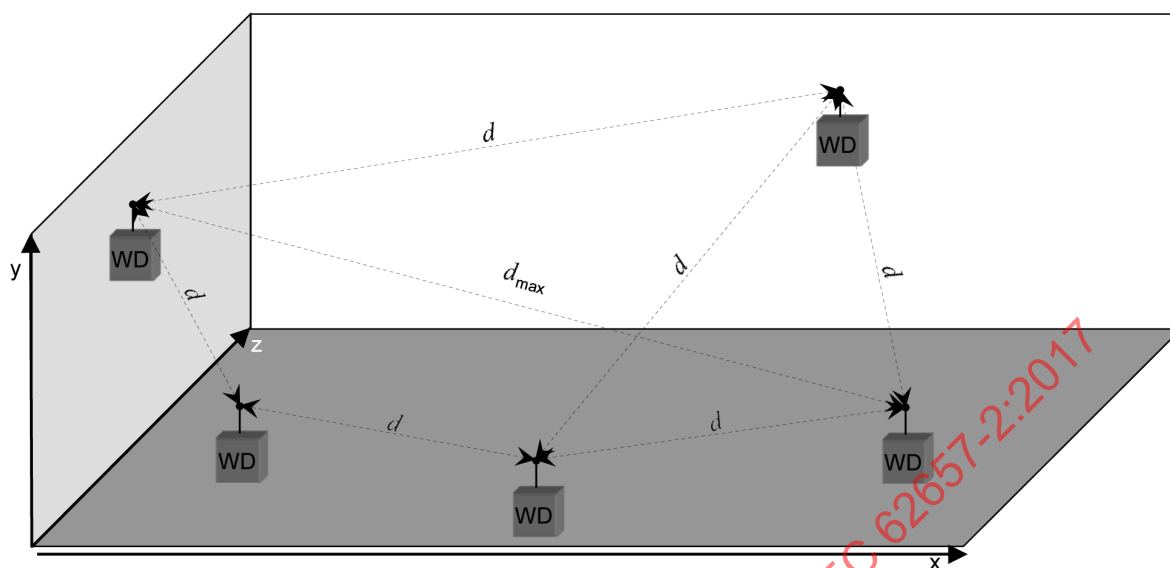
5.14 Device type information

For each device, the typical device type information, such as model type, manufacturer, hardware version, shall be provided.

The parameter shall be a multiple octet string with text.

5.15 Distance between wireless devices

The distance between wireless devices determine the fading, an important influence to the characteristic of the frequency channel. It depends on the positions of the wireless devices which are mainly determined by the automation application. Figure 11 shows the distances of wireless devices within a three-dimensional space. This distance can vary dynamically in the case of moving or mobile wireless devices.



IEC

Key

d distance (m)
WD wireless device

Figure 11 – Distance of the wireless devices

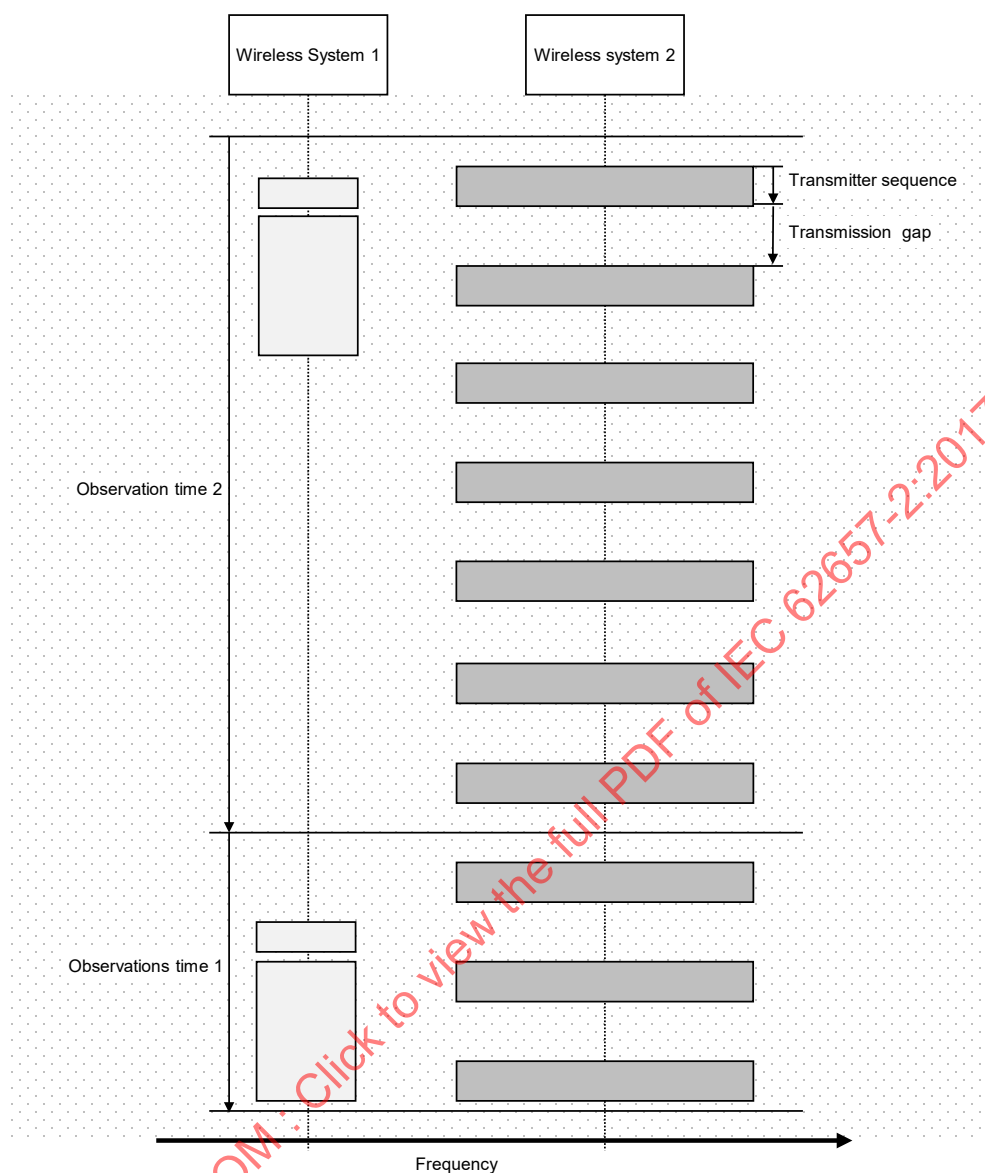
If feasible, the distance between the wireless devices of a wireless system should be chosen in a way leading to optimal signal power levels; this improves the robustness of the wireless system. The distance to wireless devices of other wireless systems should be chosen in a way that results in interference signal power levels being as low as possible. This reduces the interference of the other wireless system.

At least the maximum distance of the wireless system should be provided.

The unit of the distance between wireless devices shall be m.

5.16 Duty cycle

The duty cycle is the ratio of the transmitter sequence referenced to a given observation time for the used frequency channel. The way the observation time is chosen influences the duty cycle value. This is illustrated in Figure 12. For system 1 with observation time 1, the duty cycle is greater than for system 2. However, it is lower for system 1 with observation time 2.



IEC

Key

Light grey = Transmission of wireless system 1

Dark grey = Transmission of wireless system 2

Figure 12 – Duty cycle

It is reasonable to specify the observation time with respect to the application profiles. The observation time shall be ten times the typical transfer interval of an application profile, as shown in Table 2. The transfer interval is herewith the time difference between two transfers of user data from the automation application.

Table 2 – Application profile dependent observation time values

Application profile	Machine	Factory hall	Process plant
Transfer interval	100 ms	250 ms	4 s
Observation time	1 s	2,5 s	40 s

The duty cycle is the key parameter to assess the medium utilization in time. A small duty cycle results in small medium utilization and therewith a smaller influence to other frequency users.

The parameter shall be expressed in %.

5.17 Dwell time

The dwell time specifies the agility of a frequency hopping system. The dwell time together with the number of frequency channels can be used to estimate how often the system appears in a certain channel.

The dwell time is the period of time a system is assigned to a certain channel. If the system requires an immediate response, this and the idle time shall be considered. It is suitable for frequency hopping systems only. In order to consider a worst case scenario the maximum dwell time shall be declared for a wireless device or a wireless system. The maximum dwell time is shown in Figure 13 with $\max t_{Dw}$.

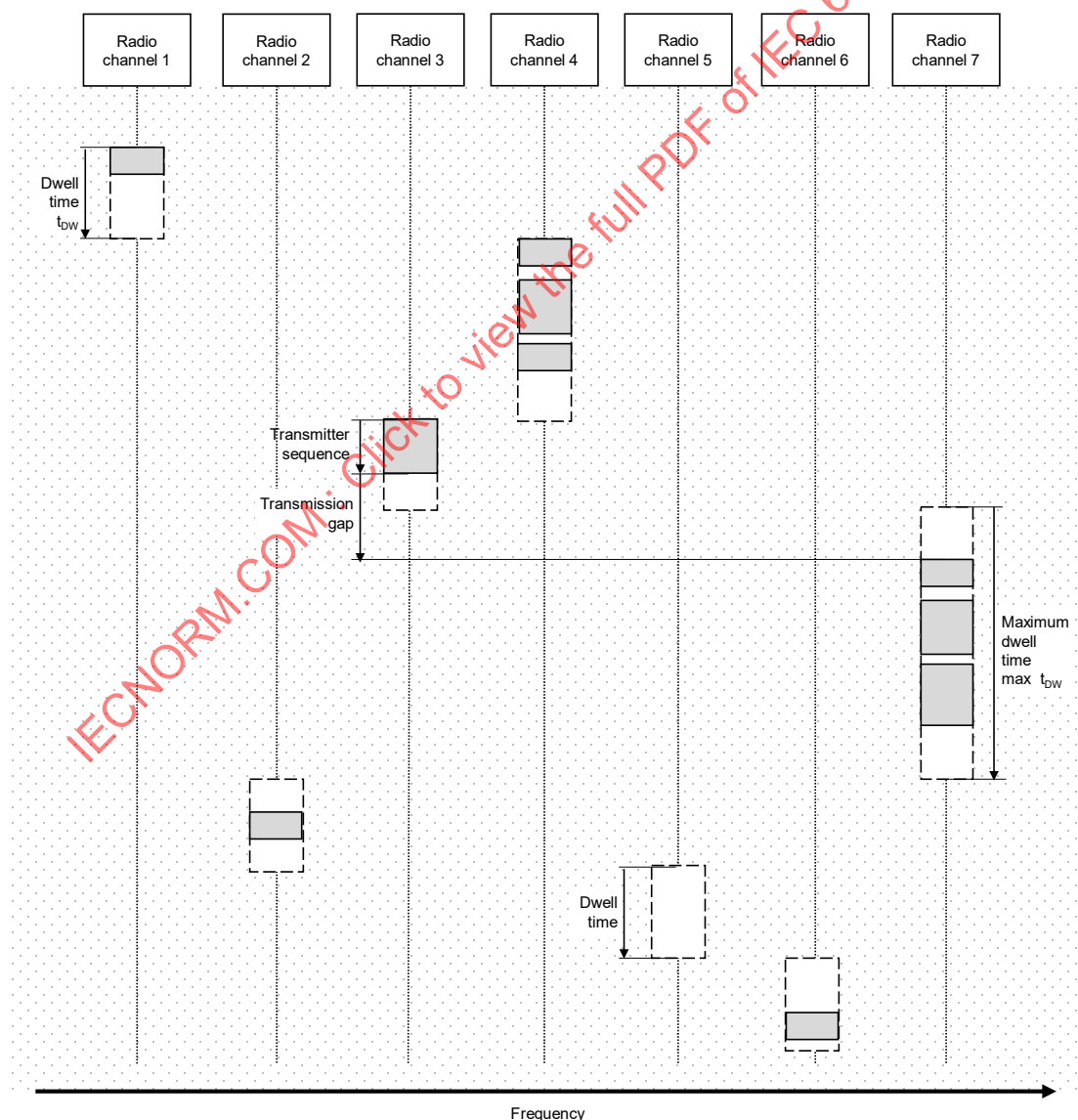


Figure 13 – Maximum dwell time

The unit of this parameter shall be s.

5.18 Equivalent isotropic radiated power

The equivalent isotropic radiated power (EIRP) is the product of the power supplied to the antenna (total radiated power) and the antenna gain G_i in a given direction relative to an isotropic antenna (absolute or isotropic gain), see ITU-R BS.561-2 [13].

As the isotropic gain of a half wave dipole is 2,15 dBi, the EIRP values are 2,15 dB larger than the ERP values.

EIRP is one of the fundamental parameters in order to estimate the power level at a certain position.

EXAMPLE Assuming an antenna with an antenna gain of 3 dBi is used (see also 5.3), then to meet the requirement of ≤ 20 dBm EIRP the total radiated power at the antenna input cannot exceed 17 dBm.

The unit of this parameter shall be W.

5.19 Equivalent radiated power

The equivalent radiated power (ERP) is the product of the power supplied to the antenna (total radiated power) and its gain relative to a half-wave dipole in a given direction, see also ITU-R BS.561-2 [13]. If the direction of an antenna is not specified, the direction of maximum gain is assumed. The ERP takes into account the losses of the transmission line and connectors.

The unit of this parameter shall be W.

5.20 Frequency band

A frequency band is a segment of the frequency spectrum that is assigned to one or more wireless applications by radio regulations. The regulations characterize the wireless application and describe conditions of utilization e.g. power or medium access. A given frequency band may be divided into frequency channels. Wireless specifications or standards specify the number of channels in the frequency band, its bandwidth, and the channel separation. Depending on the wireless technology and the implementation of a wireless device type a frequency band and one or more frequency channels can be selected during configuration. Furthermore, there is the possibility to change a frequency band or a frequency channel during operation. So called frequency hopping systems use more than one frequency channel per definition. The frequency band and the number of frequency channels that are selected, or that are actually used, are part of the essential parameters of coexistence management.

The unit of this parameter shall be Hz.

5.21 Frequency channel

The frequency channel shall be expressed as a number represented as an unsigned integer value without a unit according to a specification or standard. If no channel number is specified, combinations of centre frequency and bandwidth or lower and upper cut-off frequency shall be given in Hz. Table 3 shows the selection of units.

Table 3 – Parameter options for frequency channel

Option name	Parameter	Unit
ChannelNumber	Channel number	
CutoffFrequency	Upper cut-off frequency	Hz
	Lower cut-off frequency	Hz
CentreFrequency	Centre frequency	Hz
	Frequency bandwidth	Hz

5.22 Frequency hopping procedure

The description of the frequency hopping procedure shall include the sequence of frequency channels used for transmission (hopping sequence) and dwell time.

The unit of this parameter shall be unsigned numbers.

5.23 Future expansion plan

Future expansion plans should be taken into account. Installation of new wireless solutions and changes to the physical environment (e.g., buildings) can affect conditions for wireless communications. For example reserving resources could avoid changes in the installed base when adding more wireless devices. The parameter shall be a multiple octet string with text.

5.24 Geographical dimension of the plant

For the purpose of the wireless communication coexistence, the geographical dimension of the plant shall be specified by the length, width and height of the space in which the wireless systems can be installed. The area of operation, for example, the factory hall for a machine, should be considered.

Within this space several wireless systems with different spatial coverage (see 5.47) may operate. The geographical dimension of the plant determines the passive influences to radio propagation for example by reflections.

The unit of length, width and height shall be m.

5.25 Infrastructure device

Infrastructure devices are devices such as router or base stations without interface to the automation application for example via wired industrial networks. Infrastructure devices are necessary to build up the wireless system according to the wireless technology or standard. They may improve the robustness of a network, however they may also interfere with other wireless systems. Thus, infrastructure devices are not part of the automation application but of the wireless system.

Router or base stations that have an interface to wired industrial networks or which implement automation application functions are not counted among infrastructure devices. They are part of the wireless automation application and with that counted among wireless automation devices.

The parameter shall be a multiple octet string with text.

5.26 Initiation of data transmission

This parameter specifies how the application initiates the data transfer: periodically, aperiodically or stochastically. A periodic transfer might result in a higher communication load than an aperiodic transfer because the same values might be frequently transmitted. The

initiation of data transmission influences the communication load and can contribute to a temporal separation of the radio systems.

The parameter shall be a multiple octet string with text.

5.27 ISM application

This parameter describes frequency users emitting radio waves without transmitting data such as welding machines, microwave oven operating in the same area. The type of the other frequency user and its medium utilization shall be known.

The parameter shall be a multiple octet string with text.

5.28 Length of user data per transfer interval

The user data length is the number of octets that is carried in the payload of a wireless packet. Normally user data are transferred via the reference interface. However, there are cases where an event at the reference interface initiates the transmission of a certain number of user data. The user data length determines the medium utilization. However, there can be a complex or non-linear relation between user data length and medium utilization. The unit shall be bit.

5.29 Limitation from neighbours of the plant

Neighbours of the plant might cause limitations for wireless communication. Examples are high power radio source(s) and sensitive equipment.

Documenting the possible interfering elements from neighbors will make the designer aware of potential constraints placed upon the wireless systems by the neighbours.

The parameter shall be a multiple octet string with text.

5.30 Maximum number of retransmissions

This parameter describes how many times user data are retransmitted automatically by the communication stack because of transmission errors. It is possible that retransmissions are initiated by different protocol layers. Therefore, the maximum number of retransmissions shall be specified for each relevant layer. If possible, details of the mechanism, for example waiting times, should be explained. This parameter may have a significant influence on medium utilization.

Depending on the use case the maximum number of retransmissions of the device (characteristic of wireless device type) or the configured maximum number of retransmissions (characteristic of wireless communication solution) shall be specified.

The unit shall be an unsigned number.

5.31 Mechanism for adaptivity

One or more mechanisms for adaptivity can be used to modify one or more of a system's operational parameters in order to improve a system's robustness against interferences and to minimize medium utilization. Adaptive communication mechanisms may use automatically feedback information obtained from a system itself or from the signals carried by a system to modify dynamically a system's operational parameters. It is also possible to plan the operational parameters in advance and configure the systems appropriately.

Examples of mechanisms for adaptivity are as follows:

- coexistence manager: a central systems element controls the medium utilization;

- detect and avoid (DAA): if the channel is occupied, change the channel (for example AFH);
- detect and suppress (DAS): if the channel is occupied, don't transmit (for example listen before talk);
- detect and reduce (DAR): if the channel is occupied, reduce the output power.

Depending on how many systems are using mechanisms for adaptivity and which parameter they adapt, these measures may help improving coexistence or may lead to unstable and unreliable system behaviour.

The parameter shall be a multiple octet string with text.

5.32 Medium access control mechanism

The medium access control ensures, for example, that a communication request is served as long as the medium is free (see CSMA for example in IEEE 802.3 [16]) or it allocates the request to well defined time slots (see TDMA for example in IEEE 802.15.4 [20]). Combinations of these two as well as other access mechanisms are possible. The purpose of these mechanisms is primarily to control the medium access within one wireless system. However, it also influences the immunity and the medium utilization characteristic of a system and shall be considered, therefore, in the coexistence management process.

The parameter shall be a multiple octet string with text.

5.33 Modulation

A signal gets its information content by changing amplitude, frequency or phase of a wave. This is done by modulating the wave. Both analog and digital modulations are used. Digital modulations can be combined with spreading schemes in order to improve the robustness of the physical signal.

The parameter shall be a multiple octet string with text.

5.34 Natural environmental condition

Natural environmental conditions such as temperature, humidity or air pressure may influence the propagation conditions.

The parameter shall be a multiple octet string with text.

5.35 Network topology

The topology describes the structure and composition of a wireless communication network in a wireless communication application.

NOTE See IEC 62657-1 for use cases of different topologies. Definitions of these topologies are given in IEC 61918.

Applicable topologies are:

- point-to-point;
- linear;
- ring;
- star;
- tree;
- mesh;

- cellular.

Combinations of these topologies are possible. This information can be used to assess the intended coverage of a wireless solution.

The parameter shall be a multiple octet string with text.

5.36 Packet loss rate

The packet loss rate (PLR) reveals how many of the packets, transferred from the application to the reference interface within the producer, are transmitted from the reference interface to the application within the consumer.

The PLR is determined as follows:

$$\text{PLR} = \frac{N_t - N_r}{N_t}$$

where

N_t is the number of transmitted packets;

N_r is the number of regularly received packets.

Assuming that an application expects a packet by a time t_{DL} at the latest, all packets with a transmission time greater than t_{DL} shall be counted as lost and assigned to the number of not received packets ($N_t - N_r$). For the evaluation of coexistence, it shall be proved how many consecutive packet losses are tolerated before a wireless communication application downtime results. The accumulated downtime of wireless communication application per observation interval defines the availability which is the focal quality criterion of wireless communication.

The parameter value shall be given in %.

5.37 Position of wireless devices

The position of wireless devices (or their antennas) influence the frequency channel characteristic. Nearby obstacles, moving equipment or narrow corridors may worsen propagation conditions. This is valid for the absolute position of one wireless device or the position relative to other wireless devices. That means, the position of wireless devices shall be chosen in order to achieve optimal propagation conditions for wireless transmission. Therefore, it could be advantages to separate the implementation of automation functions from the implementation of the wireless communication functions and connect the devices via wired communication. Another option is to separate the antenna only, e.g. when the automation device is mounted in an electrical cabinet. For moving or mobile wireless devices the trajectory of the movement is of importance.

The position of a wireless device is specified in a three dimensional space.

The unit of each dimension shall be m.

5.38 Power spectral density

The power spectral density (PSD) describes how the power of a signal is distributed with frequency. Colloquially, the area below the PSD curve is often called the spectrum of the signal. The measurement unit of the power spectral density is in watts per hertz. The PSD shall be provided for example as shown in Figure 14 for an IEEE 802.15.4 [20] system.

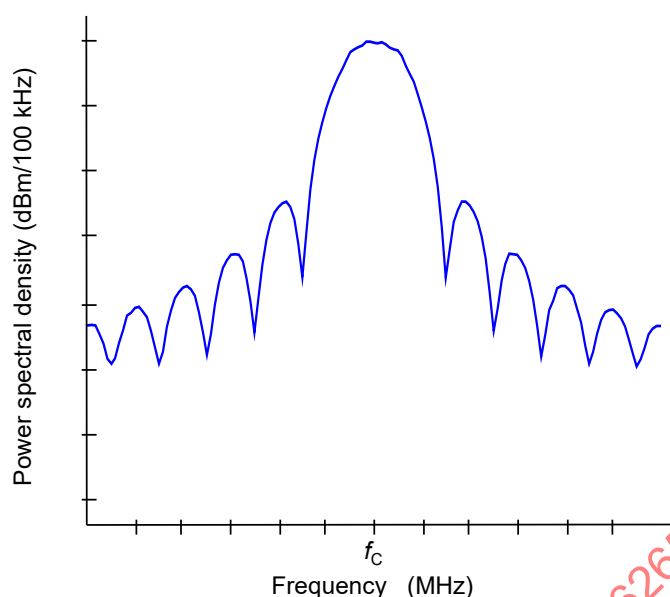


Figure 14 – Power spectral density of an IEEE 802.15.4 system

The PSD as shown in Figure 14 provides a comprehensive picture of the signal power in the frequency spectrum for the coexistence management.

The unit of this parameter shall be dBm/100 kHz over the intended frequency range.

5.39 Purpose of the automation application

The description of the automation application supported by the wireless network shall be summarized to the extent needed to provide a useful overview of the requirements imposed on the wireless network.

The parameter shall be a multiple octet string with text.

5.40 Receiver blocking

The receiver blocking is an indicator of the correct receiver operation in the presence of out-of-channel signals.

Receiver blocking response (or performance level) is defined as the maximum interfering signal level expressed in dBm reducing the specified receiver sensitivity by a certain number of dB (usually 3 dB). Consequently, the receiver blocking response is normally evaluated at a wanted signal level, which is 3 dB above the receiver sensitivity and at frequencies differing from that of the wanted signal (see additional information in the ZVEI document [22]).

Receiver blocking considers effects like spurious response, intermodulation sensitivity and adjacent channel selectivity.

The unit of this parameter shall be dBm.

5.41 Receiver input level

Received signals with levels above the receiver maximum input level may disturb or disrupt the data reception. The receiver maximum input level shall be used to estimate or assess the minimum recommended distance to other wireless devices. For this purpose the transmit

power values of wireless devices and of interferers, as well as the propagation conditions shall be taken into account.

The unit of this parameter shall be dBm.

5.42 Receiver sensitivity

Receiver sensitivity determines how well a receiver can accept wanted signals in the absence of interference (see also ETSI TR 100 027 [14]). It defines the minimum received signal power that the receiver requires to achieve the given bit error rate. Together with transmit power values of the system and of interferers, and considering the propagation conditions, the power margin of the system can be estimated and assessed.

The unit of this parameter shall be dBm.

5.43 Regional radio regulations

Regional radio regulations specify important coexistence parameters such as frequency band and output power. These specifications shall be taken into account within the coexistence management process.

NOTE This list of coexistence parameters can be shortened by listing the regional radio regulation standards with which the system/device is compliant, for example ETSI EN 300 328 [15].

The parameter shall be a multiple octet string with text.

5.44 Relative movement

The trajectory of a wireless devices movement changes the distance to other wireless devices and interferers. This may increase or decrease the wanted signal value or the interference. The movement itself and the relative speed between the communicating wireless devices may worsen the propagation conditions and thus increase the interference.

The unit of this parameter shall be m/s.

5.45 Response time

The response time is primarily important in confirmed services, for example in application-oriented transmission of process data or parameter data, and also real-time communications, also IEC 62657-1: —, 5.3.1.

The response time is the time interval between the instant delivery of the first user data bit, or byte, of a packet to the reference interface of a transmitter, and the instant when the last bit, or byte, of the confirmation packet is delivered at the reference interface of the same transmitter, which can be assigned to the request.

This means that the response time is composed of at least one transmission time between transmitter and receiver and one transmission time between receiver and transmitter. The processing time within the receiver shall be added.

The communication between transmitter and receiver can be effected directly via infrastructure device (for example base station) or via further network nodes (for example sensor networks).

Interferences influence response time values. Coexistence exists as long as a limit value given by the automation application is met. Otherwise, the corresponding transmission shall be assessed as a packet loss.

The response time is a random variable. This is important because response times depend more highly on external transmission conditions compared to wire-bound communication.

The unit of this parameter shall be s.

5.46 Security level

Requirements for cyber security could affect coexistence management. Some sensitive wireless solutions might need to be physically separated from some other kind of wireless systems, or might need to have clearance from the boundary of the site. The definition and the usage of security levels shall be according to IEC 62443.

A system may require technical and organizational measures in order to ensure a certain security level. Technical measures may increase the processing time, introduce additional transmissions, and increase the packet length. Thus, the transmission time and the medium utilization time could be increased. The communication system could become more prone for interferences if the coexistence management does not take into account these measures.

The unit of this parameter shall be an unsigned number.

5.47 Spatial coverage of the wireless communication network

The spatial coverage of the wireless communication network depends on the application communication requirements. However, it is also decisive for the feasibility of spatial separation of wireless applications. In positioning the several wireless devices, the antenna mounting height shall be regarded. The spatial coverage is specified by length, width and height of a cuboid that encloses the wireless communication network.

The unit of length, width and height shall be m.

5.48 Spurious response

Spurious response is a receiver parameter that indicates the robustness against unwanted signals that means having frequencies other than the tuned frequency channel. It is a response in the receiver intermediate frequency (IF) stage produced by an undesired emission in which the fundamental frequency (or harmonics above the fundamental frequency) of the undesired emission mixes with the fundamental or harmonic of the receiver local oscillator.

The unit of this parameter shall be dB.

5.49 Total radiated power

The total radiated power (TRP) is the power supplied to an antenna reduced by antenna losses. TRP is often specified in more recent standards. It can be measured with a three-dimensional turn table which allows integrating the spatial power density over 360°.

The unit of this parameter shall be W.

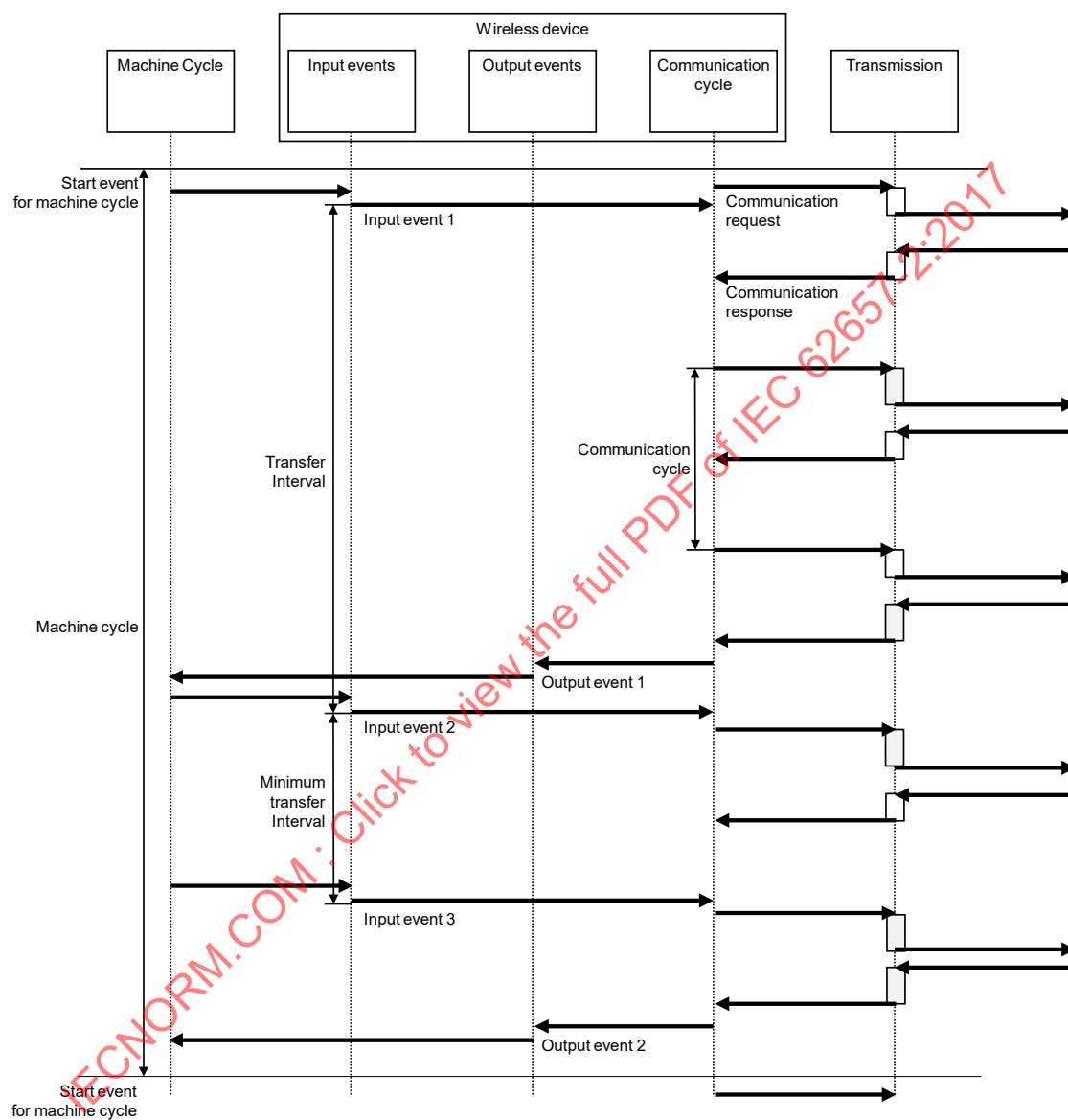
5.50 Transfer interval

The transfer interval has an effect on the communication load and can contribute to temporal separation. For aperiodic transfer, the minimum value is of interest. For stochastic transfers, the parameters of the distribution function are relevant.

In Figure 15, the relation between machine cycle or plant cycle, transfer interval and communication cycle is depicted. Usually, the industrial automation applications follow cycles of the production process. During such a machine cycle or plant cycle, a number of events occur which shall be transmitted via a wireless communication medium. In the case of a

periodic transmission, the communication cycle shall be faster than the transfer interval. If an aperiodic data transmission is involved, the transfer interval is the least possible time between two transfer requests.

The unit of this parameter shall be s.

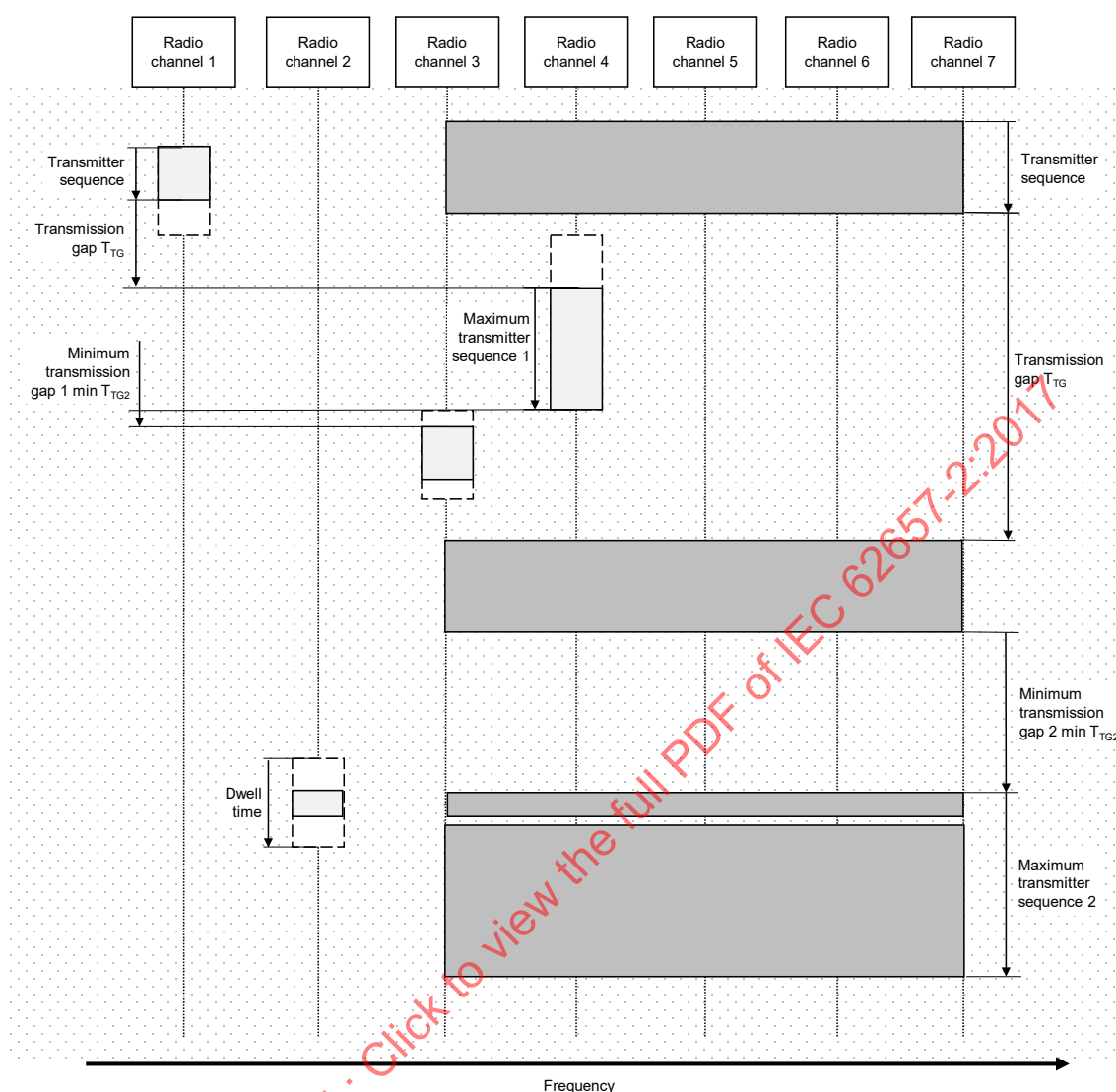


IEC

Figure 15 – Communication cycle, application event interval and machine cycle

5.51 Transmission gap

The transmission gap is the time between two successive channel usages by a transmitter. If a request requires an immediate response, the idle time is not considered. In Figure 16, the transmission gap is depicted with t_{TG} .



IEC

Figure 16 – Minimum transmission gap

For frequency hopping systems, the transmission gap is related to one of the used channels and not between transmissions of different channels. The transmission gap gives an impression of the minimum available time. Real applications may leave larger gaps. Therefore, additionally the duty cycle should be considered.

The unit of this parameter shall be s.

5.52 Transmission time

The transmission time is an adequate instrument to evaluate the coexistence in terms of automation application with event-driven transfer. An example is the transmission of a state change in a proximity sensor and real-time applications see IEC 62657-1:—, 5.3.1.2.3.1.

