

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**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2013 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

Liens utiles:

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

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...).

Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**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

PRICE CODE
CODE PRIX

XC

ICS 25.040.40; 33.040; 35.110

ISBN 978-2-8322-1048-2

**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	15
3.3 Conventions	16
4 Coexistence concept in industrial automation	16
4.1 Overview	16
4.1.1 General	16
4.1.2 Manual coexistence management.....	18
4.1.3 Automated non-collaborative metrics-based coexistence management.....	18
4.1.4 Automated collaborative metrics-based coexistence management	18
4.2 Objective.....	18
4.3 Necessity to implement a coexistence management.....	20
4.4 Interference potential	22
4.5 Ancillary conditions	24
4.6 Best practices to achieve coexistence.....	24
4.7 Coexistence conceptual model	27
4.8 Coexistence management and selection of a wireless communication solution	29
4.9 Coexistence management system	31
5 Coexistence management parameters.....	31
5.1 General.....	31
5.2 Explanation of coexistence parameters	31
5.2.1 Adjacent channel selectivity.....	31
5.2.2 Antenna gain	31
5.2.3 Antenna radiation pattern	32
5.2.4 Bandwidth	32
5.2.5 Bit rate of physical link	32
5.2.6 Centre frequency.....	32
5.2.7 Characteristic of the area of operation	32
5.2.8 Communication load	32
5.2.9 Cut-off frequency.....	33
5.2.10 Data throughput.....	34
5.2.11 Duty cycle	34
5.2.12 Effective radiated power (EIRP, ERP).....	35
5.2.13 Frequency hopping procedure	36
5.2.14 Future expansion plan	36
5.2.15 Geographical dimension of the plant.....	36
5.2.16 Infrastructure components	36
5.2.17 Initiation of data transmission	36
5.2.18 Length of user data per transmission interval	36
5.2.19 Limitation from neighbors of the plant.....	36
5.2.20 Maximum dwell time	37

5.2.21	Maximum number of retransmissions	37
5.2.22	Maximum transmitter sequence	37
5.2.23	Mechanisms for adaptivity	38
5.2.24	Medium access control mechanism	39
5.2.25	Modulation	39
5.2.26	Natural environmental conditions	39
5.2.27	Device characterization parameters	39
5.2.28	Other frequency users	39
5.2.29	Packet loss rate (PLR)	39
5.2.30	Physical links	40
5.2.31	Positions of wireless devices and distances between them	40
5.2.32	Power spectral density (PSD)	40
5.2.33	Purpose of the automation application	41
5.2.34	Radio channel	41
5.2.35	Radio propagation conditions	41
5.2.36	Receiver blocking	42
5.2.37	Receiver maximum input level	42
5.2.38	Receiver sensitivity	42
5.2.39	Regional radio regulations	42
5.2.40	Relative movement	42
5.2.41	Reliability required	42
5.2.42	Response time	43
5.2.43	Security level required	43
5.2.44	Spatial coverage of the wireless communication network	43
5.2.45	Spurious response	43
5.2.46	Topology	44
5.2.47	Total radiated power (TRP)	44
5.2.48	Transmission gap	44
5.2.49	Transmission interval	45
5.2.50	Transmission time	45
5.2.51	Transmitter spectral mask	47
5.2.52	Type of antenna	48
5.2.53	Update time	48
5.2.54	Used frequency bands	49
5.2.55	Wireless devices	49
5.2.56	Wireless communication networks	49
5.2.57	Wireless technology or standard	50
6	Coexistence management information structures	50
6.1	General	50
6.2	General plant characteristic	51
6.3	Application communication requirements	52
6.3.1	Overview	52
6.3.2	Requirements influencing the characteristic of wireless solutions	52
6.3.3	Performance requirements	53
6.4	Characteristic of wireless system type and wireless device type	53
6.4.1	Overview	53
6.4.2	Characteristic of wireless system type	54
6.4.3	Characteristic of wireless devices type	55
6.5	Characteristic of wireless communication solution	57