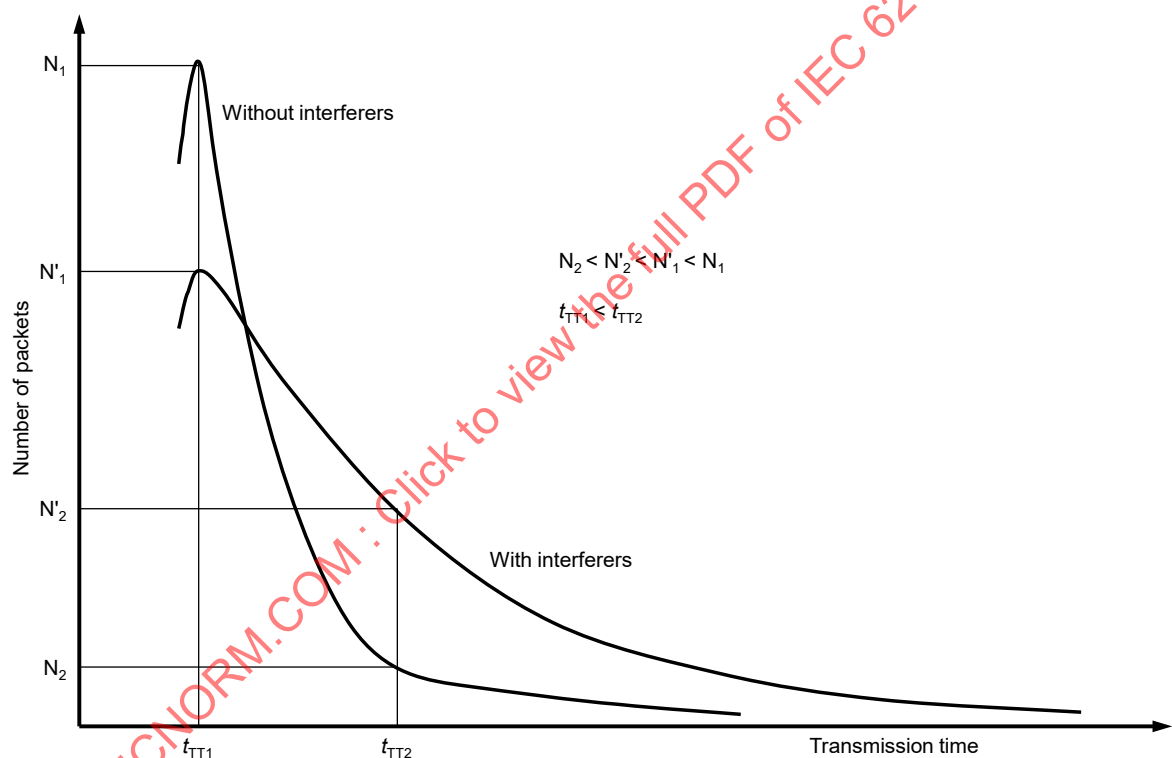
The transmission time is the interval from starting the delivery of the first user data byte of a packet to the reference interface of a producer until the delivery of the last user data byte of the same packet from the reference interface of a consumer.

The interferences described in 4.4 entail longer transmission time. Coexistence exists as long as the transmitted packets keep a limit value given by the automation application. Otherwise, the corresponding transmission shall be assessed as a packet loss (see also 5.36).

The transmission time is a random variable. This is important because transmission times more highly depend on external transmission conditions compared to wire-bound communication.

Figure 17 exemplifies density functions of the transmission times of radio solutions resulting from measurements with large samples. The density functions represent the number of packets needing a certain transmission time.

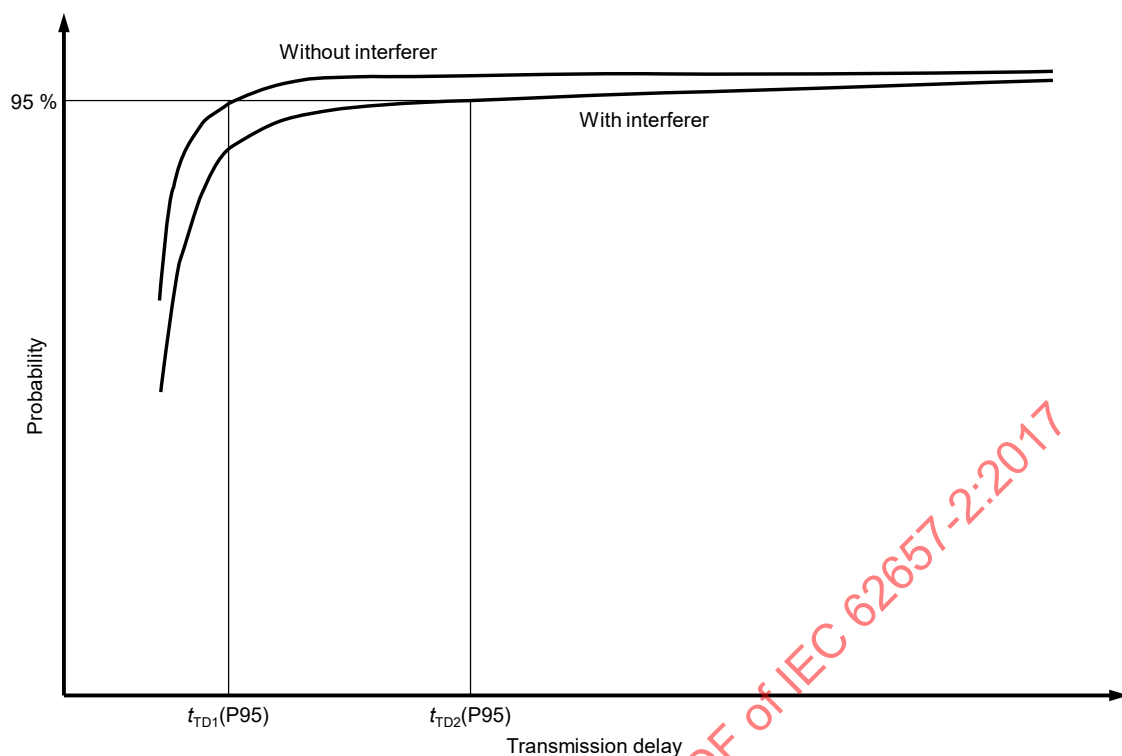
Usually, the number of packets with a greater transmission time for example t_{TT2} increases from N_2 to N'_2 if other wireless solutions interfere. On the other hand, the number of packets with a smaller transmission time for example t_{TT1} decreases from N_1 to N'_1 if other wireless solutions interfere. The causes might be, for example waiting times for a free medium or retransmissions due to packet losses.



IEC

Figure 17 – Example of the density functions of transmission time

Figure 18 shows an example of the distribution functions of the transmission time. The two curves show the number of received packets that arrives within a certain transfer time.



IEC

Figure 18 – Example of the distribution functions of transmission time

In a metrological ascertainment of transmission time values, the statistical parameter can be ascertained from the sample. Changes in statistical parameters, depending on the presence of other wireless applications, are a measure of the strength of influence on the radio solution. For this relative evaluation, distribution parameters are adequate instruments, for example the percentile. The percentile P95 is a common value (see Figure 18). In 95 % of all transmissions this value is not exceeded. Experience shows that the P95-value is a sensible compromise between the required sample size and significant information. Other statistical distribution parameters can, however, also be consulted. These distribution parameters (for example percentile P95) are not identical with the availability of the plant.

A maximum value of transmission time would be necessary in order to get an absolute result on coexistence by comparing this time value with a limit required by the application. However, the maximum value of a certain measurement is not equivalent to the absolute maximum transmission time. The measured maximum value has a certain probability that can be calculated if the functional equations of the curves in Figure 17 and Figure 18 are known. The reliability of the calculation depends on the sample size of the measurement on which the functional equations are based.

Besides this, the maximum value for transmission time can be analytically appraised, taking for all time segments the maximum value. This maximum value is not suitable to evaluate coexistence because, in this case, for the time segments influenced by other wireless applications, the maximum value shall be taken as well.

Medium access delay should also be considered in the transmission time.

The unit of this parameter shall be s.

5.53 Transmitter output power

The parameter transmitter output power is an indicator for transmission range. It can be constant or configurable. The transmitter output power reduced by losses between the transmitter output and the antenna is the total radiated power.

The unit of this parameter shall be dBm.

5.54 Transmitter sequence

The transmitter sequence is the time that a transmitter uses a frequency channel without the possibility to be interrupted by a wireless device of the same network. If a request requires an immediate response, and during the idle time the medium cannot be used by a device of the same network, the entire time shall be considered. This is a reasonable simplification, even though devices of other systems could start a transmission. In Figure 19, the transmitter sequence of system 1 is $\text{Max } t_{TS1}$ and the transmitter sequence of system 2 is $\text{Max } t_{TS2}$.

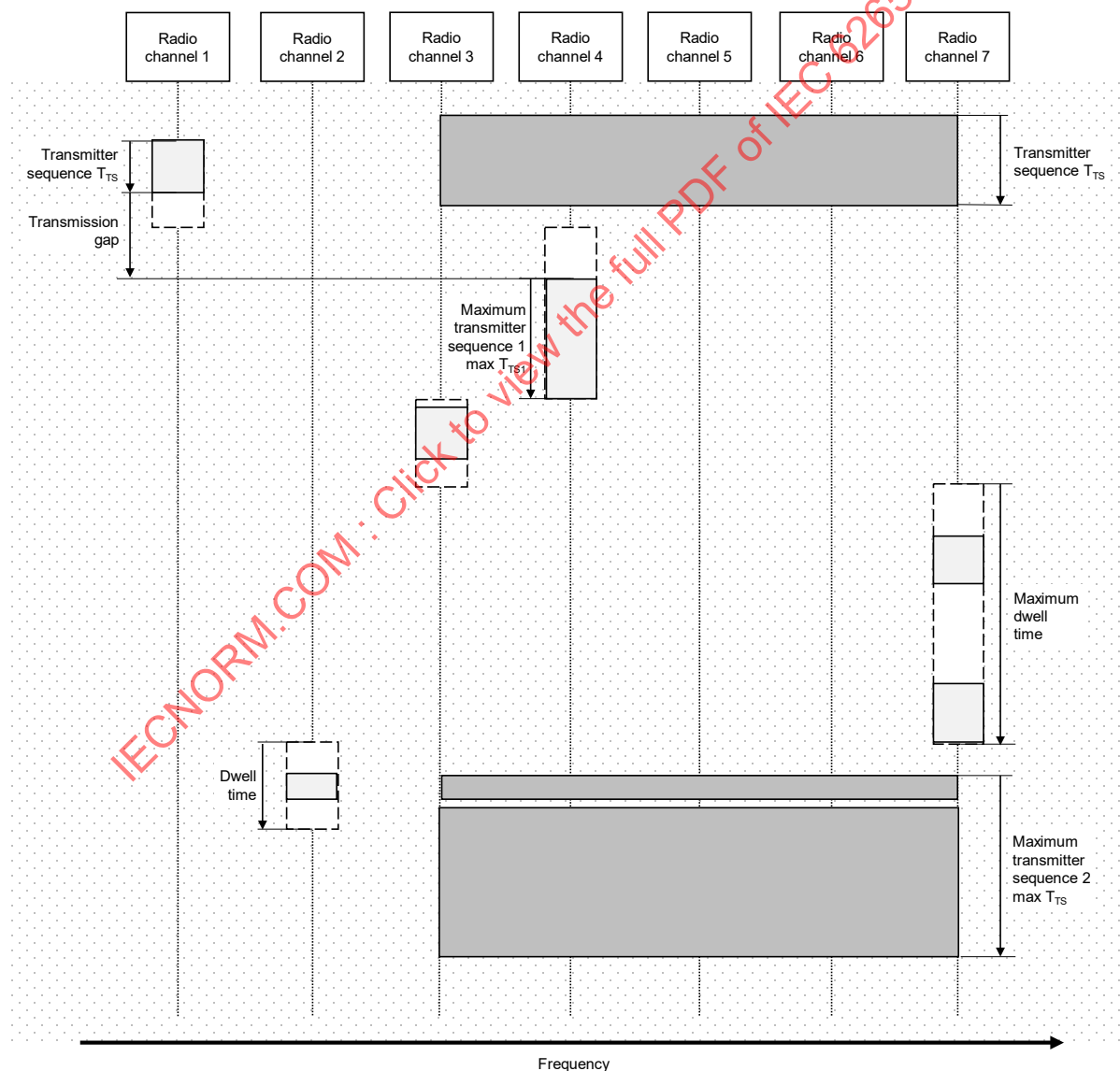


Figure 19 – Transmitter sequence

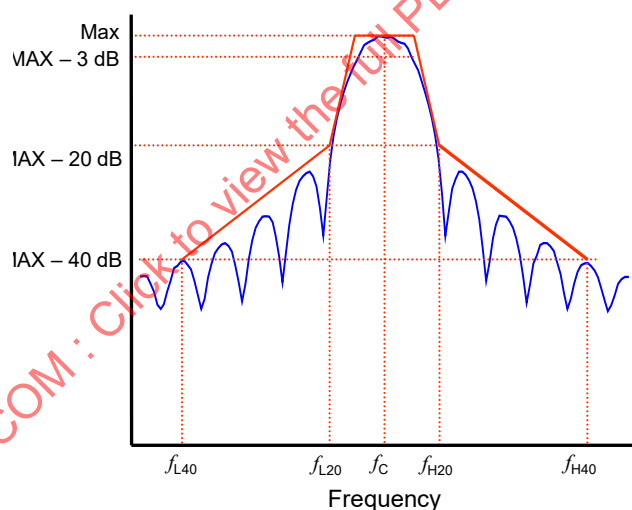
For frequency hopping systems, this time shall be considered for each used frequency channel. Depending on the use case the maximum transmitter sequence of the device (characteristic of wireless device type) or the maximum transmitter sequence of wireless communication solution (characteristic of wireless communication solution) shall be specified. The maximum transmitter sequence gives an impression of the maximum occupied time. Real applications may use a small portion only. Therefore, additionally the duty cycle should be considered.

The unit of this parameter shall be s.

5.55 Transmitter spectral mask

The power spectral density envelope can be characterized by a number of specific points creating the transmitter spectral mask as shown in Figure 20 for an IEEE 802.15.4 [20] system. This is a reasonable simplification for the coexistence management. Specific transmitter spectral masks are defined by a standard document. This document considers not only the power in the intended channel but also in the adjacent and alternate channels. The power spectral density shall be less than the limits specified through the transmitter spectral mask. The spectral profile of the transmitter radiated power can be used to emphasize the quality of equipment with respect to coexistence if the transmitter spectral mask is markedly smaller than required by the related standard.

There is no unit for this parameter. The parameter shall represent a figure.



IEC

Figure 20 – Transmitter spectral mask of an IEEE 802.15.4 system

5.56 Update time

The update time can be used for evaluation in case of automation application with cyclic transfer and real-time applications see IEC 62657-1:—, 5.3.1.2.3.2. The cyclic transfer of a position detection system might serve as an example.

The update time is the interval from the delivery of the last user data byte of the packet of a producer, from the reference interface of a consumer to the automation application, until the delivery of the last user data byte of the following packet of the same producer.

The interferences described in 4.4 result in distributions of the transmission time. Coexistence exists as long as the transmitted packets keep a limit value for the distribution of the update time given by the automation application.

The update time is a random variable. Figure 21 shows an example of distribution functions of the update time. For a relative assessment, that means whether a wireless application interferes more or less, the standard deviation can be consulted as a distribution parameter.

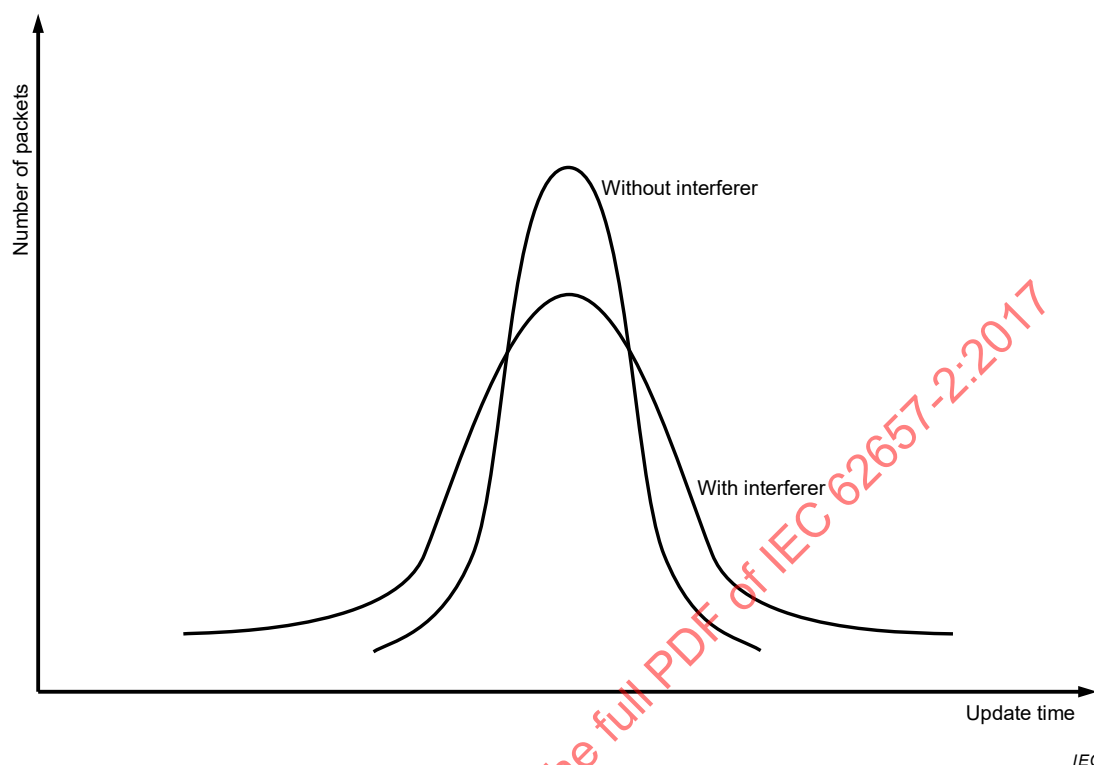


Figure 21 – Example of distribution functions of the update time

A maximum span of the update time, also called jitter, would be necessary in order to get an absolute result on coexistence by comparing this time value with a limit required by the application. However, the maximum span of a certain measurement is not equivalent to the absolute maximum span of update time. The maximum span has a certain probability that can be calculated if the functional equations of the curves in Figure 21 are known. The reliability of the calculation depends on the sample size of the measurement on which the functional equations are based.

The unit of this parameter shall be s.

5.57 Wireless device density

The number of wireless devices has an impact on communication load and medium utilization. The fewer wireless devices which are communicating within the wireless system, the lower is the probability of collisions.

Wireless device density is the number of wireless devices within the spatial coverage, see 5.47, of the wireless communication network. The wireless device density has an impact on medium utilization.

This parameter shall be expressed as a number represented as an unsigned integer value. The unit shall be number of devices per m².

5.58 Wireless communication network density

This parameter describes wireless communication networks operating in the same area. All networks shall be considered, independently of technology or used frequency band. The medium utilization of these networks shall be described.

Wireless communication network density is the number of wireless communication networks within the geographical dimension of the plant (see 5.24).

This parameter shall be expressed as a number represented as an unsigned integer value. The unit shall be number of devices per m³.

5.59 Wireless technology or standard

Most wireless equipment will use a standardized basic technology which sometimes already predefines some of the parameters listed in Clause 5. Therefore, the values or the domain for a number of parameters are implicitly defined by naming the wireless technology or standard.

The frequency band shall be provided explicitly since this allows a first general categorization of a wireless solution. Furthermore, the modulation scheme shall be specified. The kind of modulation, or the coding of the symbols before physical transmission, might help to avoid interferences of the wireless solutions. Moreover, the communication requests are transferred differently onto the communication medium, meaning that one and the same communication load can lead to different channel occupation ratios.

Implementations that use a basic technology might, for certain parameters, be much better than the basic standard. A wireless implementation may also only use a subset of a reference wireless standard and therefore not all parameters may be relevant. Moreover, there are wireless technologies that do not follow a certain standard.

Examples of standards specifying a wireless communication network are IEC 62591 [8], IEC 62601 [9] and IEC 62734 [10].

The parameter shall be a multiple octet string with text.

6 Coexistence management information structures

6.1 General

Clause 6 specifies structuring of coexistence management parameters according to usage dimensions. The principle is depicted in Figure 22. The parameters explained in Clause 5 are selected and structured in Clause 6.

The structures provided in Clause 6 are used in the templates given in Clause 8. Parameters to describe the relevant information shall be provided and the parameter can be a value range or a list of values.

The templates given in Clause 8 shall be used to describe a specific object of the items relevant for the coexistence management by assigning values or value ranges to the parameters. Thus, the information can be deployed within the wireless coexistence management process.

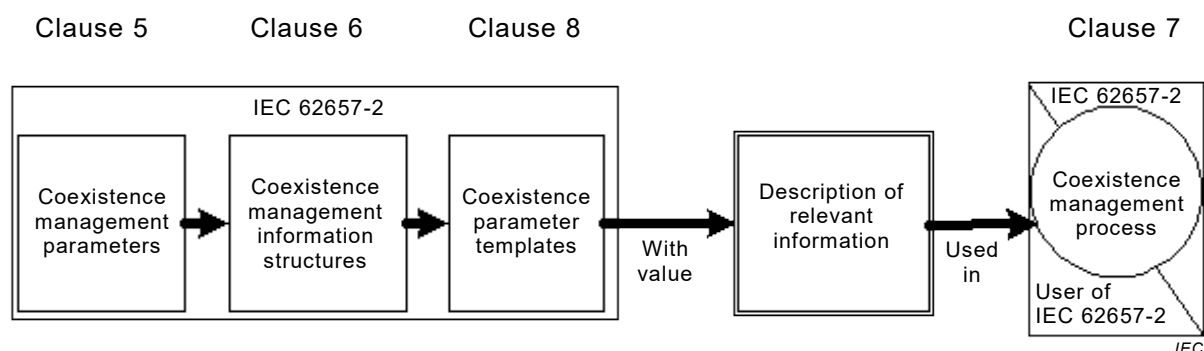


Figure 22 – Principle for use of coexistence parameters

Four sets of parameters are specified for the wireless coexistence management process. They are used to describe

- the general characteristics of plants common to all wireless communication networks (see 6.2),
- the application communication requirements of each automation application (see 6.3),
- the characteristics of each wireless system and device-type (see 6.4),
- the characteristics of each wireless solution (see 6.5)

6.2 General plant characteristic

Subclause 6.2 specifies the set of parameters that characterizes the plant in general with respect to all wireless communication applications. For the description of a plant characteristic the templates given in Clause 8 shall be used. The definitions and specifications of the coexistence management parameters are according to the descriptions in Clause 5. The description of the plant characteristic shall be used in the coexistence management process, which is defined in Clause 7. Figure 23 shows the relation between the definition and specification in this document and the use of them in a coexistence management system specification.

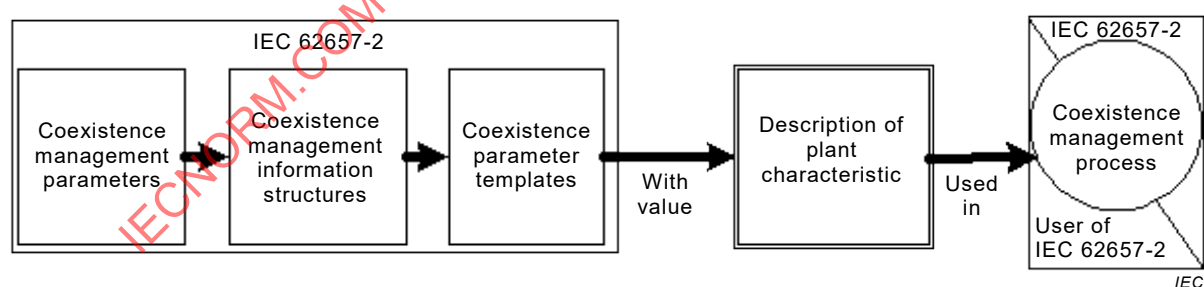


Figure 23 – Parameters to describe the general plant characteristic

The parameters in Table 4 shall be used to describe the propagation conditions and the interference potential within a plant.

Table 4 – List of parameters used to describe the general plant characteristic

Parameter name	Reference	Content
Characteristic of the area of operation	5.10	Informal specification of the area of operation with respect to its influences to the passive environmental effects
Wireless communication network density	5.58	List of wireless solutions (including all relevant parameters according to 6.5.2) in the plant (active environmental influences)
Geographical dimension of the plant	5.24	Specification of the geographical dimension of the plant using length, width and height
Limitation from neighbours of the plant	5.29	Informal specification of limitations from neighbours of the plant with respect to their influences to the active environmental effects
Natural environmental condition	5.34	Informal specification of expected natural environmental conditions with respect to its influences to the passive environmental effects
ISM application	5.27	List of frequency users including detailed description with respect to its influences to the passive environmental effects
Frequency channel	5.21	Informal specification of the radio propagation conditions with respect to its influences to the passive environmental effects or formal specification of the transition factor
Regional radio regulations	5.43	List of relevant regional radio regulations
Future expansion plan	5.23	Informal specification of the potential possible future expansions of the plant

Most of the parameter values can be provided by the plant owner. However, for some parameters, expertise of wireless experts is required. If such expertise is not available within the organization of the plant, it is strongly recommended to consult external expertise.

Textual descriptions can be used for these parameters if it is not feasible to provide quantitative values. In these cases, the textual description should be as specific as possible. Graphics and pictures can support such descriptions.

Additional information may be needed.

For example a wireless network may be tagged by an identifier referring to such additional information.

6.3 Application communication requirements

6.3.1 Overview

Application communication requirements are mostly quantitative requirements specifying the required conditions and the required characteristics of wireless solutions at the reference interface. These requirements shall be met in order to achieve the purpose of the automation application.

By definition, coexistence is the state in which all applications using wireless communication fulfil their requirements. These requirements are usually related to business goals and take into account, in addition, a number of conditions such as safety of persons, efficient use of resources or hazard conditions.

In order to fulfil these goals, the wireless solution shall meet the application communication requirements in terms of availability and real time capability, considering the industrial conditions and the characteristics of wireless systems that influence those requirements.

Figure 24 shows the relationship between the definition and specification of parameters in this document and its use to describe the application communication requirements in a coexistence management system specification.

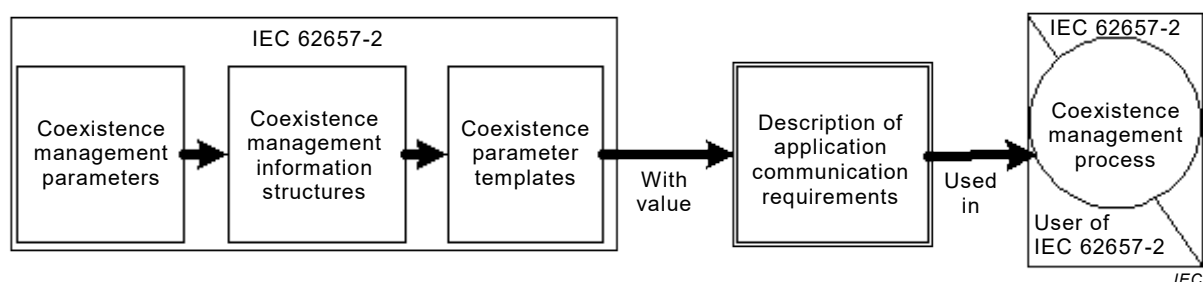


Figure 24 – Parameters to describe application communication requirements

Application communication requirements can be divided into requirements that influence the behaviour of a device or network and performance requirements that shall be met by the wireless solution in order to ensure the purpose of the automation application.

6.3.2 Requirements influencing the characteristic of wireless solutions

The set of parameters in Table 5 are application communication requirements that influence the performance of wireless solutions and thus the coexistence state. The values of these parameters shall be collected.

Table 5 – List of parameters used to describe the requirements influencing the characteristic of wireless solutions

Parameter name	Reference	Content
Communication load	5.11	Specification of the required communication load at a reference interface using user data length and transmission interval
Initiation of data transmission	5.26	Specification of the required initiation of data transmission at a reference interface
ISM application	5.28	Specification of the required length of user data at a reference interface
Maximum number of retransmissions	5.30	Specifies how many times user data are acceptable to be retransmitted automatically by the communication stack because of transmission errors.
Packet loss rate	5.36	Specifies the acceptable PLR
Position of wireless devices	5.37	Specification of the required position of a wireless device using three dimensions according to the spatial coverage of the wireless communication network
Distance between wireless devices	5.15	Specification of the length of a physical link
Purpose of the automation application	5.39	Description of the purpose of the automation application
Relative movement	5.44	Specification of the trajectory of a device and its moving profile or the length of a physical link, the relative acceleration and speed
Security level	5.46	Specification of the required security level
Spatial coverage of the wireless communication network	5.47	Specification of the required spatial coverage of the wireless communication network using length, width and height
Transfer interval	5.50	Specification of the required transfer interval at a reference interface
Wireless device density	5.57	Specification of the required wireless device density according to the spatial coverage of the wireless communication network

6.3.3 Performance requirements

Performance requirements describe the time and error behaviour necessary to achieve the purpose of the automation application.

The set of parameters in Table 6 shall be used to describe the required performance including the acceptable maximum number of retransmissions and PLR.

Table 6 – List of parameters used to describe performance requirements

Parameter name	Reference	Content
Data throughput	5.13	Specification of the required values for data throughput
Availability	5.6	Specification of the required values for availability
Transmission time	5.52	Specification of the required values for transmission time
Update time	5.56	Specification of the required values for update time
Response time	5.45	Specification of the required values for response time

NOTE The parameters given in Table 6 are random variables. These parameters are specified in terms of their mean value, percentile, standard deviation or span (jitter).

6.4 Characteristic of wireless system type and wireless device type

6.4.1 Overview

Subclause 6.4 specifies sets of parameters that characterize the model of a wireless system or a wireless device by providing the parameters to specify a wireless system type and a wireless device type.

Depending of the life-cycle, the content can change for example from

- what is required from the view point of a planner;
- what is specified in a standard including options and recommendations.

NOTE These parameters are not those of a particular implementation of a wireless system or device; that is called a wireless solution.

Additional information may be useful. For example the parameter in 5.14 can be listed.

Figure 25 shows the relationship between the definition and specification in this document and its use in a coexistence management system specification.

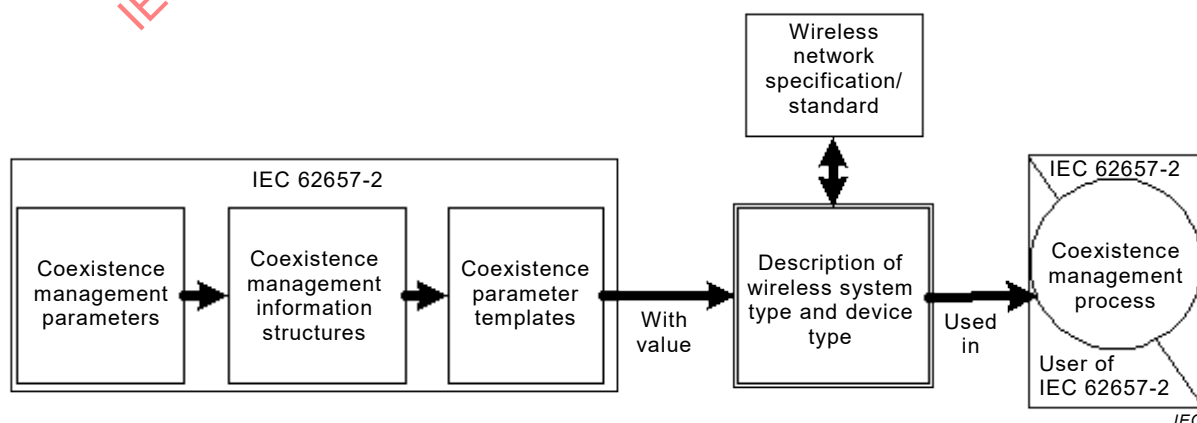


Figure 25 – Parameters to describe wireless network type and device type

Almost all parameters are specified in standards or specifications for wireless systems. However, a particular wireless communication network or device might have better or worse performance than specified. Furthermore, specifications sometimes allow value ranges for parameters. The values and value ranges of the parameters in Table 7, Table 8 and Table 9 shall be provided together with the wireless product. References can be used for parameters whose values or value ranges can be found in specifications or standards.

Subclause 6.4 differentiates between common network parameters and specific device parameters.

6.4.2 Wireless system type

The type of a wireless system shall be characterized using the parameters given in Table 7.

Table 7 – List of parameters used to describe the wireless system type

Parameter name	Reference	Content
Wireless technology or standard	5.59	Reference to a specifications or standards of which the wireless system is compliant
Regional radio regulations	5.43	List of regional radio regulations with which the wireless system is compliant
Network topology	5.35	Topologies of the wireless network.
Wireless device density	5.57	Declaration of maximum possible number of active devices in the spatial coverage
Infrastructure device	5.25	Description of possible or required infrastructure devices
Frequency band	5.20	Description of possible frequency band
Frequency hopping procedure	5.22	Description of possible or required frequency hopping procedures
Modulation	5.33	Description of possible or required modulations
Bit rate of physical link	5.8	Description of possible or required bit rate value of a physical link or a list from which can be selected
Transfer interval	5.50	Declaration of minimum transfer interval value
Transmission gap	5.51	Declaration of minimum transmission gap value
Transmitter sequence	5.54	Declaration of maximum transmitter sequence value
Dwell time	5.17	Declaration of maximum dwell time value
Medium access control mechanism	5.32	Description of possible or required medium access control mechanisms
Mechanism for adaptivity	5.31	Description of possible or required mechanisms for adaptivity
Security level	5.46	Description of functions for ensuring security levels

6.4.3 Wireless device type

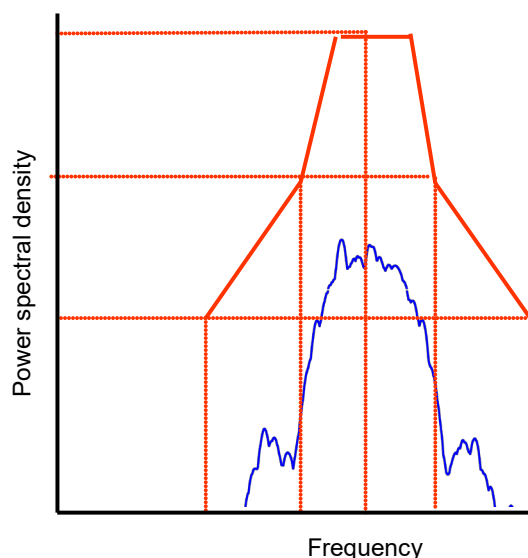
6.4.3.1 General

A wireless device type can be characterized by the specification of transmitter and receiver parameters. For a device implementing both transmitting and receiving functions, both sets of parameters shall be specified.

6.4.3.2 Transmitter parameters

The spectral energy radiated by a device can be measured with a spectrum analyser. An example of a measurement is shown in Figure 26. The blue line illustrates the power spectral density of a transmitter. A simplified representation is the transmitter spectral mask, see 5.55, which is overlaid in Figure 26 (see red coloured line).

NOTE Depending on the specific technology or standard, different parameters are used to describe the frequency spectrum and the power level.



IEC

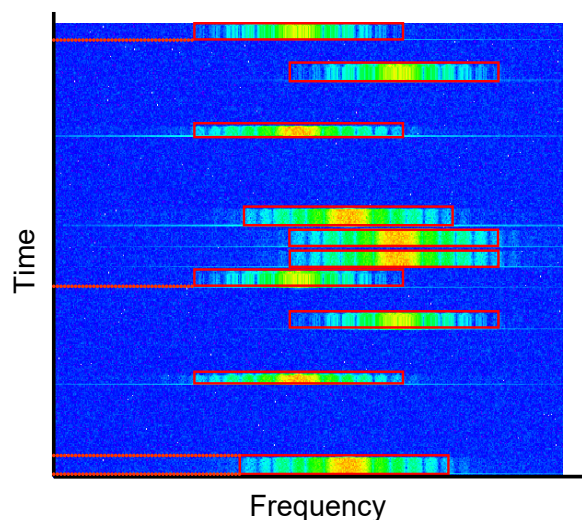
Key

solid line (red) = spectral mask

not solid (blue) = the power spectral density

Figure 26 – Power spectral density and transmitter spectral mask of a DECT system

While frequency and power are originally determined by the wireless device or system, the utilization of the spectrum in time also depends on the communication requests of the application. In Figure 27, the principle of medium utilization in time and frequency is depicted. It can also be recorded using a spectrum analyser. The yellow colour in Figure 27 shows the area of the centre frequencies with the highest power level. Relevant parameters describe the time of a transmission and the time between two consecutive transmissions. In certain circumstances, it is of interest as to whether the time refers to one or several frequency channels.



IEC

Figure 27 – Medium utilization in time and frequency of a DECT system

The values or value ranges of a device type may be better than the values specified for the network type. Therefore, the transmitter parameters in Table 8 shall be used to characterize a wireless device type.

Table 8 – List of parameters used to describe the transmitter of a wireless device type

Parameter name	Reference	Content
Wireless device density	5.57	Declaration of maximum possible number of active devices in the spatial coverage
Antenna type	5.5	Description of antenna types that are used, or that can be selected
Antenna gain	5.3	Declaration of antenna gain
Antenna radiation pattern	5.4	Declaration of antenna radiation pattern
Equivalent radiated power	5.19	Declaration of maximum ERP value
Equivalent isotropic radiated power	5.18	Declaration of maximum EIRP value
Receiver input level	5.41	Declaration of radiated power value or a list from which can be selected
Total radiated power	5.49	Possible total radiated power values
Transmitter output power	5.53	Description of transmitter output power in case the antenna is external or the ERP/EIRP has to be adjusted by the parameter transmitter output power
Transmitter spectral mask	5.55	Description of transmitter spectral mask
Power spectral density	5.38	Description of power spectral density
Frequency channel	5.21	Declaration of frequency channel values that are used, or from which can be selected specified by centre frequencies, see 5.9, and bandwidth, see 5.6, centre frequencies and cut-off frequencies, see 5.12 or a number of the frequency channels
Bit rate of physical link	5.8	Declaration of bandwidth bit rate of physical link
Transfer interval	5.50	Declaration of minimum transfer interval value
Transmission gap	5.51	Declaration of minimum transmission gap value
Transmitter sequence	5.54	Declaration of maximum transmitter sequence value
Duty cycle	5.16	Declaration of maximum duty cycle value
Dwell time	5.17	Declaration of maximum dwell time value

6.4.3.3 Receiver parameters

The receiver parameters in Table 9 shall be used to characterize a wireless device type.

Table 9 – List of parameters used to describe the receiver of a wireless device type

Parameter name	Reference	Content
Adjacent channel selectivity	5.2	Description of adjacent channel selectivity value
Receiver sensitivity	5.42	Description of receiver sensitivity value
Receiver input level	5.41	Description of maximum receiver input level value
Receiver blocking	5.40	Declaration of receiver blocking response value
Spurious response	5.48	Declaration of receiver

6.5 Characteristic of wireless solution

6.5.1 Overview

Subclause 6.5 describes the characterization of wireless solutions which are implementations of wireless systems and devices. In contrast to the description of network and devices types, here the parameter values refer to a certain installation within a plant.

Figure 28 shows the relationship between the definition and specification of parameters in this document and their use. Based on a wireless system type description of a certain network or wireless device type (see 6.4), with respect to the coexistence management information structure and the description of wireless solution given in 6.5, the wireless communication network and device solutions can be described.

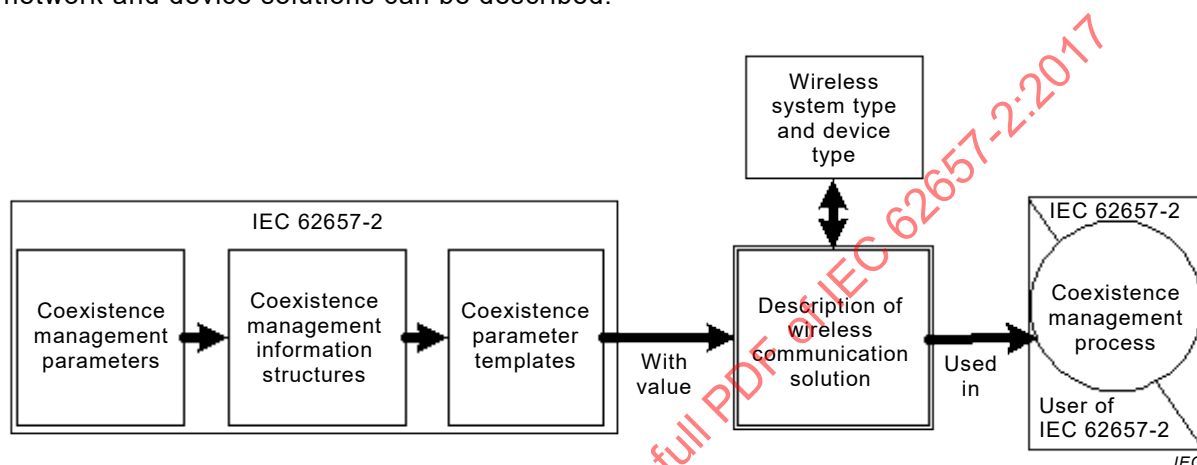


Figure 28 – Parameters to describe a wireless solution

6.5.2 Characteristic of a wireless network solution

The wireless network solution shall be characterized using the parameters in Table 10, in addition to the parameters of the wireless system type and wireless device type according to 6.4.

Table 10 – List of parameters used to describe a wireless network solution

Parameter name	Reference	Content
Wireless system type	6.4.2	Reference to a wireless system type described with parameters according to 6.4.2
Network topology	5.35	Description of network topologies
Wireless device density	5.57	Declaration of maximum possible number of active devices in the spatial coverage
Position of wireless devices	5.37	List of positions of wireless devices
Relative movement	5.44	List of descriptions of movement of wireless devices
Infrastructure device	5.25	List of positions of infrastructure devices
Frequency channel	5.21	Declaration of frequency channel values that are used, or from which can be selected specified by centre frequencies, see 5.9, and bandwidth, see 5.6, centre frequencies and cut-off frequencies, see 5.12 or a number of the frequency channels
Frequency hopping procedure	5.22	Configured frequency hopping procedures
Modulation	5.33	Configured modulations
Bit rate of physical link	5.8	Configured bit rates of physical link

Parameter name	Reference	Content
Transfer interval	5.50	Declaration of minimum transfer interval value
Transmission gap	5.51	Declaration of Minimum minimum transmission gap value
Transmitter sequence	5.54	Declaration of maximum transmitter sequence value
Dwell time	5.17	Declaration of maximum dwell time value
Medium access control mechanism	5.32	Description of configured medium access control mechanisms
Mechanism for adaptivity	5.31	Description of configured mechanisms for adaptivity
Security level	5.46	Description of configured functions for ensuring security level

6.5.3 Characteristic of a wireless device solution

The wireless device solution shall be characterized using the parameters in Table 11, in addition to the parameters of the wireless device type according to 6.4.3.

Table 11 – List of parameters used to describe the transmitter of a wireless device solution

Parameter name	Reference	Content
Wireless system type	6.4.2	Reference to a wireless system type described with parameters according to 6.4.2
Device type information	5.14	Declaration of device type information, such as model type, manufacturer, hardware version
Wireless device type	6.4.3	Reference to a wireless device type described with parameters according to 6.4.3
Antenna type	5.5	Description of antenna types
Antenna gain	5.3	Declaration of antenna gain
Antenna radiation pattern	5.4	Declaration of antenna radiation pattern
Equivalent radiated power	5.19	Declaration of effective radiated power values
Equivalent isotropic radiated power	5.18	Declaration of EIRP value
Total radiated power	5.49	Declaration of total radiated power values
Transmitter output power	5.53	Description of transmitter output power in case the antenna is external or the ERP/EIRP has to be adjusted by the parameter transmitter output power
Power spectral density	5.38	Description of power spectral density
Frequency channel	5.21	Declaration of frequency channel values that are used, or from which can be selected specified by centre frequencies, see 5.9, and bandwidth, see 5.6, centre frequencies and cut-off frequencies, see 5.12 or a number of the frequency channels
Transfer interval	5.50	Declaration of minimum transfer interval value
Transmission gap	5.51	Declaration of minimum transmission gap value
Transmitter sequence	5.54	Declaration of maximum transmitter sequence value
Duty cycle	5.16	Declaration of maximum duty cycle value
Dwell time	5.17	Declaration of maximum dwell time value

The receiver parameters of a device are mostly specified by the wireless device type. Only the receiver sensitivity can be configured, see Table 12.

Table 12 – List of parameters used to describe the receiver of a wireless device solution

Parameter name	Reference	Content
Adjacent channel selectivity	5.2	Description of adjacent channel selectivity value
Receiver sensitivity	5.42	Configured values of receiver sensitivity
Receiver input level	5.41	Description of maximum receiver input level value
Receiver blocking	5.40	Declaration of receiver blocking response value
Spurious response	5.48	Declaration of receiver

7 Coexistence management process

7.1 General

7.1.1 Overview

A coexistence management process represents the activities of the coexistence management system.

The coexistence management process includes technical and organizational activities in order to establish and to maintain the coexistence state of all wireless solutions in a plant. The coexistence parameters specified in Clause 5, and organized as described in Clause 6, are used in different phases of the coexistence management process. The overall process starting from the decision to establish such a process is depicted in Figure 7. The coexistence management process consists of the following phases:

- investigation phase (see 7.4.1);
- planning phase (see 7.4.2);
- implementation phase (see 7.4.3);
- operation phase (see 7.4.4).

NOTE As all these phases belong to the coexistence management, in the following text the term 'coexistence management' is omitted in front of the phase names.

The investigation phase shall be initiated when changes are discovered or when a new wireless system or other radio emitter in the managed band(s) are planned to be installed.

In the planning phase, the resource allocation plan is developed or modified based on the coexistence parameter values.

In the implementation phase, new wireless solutions are installed and the configuration of existing wireless solutions is modified in accordance with the resource allocation plan.

In the operation phase, the condition of wireless systems is monitored to detect problems related to coexistence and changes of environmental conditions.

In all phases, the local and regional legal and regulatory issues shall be considered and shall be fulfilled.

7.1.2 Documentation

The coexistence management system shall be documented in a coexistence management system specification and maintained as part of the coexistence management process.

The scope of the documentation should correspond to the application class.

Some elements that should be part of the coexistence management system specification that are mentioned in this document are listed below.

- Scope
- Commitment of the organization
- Procedure for maintaining
- Structure of the organization
- Roles of personnel
- Communication with external organizations
- Procedures for coexistence management
- Visualization of the collision risk
- Occupation of the frequency bands
- Location and positions of the wireless applications
- Inventory results
- Commissioning of external or internal service providers
- Information on the wireless applications
- Results of analyses and measurements
- Particulars of installation and approval
- Establishment of communication channels
- Establishment of a committee
- Establishment of an obligation to register wireless systems
- Release or rejection of newly registered wireless applications
- Document management and coordination of specifications
- Training
- Procedure of the audit
- Audit results
- Results of analysis and metrological examination
- Action plan
- General plant characteristic
- Automation communication requirements
- Wireless system type
- Wireless device type
- Wireless network solution
- Wireless device solution

NOTE The order of the bullet list above is not mandatory. The organization of a document structure can be based on different viewpoints like life-cycle, hierarchical structure, etc., referring to the same content. This is out of scope of this document.

The following documents shall be part of the coexistence management system specification:

- General plant characteristic (see 6.2 and Table 13)
- Application communication requirements (see 6.3 and Table 14)
 - Requirements influencing the characteristic of wireless solutions (see 6.3.2)
 - Performance requirements (see 6.3.3)
- Wireless communication system (see 6.4, 6.5)

- Characteristic of wireless system type and wireless device type (see 6.4)
 - a) Wireless system type (see 6.4.2 and Table 15)
 - b) Wireless device type (see 6.4.3 and Table 16)
 - i) Transmitter parameters (see 6.4.3.2)
 - ii) Receiver parameters (see 6.4.3.3)
 - Characteristic of wireless solution (see 6.5)
 - a) Characteristic of a wireless network solution (see 6.5.2 and Table 17)
 - b) Characteristic of a wireless device solution (see 6.5.3 and Table 18)
- Planning phase (see 7.4.2)

Figure 29 shows the relations of the documents in a coexistence management system specification. Figure 29 does not mandate a specific structure of the coexistence management system specification. The referenced tables in Figure 29 are templates given in Clause 8. The referenced subclauses in Figure 29 provide a cross reference to the relevant descriptions of the coexistence management process.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62657-2:2017

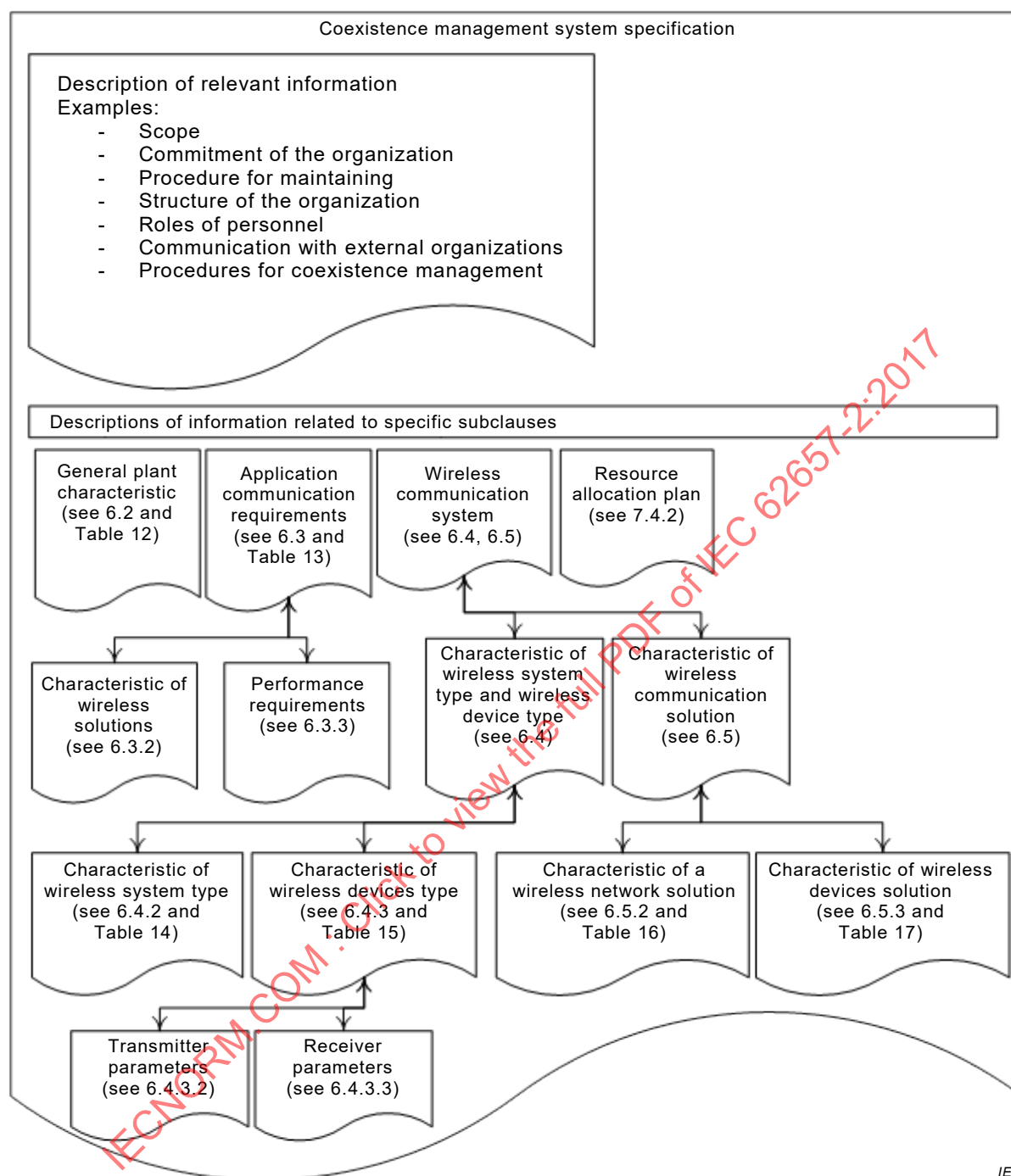


Figure 29 – Relations of the documents in a coexistence management system specification

It is recommended to support the documentation by a suitable documentation method. The requirements on such a method are described in 7.1.3.

7.1.3 Suitable documentation method

For an efficient processing of coexistence management, related to the complexity of the local situation, the application of a suitable documentation method is advisable. The documentation should at least include the following content:

- storage of information about numerous wireless systems and devices, including information about their spatial position and their radio parameters (for example in a data base);

- plausibility check of the recorded data;
- administration of information concerning the status of the known wireless applications;
- access to the documentation and their administration for all parties involved in the project (if necessary, even for those located in other countries) subject to access authorizations;
- visualization of the collision risk and the occupation of the frequency bands in an intuitive comprehensible form (for human beings);
- experiences of the company in handling the wireless applications;
- optionally visualization of the positions of the wireless applications.

7.1.4 Application of tools

The essential steps to administer radio frequencies can be supported with suitable tools.

Software tools can be used to administer the documentation specified in 7.1.3.

Other tools can support the concepts specified in 4.7.

7.2 Establishment of a coexistence management system

7.2.1 Nomination of a coexistence manager

For effective control of the coexistence management process, a central responsibility is required at the appropriate level.

One or more central contact persons (coexistence managers) shall be assigned. The area of responsibility of the coexistence manager shall be determined individually for each enterprise. Thus, a coexistence manager may be responsible for the whole company, for one or more locations, or for business divisions and departments, depending on the company organization. The crucial factor is to ensure the efficiency of the process.

Whatever the approach adopted by the specific company, it may be considered as belonging to one of two main options:

- based on the relevance of the problem;
- independent of the relevance of the problem.

In the first case, the coexistence manager is chosen from the divisions mostly affected by potential collisions. Often the IT and the automation divisions are the ones concerned.

In the second case, the neutrality of the responsible division is emphasized. Hence, for example, the coexistence manager could be chosen from the “facility management” division administering the company resources, because the frequency spectrum is to be considered a limited and therefore a valuable resource.

Internal processes and the organization of a company are the decisive factors to choose either of the two strategies. In each individual case, the decision shall be made subject to the respective conditions. Here it is important to ensure the efficiency of the process. The coexistence manager shall have basic knowledge about automation applications and the characteristics of wireless systems. The coexistence manager shall have the authority to take the necessary measures to fulfil the defined tasks.

This document describes the coexistence manager as a person. However, this does not imply that some of the sub-functions of the coexistence manager could not be allocated to an automated process. Clearly, the final responsibility of the overall coexistence manager function shall remain with an individual.

7.2.2 Responsibility of a coexistence manager

The coexistence manager shall be responsible for the following activities:

- establishment of communication channels within the company;
- establishment of a committee, consisting of contact persons of all company divisions using wireless systems;
- establishment of an obligation to register wireless systems in the location(s) of interest in the company;
- inventory of wireless applications and, if necessary, commissioning of external or internal service providers to accomplish the inventory;
- release or rejection of newly registered wireless applications and, where necessary, generation of requirements for the use of wireless applications based on the agreed decisions of the internal committee;
- development and coordination of specifications and regulations to implement and operate wireless applications;
- documentation of information about the operational wireless applications, of the decisions of the coexistence management committee and of the accomplished examinations (if necessary, commissioning external or internal service providers to get these documents);
- ensure the existence of a policy with enforcement for non-authorized introduction of new wireless applications or solutions.

7.2.3 Support by radio experts

A coexistence manager shall have basic knowledge of radio technologies and associated radio compatibilities. Specialist knowledge is required to promote qualified decisions regarding the use of wireless applications which involve considerable risks. If a coexistence manager does not have the specialist knowledge, the coexistence manager shall be assisted by a radio expert.

The following typical tasks require the assistance of a radio expert:

- inventory;
- analysis of radio robustness;
- metrological testing of radio robustness;
- preparation of a draft decision memo for the use of radio technologies;
- determination of strategies for the use of radio technologies in the future;
- controlling the adherence to the agreed specifications.

7.2.4 Training

The coexistence manager and, if necessary, other members of the committee shall be trained at regular intervals. This training serves to update the knowledge of the persons concerned and to communicate the following information:

- requisite professional background (basics of radio robustness);
- basic knowledge about modern radio technologies;
- impact of potential problems with practical examples;
- handling of the coexistence management process;
- available tools and monitoring technology.

The training content should be adjusted to the actual situation in the company. Due to the extremely dynamic nature of technology development, it is advisable to organize these trainings at regular intervals (for example once a year or every two years).

7.3 Maintaining coexistence management system

The coexistence management system shall be appropriately maintained so that it can keep those wireless solutions within its scope in conditions of coexistence, even after requirements and/or environment change.

The coexistence manager within the organization, for example of a company or a hospital, shall be responsible for maintaining the coexistence management system.

Documents in the management system shall be modified appropriately in the following cases:

- when inconsistency of the coexistence management system is detected;
- if the organization is changed.

Audit of the coexistence management system should be conducted to check consistency of the coexistence management system. The procedure of the audit shall be documented.

7.4 Phases of a coexistence management process

7.4.1 Investigation phase

7.4.1.1 Overview

The investigation phase shall be initiated when one of the following events occurs:

- new wireless system needs to be installed or upgrades/modifications of existing solutions are going to be realized;
- environment of wireless system changes;
- problem related to coexistence occurs.

The investigation aims to

- ascertain the actual state in respect of operating wireless applications,
- identify free and occupied frequency resources.

The investigation provides a basis for the coexistence management and is an important step in its implementation. A crucial premise to implement coexistence management successfully is that the results of the investigation are complete and correct.

7.4.1.2 Practical tips to accomplish an investigation

7.4.1.2.1 General

Depending on the application, the investigation can be a complex task so that assistance by skilled and qualified radio experts is recommended.

In order to accomplish an investigation efficiently, the interrogation of specialist departments (operators and planners of manufacturing plants and building equipment) and radio measurements is essential.

Adequate tools (for example suitable questionnaires) for the investigation shall be provided, allowing the registration of operating wireless systems. It is important to define which responsible parties in the company are able to provide reliable and up-to-date information. Therefore, an agreement within the coexistence management committee is necessary.

Subject to the application requirements (particularly in the application classes "safety" to "control", see Table 1) the investigation shall be supported by measurements. These measurements serve to verify the plausibility of the interrogation results and, in addition, to ascertain unknown and external wireless applications (for example from the vicinity or from

outside sources). In order to reduce the measuring effort, the results of the interrogation can be used as input data to determine the measuring method. The operating procedures shall also collect information about the runtimes of the wireless systems. The measurements shall be carried out under the realistic conditions of an application.

Further information can be gathered with the aid of automatic monitoring systems. Several modern wireless systems (for example controller-based WLANs) allow the recording of information per wireless system. Moreover, radio monitoring systems are offered which automatically gather information concerning the occupation of the frequency spectrum. In the scope of a measurement, the information provided by these systems shall be analysed, or rather shall be metrological checked.

If this specific knowledge is not available in-house, the companies can use the external service providers.

7.4.1.2.2 Accomplishment of metrological investigations

Spectrum and protocol analysers can be used for metrological examinations of the coexistence.

Protocol analysers are based on an end device or on specialized hardware.

The end device-based protocol analyser is a software solution, processing the data recorded by an end device (for example network adapter, specialized end device).

Protocol analysers, based on specialized hardware, are specialized measurement or monitoring systems, particularly used by large systems for the development of hardware, control, and fault finding. Usually, these devices are faster than end device based solutions. They are able to record and analyse more parameters but they are significantly more expensive and sometimes difficult to transport.

As an additional function, wireless solutions can continuously ascertain the actual values of the parameters and provide them to the automation application.

The choice of a tool to perform simulations, measurements or tests should consider its suitability for the planned application and its economic efficiency.

7.4.1.2.3 Evaluation of coexistence

7.4.1.2.3.1 Digital wireless systems

The wireless systems assumed here are systems with digital modulation and coding mechanisms.

Typically, industrial automation applications use digital wireless solutions. Coexistence exists if all wireless solutions involved fulfil the communication requirements of their applications. Therefore, the evaluation of coexistence requires application related metrics. The characteristic parameters related to the reference interfaces of the wireless solution shall be derived from values provided with the characteristic of the wireless solution according to 6.5.

7.4.1.2.3.2 Analog wireless systems

Analog wireless systems are primarily used for the transmission of video and voice data.

A crucial factor for the orderly operation of analog systems is compliance with the required signal-to-interference ratio, or rather signal-to-(interference + noise) ratio. The non-compliance with this ratio leads to a reduction in the received signal quality. Depending on the transmitted information, the following negative effects might result:

- reduction in speech quality in the case of voice transmission;
- reduction in image quality in the case of picture/video transmission.

NOTE The values of the signal-to-(interference + noise) ratio range from about 14 dB to 60 dB. They can be ascertained from the respective ITU or ECO/CEPT recommendations or from the device manual.

7.4.1.2.4 Analysis and measurement

During the implementation of a new wireless system, or in the inventory, the collision risk should be analysed. The collision risk should be analysed in two steps.

In the first step, analyse whether interference potentials as described in 4.4 do exist. If there is a collision risk between the wireless systems, in the second step a thorough analysis shall follow. The coexistence manager, if necessary with assistance from a radio specialist, can preliminarily analyse the collision risk.

The second step is an in-depth analysis, taking into account the particularities of the wireless systems, the radio surroundings and if needed of the automation application and the wireless devices. This analysis shall determine the influences to be expected, the degree of interference risk and the potential measures to be taken in order to ensure coexistence.

In many cases, this analysis will turn out to be very complex so that a metrological examination will be necessary. In this case the analysis serves to systematically prepare the metrological examination.

The metrological examination shall determine to what extent the requirements on the wireless system are answered and what influences have to be faced. The result of the metrological test is a draft decision memo for the application of the wireless system and shall be agreed upon by the coexistence management committee. According to this agreement, a wireless solution will be released (if needed with requirements) or rejected.

The results of analysis and metrological examination shall be documented and auditable. They can be further used in the scope of coexistence management, for example in the consideration of similar situations.

The metrological examination can take place either in the physical (application) world or under laboratory conditions. In this context, laboratory conditions mean an environment where several practice-relevant situations can be examined in a comprehensible and reproducible (and if possible standardized) way.

Normally an investigation in real surroundings is preferred, because transmitter-specific realities can be considered here. This cannot be achieved in laboratory studies. The measurement process to be determined should simulate typical, potential operational scenarios of the wireless system and of already existing wireless systems, taking into account the particularities of the automation application. The parameters to be ascertained should be chosen in such a way as to allow one to evaluate whether the requirements for the wireless system are met. Moreover, the examination shall not disturb operating wireless communication applications. If, for that reason, the parameters at the user interface listed in 7.4.1.2.3 are indeterminate in particular cases, the analysis can be accomplished by use of specific radio protocol analysers or by adequate indicators (for example plant failure, bus error).

Realistic investigations under laboratory conditions can provide repeatable and thus valuable information concerning the reaction of the wireless system to different interferences. This information might be useful to analyse coexistence and to prepare the approval. The investigation results might be provided to the contractor accompanied by the documentation of the wireless solution.

Examinations under laboratory conditions can also be useful to prepare the implementation of a wireless system, in cases where the target environment is not yet available (for example during the construction of a new production hall).

Measurements can also be used as examples to verify the analytical results, if the analysis is meant to allow authoritative statements for the coexistence of wireless systems. The metrological examination can also be used as a basis for further analyses, for example to predict interferences in the case of an increasing number of wireless devices.

7.4.2 Planning phase

7.4.2.1 Overview

In the planning phase, the resource allocation plan is developed or modified based on the updated inventory.

The resource allocation plan describes how to allocate radio resource to each wireless solution.

The resource allocation plan shall be documented appropriately. It shall be reviewed by the coexistence management committee and shall be authorized by the coexistence manager.

7.4.2.2 Coexistence management in the planning phase

Figure 30 shows a sub-process of Figure 6 and Figure 7. Figure 30 gives a review of the decisions and actions of the coexistence management process essential in the planning phase.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62657-2:2017

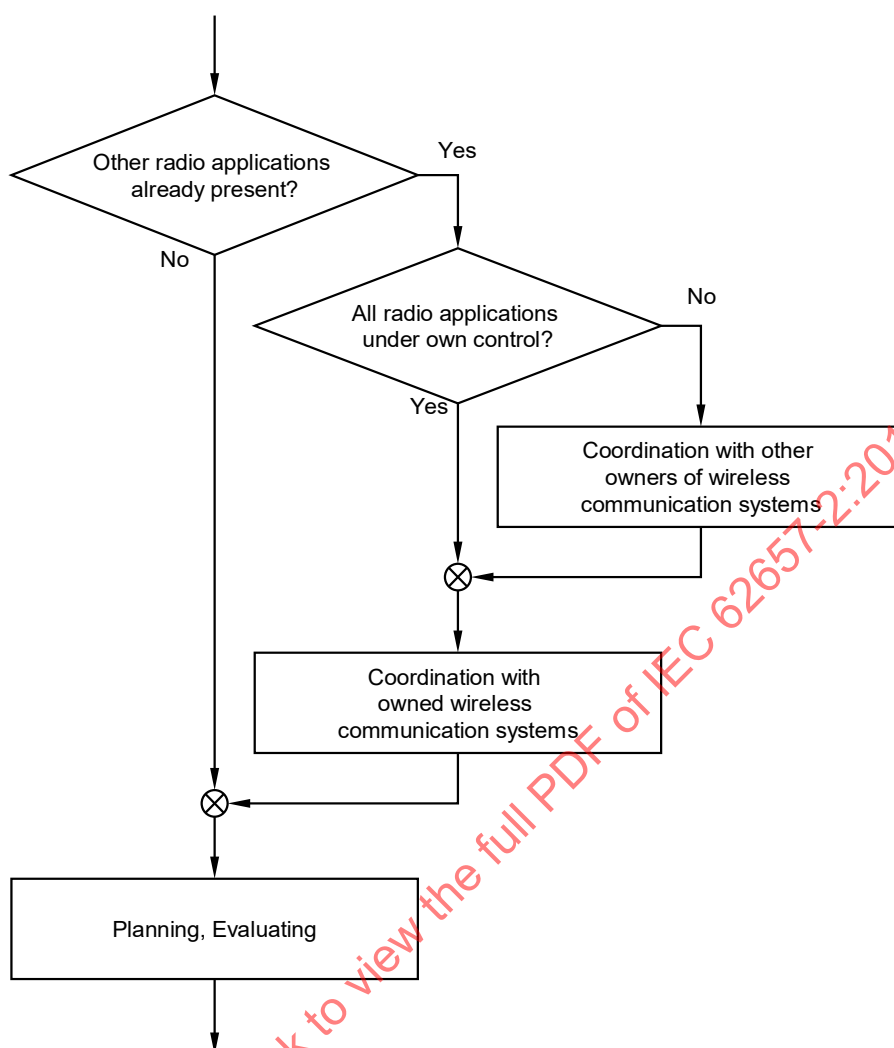


Figure 30 – Planning of a wireless system in the coexistence management process

IEC

Even if there are no operating wireless applications, it should be considered that wireless applications can be introduced after the initial planning.

If there are working wireless applications already, it shall be ascertained whether they are all under the control of the coexistence manager. On the one hand, it might be that external systems irradiate; on the other hand, it might be that for example existing wireless solutions or wireless solutions of critical application classes (for example classes functional safety and control) are prioritized and cannot be modified. In these cases, the realities shall be accepted and the remaining degrees of freedom (for example frequency, time, space) can be used to achieve coexistence. It is easier if all wireless applications are under one's own control. It is also best if existing or concurrently planned wireless applications can be optimized to operate together with regard to radio robustness.

7.4.2.3 Radio field planning

It is recommended to use software tools to accomplish radio field planning. The following groups can be distinguished.

- system-specific software tools;
- system-independent software tools.

System-specific software (for example for IEEE 802.11 [17]) can factor in several features of the radio standard and facilitates measurement with an end device.

System-independent software is usually a product that simulates radio wave propagation and hence can be used for nearly any system. However, only physical variables are simulated (for example signal level or signal propagation delay). The planner shall deduce site specific-related parameters from physical variables.

In the implementation of a wireless system, radio field planning should be performed assisted by the described software products.

Planning (at least for the application classes safety and control) should be accomplished by measurement and simulation. Simulation as a support for planning is advisable because exact measurements over a wide area are laborious and they often only represent a snapshot (for example for varying surroundings such as tall bay warehouses or production halls) and they rarely allow for optimization.

The simulations should, if possible, be specified with measurements. A pure simulation-based planning is only advisable for environments where measurements are not perceivable or not feasible (for example for not yet constructed or equipped buildings).

In radio field planning, other wireless applications should also be taken into account.

If there is no reliable information concerning the frequency occupation in the relevant range and in the immediate area, an environmental analysis should be accomplished in each planning. For that purpose spectrum and protocol analysers can be used. If spectrum analysers are applied, antennas with known directional characteristics should be used to ascertain absolute level values.

7.4.2.4 Coexistence management measures

Coexistence measures shall be considered in the resource allocation plan.

7.4.3 Implementation phase

7.4.3.1 Overview

In the implementation phase, new wireless solutions are installed and configuration of existing wireless solutions is modified in accordance with the resource allocation plan.

The radio resource allocation is achieved by configuring options and parameters related to utilization of the radio resource to the wireless systems.

Implementation shall be validated in order to ensure that the resource allocation plan has been implemented appropriately.

NOTE The investigation phase, planning phase and implementation phase together are called development phase in IEC 62890.

7.4.3.2 Installation and approval

In order to meet the specifications of coexistence management, it is crucial to implement these specifications when the considered wireless system and other wireless applications are installed and commissioned. The internal or external service providers accomplishing the installations shall be informed about the requirements. It is advisable to implement the specifications of the coexistence management, for example intra-company regulations, at least for services related to the business process or to safety. If necessary, these requirements can be integrated into the work plan.

The validation of installation shall ensure that it is in accordance with the resource allocation plan developed in the planning phase and the specifications of coexistence management. Aside from a function test and a visual inspection of the installation, the suitable acceptance controls should at least imply registration of the relevant performance parameters of the system and to control the frequency bands.

7.4.4 Operation phase

7.4.4.1 Overview

In the operation phase, the condition of wireless solutions shall be monitored in order to detect problems related to coexistence and changes of environment.

Monitoring to check the condition of coexistence shall be conducted continuously or on a regular basis. Results shall be recorded appropriately.

Detailed specification of methods and tools used for monitoring is out of scope of this document.

If events listed below are detected, then the investigation phase shall be initiated:

- problem related to coexistence occurs;
- new wireless system needs to be installed;
- environment of wireless system changes.

7.4.4.2 Coexistence management in the operating phase

Figure 31 presents the implementation and operation of a wireless system in the coexistence management process of the operating phase. After a wireless solution has been selected and coexistence established due to planning, installation and commissioning can be initiated. Subsequently, all information relevant to coexistence shall be documented.