6.5.1	Overview	57
6.5.2	Characteristic of a wireless network solution	58
6.5.3	Characteristic of wireless devices solution	58
7	Coexistence management process	59
7.1	General	59
7.1.1	Overview	59
7.1.2	Documentation	60
7.1.3	Suitable documentation method	62
7.1.4	Application of tools	63
7.2	Establishment of a coexistence management system	63
7.2.1	Nomination of a coexistence manager	63
7.2.2	Responsibility of a coexistence manager	64
7.2.3	Support by radio experts	64
7.2.4	Training	64
7.3	Maintaining coexistence management system	65
7.4	Phases of a coexistence management process	65
7.4.1	Investigation phase	65
7.4.2	Planning phase	68
7.4.3	Implementation phase	70
7.4.4	Operation phase	71
8	Coexistence parameter templates	73
	Bibliography	77
	Figure 1 – Area of consideration	20
	Figure 2 – Examples of wireless equipment in industrial environments	21
	Figure 3 – Progression of expense to achieve coexistence corresponding to the application classes	24
	Figure 4 – Separation of wireless communication systems according to frequency and time	25
	Figure 5 – Coexistence conceptual model	28
	Figure 6 – Flow chart of the coexistence conceptual model	29
	Figure 7 – Selection of a wireless communication system in the coexistence management process	30
	Figure 8 – Communication load in case of two wireless devices	33
	Figure 9 – Communication load in the case of several wireless devices	33
	Figure 10 – Cut-off frequencies derived from maximum power level	34
	Figure 11 – Duty cycle	35
	Figure 12 – Maximum dwell time	37
	Figure 13 – Maximum transmitter sequence	38
	Figure 14 – Distance of the radio components	40
	Figure 15 – Power spectral density of an IEEE 802.15.4 system	41
	Figure 16 – Minimum transmission gap	44
	Figure 17 – Communication cycle, application event interval and machine cycle	45
	Figure 18 – Example of the density functions of transmission time	46
	Figure 19 – Example of the distribution functions of transmission time	47
	Figure 20 – Transmitter spectral mask of an IEEE 802.15.4 system	48

Figure 21 – Example of distribution functions of the update time	49
Figure 22 – Principle for use of coexistence parameters	50
Figure 23 – Parameters to describe the general plant characteristic	51
Figure 24 – Parameters to describe application communication requirements	52
Figure 25 – Parameters to describe wireless network type and device type	54
Figure 26 – Power spectral density and transmitter spectral mask of a DECT system	56
Figure 27 – Medium utilization in time and frequency of a DECT system	56
Figure 28 – Parameters to describe a wireless communication solution	58
Figure 29 – Relations of the documents in a coexistence management system specification	62
Figure 30 – Planning of a wireless communication system in the coexistence management process	69
Figure 31 – Implementation and operation of a wireless communication system in the coexistence management process	72
Table 1 – Classification of application communication requirements	19
Table 2 – Application profile dependent observation time values	35
Table 3 – List of parameters used to describe the general plant characteristic	51
Table 4 – List of parameters used to describe the requirements influencing the characteristic of wireless solutions	53
Table 5 – List of parameters used to describe performance requirements	53
Table 6 – List of parameters used to describe the wireless system type	55
Table 7 – List of parameters used to describe the transmitter of a wireless device type	57
Table 8 – List of parameters used to describe the receiver of a wireless device type	57
Table 9 – List of parameters used to describe a wireless network solution	58
Table 10 – List of parameters used to describe the transmitter of a wireless device solution	59
Table 11 – List of parameters used to describe the receiver of a wireless device solution	59
Table 12 – Template used to describe the general plant characteristic	73
Table 13 – Template used to describe the application communication requirements	74
Table 14 – Template used to describe the wireless system type	74
Table 15 – Template used to describe a wireless device type	75
Table 16 – Template used to describe the wireless network solution	75
Table 17 – Template used to describe a wireless device solution	76

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.

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

FDIS	Report on voting
65C/736/FDIS	65C/740/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 first edition cancels and replaces IEC/TS 62657-2, published in 2011.

The main changes with respect to the TS are:

- a) updated the normative references, terms, definitions, symbols, abbreviations;
- b) corrected spelling;
- c) changed figures to make them consistent with the text and vice versa;
- d) added and modified text to make the text more readable.

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

A list of all 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 web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

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

INTRODUCTION

The market is in need of network solutions, each with different performance characteristics and functional capabilities, matching diverse application requirements. Industrial automation applications cover different industrial application domains like:

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

Industrial automation applications require behaviors of wireless communication networks that are different from those that are used for example in telecommunications or for commercial like a remote control or toy. These industrial automation requirements are identified and provided in IEC/TS 62657-1.

In industrial automation, many different wireless communication networks may operate in the same premises. Examples of these networks are IEC 62591 [6]¹ (WirelessHART^{®2}), IEC 62601 [7] (WIA-PA) and IEC/PAS 62734 [9] (ISA100.11a); all these networks use IEEE 802.15.4 [18] for the process automation applications. Other examples of wireless networks are specified in IEC 61784-1 [3] and IEC 61784-2 [4] CPs that use IEEE 802.11 [14] and IEEE 802.15.1 [16] for factory automation applications. Different to wired fieldbuses, the wireless communication interfaces can interfere with others on the same premises or environment, disturbing each other. Therefore, without a predictable assuredness of coexistence, it could be problematic to have multiple wireless communication networks in the same facility or environment, especially because the time-criticality, the safety and the security of the operation may not be ensured in such an environment.

This part of the IEC 62657 addresses the coexistence management for a predictable assuredness of coexistence.

¹ Figures in square brackets refer to the Bibliography.

² WirelessHART is the registered trade name of the HART Communication Foundation. 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.

The IEC 62657 series has two parts:

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

IEC/TS 62657-1 [8] provides general requirements of industrial automation and spectrum considerations that are the basis for industrial communication solutions. This second part of IEC 62657 specifies the coexistence management with a predictable assuredness of coexistence. It is intended to facilitate harmonization of future adjustments to international, national, and local regulations.

This Part 2 of IEC 62657 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 Part 2 of IEC 62657 provides guidance to the users of wireless communication networks on selection and proper use of wireless communication networks. To provide suitable wireless devices to the market, it also serves vendors in describing the behaviors of wireless devices to build wireless communication networks matching the application requirements.

This Part 2 of IEC 62657 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.

INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS – WIRELESS COMMUNICATION NETWORKS –

Part 2: Coexistence management

1 Scope

This Part 2 of IEC 62657

- specifies the fundamental assumptions, concepts, parameters, and procedure 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 Part 2 of IEC 62657 will provide a major contribution to national and regional regulations. It does not exempt devices to conform to all requirements of national and regional regulations.

EXAMPLE 1 This Part 2 of IEC 62657 could be listed as a harmonized standard in the Official Journal of the European Union (OJEU) to address the requirements of the European R&TTE directive, Article 3.2 [20], in addition to other applicable harmonized standards.

EXAMPLE 2 This Part 2 of IEC 62657 could be listed in the Korean Enforcement Decree of the Radio Regulation Law, Article 18 [21].

2 Normative references

None

3 Terms, definitions, abbreviated terms and conventions

3.1 Terms and definitions

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

3.1.1

adjacent channel interference

interference that occurs when two or more wireless applications use 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**

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] [19]

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**

application of measurement and automatic control in the industrial automation domains

3.1.7**automation application data length**

number of octets that are exchanged at the communication interface

3.1.8**bandwidth**

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

3.1.9**centre frequency**

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

3.1.10**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.

3.1.11**co-channel**

emissions or transmissions in the same frequency channel

[SOURCE: IEC 60050-713:1998, 713-06-23, modified] [1]

3.1.12**coexistence**

wireless communication coexistence

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

Note 1 to entry: This is consistent with the definition of coexistence in IEEE 802.15.2-2003 [17].

3.1.13

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

[SOURCE: derived from IEC 62278:2002, 3.2] [5]

3.1.14

coexistence management

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

3.1.15

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

3.1.16

communication interface

exposed interface between an automation application and the wireless component

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.

3.1.17

communication load

requirement of the automation application to transfer a certain amount of user data within a certain period of time

3.1.18

duty cycle

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

3.1.19

dwelt time

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

3.1.20

effective radiated power

ERP

power supplied to the antenna multiplied by antenna gain

3.1.21

frequency band

range in the frequency spectrum that is assigned by regulatory organizations for use for specific applications

3.1.22

frequency channel

part of a frequency band that is used under a specification (standard or device specification) by a wireless communication system

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

3.1.23**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.