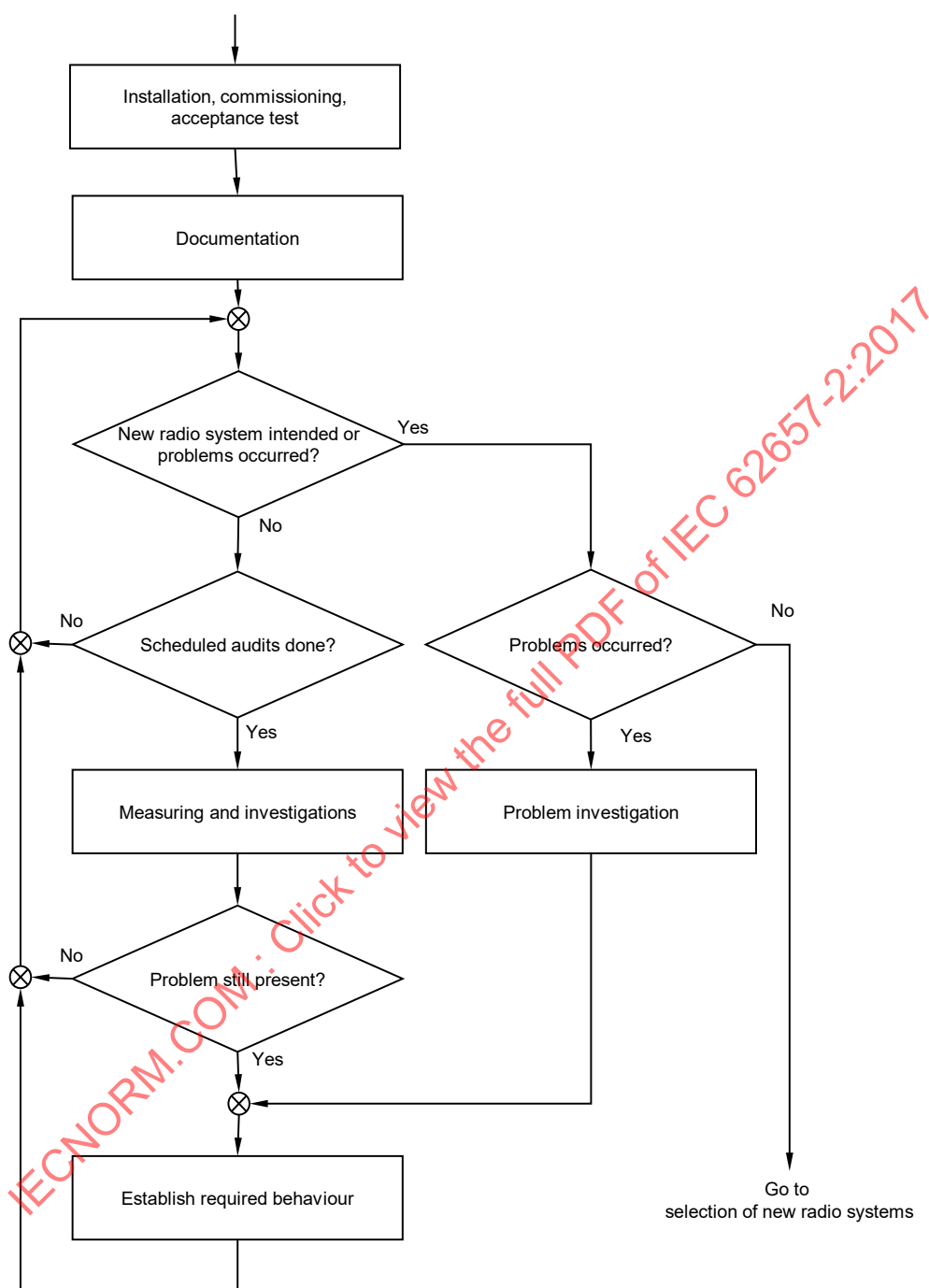
A vital part of coexistence management during operation is to establish the obligation to register internal wireless applications. This applies to the report of interferences as well as for the information that further wireless applications are scheduled. If new wireless systems are to be installed, the selection process with add-on planning and evaluation shall be initiated. In the case of interferences, the reasons shall be understood via measurements and analyses and the required function shall be re-established.

Interferences in wireless communication become apparent when something in the plant fails or does not react as planned. These situations should be avoided. Therefore it is advisable to control the compliance with the specifications of coexistence management regularly. For this purpose, an automatic system for the permanent monitoring of the frequency spectrum, which might locate irregularities even if the plant operation is not yet affected, can be installed. In addition, control measurement should be performed periodically in order to identify variances in the propagation conditions and the existence of other frequency users.

These measures can also help identify a radio system outside the responsibility and control of the coexistence manager that shall not be disturbed. The coexistence manager can take immediate actions to incorporate the radio outside of his/her control into the coexistence management plan.

EXAMPLE To achieve the compatibility of the industrial wireless communication solutions with the Broadband Fixed Wireless Access (BFWA) in the band of 5 725 MHz to 5 875 MHz in Europe (BFWA link can be affected within a radius around the industrial wireless communication solutions between 3 km and 10 km.), an efficient way could be a sensing antenna to be installed on top of the industrial plant to detect the BFWA signal and react immediately to stop using this band beyond the normal energy. Such an antenna would have the advantage of a better propagation condition to the victim link and the possibility to choose a higher gain antenna for the sensing purpose.

The coexistence manager shall create an action plan, enabling a quick response to events and initiation of the necessary actions without delay.



IEC

Figure 31 – Implementation and operation of a wireless system in the coexistence management process

For this purpose, the coexistence manager shall work closely with the other company divisions to be informed about the acquisition of wireless applications. The coexistence manager shall approve them. For the acceptance of coexistence management it is important to adopt and integrate the process into the internal regulations.

8 Coexistence parameter templates

Clause 8 provides templates for coexistence parameters defined in Clause 5 and structured in Clause 6 from a coexistence management point of view. These templates shall be used in order to gather or provide the required information and thus support the coexistence management process.

Each parameter shall be represented by the following items: value, unit, usage and remark, by using convention described in 3.3.

From these templates, an actual instance can be derived, for example using a printed table or an equivalent description in a formal language. The instantiation process is not described here since it is out of the scope of this document. The term template used in this document does not require any specific formatting. That means that the table form of the templates in this document can be transferred to any other form for example in paper form, electronically, and as a data base. The requirement of the template is that the listed parameter with the associated values or units or other information are present and linked together as given in the templates in this document to form the required structure.

The template in Table 13 shall be used to describe the characteristic of the plant. The content is specified in Table 4.

If a parameter does not have a unit, then the corresponding cell shall be marked with not applicable (N/A). The column marked "Value" can contain a list of values.

NOTE Templates given in Clause 8 with the corresponding definitions in 3.1 are intended for future inclusion in the IEC Common Data Dictionary (CDD, see IEC 61360). The CDD content can then be used in an electronic form.

Table 13 – Template used to describe the general plant characteristic

Parameter name	Value	Unit	Usage	Remark
Characteristic of the area of operation				
Wireless communication network density				
Geographical dimension of the plant				
Limitation from neighbours of the plant				
Natural environmental condition				
ISM application				
Frequency channel				
Regional radio regulations				
Future expansion plan				

The template in Table 14 shall be used to describe the application communication requirements for each wireless communication network. The content is specified in Table 5 and Table 6.

Table 14 – Template used to describe the application communication requirements

Parameter name	Value	Unit	Usage	Remark
Influencing parameters				
Communication load				
Initiation of data transmission				
Length of user data per transfer interval				
Maximum number of retransmissions				
Packet loss rate				
Position of wireless devices				
Distance between wireless devices				
Purpose of the automation application				
Relative movement				
Security level				
Spatial coverage of the wireless communication network				
Transfer interval				
Wireless device density				
Characteristic parameters				
Data throughput				
Availability				
Transmission time				
Update time				
Response time				

The templates in Table 15 and Table 16 shall be provided with a wireless solution. They describe the options of the wireless system or device. The content of Table 15 is specified in Table 7. The content of Table 16 is specified in Table 8 and in Table 9.

Table 15 – Template used to describe the wireless system type

Parameter name	Value	Unit	Usage	Remark
Wireless technology or standard				
Regional radio regulations				
Wireless device density				
Infrastructure device				
Frequency channel				
Frequency hopping procedure				
Modulation				
Bit rate of physical link				
Transfer interval				
Transmission gap				
Dwell time				
Medium access control mechanism				
Mechanism for adaptivity				
Security level				

Table 16 – Template used to describe a wireless device type

Parameter name	Value	Unit	Usage	Remark
Transmitter				
Wireless device density				
Antenna type				
Antenna gain				
Antenna radiation pattern				
Receiver input level				
Total radiated power				
Transmitter output power				
Power spectral density				
Frequency channel				
Transfer interval				
Transmission gap				
Duty cycle				
Dwell time				
Receiver				
Adjacent channel selectivity				
Receiver sensitivity				
Receiver input level				
Receiver blocking				
Spurious response				

The templates in Table 17 and Table 18 shall be used to document the current configuration and operation of each implemented wireless solution. The content of Table 17 is specified in Table 10. The content of Table 18 is specified in Table 8 and in Table 9.

Table 17 – Template used to describe the wireless network solution

Parameter name	Value	Unit	Usage	Remark
Wireless system type				
Network topology				
Wireless device density				
Position of wireless devices				
Relative movement				
Infrastructure device				
Frequency channel				
Frequency hopping procedure				
Modulation				
Bit rate of physical link				
Transfer interval				
Transmission gap				
Transmitter sequence				
Dwell time				
Medium access control mechanism				
Mechanism for adaptivity				
Security level				

Table 18 – Template used to describe a wireless device solution

Parameter name	Value	Unit	Usage	Remark
General				
Wireless system type				
Device type information				
Wireless device type				
Transmitter				
Wireless device density				
Antenna				
Antenna gain				
Antenna radiation pattern				
Equivalent radiated power				
Equivalent isotropic radiated power				
Total radiated power				
Transmitter output power				
Power spectral density				
Frequency channel				
Transfer interval				
Transmission gap				
Transmitter sequence				
Duty cycle				
Dwell time				
Receiver				
Adjacent channel selectivity				
Receiver sensitivity				
Receiver input level				
Receiver blocking				
Spurious response				

Table 19 – Template used to describe an ISM application

Parameter name	Value	Unit	Usage	Remark
ISM application				
Device type information				
Total radiated power				
Power spectral density				
Frequency channel				
Transmission gap				
Transmitter sequence				
Duty cycle				

NOTE The content of the templates could be used as a property definition-set in IEC 61360 [3].

Bibliography

- [1] IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary*, available at <http://www.electropedia.org/>
- [2] IEC 61158 (all parts), *Industrial communication networks – Fieldbus specifications*
- [3] IEC 61360 (all parts), *Standard data elements types with associated classification scheme for electric items*
- [4] IEC 61784-1, *Industrial communication networks – Profiles – Part 1: Fieldbus profiles*
- [5] IEC 61784-2, *Industrial communication networks – Profiles – Part 2: Additional fieldbus profiles for real-time networks based on ISO/IEC 8802-3*
- [6] IEC 61918, *Industrial communication networks – Installation of communication networks in industrial premises*
- [7] IEC 62278:2002, *Railway applications – Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)*
- [8] IEC 62591, *Industrial networks – Wireless communication network and communication profiles – WirelessHART*
- [9] IEC 62601, *Industrial networks – Wireless communication network and communication profiles – WIA-PA*
- [10] IEC 62734, *Industrial networks – Wireless communication network and communication profiles – ISA 100.11a*
- [11] IEC 62890:—⁶, *Life-cycle management for systems and products used in industrial-process measurement, control and automation*
- [12] ISO 5807, *Information processing – Documentation symbols and conventions for data, program and system flowcharts, program network charts and system resources charts*
- [13] ITU-R BS.561-2 (07/86), *Definitions of radiation in LF, MF and HF broadcasting bands* [cited 2013-04-26], available from Internet: <http://www.itu.int/rec/R-REC-BS.561-2-198607-I/en>
- [14] ETSI TR 100 027, V1.2.1 (1999-12), *Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Methods of measurement for private mobile radio equipment*
- [15] ETSI EN 300 328 V2.1.1 (2016), *Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Wideband transmission systems; Data transmission equipment operating in the 2,4 GHz ISM band and using wide band modulation techniques; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU*
- [16] IEEE 802.3, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications*

⁶ Under consideration. Stage at the time of publication: IEC/AFDIS 62890:2017.

- [17] IEEE 802.11, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications*
 - [18] IEEE 802.15.1:2005, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 15.1: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Wireless Personal Area Networks (WPANs)*
 - [19] IEEE 802.15.2:2003, *IEEE Recommended Practice for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 15.2: Coexistence of Wireless Personal Area Networks with Other Wireless Devices Operating in Unlicensed Frequency Bands*
 - [20] IEEE 802.15.4, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Part 15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)*
 - [21] Federal Standard 1037C, *Telecommunications: Glossary of Telecommunication Terms*. 07 August 1996, available at < <http://www.its.bldrdoc.gov/fs-1037/fs-1037c.htm>>
 - [22] ZVEI, Frankfurt, Germany, April 2009, *Coexistence of Wireless Systems in Automation Technology – Explanations on reliable parallel operation of wireless communication solutions*
 - [23] Radio Regulations Articles:2012, *Article 1*, available at <http://www.itu.int/dms_pub/itu-s/oth/02/02/S02020000244501PDFE.PDF>
 - [24] Directive 2014/53/EU of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on the harmonisation of the laws of the Member States relating to the making available on the market of radio equipment and repealing Directive 1999/5/EC, available at <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0053>>
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	96
INTRODUCTION.....	98
1 Domaine d'application	100
2 Références normatives	100
3 Termes, définitions, abréviations et conventions.....	100
3.1 Termes et définitions	100
3.2 Abréviations	112
3.3 Conventions.....	113
4 Concept de coexistence en automatisation industrielle	113
4.1 Vue d'ensemble	113
4.2 Objectif.....	114
4.3 Nécessité de mettre en œuvre une gestion de coexistence	117
4.4 Potentiel d'interférence	119
4.5 Conditions annexes	120
4.6 Exigences relatives aux appareils sans fil pour la prise en charge de la gestion de coexistence	122
4.7 Concepts	122
4.7.1 Gestion de coexistence manuelle	122
4.7.2 Gestion de coexistence automatisée, non collaborative et reposant sur des métriques.....	122
4.7.3 Gestion de coexistence automatisée, collaborative et reposant sur des métriques	122
4.8 Meilleures pratiques pour atteindre la coexistence	124
4.9 Modèle conceptuel de coexistence.....	125
4.10 Gestion de coexistence et choix d'une solution sans fil	127
4.11 Système de gestion de coexistence	129
5 Paramètres de gestion de coexistence	129
5.1 Généralités	129
5.1.1 Définition et utilisation des paramètres	129
5.1.2 Liaison physique.....	129
5.2 Sélectivité pour le canal adjacent.....	130
5.3 Gain d'antenne	130
5.4 Caractéristique de rayonnement d'antenne	130
5.5 Type d'antenne	130
5.6 Disponibilité	131
5.7 Bande passante	131
5.8 Débit binaire de liaison physique.....	131
5.9 Fréquence centrale	131
5.10 Caractéristiques du lieu de fonctionnement.....	131
5.11 Charge de communication.....	132
5.12 Fréquence de coupure	133
5.13 Débit de données.....	134
5.14 Informations sur le type d'appareil	134
5.15 Distance entre des appareils sans fil.....	134
5.16 Cycle de service	135
5.17 Temps de tenue	137
5.18 Puissance isotrope rayonnée équivalente	138

5.19	Puissance apparente rayonnée	138
5.20	Bande de fréquences	138
5.21	Canal de fréquences	138
5.22	Procédure de saut de fréquence	139
5.23	Plan d'extension future	139
5.24	Dimensions géographiques de l'installation	139
5.25	Appareil d'infrastructure	139
5.26	Initiation de la transmission de données	140
5.27	Application ISM	140
5.28	Longueur des données utilisateur par intervalle de transfert	140
5.29	Restrictions imposées par les voisins de l'installation	140
5.30	Nombre maximal de retransmissions	140
5.31	Mécanismes d'adaptabilité	141
5.32	Mécanisme de contrôle d'accès au support	141
5.33	Modulation	141
5.34	Conditions environnementales naturelles	141
5.35	Topologie de réseau	141
5.36	Taux de perte de paquets	142
5.37	Position des appareils sans fil	142
5.38	Densité spectrale de puissance	143
5.39	Objet de l'application d'automatisation	143
5.40	Blocage de récepteur	143
5.41	Niveau en entrée de récepteur	144
5.42	Sensibilité de récepteur	144
5.43	Règlements régionaux des radiocommunications	144
5.44	Déplacement relatif	144
5.45	Temps de réponse	144
5.46	Niveau de sécurité	145
5.47	Couverture spatiale du réseau de communication sans fil	145
5.48	Réponse parasite	145
5.49	Puissance totale rayonnée	146
5.50	Intervalle de transfert	146
5.51	Écart d'émission	147
5.52	Durée de transmission	148
5.53	Puissance de sortie de transmission	151
5.54	Séquence d'émetteur	151
5.55	Gabarit spectral d'émetteur	152
5.56	Temps d'actualisation	152
5.57	Densité d'appareils sans fil	153
5.58	Densité de réseaux de communication sans fil	154
5.59	Norme ou technologie sans fil	154
6	Structures d'information de la gestion de coexistence	154
6.1	Généralités	154
6.2	Caractéristiques générales de l'installation	155
6.3	Exigences relatives à la communication d'application	156
6.3.1	Vue d'ensemble	156
6.3.2	Exigences influençant les caractéristiques des solutions sans fil	157
6.3.3	Exigences de performances	158
6.4	Caractéristiques du type de système sans fil et du type d'appareil sans fil	159

6.4.1	Vue d'ensemble	159
6.4.2	Type de système sans fil	159
6.4.3	Type d'appareil sans fil	160
6.5	Caractéristiques de la solution sans fil	163
6.5.1	Vue d'ensemble	163
6.5.2	Caractéristiques d'une solution réseau sans fil	163
6.5.3	Caractéristiques d'une solution à appareils sans fil	164
7	Processus de gestion de coexistence	166
7.1	Généralités	166
7.1.1	Vue d'ensemble	166
7.1.2	Documentation	166
7.1.3	Méthode de documentation appropriée	169
7.1.4	Utilisation d'outils	170
7.2	Instauration d'un système de gestion de coexistence	170
7.2.1	Désignation d'un gestionnaire de coexistence	170
7.2.2	Responsabilités d'un gestionnaire de coexistence	171
7.2.3	Assistance d'experts radio	171
7.2.4	Formation	171
7.3	Entretien d'un système de gestion de coexistence	172
7.4	Phases d'un processus de gestion de coexistence	172
7.4.1	Phase d'investigation	172
7.4.2	Phase de planification	175
7.4.3	Phase de mise en œuvre	177
7.4.4	Phase d'exploitation	178
8	Modèles de paramètres de coexistence	180
	Bibliographie	186
	Figure 1 – Problèmes pris en compte	116
	Figure 2 – Applications utilisant le spectre de fréquences	117
	Figure 3 – Progression des dépenses pour atteindre la coexistence en fonction des classes d'application	121
	Figure 4 – Séparation des systèmes sans fil selon la fréquence et le temps	124
	Figure 5 – Modèle conceptuel de coexistence	126
	Figure 6 – Organigramme du modèle conceptuel de coexistence	127
	Figure 7 – Choix d'un système sans fil dans le processus de gestion de coexistence	128
	Figure 8 – Charge de communication avec deux appareils sans fil	132
	Figure 9 – Charge de communication avec plusieurs appareils sans fil	133
	Figure 10 – Fréquences de coupure déduites du niveau de puissance maximal	134
	Figure 11 – Distance entre les appareils sans fil	135
	Figure 12 – Cycle de service	136
	Figure 13 – Temps de tenue maximal	137
	Figure 14 – Densité spectrale de puissance d'un système IEEE 802.15.4	143
	Figure 15 – Cycle de communication, intervalle d'événements d'application et cycle de machine	147
	Figure 16 – Écart d'émission minimal	148
	Figure 17 – Exemple de fonctions de densité de durée de transmission	149

Figure 18 – Exemple de fonctions de répartition de durées de transmission.....	150
Figure 19 – Séquence d'émetteur	151
Figure 20 – Gabarit spectral d'émetteur d'un système IEEE 802.15.4	152
Figure 21 – Exemple de fonctions de répartition du temps d'actualisation	153
Figure 22 – Principe d'utilisation des paramètres de coexistence	155
Figure 23 – Paramètres décrivant les caractéristiques générales de l'installation	155
Figure 24 – Paramètres décrivant les exigences de communication d'application.....	157
Figure 25 – Paramètres de description des types de réseaux et d'appareils sans fil.....	159
Figure 26 – Densité spectrale de puissance et gabarit spectral d'émetteur d'un système DECT	161
Figure 27 – Utilisation du support en fonction du temps et de la fréquence par un système DECT	161
Figure 28 – Paramètres de description d'une solution sans fil	163
Figure 29 – Relations des documents dans une spécification de système de gestion de coexistence	169
Figure 30 – Planification d'un système sans fil dans le processus de gestion de coexistence	176
Figure 31 – Mise en œuvre et fonctionnement d'un système sans fil dans le processus de gestion de coexistence.....	180
Tableau 1 – Exemple de classification des exigences de communication d'application.....	115
Tableau 2 – Valeurs de période d'observation en fonction du profil d'application.....	136
Tableau 3 – Options de paramètre pour le canal de fréquence.....	139
Tableau 4 – Liste des paramètres utilisés pour décrire les caractéristiques générales de l'installation.....	156
Tableau 5 – Liste des paramètres utilisés pour décrire les exigences ayant un impact sur les caractéristiques des solutions sans fil.....	158
Tableau 6 – Liste des paramètres utilisés pour décrire les exigences de performances	158
Tableau 7 – Liste des paramètres utilisés pour décrire le type de système sans fil	160
Tableau 8 – Liste des paramètres utilisés pour décrire l'émetteur d'un type d'appareil sans fil.....	162
Tableau 9 – Liste des paramètres utilisés pour décrire le récepteur d'un type d'appareil sans fil.....	163
Tableau 10 – Liste des paramètres utilisés pour décrire une solution réseau sans fil	164
Tableau 11 – Liste des paramètres utilisés pour décrire l'émetteur d'une solution à appareils sans fil.....	165
Tableau 12 – Liste des paramètres utilisés pour décrire le récepteur d'une solution à appareils sans fil.....	165
Tableau 13 – Modèle utilisé pour décrire les caractéristiques générales de l'installation	181
Tableau 14 – Modèle utilisé pour décrire les exigences de communication d'application	182
Tableau 15 – Modèle utilisé pour décrire le type de système sans fil	183
Tableau 16 – Modèle utilisé pour décrire le type d'appareil sans fil	183
Tableau 17 – Modèle utilisé pour décrire la solution réseau sans fil	184
Tableau 18 – Modèle utilisé pour décrire la solution à appareils sans fil	184
Tableau 19 – Modèle utilisé pour décrire une application ISM	185

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RÉSEAUX DE COMMUNICATION INDUSTRIELS – RÉSEAUX DE COMMUNICATION SANS FIL –

Partie 2: Gestion de coexistence

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 62657-2 a été établie par le sous-comité 65C: Réseaux industriels, du comité d'études 65 de l'IEC: Mesure, commande et automation dans les processus industriels.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2013. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) mise à jour des références normatives, termes, définitions, symboles et abréviations;
- b) ajout de termes;

- c) vérification des termes relatifs au cycle de vie par rapport aux termes utilisés dans l'IEC 62890:—¹ et ajout d'explications;
- d) ajout et modification du texte pour le rendre plus lisible;
- e) alignement de certaines définitions et spécifications des paramètres de coexistence afin de faciliter leur inclusion future dans le dictionnaire de données communes de l'IEC (IEC CDD) géré par l'IEC.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
65C/861/FDIS	65C/873/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62657, publiées sous le titre général *Réseaux de communication industriels – Réseaux de communications sans fil*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

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

¹ En préparation. Stade au moment de la publication: IEC/AFDIS 62890:2017.

INTRODUCTION

L'ensemble du marché des solutions réseau sans fil représente un éventail d'applications diverses, dont les exigences de performances et de fonctionnement sont différentes. Au sein de ce marché global, le domaine d'automatisation industrielle peut inclure:

- le contrôle de procédés, par exemple dans les secteurs suivants de l'industrie:
 - hydrocarbures, raffinage,
 - chimie,
 - pharmacie,
 - extraction minière,
 - pâte et papier,
 - eaux et eaux usées,
 - acier
- énergie électrique comme:
 - la production électrique (par exemple: éolienne),
 - transmission et distribution de puissance (réseau),
- automatisation d'usine, par exemple dans les secteurs industriels suivants:
 - alimentaire,
 - automobile,
 - machinerie,
 - semiconducteurs.

Les exigences d'automatisation industrielle pour les réseaux sans fil sont différentes de celles, par exemple, des marchés des télécommunications, des marchés commerciaux et des marchés grand public. Ces exigences d'automatisation industrielle sont identifiées et fournies dans l'IEC 62657-1.

Les locaux industriels peuvent contenir une variété de technologies de réseau sans fil et d'autres sources d'émission de radiofréquences.

Le présent document s'adresse aux concepteurs et responsables d'usines de production et de transformation, aux intégrateurs de système et aux ingénieurs-mécaniciens devant intégrer et démarrer des systèmes sans fil dans des machines et des installations, ainsi qu'aux producteurs de solutions sans fil pour l'industrie. Elle vise en particulier à promouvoir l'échange d'informations entre les ingénieurs d'automatisation et les ingénieurs radio.

De nombreuses applications d'automatisation industrielle sans fil se trouvent également dans des environnements physiques sur lesquels l'exploitant/le propriétaire peut avoir le contrôle. Il s'agit d'une installation physique contenant des appareils d'émission de radiofréquences dont le fonctionnement est contrôlé par une seule entité. Cela permet de développer des stratégies de gestion sans fil, ce qui s'avère impossible pour les équipements installés dans les espaces publics ou d'autres endroits non gérés.

En automatisation industrielle, de nombreux réseaux sans fil peuvent fonctionner dans un même lieu. Des exemples de ce type de réseau sont présentés dans l'IEC 62591 [8]² (WirelessHART^{®3}), l'IEC 62601 [9] (WIA-PA) et l'IEC 62734 [10] (ISA100.11a). Tous ces réseaux s'appuient sur la norme IEEE 802.15.4 [19] relative aux applications de contrôle de procédés. D'autres exemples de réseaux sans fil sont spécifiés dans les profils de communication de l'IEC 61784-1 [4] et de l'IEC 61784-2 [5] qui s'appuient sur l'IEEE 802.11 [17] et l'IEEE 802.15.1 [18] pour les applications d'automatisation d'usine. Contrairement aux bus de terrain filaires, les appareils de communication sans fil peuvent interférer avec d'autres dans les mêmes locaux ou le même environnement et se perturber mutuellement. D'autres sources d'énergie radioélectrique dans ces bandes, souvent à des niveaux d'énergie élevés, sont les appareils de production de chaleur industrielle par radio fréquence, les appareils de soudage du plastique, les lampes à plasma et les appareils de rayonnement par microondes.

De toute évidence, en l'absence d'un moyen de gérer la coexistence de ces différents émetteurs, il serait difficile de garantir que ces réseaux sans fil satisfont aux exigences de criticité temporelle et de performances d'automatisation industrielle.

La série IEC 62657 se compose de deux parties:

- Partie 1: Exigences de communication sans fil et considérations relatives au spectre
- Partie 2: Gestion de coexistence

L'IEC 62657-1 fournit les exigences générales en matière d'automatisation industrielle et les considérations relatives au spectre qui servent de fondement aux solutions de communication industrielles. Le présent document spécifie la gestion de coexistence des appareils sans fil afin d'assurer des performances prévisibles. Elle est destinée à faciliter l'harmonisation de futures adaptations à des règlements internationaux, nationaux et locaux.

Le présent document stipule le concept et le processus de gestion de coexistence. Sur la base du processus de gestion de coexistence, une assurance prévisible de la coexistence peut être obtenue pour un spectre donné, avec certaines exigences d'application. Le présent document décrit les mécanismes de gestion des potentiels brouillages mutuels susceptibles de se produire en raison du fonctionnement de plusieurs appareils sans fil dans une usine.

Le présent document donne des lignes directrices aux utilisateurs de réseaux sans fil quant au choix et au bon usage de ces réseaux. Dans l'offre d'appareils sans fil sur le marché, elle aide également les fournisseurs en décrivant les comportements des appareils sans fil qui composent les réseaux sans fil satisfaisant aux exigences d'application.

Le présent document s'appuie sur des analyses de nombreuses Normes internationales consacrées à des technologies particulières. L'objet de la présente norme n'est pas d'inventer de nouveaux paramètres, mais d'utiliser ceux déjà définis et de s'affranchir de la technologie.

² Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

³ WirelessHART est la marque déposée de FieldComm Group (voir www.fieldcommgroup.org). Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que l'IEC approuve ou recommande l'emploi exclusif du produit ainsi désigné. Des produits équivalents peuvent être utilisés s'il est démontré qu'ils conduisent aux mêmes résultats.

RÉSEAUX DE COMMUNICATION INDUSTRIELS – RÉSEAUX DE COMMUNICATION SANS FIL –

Partie 2: Gestion de coexistence

1 Domaine d'application

Le présent document:

- spécifie les hypothèses, concepts, paramètres et procédures de base permettant la coexistence de communications sans fil;
- spécifie les paramètres de coexistence et la façon de les utiliser dans une application exigeant une coexistence de communications sans fil;
- fournit les lignes directrices, exigences et meilleures pratiques en matière de disponibilité et de performance des communications sans fil, dans une installation d'automatisation industrielle. Il couvre le cycle de vie de la coexistence de communications sans fil;
- facilite la tâche des personnes appelées à faire face aux aspects critiques à chaque phase du cycle de vie de la gestion de coexistence de communications sans fil dans une installation d'automatisation industrielle. Les aspects du cycle de vie incluent: la planification, la conception, l'installation, la mise en œuvre, le fonctionnement, la maintenance, l'administration et la formation;
- fournit une référence commune sur la coexistence de communications sans fil pour des sites d'automatisation industrielle sous forme de recommandation homogène aidant les utilisateurs à évaluer et mesurer les efforts de leur installation;
- aborde les aspects fonctionnels de la coexistence de communications sans fil concernant tant l'organisation statique homme-outil que l'auto-organisation dynamique du réseau.

Le présent document apporte une contribution majeure aux règlements nationaux et régionaux. Il ne dispense pas les appareils de se conformer à toutes les exigences des règlements nationaux et régionaux.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 62657-1:—⁴, *Réseaux de communication industriels – Réseaux de communication sans fil – Exigences de communication sans fil et considérations relatives au spectre*

IEC 62443 (toutes les parties), *Industrial communication networks – Network and system security* (disponible en anglais seulement)

3 Termes, définitions, abréviations et conventions

3.1 Termes et définitions

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

⁴ En préparation. Stade au moment de la publication: IEC/RFDIS 62657-1:2017.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1.1

interférence dans le canal adjacent

interférence se produisant lorsque des appareils sans fil utilisent des canaux de fréquences adjacents

3.1.2

sélectivité pour le canal adjacent

aptitude d'un récepteur radioélectrique à répondre au signal utile et à renvoyer des signaux dans des canaux de fréquences adjacents

3.1.3

type d'antenne

structure ou appareil servant à recueillir ou émettre des ondes électromagnétiques

3.1.4

gain d'antenne

rapport de la puissance nécessaire en entrée d'une antenne de référence sur la puissance fournie à l'entrée de l'antenne donnée pour produire, dans une direction donnée, la même intensité de champ à la même distance

[SOURCE: Norme fédérale 1037C:1996, modifiée] [21]

3.1.5

caractéristique de rayonnement d'antenne

variation de l'intensité de champ d'une antenne sous forme de fonction angulaire par rapport à l'axe

3.1.6

application d'automatisation

application d'automatisation industrielle

application de mesure et de commande automatique dans le domaine de l'automatisation industrielle

3.1.7

longueur des données d'application d'automatisation

longueur de données de l'utilisateur

nombre d'octets échangés au niveau de l'interface de référence

3.1.8

disponibilité, <performances>

aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires est assurée

Note 1 à l'article: La disponibilité dépend de la fiabilité, de la maintenabilité et de la logistique de maintenance.

Note 2 à l'article: Les moyens extérieurs exigés, autres que la logistique de maintenance, n'influencent pas la disponibilité de l'entité.

[SOURCE: IEC 60050-191:1990, 191-02-05]

3.1.9

bande passante

différence entre la fréquence de coupure supérieure et la fréquence de coupure inférieure

3.1.10

topologie cellulaire

topologie de réseau cellulaire

topologie de réseau dans laquelle la zone géographique est divisée en cellules

Note 1 à l'article: Un appareil peut se déplacer d'une cellule à l'autre. Les appareils se trouvant dans une cellule communiquent par l'intermédiaire d'un concentrateur central. Les concentrateurs présents dans différentes cellules sont interconnectés.

3.1.11

fréquence centrale

moyenne géométrique des fréquences de coupure inférieure et supérieure d'un canal de fréquences

3.1.12

occupation de canal

durée pendant laquelle le support est occupé

Note 1 à l'article: En plus du pur transfert de données d'utilisateur, cette durée comprend toutes les périodes nécessaires à l'exécution du protocole de transmission, par exemple pour transférer un accusé de réception.

3.1.13

coexistence

coexistence de communications sans fil

état dans lequel toutes les solutions de communication sans fil d'une installation utilisant un support commun satisfont à toutes les exigences de communication de leur application

Note 1 à l'article: Dans l'IEEE 802.15.2-2003 [19], la coexistence est définie comme une caractéristique d'un appareil.

3.1.14

évaluation de coexistence

étude visant à établir un jugement, fondé sur des preuves, de la pertinence d'un ensemble de produits et de leur installation pour obtenir la coexistence

3.1.15

gestion de coexistence

processus visant à établir et maintenir la coexistence comportant des mesures techniques et organisationnelles

3.1.16

planification de coexistence

processus décrivant l'allocation de ressources de communication sans fil (telles que des périodes, fréquences, codage, espaces, etc.) pour chaque système de communication sans fil afin d'obtenir la coexistence

3.1.17

charge de communication

quantité de données utilisateur à transmettre depuis l'application d'automatisation en un certain laps de temps

3.1.18

fréquence de coupure

limite de fréquence, la plus proche de la fréquence à laquelle la densité spectrale de puissance passe au-dessous d'un certain niveau, définissant la largeur de bande de fréquences

3.1.19**débit de données**

rapport du nombre de données utilisateur par période de temps transférées chez un client entre l'interface de référence et l'application

3.1.20**informations sur le type d'appareil**

nom du fabricant, contact chez le fabricant, type et version du matériel et du logiciel

3.1.21**distance entre des appareils sans fil**

distance géographique entre les appareils dans un espace tridimensionnel

3.1.22**cycle de service**

rapport de la séquence de l'émetteur référencée sur une période d'observation donnée pour le canal de fréquences utilisé

3.1.23**temps de tenue**

temps passé à une fréquence lors d'un saut de fréquence simple d'un système à sauts de fréquence

3.1.24**puissance isotrope rayonnée équivalente**

produit de la puissance fournie à l'antenne et gain d'antenne dans une direction donnée par rapport à une antenne isotrope (gain absolu ou isotrope)

[SOURCE: Règlements des radiocommunications (2012) – Art.1 §1.161, modifié — terme anglais "isotropically" remplacé par "isotropic", et définition reformulée selon les Directives ISO/IEC Partie 2]

3.1.25**puissance apparente rayonnée**

produit de la puissance fournie à l'antenne par son gain par rapport à un doublet demi-onde dans une direction donnée

[SOURCE: Règlements des radiocommunications (2012) – Art.1 §1.162, modifié — Supprimé ("dans une direction donnée") et définition reformulée selon les Directives ISO/IEC Partie 2]

3.1.26**brouillage électromagnétique**

EMI

trouble apporté au fonctionnement d'un appareil, d'une voie de transmission ou d'un système par une perturbation électromagnétique

Note 1 à l'article: En français, les termes "perturbation électromagnétique" et "brouillage électromagnétique" désignent respectivement la cause et l'effet et ne devraient pas être utilisés l'un pour l'autre.

Note 2 à l'article: En anglais, les termes "electromagnetic disturbance" et "electromagnetic interference" désignent respectivement la cause et l'effet et ne devraient pas être utilisés l'un pour l'autre.

[SOURCE: IEC 60050-161:1990/AMD1:1997, 161-01-06]

3.1.27**bande de fréquences**

plage du spectre des fréquences affectée par les organisations de réglementation à certaines applications ou à un groupe d'applications

Note 1 à l'article: L'UIT, en tant qu'organisation internationale de réglementation, attribue uniquement les services de radiocommunication à une plage spécifique dans le spectre de fréquences.

3.1.28

canal de fréquences

plage de la bande de fréquences, caractérisée par une fréquence de coupure inférieure et une fréquence de coupure supérieure ou par une fréquence centrale et une bande passante, utilisée par un système de communication sans fil conformément à une spécification (norme ou spécification d'appareil) ou à une mesure réglementaire mise en place par une organisation réglementaire compétente

Note 1 à l'article: L'emploi coordonné de canaux de fréquences différents est l'un des moyens d'atteindre la coexistence.

3.1.29

procédure de sauts de fréquence

séquence des canaux de fréquences utilisés pour la transmission (séquence de saut) et le temps de tenue

3.1.30

plan d'extension future

installation possible de nouvelles solutions de communication sans fil et construction de nouveaux bâtiments pouvant influencer sur la coexistence

3.1.31

dimensions géographiques de l'installation

longueur, largeur et hauteur de l'espace prévu du système sans fil

3.1.32

immunité

capacité d'une entité à continuer à fonctionner correctement en cas d'interférence, jusqu'à un certain niveau d'interférence, et de résister au-delà de ce niveau

Note 1 à l'article: L'immunité d'une entité est obtenue en ajoutant à la robustesse de l'entité la capacité à résister aux interférences.

3.1.33

appareil d'infrastructure

appareil essentiel à la construction d'un système de communication sans fil conformément à une technologie ou à une norme, mais sans interface avec l'application d'automatisation

EXEMPLE Routeur ou stations de base sans interface avec des réseaux industriels filaires ni fonction d'application d'automatisation.