3.1.24**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

3.1.25**jitter**

time variation of an expected occurrence

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

3.1.26**lower cut-off frequency**

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

3.1.27**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

3.1.28**metrics**

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

3.1.29**plant**

the facility under consideration, including its physical area of operation, personnel, equipment and all other contents

3.1.30**power spectral density**

signal power per defined bandwidth

3.1.31**radio 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

3.1.32**(radio) resource**

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

3.1.33**radio robustness**

attribute of wireless communication to fulfill the designated function despite the presence of other active wireless communication 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 [17].

3.1.34

receiver blocking

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

3.1.35

receiver maximum input level

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

3.1.36

receiver sensitivity

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

3.1.37

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.

3.1.38

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 part of IEC 62657. The frequency bands are used by diverse ISM and wireless applications.

3.1.39

spurious response

receiver output due to unwanted signals

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

3.1.40

total radiated power

spatial power density integrated across the surface of the sphere

3.1.41

transmission gap

gap between two successive channel usages by a transmitter

3.1.42

transmission interval

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

3.1.43

transmission sequence duration

time that a transmitter uses the spectrum for the specific sequence in order to transfer data

3.1.44

transmitter spectral mask

maximum limit of power spectral density over a frequency range

3.1.45

upper cut-off frequency

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

3.1.46**wireless application**

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

3.1.47**wireless communication**

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

3.1.48**wireless communication network**

wireless communication solution consisting of at least two wireless devices

Note 1 to entry: "Wireless network" is used in figures as a shortened term of "wireless communication network".

3.1.49**wireless communication solution**

specific implementation or instance of a wireless communication system

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

3.1.50**wireless communication system**

set of interrelated elements providing wireless communication

Note 1 to entry: A wireless communication system is a high level representation of a system, while a wireless communication solution is a practical instance of a system. A wireless communication system can comprise one or more wireless communication networks. "Wireless system" is used in figures as a shortened term of "wireless communication system".

3.2 Abbreviated terms

AFH	Adaptive frequency hopping
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben; a wireless communication system for use by public authorities and organizations with safety functions
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
CP	Communication Profile according to IEC 61784-2 [4]
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	Electro-Magnetic Compatibility
ERP	Effective Radiated Power
GSM	Global System for Mobile Communications
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
R&TTE	Radio equipment and Telecommunication Terminal Equipment
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 electronics industry

3.3 Conventions

NOTE The graphical representations of flow charts in figures are based on ISO 5807 [10].

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

4.1.1 General

Wireless communication in industrial automation contributes to implement production processes more cost-efficiently, flexibly and reliably as well as allowing the realization of new automation concepts. Automation applications usually place stricter requirements on reliability and real-time capability of wireless communication than applications in the domestic and office domain.

Because of those requirements, different wireless communication systems are used. It is quite likely that several wireless communication systems may operate simultaneously in one place. Since these wireless communication systems share a common medium, interferences can be assumed throughout their life cycles. This results in influences on the reliability and real-time capability. This part of IEC 62657 is intended to help identify potential risks and to recommend measures to control these risks, depending on the requirements of the automation application.

This part of IEC 62657 addresses designers and persons responsible for production and process plants, system integrators and mechanical engineers having to integrate and start up wireless communication systems in machines and plants, and producers of industrial wireless communication solutions. In particular, it is intended to motivate exchange of information between automation and radio engineers.

This part of IEC 62657 also illustrates that most often the coexistence of several wireless communication 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 communication systems during design, commissioning, and operation, as well as maintenance, are considered. This process, called coexistence management of wireless communication solutions, is the subject of this part of IEC 62657. 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 application served by each wireless communication solution (for example control with strict real time requirements) and the number and location of the several wireless communication solutions (are they potentially interfering to each other?). If no, or just modest, requirements are made on the wireless communication system, a lower effort for the coexistence of wireless communication solutions will be necessary than in the case of a wireless communication system that is part of a control application with strict real-time requirements. However, it is strongly recommended to consider that additional wireless communication systems might be implemented later or that the requirement on the present wireless communication system might change in the future (for example due to additional applications). The plant design shall insure that the applied coexistence measures match the requirements of the wireless communication system.