3.1.34

initiation de la transmission de données

méthode qui spécifie de quelle manière l'application débute le transfert de données

3.1.35

sensibilité d'intermodulation

niveaux de signaux brouilleurs hors bande qui, mélangés dans l'extrémité frontale du récepteur, donnent un produit non linéaire de troisième ordre dans la bande

3.1.36

brouillage

brouillage radioélectrique

effet, sur la réception dans un système de radiocommunication, d'une énergie non désirée due à une émission, à un rayonnement ou à une induction (ou à une combinaison de ces émissions, rayonnements ou inductions), se manifestant par une dégradation de la qualité de transmission, une déformation ou une perte de l'information que l'on aurait pu extraire en l'absence de cette énergie non désirée

[SOURCE: Règlements des radiocommunications (2004) – Art. 1 § 1.166]

3.1.37

application industrielle, scientifique et médicale

fonctionnement d'un équipement ou d'appareils conçus pour générer et utiliser en local l'énergie radioélectrique pour les besoins industriels, scientifiques, médicaux, domestiques ou des besoins similaires, à l'exclusion des applications dans le domaine des télécommunications

[SOURCE: Règlements des radiocommunications (2012) – Art.1 §1.15]

3.1.38

gigue

variation temporelle d'une occurrence attendue

Note 1 à l'article: Les variations du temps d'émission et du temps d'actualisation en sont des exemples.

3.1.39

longueur des données utilisateur par intervalle de transfert

nombre d'octets envoyés au cours d'un intervalle de transfert, les octets ajoutés compte tenu des exigences du protocole de communication sans fil étant soustraits

Note 1 à l'article: La longueur des données de l'application affecte la charge de communication et est susceptible de causer la séparation temporelle des systèmes de communication sans fil.

3.1.40

cycle de vie

durée entre le début de la phase de développement d'un type de produit et la suppression d'un produit

[SOURCE: IEC 62890:—⁵, 3.1.19]

3.1.41

restrictions imposées par les voisins de l'installation

description des voisins de l'installation susceptibles d'imposer des limites à la communication sans fil

EXEMPLE Des radiosources à forte puissance.

3.1.42

topologie linéaire

topologie de réseau linéaire

topologie dans laquelle les nœuds sont connectés en série, deux nœuds étant connectés à un seul autre nœud et tous les autres étant connectés à deux autres nœuds (en d'autres termes, la connexion forme une ligne)

Note 1 à l'article: Cette topologie correspond à celle d'un anneau ouvert.

[SOURCE: IEC 61918:2013, 3.1.44]

3.1.43

fréquence de coupure inférieure

première fréquence sous la fréquence de puissance maximale à laquelle la densité spectrale de puissance chute sous un niveau donné

⁵ En préparation. Stade au moment de la publication: IEC/AFDIS 62890:2017.

3.1.44

mécanismes d'adaptabilité

mesures modifiant un ou plusieurs des paramètres d'exploitation des systèmes afin d'améliorer leur insensibilité aux interférences et de réduire le plus possible l'utilisation du support

3.1.45

nombre maximal de retransmissions

limite supérieure de la fréquence à laquelle les données utilisateur peuvent être automatiquement retransmises par la pile de communication à la suite d'erreurs de transmission

3.1.46

mécanismes d'adaptabilité

technique ou procédure d'augmentation de la capacité de coexistence

3.1.47

mécanisme de contrôle d'accès au support

technique de transmission de la manière d'accéder au support

Note 1 à l'article: il s'agit par exemple, de CSMA et/ou TDMA.

3.1.48

topologie maillée

topologie de réseau maillée

topologie dans laquelle des chemins redondants d'acheminement physiquement différents sont disponibles entre chaque paire de nœuds du réseau

Note 1 à l'article: La topologie maillée sans fil est utilisable pour étendre la couverture par une fonctionnalité de sauts multiples et/ou pour faciliter la fiabilité des communications par la fourniture de chemins redondants entre les appareils.

[SOURCE: IEC 62734:2014, 3.1.2.95]

3.1.49

métriques

ensemble d'indicateurs quantitatifs correspondant à des propriétés particulières d'un équipement, d'un appareil de communication ou d'un système de communication sans fil

3.1.50

modulation

processus de variation d'une ou de plusieurs propriétés d'une forme d'onde périodique avec un signal de modulation contenant les informations à transmettre

3.1.51

conditions environnementales naturelles

condition d'environnement de l'appareil sans fil et du système sans fil

Note 1 à l'article: il s'agit, par exemple, de la température, de l'humidité, de la pression atmosphérique.

3.1.52

réseau

tous les supports, connecteurs, répéteurs, routeurs, passerelles et éléments de communication du nœud associés permettant d'interconnecter un ensemble donné d'appareils de communication

[SOURCE: IEC 61158-2:2014, 3.1.30.]

3.1.53**nœud**

point limite d'une branche d'un réseau

[SOURCE: IEC 61918:2013, 3.1.50]

3.1.54**autres utilisateurs de fréquence**

utilisateur qui génère et utilise l'énergie radioélectrique sans aucun objectif de télécommunication

Note 1 à l'article: il s'agit, par exemple, d'une soudeuse, d'un moteur électrique, d'un convertisseur de fréquence

3.1.55**émission hors bande**

émission sur une ou des fréquences situées en dehors de la largeur de bande nécessaire mais en son voisinage immédiat, due au processus de modulation, à l'exclusion des rayonnements non essentiels

[SOURCE: Règlements des radiocommunications (2012) – Art.1 §1.144]

3.1.56**taux de perte de paquets**

rapport du nombre de paquets, transférés de l'application vers l'interface de référence chez le producteur, et du nombre de paquets transférés de l'interface de référence à l'application chez le client

3.1.57**liaison physique**

relation entre les émetteurs-récepteurs radio (points limites physiques) de deux appareils sans fil

3.1.58**installation**

aménagement géré, en général doté d'un périmètre de protection physique, hébergeant le procédé physique, le fonctionnement, le personnel et les équipements

3.1.59**topologie point à point****topologie de réseau point à point**

topologie dans laquelle deux nœuds sont directement connectés l'un à l'autre

3.1.60**position de l'appareil sans fil**

position géographique de l'espace tridimensionnel dans les coordonnées absolues ou relatives dans lesquelles se trouve l'appareil

3.1.61**densité spectrale de puissance**

répartition en fonction de la fréquence de la puissance par unité de largeur de bande des composantes spectrales d'un signal ou d'un bruit à spectre continu et de puissance moyenne finie

[SOURCE: IEC 60050-713:1998, 713-09-12]

3.1.62

objet de l'application d'automatisation

récapitulatif de l'application d'automatisation prise en charge par le réseau sans fil dans la mesure nécessaire pour donner un aperçu utile des exigences imposées au réseau sans fil

3.1.63

canal de fréquences

plage du spectre des fréquences définie par une fréquence de coupure inférieure et une fréquence de coupure supérieure ou par une fréquence centrale et une bande passante

3.1.64

ressource radio

moyen utilisé par de nombreuses solutions de communication sans fil pour leur transmission de signal radio

3.1.65

robustesse radio

aptitude d'une communication sans fil à accomplir la fonction prévue malgré la présence du brouillage d'autres applications sans fil actives dans sa sphère d'influence

Note 1 à l'article: La signification de ce terme est identique à celle du terme "coexistence" défini dans l'IEEE 802.15.2:2003, 3.1.2 [19].

3.1.66

interface de référence

interface visible entre une application d'automatisation et la fonction de communication sans fil

Note 1 à l'article: Il n'existe pas d'interface unanimement définie pour la mesure et l'automatisation. L'interface de l'appareil est susceptible d'être une interface matérielle série ou parallèle, une interface de bus de terrain, une interface logicielle ou une interface série, parallèle, discrète et analogique.

3.1.67

blocage de récepteur

effet d'un fort signal brouilleur sur la capacité du récepteur à détecter un signal utile faible

3.1.68

niveau en entrée de récepteur

signaux reçus dont les niveaux sont supérieurs au niveau maximal en entrée de récepteur

3.1.69

niveau maximal en entrée de récepteur

puissance de signal maximale que le système puisse tolérer sans distorsion du signal

3.1.70

sensibilité de récepteur

puissance de signal minimale pour recevoir des données avec un taux d'erreur binaire donné

3.1.71

règlement régional des radiocommunications

règlement relatif aux paramètres de coexistence importants, tels que la bande de fréquences et la puissance de sortie, en fonction de la région dans laquelle il est prévu d'utiliser l'application sans fil

3.1.72

déplacement relatif

position d'un appareil sans fil dans le temps

3.1.73**temps de réponse**

intervalle de temps entre l'instant de livraison du premier bit ou octet de données utilisateur d'un paquet à l'interface de référence d'un émetteur et l'instant où le dernier bit ou octet du paquet de confirmation est livré à l'interface de communication du même émetteur, qui peut être affecté à la demande

3.1.74**topologie en anneau****topologie de réseau en anneau**

réseau actif dans lequel chaque nœud est connecté en série à deux autres nœuds

[SOURCE: IEC 61918:2013, 3.1.63]

3.1.75**robustesse**

capacité d'une entité à continuer à fonctionner correctement en cas d'interférence, jusqu'à un certain niveau d'interférences

Note 1 à l'article: La robustesse d'une entité peut être accrue en modifiant un ou plusieurs de ses paramètres de fonctionnement.

3.1.76**niveau de sécurité**

catégorie d'exigences pour la cybersécurité

3.1.77**support partagé**

ressource de bande de fréquences dans une zone particulière partagée par plusieurs applications sans fil

Note 1 à l'article: Dans les bandes industrielle, scientifique et médicale (ISM), de nombreuses applications sans fil sont utilisées. C'est en raison de ces utilisations conjointes que le terme "support partagé" est employé dans le présent document. Les bandes de fréquences sont utilisées par diverses applications ISM et applications de communication sans fil.

3.1.78**couverture spatiale du réseau de communication sans fil**

couverture spécifiée par la longueur, la largeur et la hauteur d'un cuboïde qui englobe le réseau de communication sans fil

3.1.79**rayonnement non essentiel**

rayonnement sur une ou des fréquences situées en dehors de la largeur de bande nécessaire et dont le niveau peut être réduit sans affecter la transmission de l'information correspondante, y compris les rayonnements harmoniques, les rayonnements parasites, les produits d'intermodulation et de conversion de fréquence, à l'exclusion des émissions hors bande

[SOURCE: Règlements des radiocommunications (2012) – Art.1 §1.145]

3.1.80**réponse parasite**

sortie du récepteur en raison de signaux non désirés

Note 1 à l'article: C'est-à-dire, avec des fréquences hors du canal de fréquences réglé.

3.1.81

topologie en étoile

topologie de réseau en étoile

topologie de réseau d'au moins trois appareils dans laquelle tous les appareils sont connectés à un appareil central

[SOURCE: IEC 61918:2013, 3.1.69, modifiée — les informations entre parenthèses "(qui peut être actif ou passif)" ne sont pas utilisées]

3.1.82

télécommunication

toute transmission, émission ou réception de signes, de signaux, d'écrits, d'images, de sons ou de renseignements de toute nature, par fil, radioélectricité, optique ou autres systèmes électromagnétiques

[SOURCE: Règlements des radiocommunications (2012) – Art.1 §1.3]

3.1.83

topologie d'un réseau

topologie de réseau

configuration des positions relatives et des interconnexions des éléments individuels du réseau

[SOURCE: IEC 61918:2013, 3.1.73, modifiée – Suppression de "Note 1 à l'article" et ajout d'un terme admis]

3.1.84

puissance totale rayonnée

puissance nominale spatiale intégrée sur la surface de la sphère

3.1.85

intervalle de transfert

différence temporelle entre deux transferts consécutifs de données utilisateur depuis l'application d'automatisation via l'interface de référence vers la fonction de communication sans fil

3.1.86

écart d'émission

écart entre deux utilisations successives de canal par un émetteur

3.1.87

séquence d'émetteur

durée pendant laquelle un émetteur utilise un canal de fréquences sans pouvoir être interrompu par un appareil sans fil du même réseau

3.1.88

puissance de sortie de transmission

puissance totale rayonnée diminuée des pertes entre la sortie de l'émetteur et l'antenne

3.1.89

gabarit spectral d'émetteur

enveloppe des valeurs maximales de la densité spectrale de puissance sur une plage de fréquences

3.1.90**topologie en arbre****topologie de réseau en arbre**

topologie de réseau dans laquelle tous les nœuds sont connectés dans une combinaison de topologie linéaire et de topologie en étoile

3.1.91**temps d'actualisation**

intervalle de temps entre la livraison du dernier octet de données utilisateur du paquet d'un producteur, depuis l'interface de référence d'un client vers l'application d'automatisation, et la livraison du dernier octet de données utilisateur du paquet suivant du même producteur

3.1.92**fréquence de coupure supérieure**

première fréquence au-dessus de la fréquence de puissance maximale à laquelle la densité spectrale de puissance chute sous un niveau donné

3.1.93**application sans fil**

tout usage d'ondes électromagnétiques avec des appareils ou équipements pour la génération et l'utilisation d'énergie radioélectrique

Note 1 à l'article: La définition inclut les équipements de localisation radio.

3.1.94**communication sans fil**

communication dans laquelle le transfert d'information se fait au moyen de rayonnement électromagnétique, sans utilisation de câbles ni de fibres optiques

3.1.95**application de communication sans fil**

partie d'une application d'automatisation industrielle qui utilise une communication sans fil

3.1.96**appareil sans fil**

appareil d'automatisation sans fil

équipement des applications de communication sans fil qui utilise les ondes radio pour la communication sans fil avec un autre équipement des applications de communication sans fil

3.1.97**densité d'appareils sans fil**

nombre d'appareils sans fil dans la couverture spatiale du réseau de communication sans fil

3.1.98**réseau sans fil**

réseau de communication sans fil

réseau composé d'au moins deux appareils sans fil qui établissent une communication sans fil

3.1.99**densité de réseaux de communication sans fil**

rapport entre le nombre de réseaux de communication sans fil et la couverture spatiale de l'installation

3.1.100**solution sans fil****solution de communication sans fil**

mise en œuvre particulière ou exemple particulier d'un système de communication sans fil

Note 1 à l'article: Une solution sans fil peut se composer de produits issus d'un ou de plusieurs fabricants.

3.1.101

système sans fil

système de communication sans fil

ensemble d'éléments interdépendants permettant une communication sans fil

Note 1 à l'article: Un système sans fil est une représentation générique d'un système, tandis qu'une solution sans fil est une mise en œuvre pratique d'un système. Un système sans fil peut comprendre un ou plusieurs réseaux sans fil.

3.1.102

norme ou technologie sans fil

dénomination de la norme ou de la technologie sans fil

EXEMPLE L'IEC 62591, l'IEC 62601 et l'IEC 62734 sont des exemples de normes spécifiant un réseau de communication sans fil.

3.2 Abréviations

AFH	Adaptive frequency hopping (saut de fréquence adaptatif)
CEPT	Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications
CP	Communication profile (profil de communication) conformément à l'IEC 61784-2 [5]
CSMA	Carrier sense multiple access (accès multiple avec détection de porteuse)
DAA	Detect and avoid (détection et évitement)
DAR	Detect and reduce (détection et réduction)
DAS	Detect and suppress (détection et suppression)
DECT	Digital enhanced cordless telecommunications (système de télécommunications numériques améliorées sans cordon)
ECO	European communications office (bureau européen des radiocommunications du comité des communications électroniques de la CEPT)
PIRE	Puissance isotrope rayonnée équivalente
CEM	Compatibilité électromagnétique
EMI	Electromagnetic interference (brouillage électromagnétique)
PAR	Puissance apparente rayonnée
GSM	Global system for mobile communications (système mondial de communications mobiles)
FI	Fréquence intermédiaire
IP	Internet protocol (protocole Internet)
ISM	Industriel, scientifique et médical
IT	Information technology (technologie de l'information)
UIT	Union Internationale des Télécommunications
LAN	Local area network (réseau local)
LOS	Line of sight (ligne visuelle)
MAC	Medium access control (contrôle d'accès au support)
NLOS	Non line of sight (sans visibilité directe)
s/o	sans objet
OLOS	Obstructed line of sight (ligne visuelle obstruée)
PCB	Printed circuit board (carte de circuit imprimé)
PHY	Couche physique
PLR	Packet loss rate (taux de perte de paquets)

DSP	Densité spectrale de puissance
RFID	Radio frequency identification (identification par radiofréquence)
SIR	Signal-to-interference ratio (rapport signal sur brouillage)
AMRT	Accès multiple par répartition temporelle
TRP	Total radiated power (puissance totale rayonnée)
UMTS	Universal mobile telecommunications system (système universel de télécommunications mobiles)
WD	Wireless device (appareil sans fil)
WIA-PA	Wireless network for industrial automation – process automation (réseau sans fil pour automatisation industrielle – contrôle de procédés)
WLAN	Wireless local area network (réseau local sans fil)
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (association des fabricants allemands de produits électriques et électroniques)

3.3 Conventions

NOTE Les représentations graphiques des schémas des figures reposent sur l'ISO 5807 [12].

Les conventions suivantes pour les modèles de paramètres de gestion de coexistence de l'Article 8 s'appliquent:

- La colonne "Paramètres" utilise des indentations pour catégoriser certains paramètres. Les paramètres les plus à droite appartiennent au paramètre plus à gauche immédiatement au-dessus.
- La colonne "Utilisation" spécifie si le paramètre est obligatoire, facultatif ou un choix, si un seul paramètre sur plusieurs est choisi.
- La colonne "Valeur" peut contenir une plage ou une liste de valeurs, si le paramètre permet plusieurs options. Si un paramètre n'a pas d'unité, la case de la colonne "Unité" doit alors indiquer "sans objet" (s/o).

4 Concept de coexistence en automatisation industrielle

4.1 Vue d'ensemble

La communication sans fil permet une mise en œuvre plus économique, flexible et fiable de l'automatisation industrielle, tout en permettant l'utilisation de nouveaux concepts d'automatisation. Les exigences en matière de fiabilité et d'aptitude en temps réel des communications sans fil des applications d'automatisation industrielle sont généralement plus strictes que celles des applications domestiques ou bureautiques. Les applications d'automatisation industrielle peuvent également se trouver dans des installations industrielles présentant des niveaux de brouillage électromagnétique (EMI) ambiant supérieurs à ceux des domaines non industriels.

D'autres sources d'émission de radiofréquences sont également prises en compte lors de la gestion de coexistence.

NOTE Dans certains environnements industriels, d'autres sources d'émission de radiofréquences peuvent être présentes dans les mêmes bandes que celles utilisées par les systèmes de communication sans fil. Ces émetteurs peuvent inclure les appareils à émissions involontaires (les appareils à souder à puissance élevée, qui génèrent de l'énergie électromagnétique à large bande, par exemple).

Du fait de ces exigences, différents systèmes sans fil sont utilisés. Il est fort probable que plusieurs systèmes sans fil puissent fonctionner simultanément en un même lieu. Ces systèmes sans fil partageant un support commun, des brouillages peuvent être susceptibles de se produire tout au long de leurs cycles de vie. Cela a un impact sur les performances du système, y compris sa fiabilité et son aptitude à satisfaire aux exigences de réponse en temps réel. Le présent document a pour objet de faciliter l'identification des risques potentiels, et de

recommander des mesures de maîtrise des risques en fonction des exigences de l'application d'automatisation. Le présent document montre également que, le plus souvent, la coexistence de plusieurs systèmes sans fil et, dans le même temps, la gestion efficace du spectre des fréquences comme ressource limitée sont possibles si la bonne approche est employée, en tenant compte des exigences en question. Pour cela, un processus tenant compte de tous les aspects de la coexistence de systèmes sans fil, depuis la conception jusqu'à l'exploitation, en passant par la mise en service et la maintenance, est nécessaire. Ce processus, appelé "gestion de coexistence des solutions sans fil", fait l'objet du présent document. Des actions et décisions associées permettent de satisfaire aux valeurs limites revendiquées pour l'application sur l'ensemble du cycle de vie de l'installation.

Ce processus peut être plus ou moins complexe, selon la pertinence des exigences relatives à la communication sans fil pour l'installation. Cette complexité dépend, entre autres aspects, des caractéristiques de l'application de communication sans fil desservie par chaque solution sans fil (commande dotée d'exigences strictes de réactivité en temps réel, par exemple), du nombre et de l'emplacement des solutions sans fil qui peuvent interférer entre elles, et de la présence d'autres émetteurs de radiofréquences dans les mêmes bandes.

S'il n'y a pas ou peu d'exigences relatives au système sans fil, la coexistence des solutions sans fil impose un effort plus modéré comparativement à celui nécessaire pour un système sans fil faisant partie d'une application de commande dotée d'exigences strictes de réactivité en temps réel. Il est toutefois fortement recommandé d'envisager que d'autres systèmes sans fil soient susceptibles d'être ajoutés ultérieurement ou que les exigences relatives au système sans fil présent évoluent à l'avenir (en raison d'applications supplémentaires, par exemple). La conception de l'installation doit assurer que les mesures de coexistence appliquées correspondent aux exigences du système sans fil.

L'état de coexistence se caractérise par le respect, par toutes les applications de communication sans fil dans la zone étudiée, des valeurs limites de certains paramètres. Cet état de coexistence est obtenu par des actions appropriées en planification et exploitation. Il apparaît ainsi que la coexistence n'est pas une propriété immuable d'une solution sans fil, mais plutôt un état dans le cycle de vie d'une installation. A la suite de certains événements, cet état peut être quitté temporairement ou définitivement. Les valeurs limites des paramètres sont déterminées par l'application d'automatisation dans laquelle s'inscrit la communication sans fil. Une autre implication est que la gestion de coexistence doit être évaluée et établie en contexte et en plein accord avec l'application d'automatisation.

En règle générale, la coexistence de plusieurs solutions sans fil peut être obtenue en rendant orthogonales les transmissions provenant de sources différentes.

Il existe trois possibilités de gestion de coexistence, a) impliquant une quantité d'heures de travail plus importante pour établir et maintenir la gestion de coexistence, et b) et c) impliquant un niveau plus élevé d'automatisation:

- a) gestion de coexistence manuelle (niveau le plus bas);
- b) gestion de coexistence automatisée, non collaborative et reposant sur des métriques;
- c) gestion de coexistence automatisée, collaborative et reposant sur des métriques (niveau le plus élevé).

Les techniques automatisées et sans surveillance, ainsi que les algorithmes sur lesquels elles s'appuient, sont généralement répartis en deux grandes catégories: les techniques collaboratives et les techniques non collaboratives.

4.2 Objectif

Le présent document porte sur les moyens permettant d'assurer la coexistence des systèmes sans fil pour des applications d'automatisation et de mesure. Ces applications d'automatisation industrielle peuvent être classées de différentes manières. Par exemple, au

Tableau 1, elles sont classées selon le degré de criticité de l'application. Les efforts de gestion de coexistence peuvent varier en fonction de la classification décrite au Tableau 1.

Tableau 1 – Exemple de classification des exigences de communication d'application

Classe	Application	Exigences relatives à la communication d'application
Sécurité fonctionnelle	Mise en œuvre d'un système lié à la sécurité dont la défaillance pourrait avoir des conséquences sur la sécurité des personnes et/ou de l'environnement et/ou des installations	Il convient que le protocole de communication prenne en charge la communication de sécurité fonctionnelle, et la gestion de coexistence doit être établie de manière à satisfaire à toutes les exigences du présent document.
Commande	Commande par boucle ouverte ou fermée	Il convient que le protocole de communication prenne en charge plus de disponibilité, fiabilité et criticité temporelle que dans d'autres secteurs tels que les biens de consommation et les télécommunications. La gestion de coexistence doit être établie de manière à satisfaire à la plupart des exigences du présent document.
Surveillance	Visualisation de processus et alerte	Aucune extension particulière exigée pour le protocole de communication. En règle générale, l'application de surveillance peut être satisfaite par un ensemble d'exigences moins strictes. La gestion de coexistence doit être établie de manière à satisfaire à toutes ces exigences minimales.
NOTE Les termes relatifs "la plupart" et "minimales" reposent sur la description graphique donnée à la Figure 3.		

La classification des applications d'automatisation fournie avec le Tableau 1 s'appuie sur les exigences fonctionnelles de l'application de l'industrie de transformation à satisfaire. Cette classification peut également être adaptée dans d'autres domaines d'application.

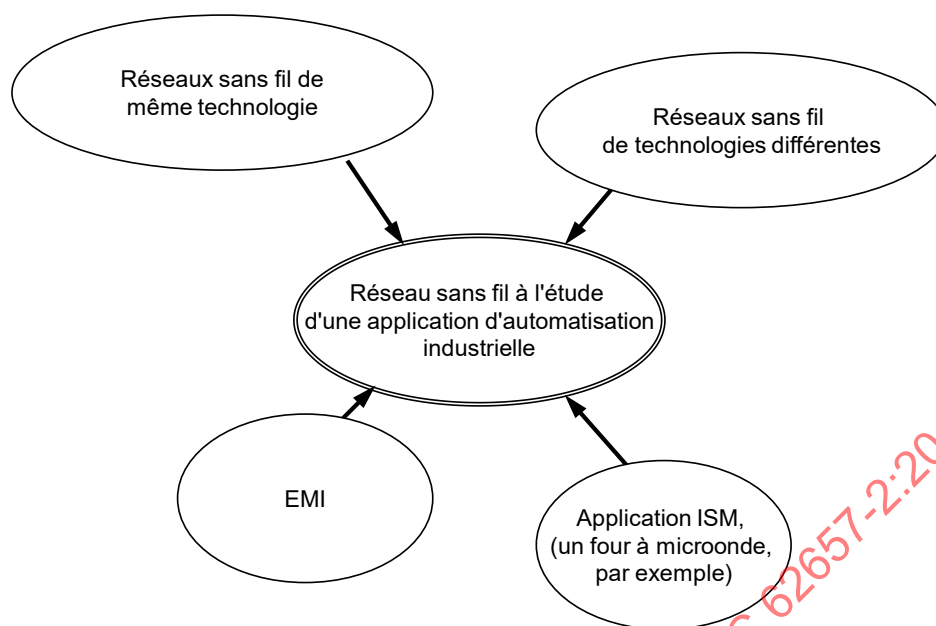
Cependant, la criticité et les exigences de communication d'application associées doivent être déterminées au cas par cas par le gestionnaire de coexistence.

NOTE 1 Les exigences de communication d'application sont décrites dans l'IEC 62657-1.

Des applications, allant du lecteur radio de code à barres aux applications de voix et vidéo par IP, peuvent être classées de la même manière, et peuvent être traitées conformément au présent document.

L'applicabilité du présent document ne se limite pas à une bande particulière (la bande ISM 2,4 GHz, par exemple). Les systèmes de communication concurrents et les autres applications sans fil approuvées, telles que les faisceaux hertziens pour le séchage ou le soudage du plastique, sont considérés comme des interférences. En outre, d'autres interférences peuvent être générées par de puissants champs électromagnétiques basse fréquence (des transformateurs, des moteurs puissants ou d'autres influences EMI, par exemple, voir la Figure 1). Les sources d'interférence à prendre en considération sont détaillées en 4.4.

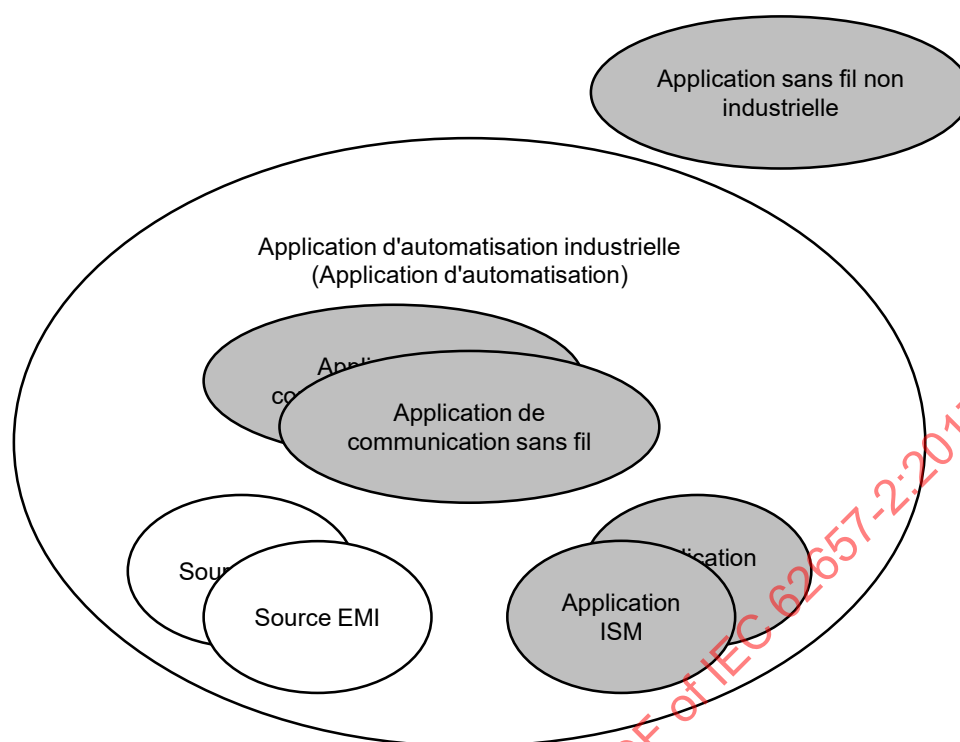
NOTE 2 L'analyse de l'EMI sort du domaine d'application du présent document, mais a tout de même été prise en considération.



IEC

Figure 1 – Problèmes pris en compte

La Figure 2 décrit la relation entre l'application d'automatisation industrielle, l'application de communication sans fil, l'EMI, l'application ISM et l'application sans fil non industrielle. Le terme "application sans fil" est utilisé comme terme générique pour désigner l'application de communication sans fil, l'application ISM et la communication sans fil non industrielle (en gris dans la Figure 2). Les applications de communications sans fil font partie intégrante d'une application d'automatisation. Les autres parties des applications d'automatisation peuvent utiliser le spectre ISM (pour les processus de soudage, par exemple). De plus, les équipements des applications d'automatisation industrielle peuvent être une source de brouillage électromagnétique (EMI). En outre, les applications sans fil non industrielles (les terminaux de poche ou les ordinateurs portables, par exemple) peuvent utiliser le spectre dans un environnement industriel.



IEC

Figure 2 – Applications utilisant le spectre de fréquences

Le présent document traite de la gestion de coexistence à l'emplacement d'une entreprise. Toutefois, le gestionnaire doit tenir compte du fait qu'une interférence peut provenir de l'extérieur de l'installation. Le gestionnaire doit identifier et caractériser les sources externes potentielles de radiofréquences et leur distance par rapport à l'entreprise. Il convient que des commandes soient en place pour assurer que des sources mobiles non autorisées ou non recensées ne sont pas admises dans la zone de l'entreprise.

Le postulat de départ est qu'en l'absence d'interférences, un système de communication sans fil satisfait aux exigences de l'application d'automatisation sans fil et que, en particulier, la réactivité et les défaillances sont prises en compte en planifiant les exigences de communication.

Les mesures ici décrites doivent assurer les performances exigées, même en présence d'autres applications sans fil.

4.3 Nécessité de mettre en œuvre une gestion de coexistence

Le spectre des fréquences est une ressource limitée précieuse qui s'épuise rapidement en cas d'utilisation non gérée.

La liste suivante présente un exemple d'appareils sans fil classique des environnements industriels:

- capteurs et actionneurs sans fil;
- point d'accès WLAN et clients;
- panneau mobile;
- appareils RFID et lecteurs RFID.

Des appareils peuvent également émettre de l'énergie radioélectrique dans les mêmes bandes que celles des appareils sans fil:

- appareils de production de chaleur industrielle par radio fréquence;
- appareils de soudage du plastique;
- lampes à plasma;
- appareils de soudage général et
- autres appareils.

Il existe un risque important d'interférences à cause duquel, dans certaines conditions, les exigences de disponibilité et de performances supposées ne peuvent pas être satisfaites. Pour prévenir ce cas de figure, ou plutôt pour réduire le risque d'interférences, un processus d'entreprise pour l'administration des applications sans fil de toutes les parties impliquées est vivement recommandé et, s'il est adopté, doit être mis en œuvre conformément au présent document. La gestion de coexistence est un processus intraentreprise qu'il convient d'adapter à la structure et aux processus internes de l'entreprise. D'une entreprise à l'autre, la structure et les processus peuvent être organisés différemment.

En outre, la définition du processus ou de ses phases peut varier en fonction des groupes d'utilisateurs concernés:

- applications de communication sans fil avec un débit de données élevé, mais avec des exigences de réactivité en temps réel moins strictes: la gestion de coexistence s'attache à la mise à disposition de la bande passante adéquate;
- applications de communication sans fil sans exigence particulière de performance et de réactivité en temps réel: la gestion de coexistence vise à assurer la couverture spatiale;
- applications de communication sans fil avec des exigences strictes de réactivité en temps réel: la gestion de coexistence protège des problèmes de fonctionnement générés par l'influence d'autres applications sans fil (applications des classes "sécurité fonctionnelle" ou "commande").

En outre, les mesures élémentaires suivantes restent recommandées pour mettre en œuvre la gestion de coexistence:

- désignation d'un gestionnaire de coexistence pour l'ensemble de l'entreprise;
- désignation d'un gestionnaire de coexistence local si l'entreprise possède plusieurs sites;
- constitution d'un comité composé d'interlocuteurs pour chaque service de l'entreprise utilisant une application sans fil (il convient que les activités du comité répondent aux problèmes de la Figure 1 et de la Figure 2);
- inventaire de toutes les applications sans fil installées et, le cas échéant, planifiées, y compris la communication sans fil;
- établissement d'une politique d'enregistrement des nouvelles applications ou solutions sans fil et d'identification des applications ou solutions sans fil existantes;
- coordination et adoption de décisions concernant l'approbation et la mise en œuvre de systèmes sans fil au sein du comité;
- établissement d'une politique et des conséquences applicables pour l'introduction non autorisée de nouvelles applications ou solutions sans fil.

La gestion efficace de coexistence est un processus concerté impliquant des représentants de toutes les parties de l'entreprise concernées (divisions, services, technologies). Ces parties concernées sont celles qui sont impliquées dans la planification, l'approvisionnement, l'installation, la mise en service, l'exploitation et la maintenance des applications sans fil. Par exemple: la planification de processus, les TI, l'automatisation, l'exploitation (production), le développement, les achats, la gestion des locaux.

La gestion de coexistence présente de nombreux avantages:

- réduction ou élimination des interférences menant à des temps d'indisponibilité sur avarie;

- réduction ou élimination des recherches de panne pénibles, coûteuses et chronophages;
- réduction ou élimination des désinvestissements dans les solutions sans fil qui ne peuvent pas être exploitées dans l'environnement radioélectrique actuel de l'entreprise.

NOTE Ici, le terme "solution sans fil" est utilisé à la place du terme "système sans fil" afin de tenir compte des différentes propriétés d'un produit qui sont importantes pour la gestion de coexistence.

4.4 Potentiel d'interférence

Pour les applications de communication sans fil, des interférences se produisent en un point de l'espace (correspondant à un emplacement d'antenne, à de l'énergie reçue, à des caractéristiques et une polarisation d'antenne) si les signaux reçus:

- se chevauchent dans le domaine fréquentiel;
- se chevauchent dans le domaine temporel; et
- se chevauchent pour le codage.

NOTE Dans le cas des bâtiments et zones proches d'aéroports, de ports, de pylônes émetteurs et d'autres lieux où sont installés des systèmes sans fil puissants, le potentiel d'interférence est très élevé.

Cela entraîne des collisions entre les solutions sans fil et, par exemple, la répétition d'un paquet transféré. La réaction du système à de telles interférences dépend de plusieurs facteurs, par exemple de la norme sans fil, de la mise en œuvre du matériel et des logiciels ou de la classe d'applications que le système sans fil utilise pour le transfert (voir le Tableau 1).

La séparation des canaux de fréquences qui ne se chevauchent pas est un moyen de parvenir à la coexistence. Des interférences peuvent toutefois se produire entre des systèmes sans fil utilisant des canaux différents dans une même bande de fréquences, à cause d'une interférence dans le canal adjacent, par exemple. Il s'agit d'une interférence intercanal. En particulier, les systèmes sans fil analogiques présentent un fort potentiel d'interférence avec les systèmes sans fil numériques compte tenu de leur forte occupation de canal.

De plus, les systèmes sans fil utilisant des bandes de fréquences différentes peuvent interférer les uns avec les autres. En dessous du signal principal, un système sans fil émet aussi des signaux hors bande susceptibles de pénétrer dans le canal de fréquences du système sans fil menacé et de perturber ainsi le signal utile.

La qualité du signal reçu par un récepteur en fonction des interférences d'autres systèmes sans-fil est généralement mesurée par le rapport signal sur brouillage (SIR) qui correspond au rapport de la puissance du signal utile sur la puissance résiduelle totale des signaux non désirés. Le récepteur ne peut correctement interpréter les données entrantes que si le SIR dépasse un seuil défini.

La valeur de ce seuil dépend de la modulation adoptée, tandis que la valeur réelle du SIR dépend de la superposition des brouilleurs sur la communication désirée dans les deux domaines suivants: temporel et fréquentiel.

Les performances peuvent varier en fonction du degré (complète ou partielle) de superposition (c'est-à-dire de collision) dans ces deux domaines.

Pour le domaine temporel, le trafic des systèmes sans fil victimes et brouilleurs pouvant changer très rapidement, il convient que la détermination du SIR soit précédée par la définition d'un intervalle de temps sur lequel l'interférence est constante.

Pour le domaine fréquentiel, il convient que la détermination du SIR prenne au moins en compte les effets combinés des gabarits spectraux des émetteurs brouilleurs et du récepteur victime. En effet, les émetteurs brouilleurs peuvent avoir des rayonnements non essentiels

même en dehors du canal de fréquences adopté. Par ailleurs, le gabarit de blocage du récepteur peut rejeter les signaux brouilleurs, limitant ainsi les effets.

Pour prévoir/estimer les effets des brouilleurs, des modèles analytiques, des simulations et des bancs d'essai expérimentaux peuvent être utilisés. Ces trois approches présentent des complexités (croissantes) différentes et, donc, des niveaux d'exactitude différents (croissants).

Afin de déterminer s'il existe un risque de collision ou non, sans preuve de la robustesse radio des applications sans fil, il convient de toujours présupposer un risque de collision si elles fonctionnent en parallèle dans la même bande de fréquences.

NOTE 1 Le terme "application sans fil" est plus exhaustif que le terme "système sans fil" parce que dans les applications sans fil, l'énergie radioélectrique ne sert pas uniquement au transfert d'informations.

NOTE 2 L'utilisation de l'énergie électromagnétique peut être soit intentionnelle (pour alimenter l'application en question) soit involontaire/accidentelle.

Toutefois, un risque de collision ne signifie pas que le fonctionnement en parallèle de systèmes sans fil concurrents soit impossible. Ils peuvent coexister si les exigences relatives aux solutions sans fil impliquées sont satisfaites. Il convient de s'appuyer sur ce critère pour prendre des décisions concernant l'application des systèmes sans fil.

Si possible, il convient également d'envisager les modifications à venir des exigences qui induiront des changements du potentiel d'interférence. En automatisation industrielle, le cycle de vie d'une solution sans fil est généralement supérieur à 5 ans. Pendant cette période, de nouvelles applications pour le système sans fil existant peuvent être développées et diffusées. La détermination, la coordination et la maîtrise de ces changements font partie de la gestion de coexistence.

Les brouillages électromagnétiques rayonnés sont une autre influence à prendre en compte. Les règlements régionaux peuvent autoriser une puissance rayonnée significative pour les applications sans fil particulières dans le spectre sans licence, générant potentiellement de fortes intensités du champ à proximité d'un système sans fil.

Une solution sans fil présente une certaine résilience aux interférences par rapport à ces interférences rayonnées. Cependant cette valeur limite peut être dépassée par le signal d'une application sans fil puissante.

EXEMPLE En Europe, les applications RFID sont autorisées à utiliser 4 W dans la bande de 2,4 GHz, les autres appareils de courte portée étant limités à 100 mW.

Bien que les solutions sans fil possèdent souvent une résilience aux interférences plus élevée que ce qu'elles revendiquent et que le fait de dépasser la valeur limite ne provoque pas toujours des interférences dangereuses, les solutions sans fil doivent être conçues de sorte que le niveau de bruit sur le récepteur ne dépasse pas cette limite. Des interférences provenant de la même bande de fréquences sont bien plus probables que celles provenant d'autres bandes de fréquences. Néanmoins, les potentiels d'interférence d'autres bandes de fréquences doivent aussi être pris en compte.

Il convient que le brouillage électromagnétique (EMI) provoqué par des appareils défectueux dépassant les limites de fonctionnement normal n'ait aucun impact sur la gestion de coexistence. Il convient plutôt de réparer l'appareil défectueux pour revenir à des conditions de fonctionnement normal.

4.5 Conditions annexes

Pour la communication sans fil, les ressources de communication disponibles ne sont que limitées et, donc, une planification soigneusement réfléchie est exigée. Plus les exigences (réactivité, disponibilité, dimensions, etc.) de la classe d'application du système sans fil sont élevées, plus les efforts techniques et organisationnels exigés pour assurer la coexistence

sont importants. Les coûts augmentent de façon disproportionnée (voir la Figure 3). Ils sont en partie imputables à la complexité des solutions sans fil (une liaison simple de point à point ou bien un réseau linéaire, en anneau, en étoile, cellulaire, en arbre ou maillé, par exemple), ainsi qu'au nombre de facteurs d'influence à prendre en considération (la charge du support, la puissance de l'émetteur, par exemple). Plus le spectre est exploité efficacement, plus l'écart entre les deux courbes s'accroît. Cette règle est valable pour:

- les dépenses de gestion de coexistence lors de la phase de planification de coexistence, et
- les coûts de développement de solutions sans fil appropriées.

La flèche en gras de la Figure 3 montre que les courbes s'élèvent au fur et à mesure de l'augmentation des efforts de gestion de coexistence pour obtenir une exploitation plus efficace du spectre.

L'effort pourrait être réduit grâce à des régulations stratégiques pour la gestion de coexistence. L'une des régulations possibles consiste à limiter le nombre de facteurs d'influence pris en compte, par exemple par l'assignation exclusive de fréquences à des applications sans fil précises. Il est essentiel de tenir compte du fait que les décisions stratégiques dans la phase de planification de coexistence ont des conséquences sur les dépenses ultérieures et, par là même, sur les coûts du cycle de vie de l'installation. Les dépenses techniques et organisationnelles pour la gestion de coexistence lors de la phase d'exploitation peuvent multiplier les coûts de planification de la coexistence sur l'ensemble du cycle de vie d'une installation.

Il est par conséquent important d'analyser si les exigences de l'application planifiée correspondent à celles nécessaires pour l'application. En allégeant les exigences, un emploi plus efficace de la ressource peut être obtenu. Si la ressource est épuisée, d'autres solutions auront besoin d'être trouvées.

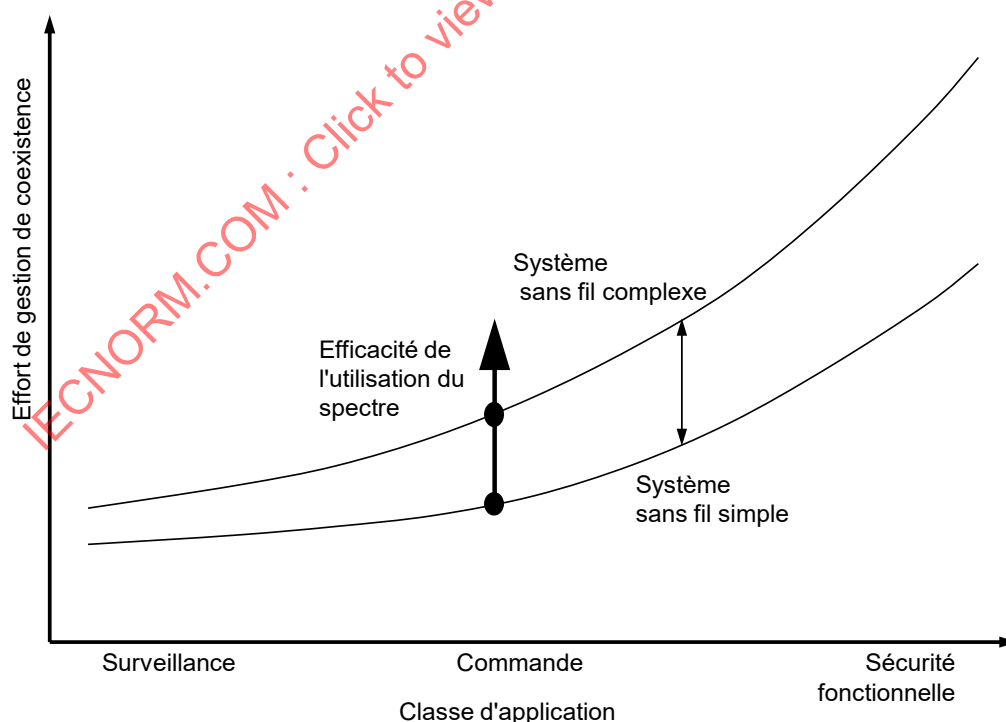


Figure 3 – Progression des dépenses pour atteindre la coexistence en fonction des classes d'application

4.6 Exigences relatives aux appareils sans fil pour la prise en charge de la gestion de coexistence

Les appareils sans fil doivent être en mesure de varier les paramètres spécifiés à l'Article 5 afin d'assurer la gestion de coexistence en réduisant le potentiel d'interférence (voir 4.4).

EXEMPLE L'appareil est construit de sorte que certaines fréquences peuvent être inscrites sur une liste noire ou la puissance peut être réglée sous le seuil des services/applications titulaires.

4.7 Concepts

4.7.1 Gestion de coexistence manuelle

Dans le cas d'une gestion de coexistence manuelle, le gestionnaire de coexistence (voir 7.2.1) doit définir une planification fixe des solutions sans fil prévenant les recouvrements de transmissions. Le gestionnaire doit mettre en œuvre les mesures manuelles pour réagir aux modifications influant sur l'état de coexistence sans fil. Il s'agit de la méthode de gestion la plus simple, en particulier si plusieurs solutions sans fil employant des technologies différentes et provenant de plusieurs fournisseurs entrent en jeu ou si plusieurs bandes de fréquences doivent être gérées.

Cette méthode peut être utilisée si des émetteurs de radiofréquences ingérables sont utilisés dans les mêmes bandes que les solutions sans fil.

Cependant, les fonctionnalités de la gestion de coexistence manuelle sont limitées si certains paramètres de gestion de coexistence ne peuvent être configurés.

4.7.2 Gestion de coexistence automatisée, non collaborative et reposant sur des métriques

Dans une gestion de coexistence automatisée non collaborative, les différentes solutions sans fil sont incapables d'échanger des informations. Elles sont totalement indépendantes et ne reposent que sur la détection et l'estimation des interférences. En d'autres termes, chaque solution sans fil impactée classe le comportement des solutions qui ont un impact et essaye en conséquence d'adapter son propre comportement à la nouvelle situation estimée. C'est la raison pour laquelle les techniques non collaboratives sont plus généralistes, mais moins efficaces que les collaboratives. Par exemple, les algorithmes non collaboratifs modifient de façon dynamique les stratégies de communication (la bande de fréquences, la programmation des durées par lot/paquet, etc.) en fonction de métriques permettant d'établir si la performance de communication est suffisante ou non.

Ces méthodes sont proposées pour traiter la coexistence dans des espaces publics non contrôlés. Toutefois, elles peuvent ne pas être efficaces pour la gestion des appareils sans fil d'automatisation industrielle qui doivent satisfaire à des exigences de performances.

NOTE Certaines de ces métriques sont décrites dans l'IEEE 802.15.2 [19].

4.7.3 Gestion de coexistence automatisée, collaborative et reposant sur des métriques

4.7.3.1 Généralités

Dans une gestion de coexistence collaborative automatisée, les différentes solutions sans fil doivent être capables d'échanger des métriques.

La condition préalable pour qu'une gestion de coexistence collaborative de systèmes sans fil utilisant des technologies diverses proposées par des fournisseurs différents soit collaborative est que, parmi ces solutions, il existe une liaison de communication normalisée commune. Cette liaison peut être:

- un canal de pilote entre le gestionnaire de coexistence collaborative et les appareils coordonnés, afin de faciliter la tâche du gestionnaire de coexistence collaborative;
- une solution sans fil d'appareils coordonnés également comprise par le gestionnaire de coexistence collaborative, ce qui signifie que ce dernier doit parler le langage de tous les appareils coordonnés qui participent à la gestion de coexistence automatisée, collaborative et reposant sur des métriques;
- une liaison filaire entre les appareils coordonnés et le gestionnaire de coexistence collaborative.

Une gestion de coexistence collaborative automatisée peut imposer un certain nombre de restrictions sur le matériel adopté; par exemple parce que les méthodes collaboratives sont généralement mises en œuvre au moyen d'un arbitre/ordonnanceur centralisé. Les informations échangées permettent à chaque solution sans fil impactée d'adapter efficacement son propre comportement à la nouvelle situation réelle, en tenant compte des exigences de sa propre application et des applications des autres systèmes sans fil. Ces modifications dynamiques peuvent influencer le déterminisme ou la fiabilité de la communication et peuvent donc être inadaptées aux différentes applications de communication sans fil.

Un point de coordination central (CCP) est un exemple de ce type de gestion de coexistence collaborative automatisée (voir l'IEC 62657-1:—, 4.3.4.3). Les aspects nationaux, régionaux et réglementaires sont également décrits.

Il existe trois cas d'utilisation d'application différents pour le gestionnaire de coexistence collaborative automatisée:

- a) pour le partage des mêmes fréquences avec d'autres services/applications titulaires (voir 4.7.3.2, 4.7.3.3 and 4.7.3.4)
- b) pour la coexistence interne au système dans un environnement commandé;
- c) pour la coexistence interne au système dans un espace public.

La gestion de coexistence automatisée, collaborative et reposant sur des métriques pour l'automatisation industrielle fait toujours l'objet de recherches.

4.7.3.2 Point de coordination central simple

Un gestionnaire de coexistence collaborative est chargé de détecter les principaux utilisateurs et d'informer les appareils coordonnés sous-jacents qu'ils doivent réagir pour répondre aux techniques d'atténuation exigées de cet utilisateur. Aucune reconfiguration des fréquences assignées n'est exigée. Pour savoir comment les appareils coordonnés pourraient réagir, il suffit de diminuer la puissance transmise ou d'arrêter la transmission.

4.7.3.3 Point de coordination central interne au système

La totalité ou au moins la plupart des équipements radio dans l'espace sont connus avec leurs exigences dynamiques. Les appareils installés sont censés être statiques. Les appareils nomades sont connus et, en tant que tels, considérés comme étant statiques dans la configuration. Le gestionnaire de coexistence collaborative est chargé de détecter les utilisateurs principaux et de les informer des appareils coordonnés sous-jacents (services/applications titulaires) susceptibles d'interférer avec eux. Le gestionnaire de coexistence collaborative peut décider si les appareils coordonnés doivent réagir pour répondre aux techniques d'atténuation exigées de l'utilisateur principal ou peut attribuer un spectre différent aux appareils coordonnés. D'autre part, le gestionnaire de coexistence collaborative peut organiser la synchronisation temporelle ou influencer d'autres paramètres spécifiés en 4.4.

4.7.3.4 Point de coordination central public

Tous les comportements décrits en 4.7.1, en 4.7.2, en 4.7.3.2 et en 4.7.3.3 peuvent être pris en charge. De plus, les appareils inconnus peuvent demander au gestionnaire de coexistence collaborative d'être également gérés.

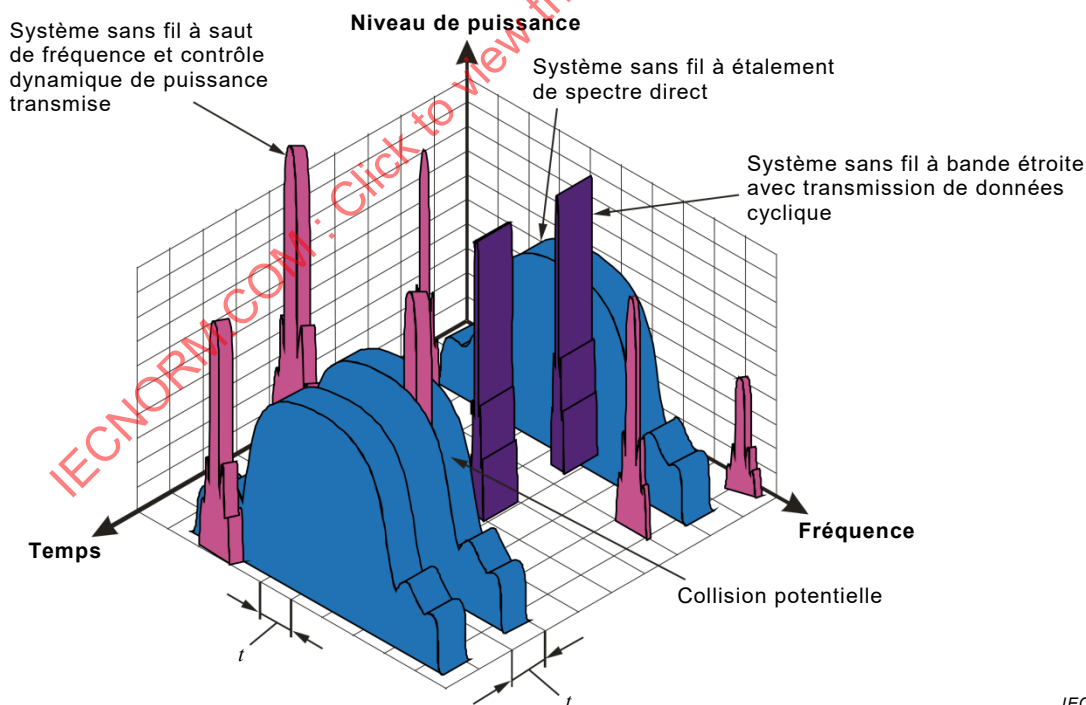
La gestion de coexistence coordonnée augmente l'efficacité du spectre et la qualité de service.

4.8 Meilleures pratiques pour atteindre la coexistence

L'établissement de la coexistence est une combinaison de mesures techniques et/ou organisationnelles permettant d'assurer un fonctionnement sans interférences des applications de communication sans fil dans leurs environnements. Les principaux critères à considérer lors du choix des bonnes mesures à prendre pour atteindre la coexistence sont l'efficacité, la faisabilité, l'efficacité économique et la perte de performance acceptable pour l'application si la solution de communication sans fil doit partager son support avec d'autres systèmes sans fil. Il convient également de prendre en considération les développements futurs d'applications de communication sans fil dans l'entreprise.

D'un point de vue technique, les signaux de communication sans fil en un point de l'espace (correspondant à un emplacement d'antenne, à de l'énergie reçue, à des caractéristiques et une polarisation d'antenne) peuvent être séparés en fonction:

- de la fréquence;
- du temps;
- du codage.



IEC

Figure 4 – Séparation des systèmes sans fil selon la fréquence et le temps

La séparation dans le domaine fréquentiel (voir la Figure 4) cause généralement moins de pertes de performance et au départ moins de frais. Toutefois, ces mesures occupant fortement le support, il convient qu'elles soient réservées à des classes d'application particulières de l'installation (la sécurité fonctionnelle et la commande, par exemple). Une

séparation dans le temps peut être réalisée en configurant la demande de communication selon les exigences de communication de l'application.

Pour les applications avec une certaine dynamique, il convient que le cycle de communication soit aussi long que possible et/ou qu'une communication événementielle puisse être utilisée. Des technologies sans fil avec des mécanismes automatiques adaptatifs de partage de support peuvent également être utilisées.

Une séparation spatiale est rarement possible avec des applications de communication sans fil. La propagation radioélectrique ne peut être limitée dans l'espace que difficilement. La séparation spatiale peut s'obtenir grâce à des conditions structurelles (murs de béton armé de grandes dimensions, par exemple) et une réduction de la puissance rayonnée (en réglant la puissance de sortie de l'émetteur radio et en choisissant bien la caractéristique de rayonnement de l'antenne). Pour les installations plus importantes, la commande des niveaux de puissance peut être une approche viable. Si la puissance est réduite, il convient d'ajuster en conséquence la puissance de tous les appareils sans fil connexes (station de base, répéteurs, appareils terminaux, par exemple).

Si les émetteurs-récepteurs possèdent plusieurs antennes, un traitement spatial peut alors être utilisé (des techniques de rejet des bruits, par exemple) pour séparer dans l'espace des transmissions simultanées.

La séparation par polarisation met en jeu l'aptitude particulière d'une antenne à soumettre ses ondes radio à une polarisation orthogonale (transpolarisation). Par exemple, une antenne à polarisation horizontale d'un récepteur de signal peut atténuer un signal brouilleur à polarisation verticale. Cependant, à l'intérieur des bâtiments ou dans d'autres environnements fortement réfléchissants, les effets d'une séparation de polarisation sont relativement limités.

En outre, des antennes pill-box ou d'autres types d'antennes nouveaux peuvent permettre de restreindre la propagation radioélectrique à une certaine zone.

Les mesures organisationnelles s'appliquent au fonctionnement du système sans fil et ont des conséquences indirectes sur le mécanisme de séparation décrit à la Figure 4. Il s'ensuit que l'application d'un système sans fil peut, par exemple, être limitée dans l'espace ou dans le temps ou que seuls les services d'une solution sans fil satisfaisant aux exigences de coexistence peuvent être approuvés. Il convient que les mesures organisationnelles (en particulier celles concernant les systèmes sans fil liés au processus métier ou à la sécurité) évaluent par avance dans quelle mesure la conformité aux spécifications peut être garantie et contrôlée.

L'impact des caractéristiques de propagation radioélectrique non idéale classiques dans la plupart des environnements industriels peut avoir des conséquences sur la réactivité et les défaillances d'une solution sans fil. Cela doit être pris en compte lors de la planification de systèmes sans fil.

Pour la phase d'exploitation, les mécanismes d'amélioration de l'agilité des applications de communication sans fil en réponse à l'apparition d'interférences inattendues doivent être étudiés (des techniques de diversité et des méthodes cognitives d'accès au support radio, par exemple).

Afin de définir des mesures adéquates et d'évaluer leur efficacité, l'assistance d'experts radio est recommandée.

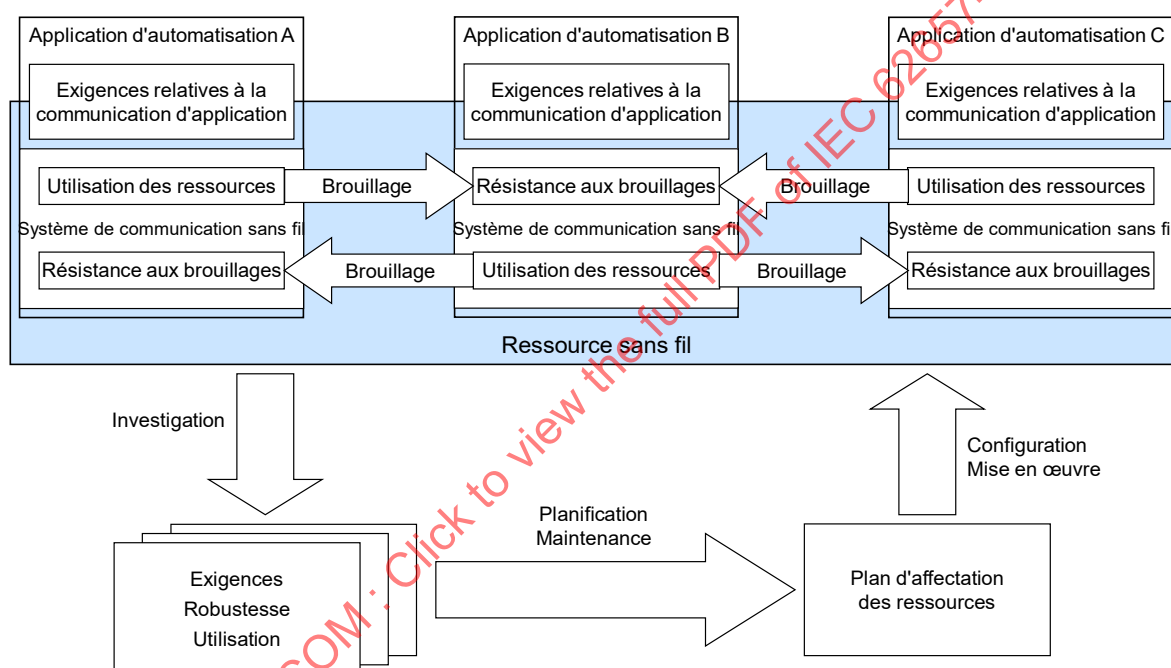
4.9 Modèle conceptuel de coexistence

Les exigences de communication de l'application et les caractéristiques du système sans fil (immunité et utilisation) doivent être consignées dans un inventaire. La planification de coexistence obtenue doit être consignée dans un plan d'allocation de ressources. Elle doit servir de base à la configuration, à la mise en œuvre et à la maintenance des systèmes sans

fil impliqués. La gestion de coexistence ne se limite pas à une activité réalisée lors de la planification du système, il s'agit d'un processus itératif tout au long du cycle de vie du système.

NOTE L'IEC 62890 donne des détails supplémentaires relatifs à la gestion du cycle de vie.

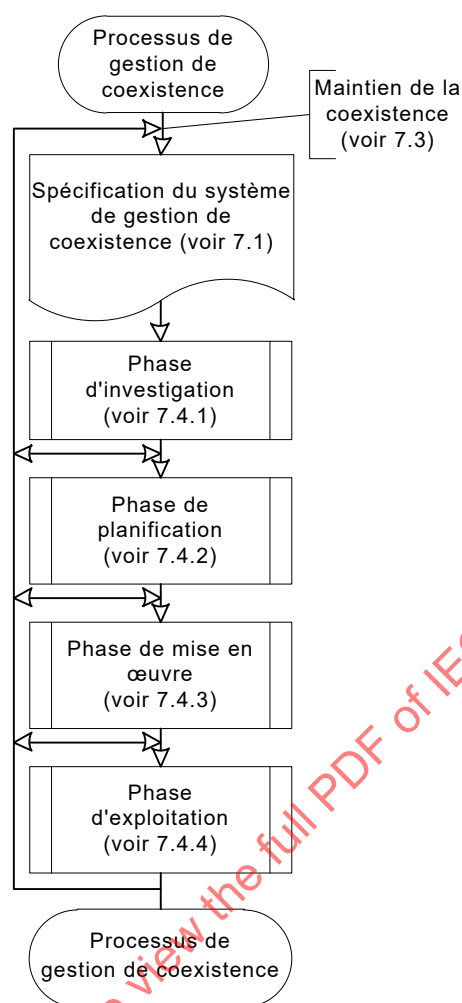
La Figure 5 montre le modèle conceptuel de coexistence. Une application de communication sans fil (Application d'automatisation A) a des exigences à satisfaire pour accomplir les tâches pour lesquelles elle est conçue. Cette application de communication sans fil A se compose en partie du système sans fil A sélectionné, qui présente une certaine immunité aux interférences des autres applications de communication sans fil et dont l'utilisation des ressources peut interférer avec d'autres applications de communication sans fil. Une investigation des exigences doit être inventoriée. La planification de coexistence obtenue doit être consignée dans un plan d'allocation de ressources. Tout cela doit former la base de la mise en œuvre des ressources radio et de leur utilisation.



IEC

Figure 5 – Modèle conceptuel de coexistence

La Figure 6 présente en partie le contenu de la Figure 5 sous la forme d'un organigramme faisant le lien avec la Figure 7, la Figure 30 et la Figure 31. La spécification de système de gestion de coexistence n'est montrée à la Figure 6 qu'au début afin de ne pas compliquer la figure. À chaque phase, la documentation doit être complétée et mise à jour. Elle est spécifiée en 7.1.2.



IEC

Figure 6 – Organigramme du modèle conceptuel de coexistence

4.10 Gestion de coexistence et choix d'une solution sans fil

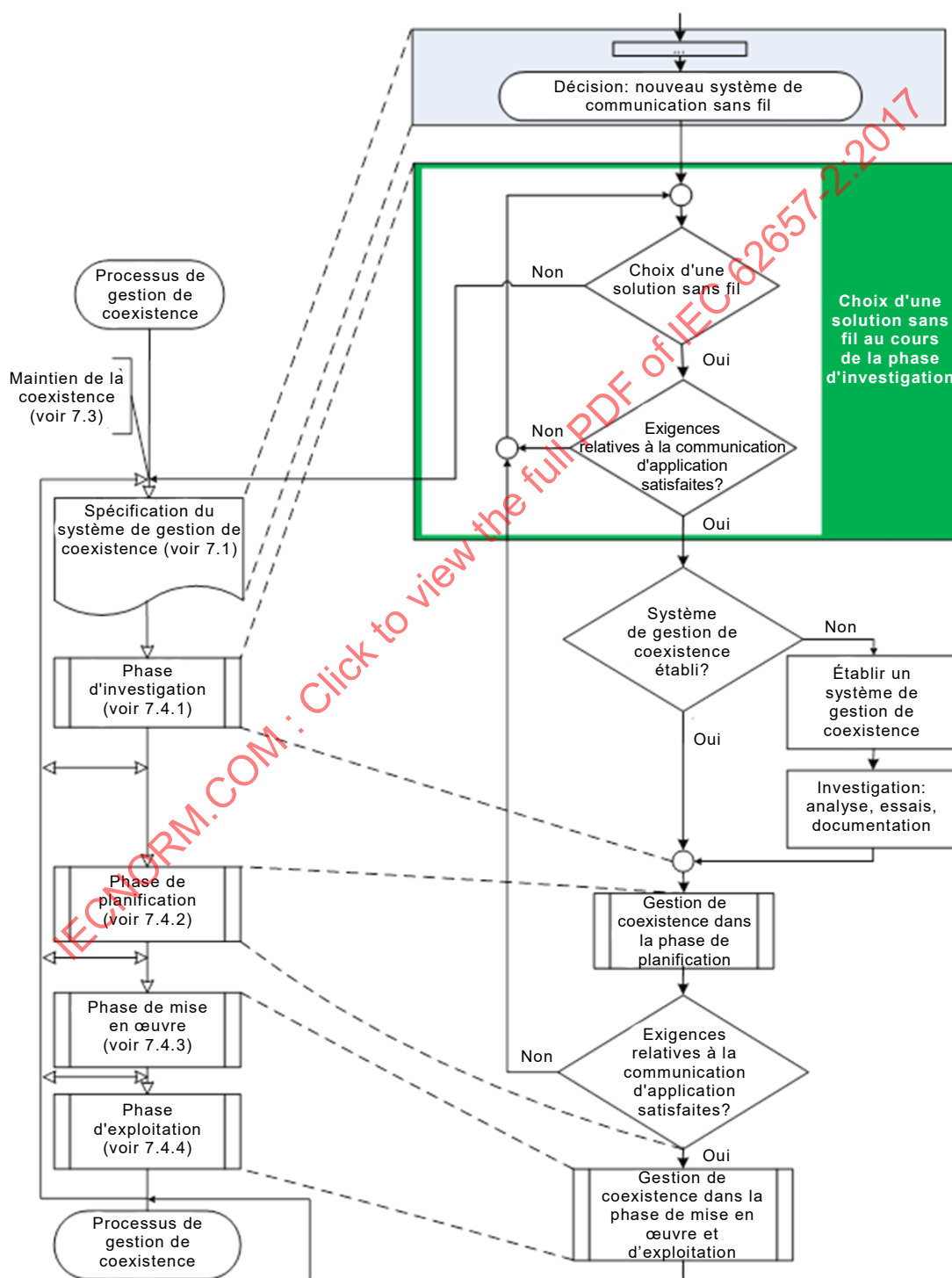
Le point de départ et la condition préalable pour la phase de mise en œuvre sont que la solution sans fil satisfasse aux exigences qui lui sont propres. La phase d'investigation commence par un examen des exigences du système sans fil et par la détermination de savoir si, oui ou non, le système peut satisfaire aux exigences relatives à la communication d'applications. Dans le cadre de ce processus, de nouveaux systèmes sans fil peuvent être évalués par rapport aux exigences de communication d'applications. La Figure 7 met en correspondance les décisions et les actions avec l'organigramme présenté à la Figure 6.

Tout en vérifiant si une solution sans fil satisfait aux exigences d'une application d'automatisation, la transmission radio doit être analysée pour voir s'il s'agit d'une approche raisonnable compte tenu des efforts exigés pour atteindre la coexistence. À cet égard, le processus de sélection d'une solution sans fil fait déjà partie du processus de gestion de coexistence.

La décision d'installer un système sans fil doit être suivie de la décision de mettre en œuvre un processus de gestion de coexistence (voir l'Article 7). Le processus de gestion de coexistence comprend la planification, l'installation, l'exploitation et la maintenance de la coexistence de systèmes sans fil. La phase de planification de coexistence (voir 7.4.2.2) commence avec l'inventaire de toutes les applications sans fil, car elles peuvent être considérées comme étant des brouilleurs potentiels (voir 7.3).

Lors de la phase de planification de coexistence, il peut apparaître qu'une solution sans fil choisie ne peut pas être intégrée à l'installation existante. Une autre solution sans fil peut être choisie ou bien l'idée d'un système sans fil peut tout simplement être abandonnée. Si, lors de la phase de planification de coexistence, il est établi que toutes les applications de communication sans fil satisfont à leurs exigences respectives, le processus de gestion de coexistence de la phase d'exploitation peut être initié (voir 7.4.4).

NOTE Les processus dans la phase de planification et dans la phase d'exploitation sont spécifiés avec plus de détails plus loin dans le présent document.



IEC

Figure 7 – Choix d'un système sans fil dans le processus de gestion de coexistence

4.11 Système de gestion de coexistence

Le système de gestion de coexistence consiste en une structure organisationnelle et en des documents procéduraux. L'exécution de la gestion de coexistence amène le système dans un état de "gestion de coexistence en phase d'exploitation". La spécification du système de gestion de coexistence doit inclure les informations suivantes:

- le périmètre de la gestion de coexistence;
- l'engagement de l'organisation en faveur de la gestion de coexistence;
- la procédure de maintien des spécifications du système de gestion de coexistence;
- les questions organisationnelles, notamment la structure de l'organisation, les fonctions du personnel, la communication avec des organisations externes et la formation du personnel;
- les procédures de gestion de coexistence.

La spécification du système de gestion de coexistence doit être documentée et tenue à jour.

5 Paramètres de gestion de coexistence

5.1 Généralités

5.1.1 Définition et utilisation des paramètres

L'Article 5 spécifie les paramètres d'un processus de gestion de coexistence. Ces paramètres ont rapport aux exigences de communication de l'automatisation et aux conditions existantes dans la zone de fonctionnement, et caractérisent les appareils et réseaux sans fil.

Leur utilisation est spécifiée à l'Article 6. L'Article 8 contient, quant à lui, les modèles relatifs à certains de ces paramètres.

Les paramètres sont énumérés dans l'ordre alphabétique anglais. Tous les paramètres ont également une définition en 3.1. Étant donné qu'il y a plus de définitions que de paramètres, la numérotation est différente.

5.1.2 Liaison physique

Le concept de liaison physique est utilisé dans la définition de plusieurs paramètres de coexistence.

Une liaison physique est la relation entre les émetteurs-récepteurs radio (points limites physiques) de deux appareils sans fil. L'ensemble des liaisons physiques d'un système sans fil constitue sa topologie physique. Une liaison physique peut utiliser des canaux de fréquences différents pour assurer les transmissions. Les conditions de transmission sans fil peuvent être décrites avec un modèle de canal radio. Ce modèle tient compte des caractéristiques du canal de fréquences, des conditions environnementales, de la distance entre les appareils sans fil, des caractéristiques d'antenne, etc. Les systèmes d'antenne des appareils sans fil pouvant être différents et les conditions de propagation dépendant de la position des appareils sans fil, le canal radio est en principe différent pour les deux directions d'une liaison physique.

Si les appareils sans fil disposent de modules sans fil redondants (pour des canaux de fréquences différents, par exemple), les liaisons physiques correspondantes doivent être comptées séparément. Il n'est pas exigé qu'un appareil sans fil dispose d'une liaison physique vers tous les autres appareils sans fil. Il peut y avoir des raisons physiques, technologiques ou liées à l'application pour cela. La charge de communication d'une liaison physique est déterminée par les liaisons logiques qui utilisent cette liaison physique. Une liaison logique peut utiliser plusieurs liaisons physiques, en séquence (par l'intermédiaire d'un répéteur) ou

en parallèle (pour la redondance). Plusieurs liaisons logiques peuvent utiliser une seule liaison physique (services de communication différents).

5.2 Sélectivité pour le canal adjacent

L'ETSI TR 100 027 [14] donne la définition suivante:

"La sélectivité pour le canal adjacent est une mesure de la capacité du récepteur à recevoir un signal modulé souhaité à la fréquence nominale sans dépasser un niveau de dégradation donné dû à la présence d'un signal modulé indésirable dont la fréquence s'écarte de celle du signal souhaité d'une quantité égale à la séparation de canal adjacent pour laquelle l'équipement est prévu."

La sélectivité pour le canal adjacent est spécifiée selon l'ETSI TR 100 027 [14] comme étant "la plus basse valeur (des canaux adjacents supérieur et inférieur) des ratios, en décibels, des niveaux de signal indésirable, exprimé sous forme d'intensité du champ, sur un niveau de signal souhaité spécifié, exprimé aussi sous forme d'intensité du champ, produisant un signal de données avec un taux d'erreur sur les bits de 10^{-2} ". La sélectivité pour le canal adjacent permet d'estimer l'immunité de l'équipement par rapport à des systèmes dans des canaux adjacents.

L'unité d'expression de ce paramètre doit être le décibel (dB) sur la plage de fréquences considérée.

5.3 Gain d'antenne

Le gain d'antenne décrit la concentration d'un signal émis ou reçu. Les valeurs sont données par rapport à un doublet demi-onde ou une antenne isotrope théorique. Le gain isotrope d'un doublet demi-onde étant de 2,15 dBi, le gain d'antenne par rapport à un doublet demi-onde est de 2,15 dBi inférieur au gain d'antenne par rapport à une antenne isotrope.

Avec les valeurs de puissance d'émission et en tenant compte des conditions de propagation, la sensibilité du récepteur peut servir à optimiser l'emplacement et la direction de l'équipement ou des antennes.

L'unité doit être le dBi.

5.4 Caractéristique de rayonnement d'antenne

Une caractéristique de rayonnement est généralement représentée graphiquement pour les conditions de champ lointain, soit dans le plan horizontal, soit dans le plan vertical. Cette information peut servir à optimiser l'emplacement et la direction de l'équipement ou des antennes.

Le paramètre doit être représenté sous forme de figure.

5.5 Type d'antenne

Les appareils sans fil peuvent utiliser différents types d'antennes pour recueillir ou rayonner des ondes électromagnétiques. Il s'agit, par exemple, des antennes omnidirectionnelles, des antennes directionnelles, des batteries d'antennes et des antennes à circuit imprimé. Les antennes peuvent être intégrées à l'équipement (internes) ou être montées de façon externe au moyen de connecteurs. Si l'équipement peut uniquement être utilisé avec un seul type d'antenne, il s'agit alors d'une antenne dédiée. Les informations relatives au type d'antenne peuvent servir à estimer la qualité de la liaison de communication et la sensibilité aux interférences.

Le paramètre doit être une chaîne à plusieurs octets avec texte.

5.6 Disponibilité

Les exigences en matière de disponibilité de la communication sans fil doivent être spécifiées. D'autres solutions sans fil peuvent dégrader la disponibilité de l'application de communication sans fil ciblée. Il convient donc de clarifier les niveaux de disponibilité tolérables pour l'application.

Le paramètre doit être une chaîne à plusieurs octets avec texte.

5.7 Bande passante

La bande passante est la plage de fréquences occupée par un signal porteur modulé. La valeur de la bande passante dépend du niveau de puissance spectrale de référence (voir 5.38). Le débit binaire d'un canal de communication est proportionnel à la bande passante du signal utilisé pour la communication. Du point de vue de la gestion de coexistence, la bande passante indique l'utilisation du spectre des fréquences par l'équipement sans fil. Les systèmes peuvent également rayonner accidentellement hors de la bande passante définie. Cela est susceptible de provoquer une interférence dans le canal adjacent (pour un canal contigu) ou même une interférence dans le second canal adjacent (pour un canal derrière le canal contigu).

L'unité de ce paramètre doit être le hertz (Hz).

5.8 Débit binaire de liaison physique

Le débit binaire d'une liaison physique est le nombre d'éléments binaires qu'elle transfère par seconde. Les données étant souvent combinées par modulation ou codage, l'utilisation temporelle d'un télégramme ne peut pas toujours être calculée en divisant le nombre de chiffres binaires (ou bits) du télégramme par le débit binaire. Il est aussi à préciser que le débit binaire de la liaison physique n'est en principe pas identique à celui de l'interface de référence. Un débit binaire élevé de la liaison physique n'implique pas nécessairement une qualité de service élevée.

L'unité doit être le Bit/s.

5.9 Fréquence centrale

Certaines normes pour appareils sans fil définissent les canaux de fréquences par la fréquence centrale et la bande passante. Ainsi, la fréquence centrale indique la position d'un canal de fréquences dans le spectre des fréquences. Cette fréquence centrale doit être calculée à partir des fréquences de coupure correspondantes. Il s'agit de la moyenne géométrique de la fréquence de coupure inférieure et de la fréquence de coupure supérieure.

L'unité de ce paramètre doit être le hertz (Hz).

5.10 Caractéristiques du lieu de fonctionnement

Les lieux de fonctionnement suivants doivent être examinés:

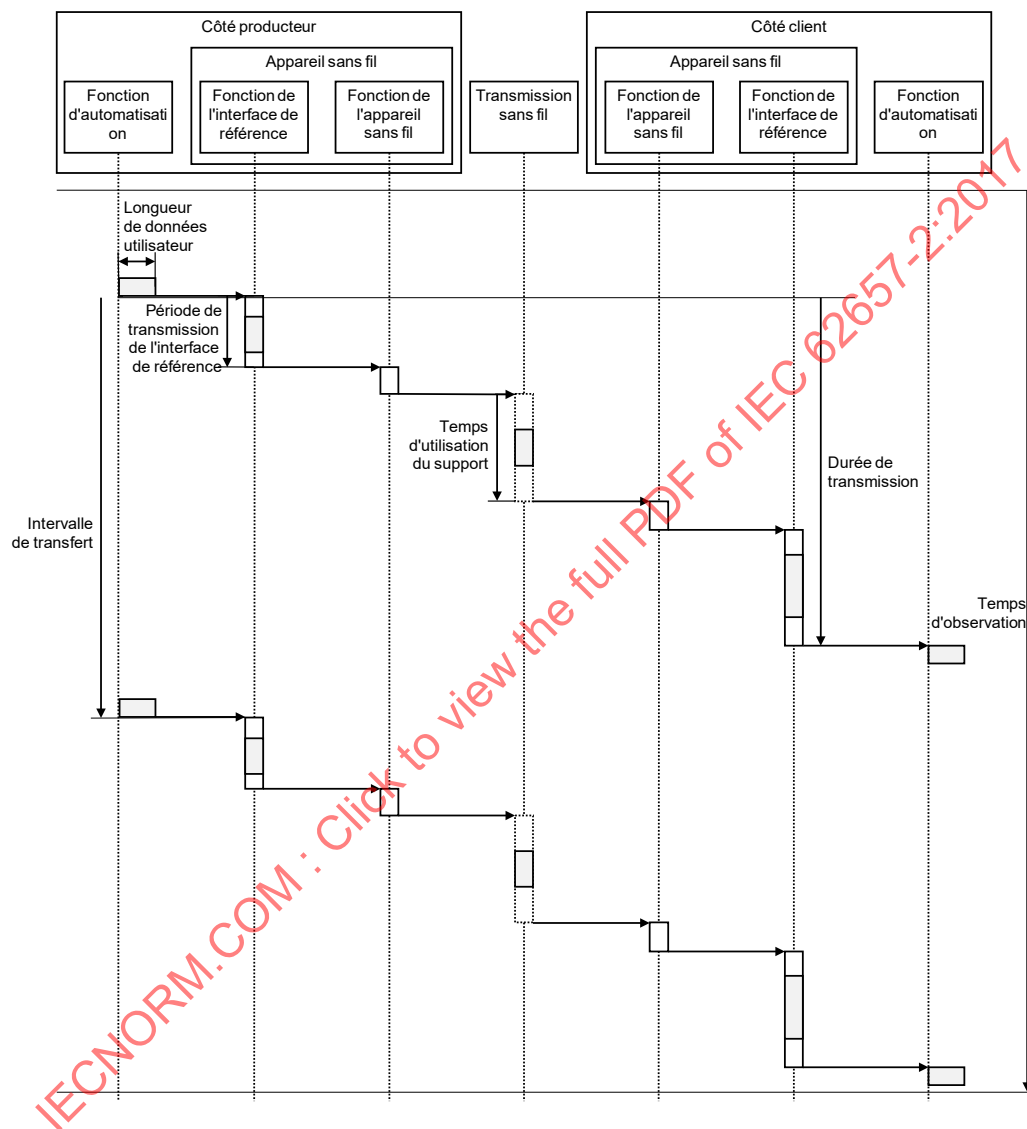
- en intérieur;
- en extérieur;
- en intérieur et extérieur.

Pour les lieux de fonctionnement intérieurs, il est judicieux de définir si la communication est concentrée dans une machine ou cellule de production ou si elle se fait sur la totalité de l'atelier de production ou de l'usine de transformation.

Le paramètre doit être une chaîne à plusieurs octets avec texte.

5.11 Charge de communication

La charge de communication est l'exigence visant l'application d'automatisation de transférer une certaine quantité de données utilisateur sur une période donnée (voir la Figure 8). Il s'agit du ratio de la longueur des données utilisateur sur l'intervalle de transfert.

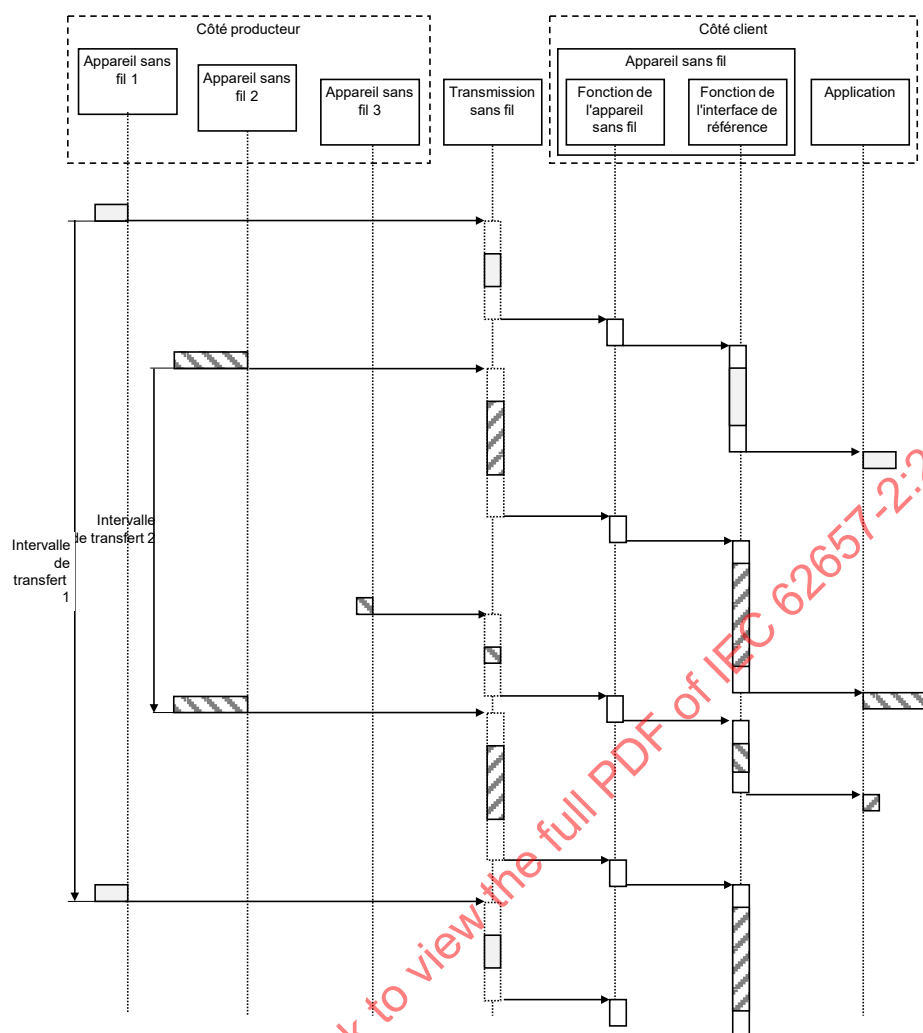


IEC

Figure 8 – Charge de communication avec deux appareils sans fil

Toutefois, l'utilisation effective du support dépend de la solution sans fil employée. Dans l'exemple de la Figure 9, la charge de communication est présentée pour plus de deux appareils sans fil.

L'unité doit être le Bit/s.



IEC

Figure 9 – Charge de communication avec plusieurs appareils sans fil

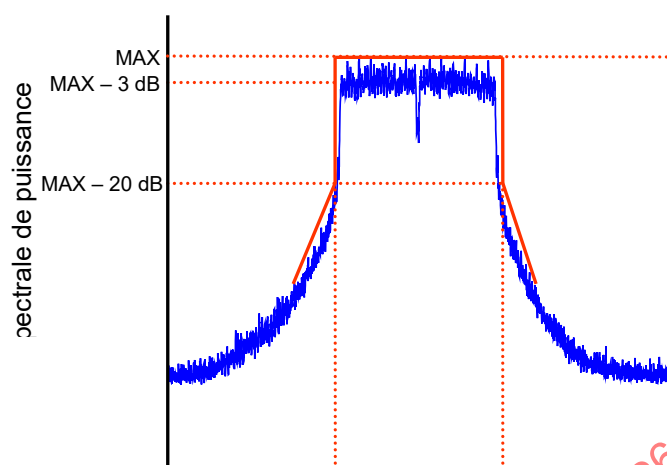
5.12 Fréquence de coupure

En principe, il y a deux fréquences de coupure. La fréquence de coupure supérieure est la fréquence impliquée la plus élevée de la partie du spectre concernée. La fréquence de coupure inférieure est la fréquence impliquée la plus basse de la partie du spectre concernée. Toutefois, la signification du mot "impliquée" dépend de la norme ou de la technologie sans fil.

Il existe principalement deux approches:

- La première approche est présentée à la Figure 10 à l'aide d'un système RLE sans fil. Le niveau de référence est la densité spectrale de puissance émise maximale. Une certaine valeur est retranchée de ce niveau maximal. (20 dB, par exemple). La fréquence immédiatement au-dessus de la fréquence à laquelle la densité spectrale de puissance chute sous le niveau résultant est appelée "fréquence de coupure inférieure". De la même manière, la fréquence immédiatement au-dessous de la fréquence à laquelle la densité spectrale de puissance chute sous le niveau résultant est appelée "fréquence de coupure supérieure".
- La seconde approche définit les fréquences de coupure par rapport à un niveau donné de rayonnements non essentiels.

Les fréquences de coupure déterminent la bande passante d'un système et ainsi l'utilisation du support dans le domaine fréquentiel. En outre, elles peuvent servir à calculer la fréquence centrale.



IEC

Figure 10 – Fréquences de coupure déduites du niveau de puissance maximal

L'unité de ce paramètre doit être le hertz (Hz).

5.13 Débit de données

Le débit de données est important pour le transfert de grandes quantités de données (la transmission de lourds ensembles de données de paramétrage à des variateurs ou le téléchargement de programmes dans des appareils de terrain complexes, par exemple).

Le débit de données est le nombre d'octets ou de bits de données utilisateur transférés chez un client, de l'interface de référence vers l'application, par unité de temps.

La valeur moyenne d'une série de mesures peut être utilisée pour évaluer la coexistence, en la comparant à une valeur donnée par l'application d'automatisation.

L'unité doit être le Bit/s.

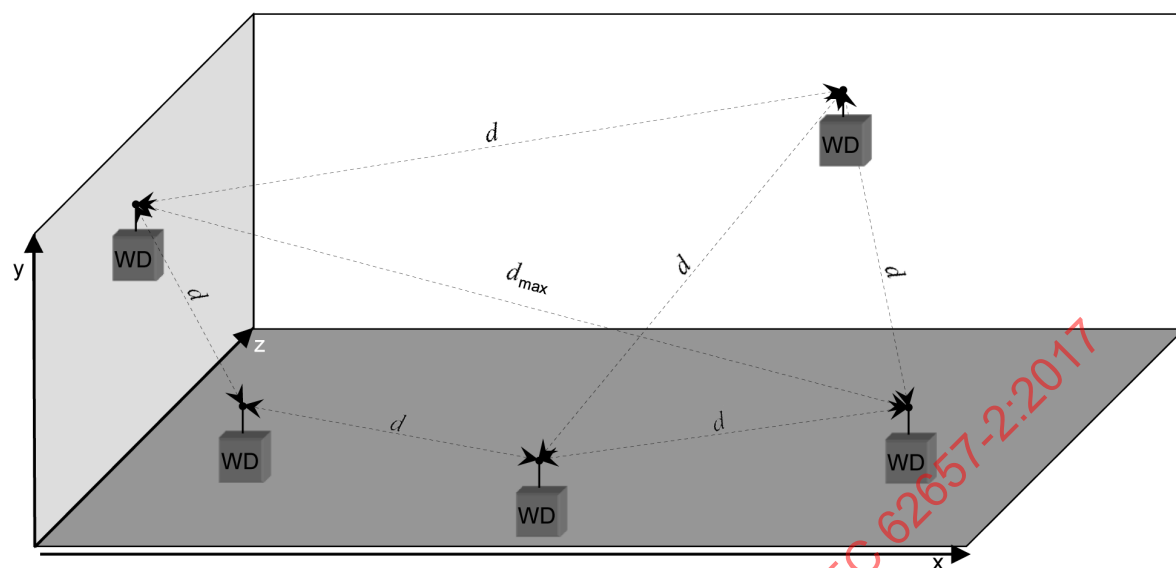
5.14 Informations sur le type d'appareil

Pour chaque appareil, les informations classiques sur le type d'appareil (modèle, fabricant, version du matériel, par exemple) doivent être indiquées.

Le paramètre doit être une chaîne à plusieurs octets avec texte.

5.15 Distance entre des appareils sans fil

La distance entre des appareils sans fil détermine l'évanouissement, qui a un impact important sur les caractéristiques du canal de fréquences. Elle dépend de la position des appareils sans fil, essentiellement déterminée par l'application d'automatisation. La Figure 11 montre les distances entre les appareils sans fil dans un espace tridimensionnel. Ces distances peuvent varier de façon dynamique dans le cas des appareils sans fil mobiles.



IEC

Légende

d distance (m)
WD appareil sans fil

Figure 11 – Distance entre les appareils sans fil

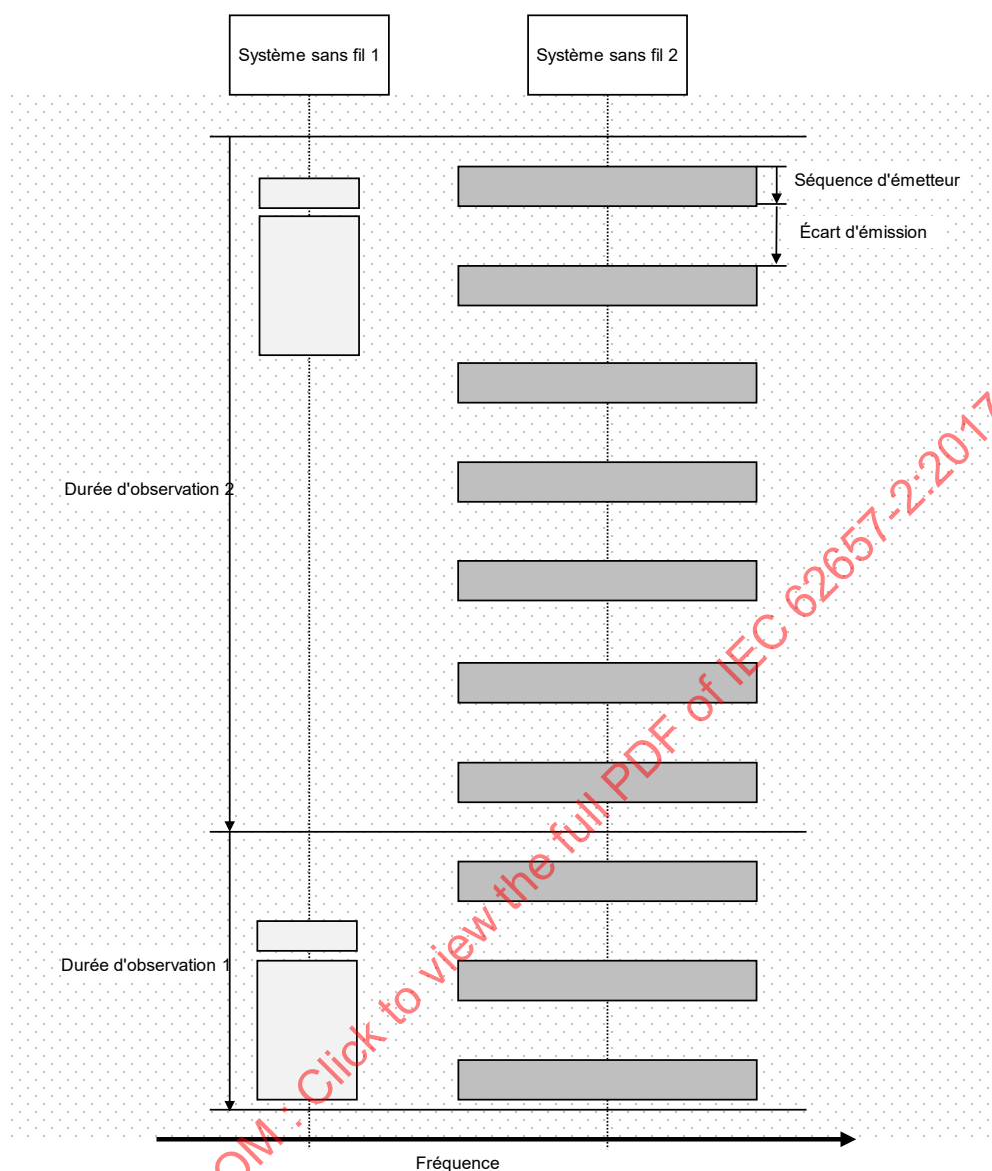
Afin d'améliorer la robustesse du système, il convient, si possible, de choisir entre les appareils sans fil d'un système sans fil des distances permettant des niveaux de puissance de signal optimaux. Il convient en outre de choisir la distance entre des appareils sans fil d'autres systèmes sans fil de façon à réduire autant que possible les niveaux de puissance des signaux brouilleurs. Le brouillage des autres systèmes sans fil est ainsi réduit.

Il convient d'indiquer au moins la distance maximale du système sans fil.

L'unité de distance entre les appareils sans fil doit être le mètre (m).

5.16 Cycle de service

Le cycle de service est le rapport de la séquence référencée de l'émetteur sur une période d'observation donnée pour le canal de fréquences utilisé. Le choix de la période d'observation influe sur la valeur du cycle de service. Cela est présenté à la Figure 12. Sur la période d'observation 1, le cycle de service du système 1 est supérieur à celui du système 2. En revanche, pour le système 1, avec la période d'observation 2, il est inférieur.



IEC

Légende

Gris clair = Émission du système sans fil 1

Gris foncé = Émission du système sans fil 2

Figure 12 – Cycle de service

Il est raisonnable de spécifier la période d'observation par rapport aux profils d'application. Sa durée doit être de dix fois l'intervalle de transfert classique d'un profil d'application (voir le Tableau 2). L'intervalle de transfert est ainsi l'écart temporel entre deux transferts de données utilisateur depuis l'application d'automatisation.

Tableau 2 – Valeurs de période d'observation en fonction du profil d'application

Profil d'application	Machine	Atelier de production	Usine de transformation
Intervalle de transfert	100 ms	250 ms	4 s
Durée d'observation	1 s	2,5 s	40 s

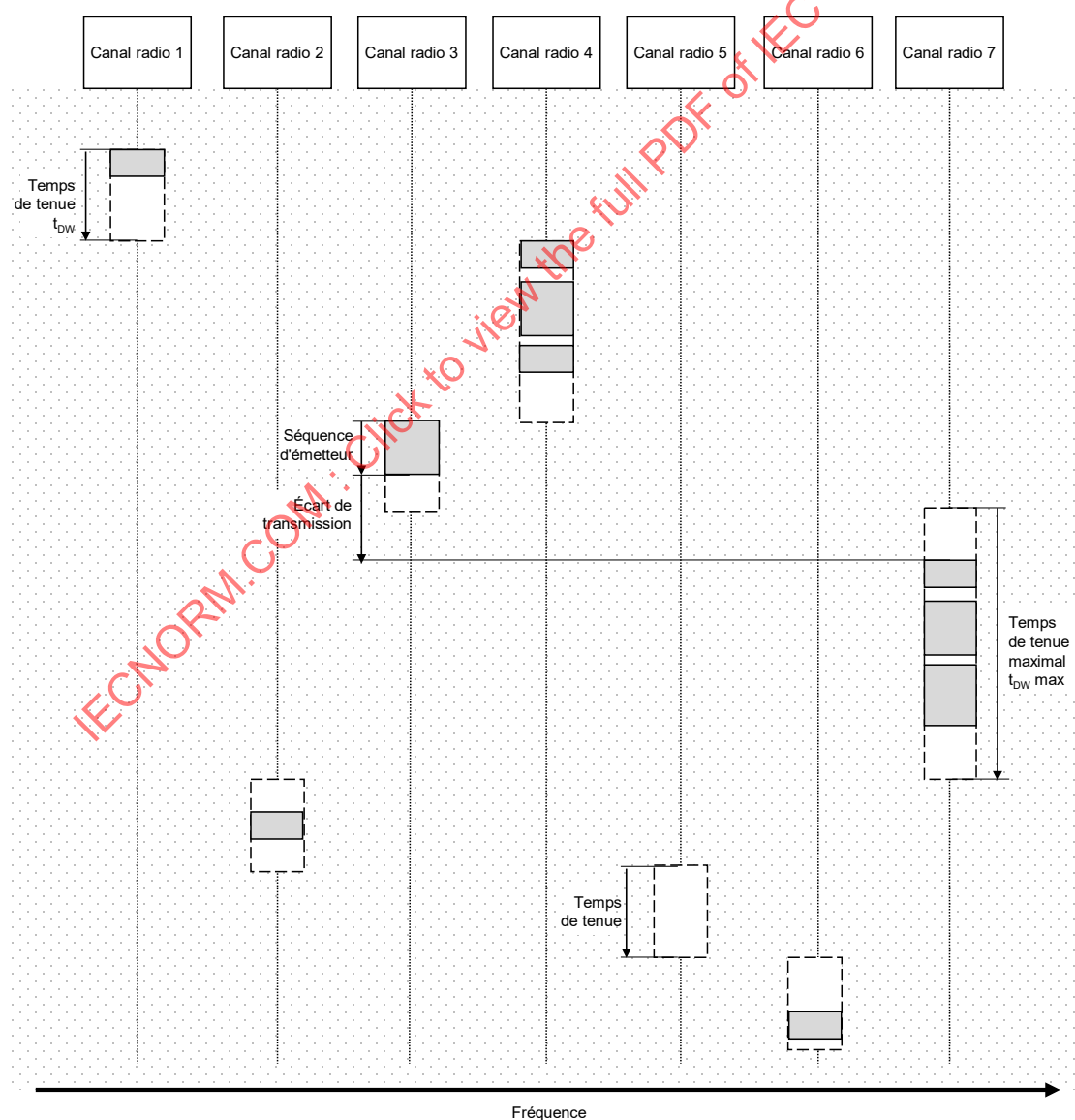
Le cycle de service est le paramètre clé pour l'évaluation de l'utilisation du support dans le temps. Un cycle de service faible donne une faible utilisation du support et, de là, une plus faible influence sur les autres utilisateurs de fréquence.

Ce paramètre doit être exprimé en pourcent (%).

5.17 Temps de tenue

Le temps de tenue spécifie l'agilité d'un système à sauts de fréquence. Le temps de tenue et le nombre de canaux de fréquences peuvent être utilisés ensemble pour estimer la fréquence d'apparition du système dans un canal donné.

Le temps de tenue est la durée pendant laquelle un système est assigné à un canal donné. Si le système exige une réaction immédiate, ce paramètre et le temps mort doivent être examinés. Il n'est pertinent que pour les systèmes à sauts de fréquence. Pour prendre en compte un scénario le moins favorable, le temps de tenue maximal doit être déclaré pour un appareil sans fil ou un système sans fil. Le temps de tenue maximal est représenté à la Figure 13 par $\max t_{DW}$.



IEC

Figure 13 – Temps de tenue maximal

L'unité de ce paramètre doit être la seconde (s).

5.18 Puissance isotrope rayonnée équivalente

La puissance isotrope rayonnée équivalente (PIRE) est le produit de la puissance fournie à l'antenne (puissance totale rayonnée) par le gain d'antenne G_i dans une direction donnée par rapport à une antenne isotrope (gain absolu ou isotrope). Voir l'ITU-R BS.561-2 [13].

Le gain isotrope d'un doublet demi-onde étant de 2,15 dBi, les valeurs de PIRE sont supérieures de 2,15 dB aux valeurs de PAR.

La PIRE est l'un des paramètres fondamentaux permettant d'estimer le niveau de puissance en un endroit précis.

EXEMPLE En utilisant une antenne présentant un gain d'antenne de 3 dBi (voir également 5.3), pour satisfaire à l'exigence d'une PIRE ≤ 20 dBm, la puissance totale rayonnée de l'antenne ne peut pas dépasser 17 dBm.

L'unité de ce paramètre doit être le Watt (W).

5.19 Puissance apparente rayonnée

La puissance apparente rayonnée (PAR) est le produit de la puissance fournie à l'antenne (puissance totale rayonnée) par son gain par rapport à un doublet demi-onde dans une direction donnée (voir également ITU-R BS.561-2 [13]). Si la direction d'une antenne n'est pas spécifiée, la direction du gain maximal est alors supposée. La PAR tient compte des pertes de la ligne de transmission et des connecteurs.

L'unité de ce paramètre doit être le Watt (W).

5.20 Bande de fréquences

Une bande de fréquences est un segment du spectre de fréquences qui est attribué à une ou plusieurs applications sans fil par des règlements de radiocommunication. Les règlements caractérisent l'application sans fil et décrivent les conditions d'utilisation (puissance ou accès au support, par exemple). Une bande de fréquences donnée peut être divisée en canaux de fréquences. Les spécifications ou normes relatives aux systèmes sans fil précisent le nombre de canaux dans la bande de fréquences, sa bande passante et la séparation de canal. Selon la technologie sans fil et la mise en œuvre d'un type d'appareil sans fil, une bande de fréquences et au moins un canal de fréquences peuvent être sélectionnés lors de la configuration. De plus, il est possible de changer la bande de fréquences ou le canal de fréquences pendant le fonctionnement. Par définition, ces systèmes à sauts de fréquence utilisent plusieurs canaux de fréquences. La bande de fréquences et le nombre de canaux de fréquences sélectionnés ou étant réellement utilisés font partie des paramètres essentiels d'une gestion de coexistence.

L'unité de ce paramètre doit être le hertz (Hz).

5.21 Canal de fréquences

Le canal de fréquences doit être exprimé sous la forme d'un nombre entier non signé sans unité selon une spécification ou une norme. Si aucun numéro de canal n'est spécifié, des combinaisons de fréquence centrale et de bande passante ou de fréquence de coupure inférieure et de fréquence de coupure supérieure doivent être données en Hz. Le Tableau 3 présente le choix des unités.

Tableau 3 – Options de paramètre pour le canal de fréquence

Nom de l'option	Paramètre	Unité
ChannelNumber	Numéro de canal	
CutoffFrequency	Fréquence de coupure supérieure	Hz
	Fréquence de coupure inférieure	Hz
CentreFrequency	Fréquence centrale	Hz
	Largeur de bande de fréquences	Hz

5.22 Procédure de saut de fréquence

La description de la procédure de saut de fréquence doit inclure la séquence des canaux de fréquences utilisés pour la transmission (séquence de saut) et le temps de tenue.

L'unité de ce paramètre doit être un nombre non signé.

5.23 Plan d'extension future

Il convient de tenir compte des plans d'extension future. L'installation de nouvelles solutions sans fil et les changements d'environnements physiques (des bâtiments, par exemple) peuvent avoir un impact sur les conditions de communication sans fil. Par exemple, la réserve de ressources peut permettre d'éviter de modifier la base installée lors de l'ajout d'autres appareils sans fil. Le paramètre doit être une chaîne à plusieurs octets avec texte.

5.24 Dimensions géographiques de l'installation

Pour les besoins de la coexistence de communications sans fil, la dimension géographique de l'installation doit être spécifiée par la longueur, la largeur et la hauteur de l'espace dans lequel les systèmes sans fil peuvent être installés. Il convient également de prendre en compte la zone de fonctionnement (l'atelier de production pour une machine, par exemple).

Plusieurs systèmes sans fil présentant une couverture spatiale différente (voir 5.47) peuvent fonctionner dans cet espace. La dimension géographique de l'installation détermine les influences passives sur la propagation radioélectrique (par réflexion, par exemple).

L'unité de longueur, de largeur et de hauteur doit être le mètre (m).

5.25 Appareil d'infrastructure

Les appareils d'infrastructure sont des appareils (des routeurs ou des stations de base, par exemple) sans interface avec l'application d'automatisation (par l'intermédiaire de réseaux industriels filaires, par exemple). Ils sont nécessaires à la construction du système sans fil conformément à la technologie ou la norme sans fil. Ils peuvent certes améliorer la robustesse d'un réseau, mais peuvent également interférer avec d'autres systèmes sans fil. Par conséquent, les appareils d'infrastructure ne font pas partie de l'application d'automatisation, mais du système sans fil.

Les routeurs ou stations de base ayant une interface avec des réseaux industriels filaires ou mettant en œuvre des fonctions d'application d'automatisation ne comptent pas parmi les appareils d'infrastructure. Ils font partie de l'application d'automatisation sans fil et, à ce titre, comptent parmi les appareils d'automatisation sans fil.

Le paramètre doit être une chaîne à plusieurs octets avec texte.

5.26 Initiation de la transmission de données

Ce paramètre spécifie la manière dont l'application lance le transfert de données: de manière périodique, apériodique ou stochastique. Un transfert périodique est susceptible de donner lieu à une plus forte charge de communication qu'un transfert apériodique, car les mêmes valeurs risquent d'être transmises fréquemment. L'initiation de la transmission de données influe sur la charge de communication et peut contribuer à une séparation temporelle des systèmes radio.

Le paramètre doit être une chaîne à plusieurs octets avec texte.

5.27 Application ISM

Ce paramètre correspond aux utilisateurs de fréquence émettant des ondes radio sans transférer de données (les soudeuses, les fours microonde fonctionnant au même endroit, par exemple). Le type des autres utilisateurs de fréquence et leur utilisation du support doivent être connus.

Le paramètre doit être une chaîne à plusieurs octets avec texte.

5.28 Longueur des données utilisateur par intervalle de transfert

La longueur des données utilisateur est le nombre d'octets transportés dans la charge utile d'un paquet sans fil. En principe, les données utilisateur sont transférées par l'intermédiaire de l'interface de référence. Toutefois, dans certains cas, un événement au niveau de l'interface de référence lance la transmission d'un certain nombre de données utilisateur. La longueur des données utilisateur détermine l'utilisation du support. Toutefois, il peut y avoir une relation complexe ou non linéaire entre la longueur des données utilisateur et l'utilisation du support. L'unité doit être le bit.

5.29 Restrictions imposées par les voisins de l'installation

Les voisins de l'installation sont susceptibles d'imposer des limites à la communication sans fil. Il s'agit, par exemple, des radiosources à forte puissance et des équipements sensibles.

Le fait de documenter les éventuels éléments brouilleurs du voisinage permettra au concepteur de bien appréhender les contraintes potentielles imposées aux systèmes sans fil par les voisins.

Le paramètre doit être une chaîne à plusieurs octets avec texte.

5.30 Nombre maximal de retransmissions

Ce paramètre décrit la fréquence de retransmission automatique des données utilisateur par la pile de communication à la suite d'erreurs de transmission. Les retransmissions peuvent être initiées par des couches de protocole différentes. Par conséquent, le nombre maximal de retransmissions doit être spécifié pour chaque couche en question. Dans la mesure du possible, il convient également d'expliquer les détails du mécanisme (les temps d'attente, par exemple). Ce paramètre peut avoir un impact significatif sur l'utilisation du support.

Selon le cas d'utilisation, le nombre maximal de retransmissions de l'appareil (caractéristiques du type d'appareil sans fil) ou le nombre maximal configuré de retransmissions (caractéristiques de la solution de communication sans fil) doit être spécifié.

L'unité doit être un nombre non signé.

5.31 Mécanismes d'adaptabilité

Des mécanismes d'adaptabilité peuvent servir à modifier un ou plusieurs des paramètres fonctionnels d'un système, afin d'améliorer sa robustesse aux interférences et de réduire le plus possible l'utilisation du support. Pour modifier de façon dynamique les paramètres fonctionnels d'un système, des mécanismes de communication adaptatifs peuvent utiliser automatiquement des retours d'information en provenance du système lui-même ou de signaux portés par un système. Les paramètres fonctionnels peuvent également être prévus par avance et les systèmes configurés en conséquence.

Des mécanismes d'adaptabilité sont, par exemple:

- un gestionnaire de coexistence: un élément central aux systèmes commande l'utilisation du support;
- détection et évitement (DAA): si le canal est occupé, changer de canal (AFH, par exemple);
- détection et suppression (DAS): si le canal est occupé, ne pas émettre ("listen before talk", à savoir "écoute du canal avant d'émettre", par exemple);
- détection et réduction (DAR): si le canal est occupé, réduire la puissance de sortie.

En fonction du nombre de systèmes utilisant des mécanismes d'adaptabilité et des paramètres adaptés, ces mesures peuvent contribuer à l'amélioration de la coexistence ou bien à un comportement instable et peu fiable du système.

Le paramètre doit être une chaîne à plusieurs octets avec texte.

5.32 Mécanisme de contrôle d'accès au support

Le contrôle d'accès au support garantit, par exemple, qu'une demande de communication est satisfaite tant que le support est libre (voir CSMA, par exemple, dans l'IEEE 802.3 [16]) ou qu'il attribue la demande à des intervalles de temps bien définis (voir AMRT, par exemple, dans l'IEEE 802.15.4 [20]). Ces deux mécanismes d'accès, ainsi que d'autres, peuvent être combinés. Ces mécanismes ont pour principal objet de contrôler l'accès au support au sein d'un système sans fil. Toutefois, ils influent sur l'immunité et l'utilisation du support du système et doivent donc être pris en compte dans le processus de gestion de coexistence.

Le paramètre doit être une chaîne à plusieurs octets avec texte.

5.33 Modulation

Un signal obtient son contenu informationnel en changeant l'amplitude, la fréquence ou la phase d'une onde. Cela se réalise en modulant l'onde. Des modulations analogiques et numériques sont utilisées. Les modulations numériques peuvent être combinées à des schémas d'étalement afin d'améliorer la robustesse d'un signal physique.

Le paramètre doit être une chaîne à plusieurs octets avec texte.

5.34 Conditions environnementales naturelles

Les conditions environnementales naturelles, telles que la température, l'humidité ou la pression atmosphérique, peuvent influencer sur les conditions de propagation.

Le paramètre doit être une chaîne à plusieurs octets avec texte.

5.35 Topologie de réseau

La topologie décrit la structure et la composition d'un réseau de communication sans fil dans une application de communication sans fil.

NOTE Voir l'IEC 62657-1 pour connaître les cas d'utilisation des différentes topologies. Les définitions de ces topologies sont données dans l'IEC 61918.

Les topologies applicables sont les suivantes:

- point à point;
- linéaire;
- en anneau;
- en étoile;
- en arbre;
- maillée;
- cellulaire.

Ces topologies peuvent être combinées. Cette information peut servir à évaluer la couverture prévue d'une solution sans fil.

Le paramètre doit être une chaîne à plusieurs octets avec texte.

5.36 Taux de perte de paquets

Le taux de perte de paquets (TPP) indique le nombre de paquets, transférés de l'application vers l'interface de référence chez le producteur, émis de l'interface de référence vers l'application chez le client.

Le TPP est déterminé comme suit:

$$PLR = \frac{N_t - N_r}{N_t}$$

où

N_t est le nombre de paquets émis.

N_r est le nombre de paquets correctement reçus.

Si une application attend un paquet au plus tard à l'instant t_{DL} , tous les paquets avec un temps de transmission supérieur à t_{DL} doivent être considérés comme perdus et compter au nombre des paquets non reçus ($N_t - N_r$). Pour évaluer la coexistence, le nombre de paquets perdus toléré avant qu'une application de communication sans fil ne tombe en indisponibilité doit être démontré. L'indisponibilité cumulée de l'application de communication sans fil par intervalle d'observation définit la disponibilité, qui le critère de qualité primordial de la communication sans fil.

La valeur de ce paramètre doit être exprimée en pourcent (%).

5.37 Position des appareils sans fil

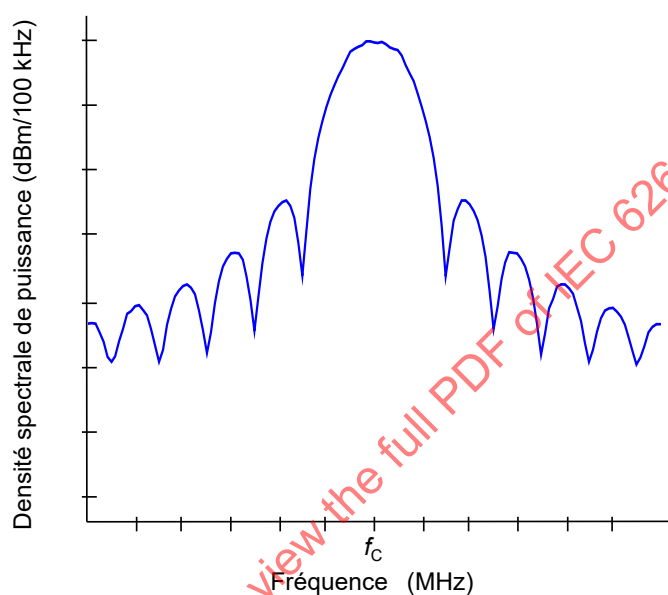
La position des appareils sans fil (ou de leurs antennes) a un impact sur les caractéristiques du canal de fréquences. Des obstacles proches, des équipements mobiles ou des couloirs étroits peuvent dégrader les conditions de propagation. Cela est valable pour la position absolue d'un appareil sans fil ou pour la position par rapport à d'autres appareils sans fil. Cela signifie que la position des appareils sans fil doit être choisie de manière à obtenir des conditions optimales de propagation pour la transmission sans fil. Il peut donc s'avérer avantageux de séparer la mise en œuvre des fonctions d'automatisation de celle des fonctions de communication sans fil, et de connecter les appareils grâce à une communication filaire. Une autre option consiste à séparer uniquement l'antenne (lorsque l'appareil d'automatisation est monté dans une armoire électrique, par exemple). Pour les appareils sans fil mobiles, la trajectoire du mouvement est importante.

La position d'un appareil sans fil est spécifiée dans un espace tridimensionnel.

L'unité de chaque dimension doit être le mètre (m).

5.38 Densité spectrale de puissance

La densité spectrale de puissance (DSP) décrit la manière dont la puissance d'un signal est répartie sur la fréquence. Communément, l'aire sous la courbe de DSP est appelée "spectre du signal". L'unité de mesure de la densité spectrale de puissance est le watt par hertz (W/Hz). La DSP doit être fournie, par exemple, comme indiqué à la Figure 14 pour un système IEEE 802.15.4 [20].



IEC

Figure 14 – Densité spectrale de puissance d'un système IEEE 802.15.4

La DSP présentée à la Figure 14 donne une image globale de la puissance du signal dans le spectre de fréquences pour la gestion de coexistence.

L'unité de ce paramètre doit être le dBm/100 kHz sur la plage de fréquences considérée.

5.39 Objet de l'application d'automatisation

La description de l'application d'automatisation prise en charge par le réseau sans fil doit être résumée dans la mesure nécessaire pour donner un aperçu utile des exigences imposées au réseau sans fil.

Le paramètre doit être une chaîne à plusieurs octets avec texte.

5.40 Blocage de récepteur

Le blocage de récepteur est un indicateur du bon fonctionnement du récepteur en présence de signaux hors canal.

La réponse (ou niveau de performance) de blocage de récepteur est définie comme le niveau de signal brouilleur maximal, exprimé en dBm, réduisant la sensibilité spécifiée du récepteur d'un nombre donné de dB (généralement 3). En conséquence, la réponse de blocage de récepteur est normalement évaluée à un niveau de signal utile situé de 3 dB au-dessus de la

sensibilité du récepteur et à des fréquences différant de celle du signal utile (plus de détails dans le document ZVEI [22]).

Le blocage de récepteur reflète des effets tels que la réponse parasite, la sensibilité d'intermodulation et la sélectivité pour le canal adjacent.

L'unité de ce paramètre doit être le dBm.

5.41 Niveau en entrée de récepteur

Les signaux reçus dont les niveaux sont supérieurs au niveau maximal en entrée de récepteur peuvent perturber ou interrompre la réception des données. Le niveau maximal en entrée de récepteur doit être utilisé pour estimer ou évaluer la distance minimale recommandée par rapport à d'autres appareils sans fil. À cet effet, les valeurs de puissance transmise des appareils sans fil et des brouilleurs, ainsi que les conditions de propagation doivent être prises en compte.

L'unité de ce paramètre doit être le dBm.

5.42 Sensibilité de récepteur

La sensibilité de récepteur détermine dans quelle mesure un récepteur peut accepter des signaux utiles en l'absence d'interférences (voir également l'ETSI TR 100 027 [14]). Elle définit la puissance minimale du signal reçu qui permette au récepteur d'atteindre le taux spécifié d'erreurs sur les bits. Lorsqu'elle est associée aux valeurs de puissance transmise du système et des brouilleurs, et en tenant compte des conditions de propagation, la marge de puissance du système peut être estimée.

L'unité de ce paramètre doit être le dBm.

5.43 Règlements régionaux des radiocommunications

Les règlements régionaux des radiocommunications spécifient des paramètres de coexistence importants, tels que la bande de fréquences et la puissance de sortie. Ces spécifications doivent être prises en compte dans le processus de gestion de coexistence.

NOTE Cette liste de paramètres de coexistence peut être raccourcie en énumérant les normes de règlement régional des radiocommunications auxquelles le système/appareil se conforme (l'ETSI EN 300 328 [15], par exemple).

Le paramètre doit être une chaîne à plusieurs octets avec texte.

5.44 Déplacement relatif

La trajectoire d'un appareil sans fil modifie la distance avec d'autres appareils sans fil ou brouilleurs. Cela peut augmenter ou diminuer la valeur du signal utile ou le brouillage. Le mouvement lui-même et la vitesse relative entre les appareils sans fil en cours de communication peuvent dégrader les conditions de propagation et, de ce fait, augmenter le brouillage.

L'unité d'expression de ce paramètre doit être le mètre par seconde (m/s).

5.45 Temps de réponse

Le temps de réponse est particulièrement important dans les services confirmés, par exemple dans la transmission orientée application des données de procédé ou des données de paramétrage, mais également dans les communications en temps réel (voir l'IEC 62657-1:—, 5.3.1).

Le temps de réponse est l'intervalle de temps entre l'instant de livraison du premier bit ou octet de données utilisateur d'un paquet à l'interface de référence d'un émetteur et l'instant où le dernier bit ou octet du paquet de confirmation est livré à l'interface de communication du même émetteur, qui peut être affecté à la demande.

Cela implique que le temps de réponse est composé d'au moins une durée de transmission entre l'émetteur et le récepteur et une durée de transmission entre le récepteur et l'émetteur. Le temps de traitement dans le récepteur doit être ajouté.

La communication entre l'émetteur et le récepteur peut avoir lieu directement via un appareil d'infrastructure (une station de base, par exemple) ou via d'autres nœuds réseau (des réseaux de capteurs, par exemple).

Les interférences influent sur le temps de réponse. La coexistence existe tant que la valeur limite imposée par l'application d'automatisation est respectée. Autrement, la transmission correspondante doit être évaluée comme une perte de paquet.

Le temps de réponse est une variable aléatoire. Cela est important, car les temps de réponse dépendent plus fortement des conditions externes de transmissions en comparaison à la communication filaire.

L'unité de ce paramètre doit être la seconde (s).

5.46 Niveau de sécurité

Les exigences de cybersécurité peuvent nuire à la gestion de coexistence. Certaines solutions sans fil sensibles sont susceptibles d'être séparées physiquement des autres types de systèmes sans fil ou bien d'être maintenues à une distance d'isolement par rapport aux limites du site. La définition et l'utilisation des niveaux de sécurité doivent être conformes à l'IEC 62443.

Un système peut exiger des mesures techniques et organisationnelles pour assurer un certain niveau de sécurité. Les mesures techniques peuvent augmenter le temps de traitement, introduire des transmissions supplémentaires et rallonger le paquet. Par conséquent, les temps de transmission et d'utilisation du support peuvent augmenter. Le système de communication peut devenir plus sujet aux brouillages si la gestion de coexistence ne tient pas compte de ces mesures.

L'unité de ce paramètre doit être un nombre non signé.

5.47 Couverture spatiale du réseau de communication sans fil

La couverture spatiale du réseau de communication sans fil dépend des exigences de communication de l'application. Toutefois, il s'agit d'une donnée essentielle à la séparation spatiale des applications sans fil. Lors du positionnement de plusieurs appareils sans fil, la hauteur de montage de l'antenne doit être considérée. La couverture spatiale est spécifiée par la longueur, la largeur et la hauteur d'un cuboïde qui englobe le réseau de communication sans fil.

L'unité de longueur, de largeur et de hauteur doit être le mètre (m).

5.48 Réponse parasite

La réponse parasite est un paramètre de récepteur qui indique la robustesse contre les signaux indésirables, c'est-à-dire dont les fréquences sont hors du canal de fréquences réglé. Il s'agit d'une réponse dans la fréquence intermédiaire (FI) du récepteur produite par une émission indésirable dans laquelle la fréquence fondamentale (ou les harmoniques au-dessus de la fréquence fondamentale) de l'émission indésirable se mélange avec la fondamentale ou l'harmonique de l'oscillateur local du récepteur.

L'unité d'expression de ce paramètre doit être le décibel (dB).

5.49 Puissance totale rayonnée

La puissance totale rayonnée (PTR) est la puissance fournie à une antenne moins les pertes de l'antenne. Dans les normes les plus récentes, la PTR est souvent spécifiée. Elle peut être mesurée au moyen d'une platine permettant d'intégrer la puissance nominale spatiale sur 360°.

L'unité de ce paramètre doit être le Watt (W).

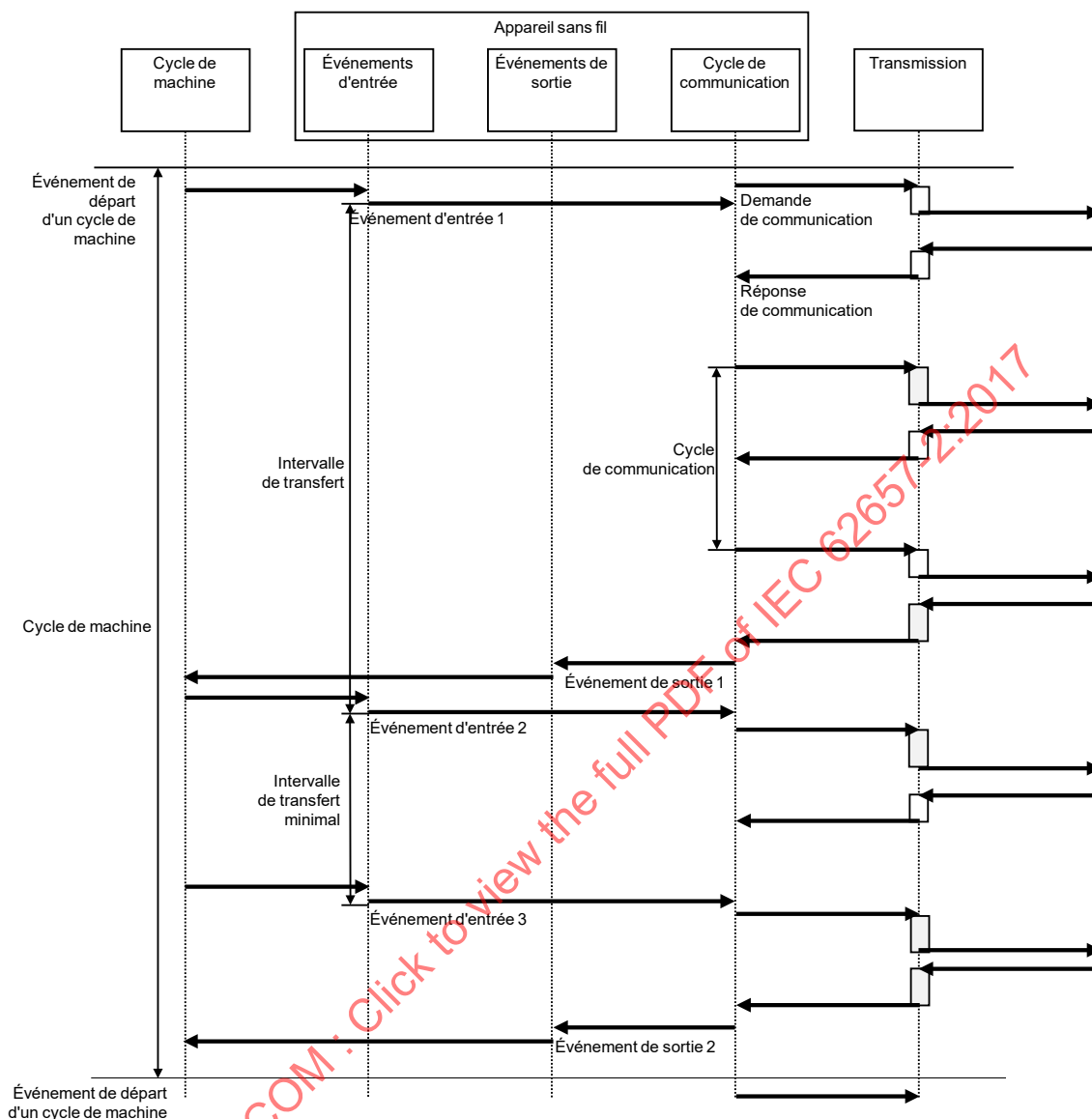
5.50 Intervalle de transfert

L'intervalle de transfert a un effet sur la charge de communication et peut contribuer à une séparation temporelle. Pour un transfert apériodique, c'est la valeur minimale qui est considérée. Pour les transferts stochastiques, les paramètres de la fonction de répartition sont pertinents.

La Figure 15 décrit la relation entre le cycle de la machine ou de l'installation, l'intervalle de transfert et le cycle de communication. Généralement, les applications d'automatisation industrielle suivent les cycles du processus de production. Lors d'un tel cycle de machine ou d'installation, un certain nombre d'événements se produit, qui doivent être transmis via un support de communication sans fil. Dans le cas d'une transmission périodique, le cycle de communication doit être plus rapide que l'intervalle de transfert. Pour une transmission de données apériodique, l'intervalle de transfert est la durée la plus courte possible entre deux demandes de transfert.

L'unité de ce paramètre doit être la seconde (s).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62657-2:2017

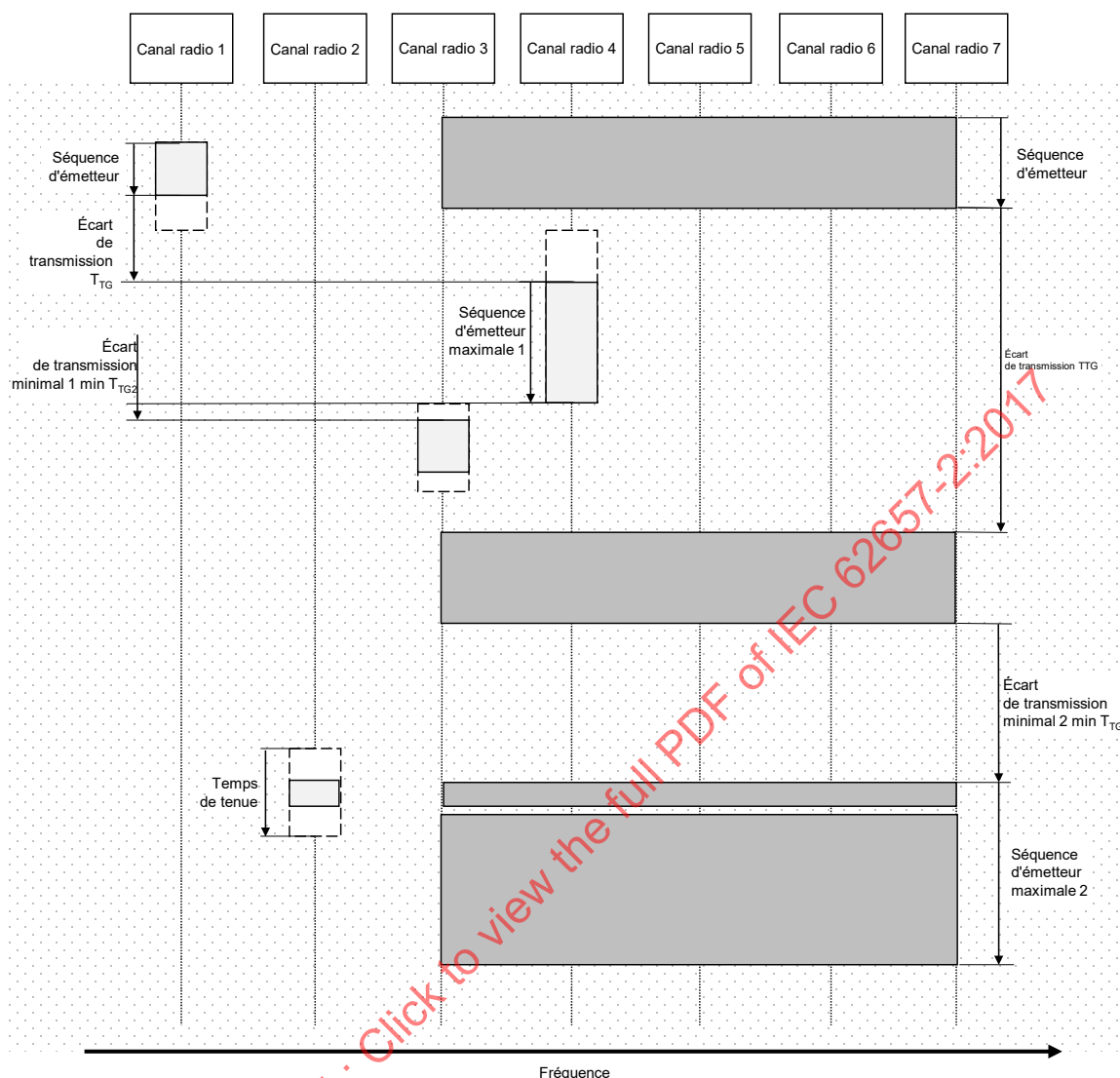


IEC

Figure 15 – Cycle de communication, intervalle d'événements d'application et cycle de machine

5.51 Écart d'émission

L'écart d'émission est l'intervalle de temps entre deux utilisations successives de canal par un émetteur. Si une demande exige une réponse immédiate, le temps mort n'est pas pris en compte. À la Figure 16, l'écart d'émission est indiqué par t_{TG} .



IEC

Figure 16 – Écart d'émission minimal

Pour les systèmes à sauts de fréquence, l'écart d'émission s'applique aux canaux utilisés et non entre des émissions de canaux différents. L'écart d'émission donne une idée du temps disponible minimal. Mais en réalité, les applications peuvent laisser des écarts plus grands. Par conséquent, il convient de tenir compte aussi du cycle de service.

L'unité de ce paramètre doit être la seconde (s).

5.52 Durée de transmission

La durée de transmission est un instrument adéquat pour évaluer la coexistence pour les applications d'automatisation avec transfert événementiel. Il s'agit par exemple de la transmission d'un changement d'état dans un capteur de proximité et de l'application en temps réel (voir l'IEC 62657-1:—, 5.3.1.2.3.1).

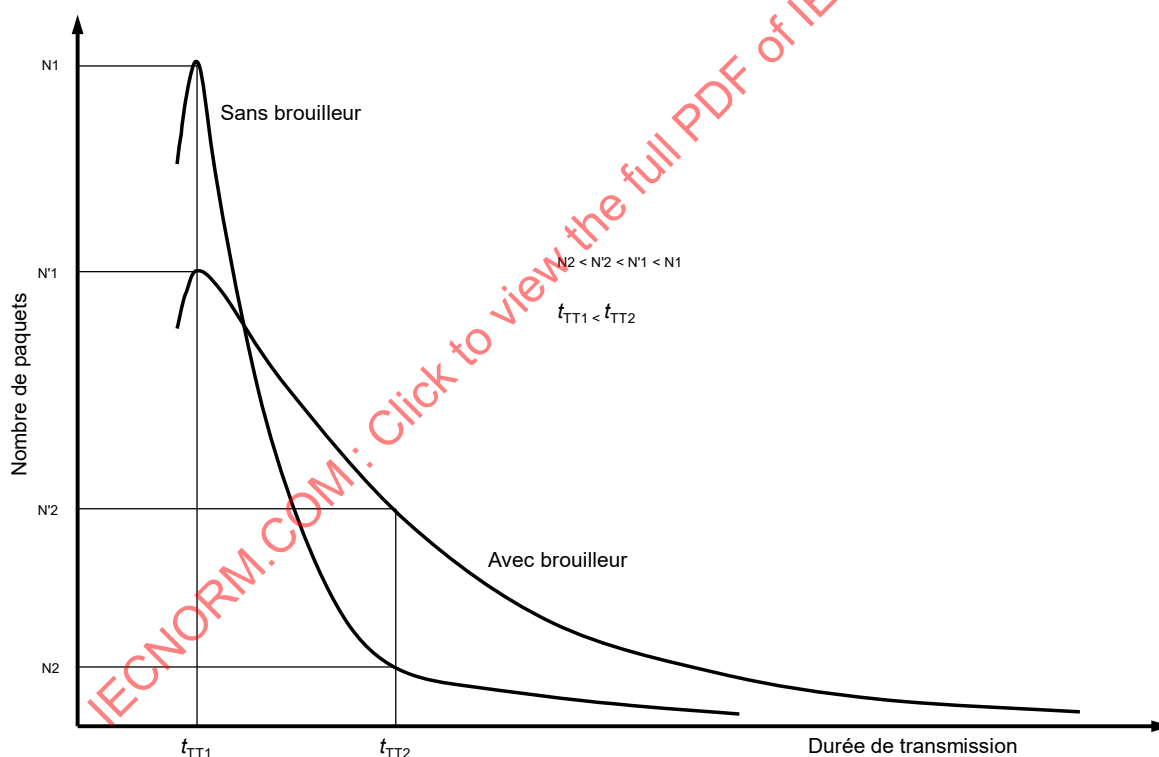
La durée de transmission est l'intervalle de temps entre le début de la livraison du premier octet de données utilisateur d'un paquet à l'interface de référence d'un producteur et la livraison du dernier octet de données utilisateur du même paquet depuis l'interface de référence d'un client.

Les interférences décrites en 4.4 induisent des durées de transmission rallongées. La coexistence existe tant que la valeur limite imposée par l'application d'automatisation pour les paquets transmis est respectée. Sinon, la transmission correspondante doit être évaluée comme une perte de paquet (voir également 5.36).

La durée de transmission est une variable aléatoire. Cela est important, car les durées de transmission dépendent davantage des conditions de transmission externes que la communication filaire.

La Figure 17 présente des fonctions de densité des durées de transmission de solutions radio obtenues à partir de mesures réalisées sur de grands échantillons. Les fonctions de densité représentent le nombre de paquets nécessitant une certaine durée de transmission.

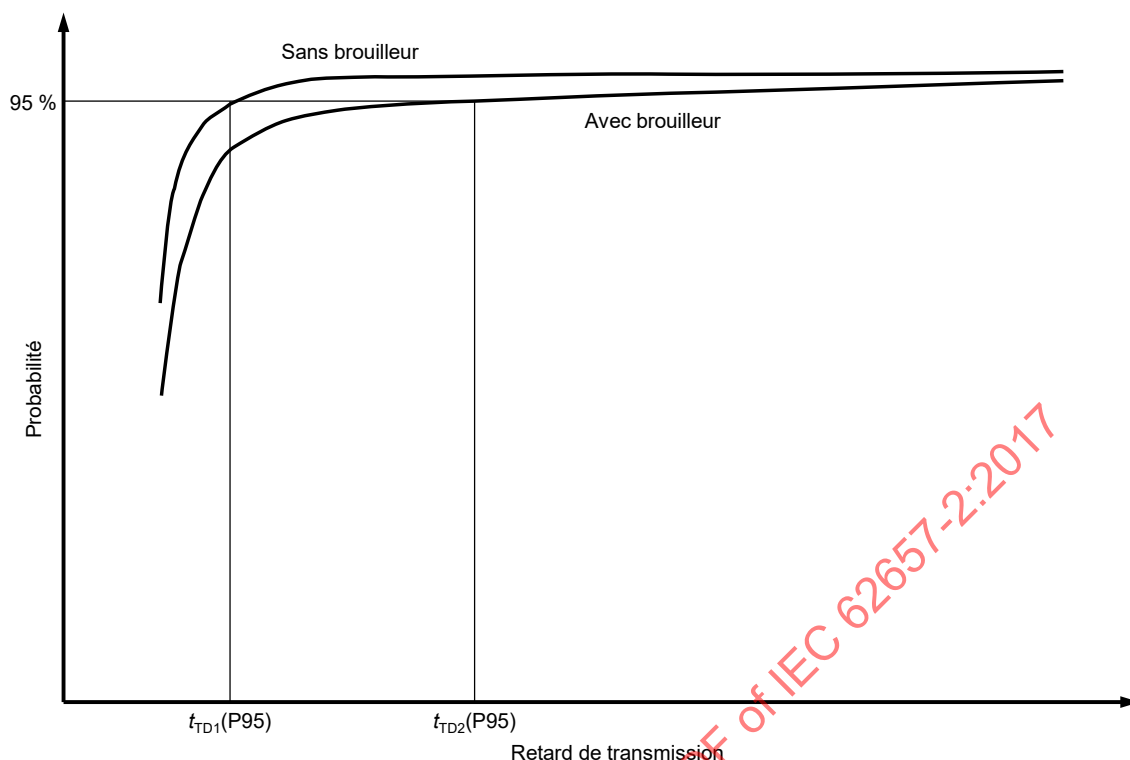
Généralement, le nombre de paquets avec une durée de transmission supérieure (t_{TT2} , par exemple) augmente de N_2 à N'_2 si d'autres solutions sans fil interfèrent. En revanche, le nombre de paquets avec une durée de transmission inférieure (t_{TT1} , par exemple) décroît de N_1 à N'_1 si d'autres solutions sans fil interfèrent. Les causes sont susceptibles d'être des temps d'attente pour un support libre ou des retransmissions, car des paquets ont été perdus, par exemple.



IEC

Figure 17 – Exemple de fonctions de densité de durée de transmission

La Figure 18 présente un exemple de fonctions de répartition de durées de transmission. Les deux courbes montrent le nombre de paquets reçus dans une période de transmission donnée.



IEC

Figure 18 – Exemple de fonctions de répartition de durées de transmission

Dans une évaluation métrologique des durées de transmission, le paramètre statistique peut être déduit de l'échantillon. Les modifications des paramètres statistiques, en fonction de la présence d'autres applications sans fil, sont une mesure de la force d'influence sur la solution radio. Pour cette évaluation relative, les paramètres de répartition sont des instruments adaptés (le quantile, par exemple). Le quantile P95 est une valeur courante (voir la Figure 18). Dans 95 % de toutes les transmissions, cette valeur n'est pas dépassée. L'expérience montre que la valeur P95 est un bon compromis entre la taille exigée de l'échantillon et les informations significatives. D'autres paramètres statistiques de répartition peuvent, bien sûr, être consultés. Ces paramètres de répartition (le quantile P95, par exemple) varient avec la disponibilité de l'installation.

Une valeur maximale de la durée de transmission serait nécessaire pour obtenir un résultat absolu sur la coexistence en comparant cette valeur à la limite exigée par l'application. Cependant, la valeur maximale d'une mesure n'est pas équivalente à la durée de transmission maximale absolue. La valeur maximale mesurée présente une certaine probabilité, qui peut être calculée si les équations fonctionnelles des courbes de la Figure 17 et de la Figure 18 sont connues. La fiabilité des calculs dépend de la taille d'échantillon de la mesure sur laquelle les équations fonctionnelles reposent.

En outre, la valeur maximale de la durée de transmission peut être déterminée de manière analytique en prenant la valeur maximale pour tous les segments temporels. Cette valeur maximale ne convient pas pour évaluer la coexistence, car, dans ce cas, pour les segments temporels influencés par d'autres applications sans fil, la valeur maximale doit également être prise.

Il convient également de tenir compte dans la durée de transmission du retard d'accès au support.

L'unité de ce paramètre doit être la seconde (s).

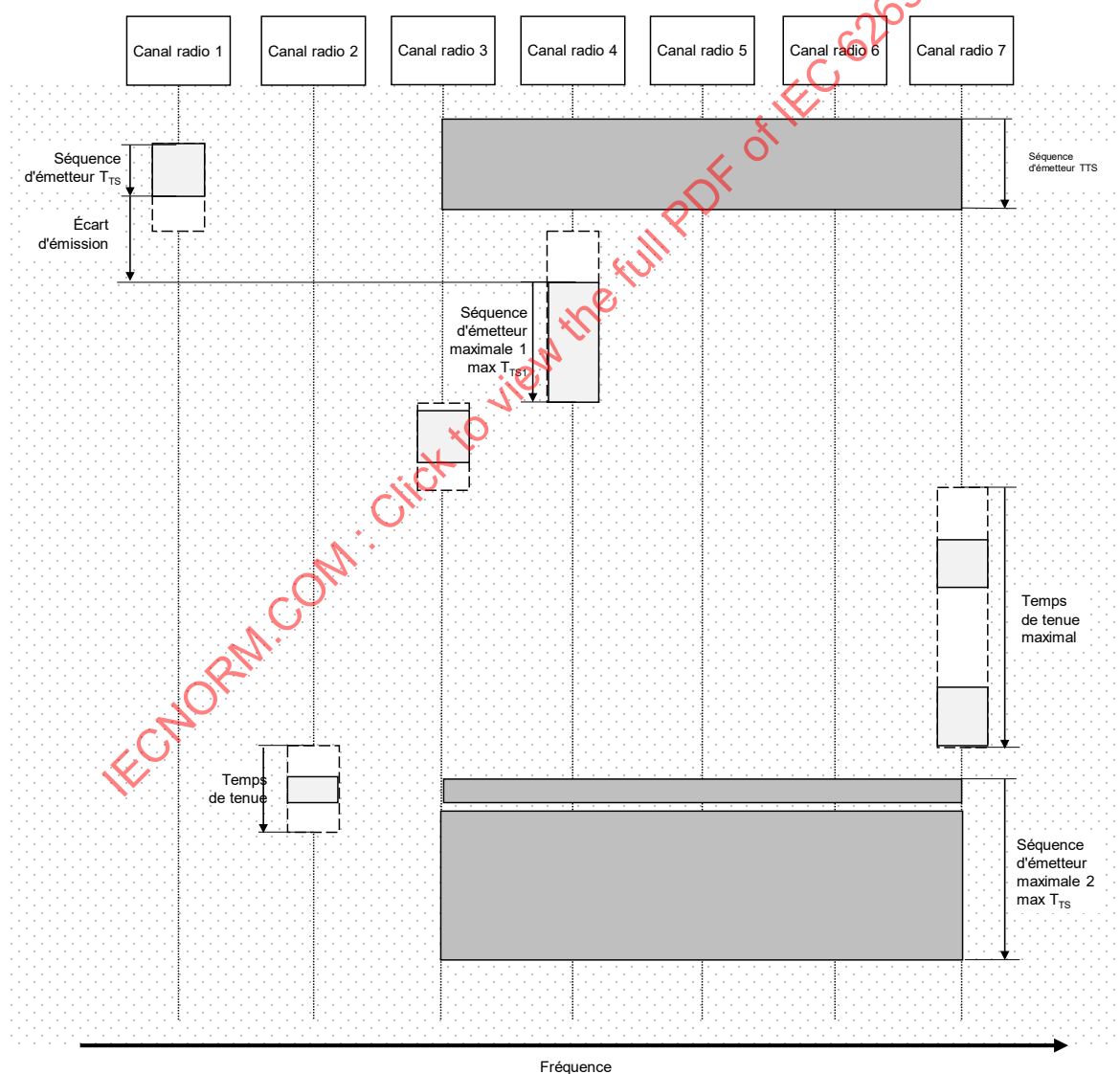
5.53 Puissance de sortie de transmission

Le paramètre de puissance de sortie de transmission est un indicateur de la portée de transmission. Il peut être constant ou configurable. La puissance de sortie de transmission diminuée des pertes entre la sortie de l'émetteur et l'antenne donne la puissance totale rayonnée.

L'unité de ce paramètre doit être le dBm.

5.54 Séquence d'émetteur

La séquence d'émetteur est la durée pendant laquelle un émetteur utilise un canal de fréquences sans pouvoir être interrompu par un appareil sans fil du même réseau. Si une demande exige une réponse immédiate et que le support ne peut pas être utilisé par un appareil du même réseau pendant le temps mort, la totalité de la durée doit être prise en compte. Il s'agit là d'une simplification raisonnable, même si des appareils d'autres systèmes sont susceptibles de débiter une transmission. Dans la Figure 19, la séquence d'émetteur du système 1 est $\text{Max } t_{TS1}$, et la séquence d'émetteur du système 2 est $\text{Max } t_{TS2}$.



Légende

Gris clair = Émission du système sans fil 1
Gris foncé = Émission du système sans fil 2

Figure 19 – Séquence d'émetteur