The state of coexistence is characterized by meeting the limit values of relevant parameters for all wireless 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 communication 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. If the reason for exceeding the limits is legal radio system outside the responsibility and control of the coexistence manager, then the coexistence manager shall take immediate actions that these radios are not interfered by the industrial wireless communication solutions.

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.

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

There are three levels of possible organizations to manage coexistence, where the lowest level is the less efficient:

- manual coexistence management (lowest level);
- automated non-collaborative metrics-based coexistence management;
- 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.

4.1.2 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 communication 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.

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

4.1.3 Automated non-collaborative metrics-based coexistence management

In automated non-collaborative coexistence management, the different wireless communication 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 communication solution classifies the behavior of the offending ones and tries consequently to adapt its own behavior 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.

NOTE Some of these metrics are described in IEEE 802.15.2 [17].

4.1.4 Automated collaborative metrics-based coexistence management

In automated collaborative coexistence management, the different wireless communication solutions are able to exchange information.

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

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 communication solution to effectively adapt its own behavior to the real new situation, taking into account the requirements of its own application and the applications of the other wireless communication systems. These dynamic modifications may influence the determinism or reliability of the communication and can therefore be inappropriate for various automation applications.

4.2 Objective

This part of IEC 62657 gives guidance to manufacturers of wireless automation devices on how to fulfill essential requirement (2) of Article 3 of directive 1999/5/EC radio equipment and telecommunication terminal equipment (R&TTE) [20] and Article 18 of Korean Enforcement Decree of the Radio Regulation Law [21]. Devices shall additionally conform to the local and regional regulations.

This part of IEC 62657 is focused on measures to provide coexistence of wireless communication systems for measurement and automation applications. These 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 – 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 manager shall be established in order to fulfill all requirements of this part of IEC 62657.
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 manager shall be established in order to fulfill most of the requirements of this part of IEC 62657.
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 manager shall be established in order to fulfill 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.

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/TS 62657-1 [8].

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 part of IEC 62657.

The applicability of this part of IEC 62657 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 EMC influences, see Figure 1). The interference sources to be considered are detailed in 4.4.

NOTE 2 The analysis of EMC is outside of scope of this part of IEC 62657 but has been considered.

This part of IEC 62657 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.

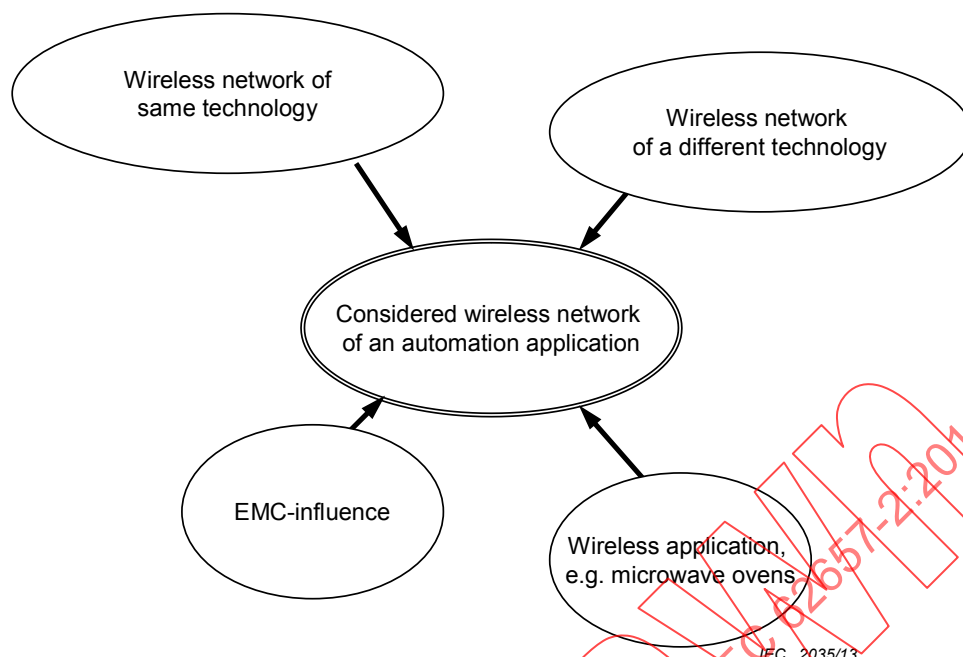


Figure 1 – Area of consideration

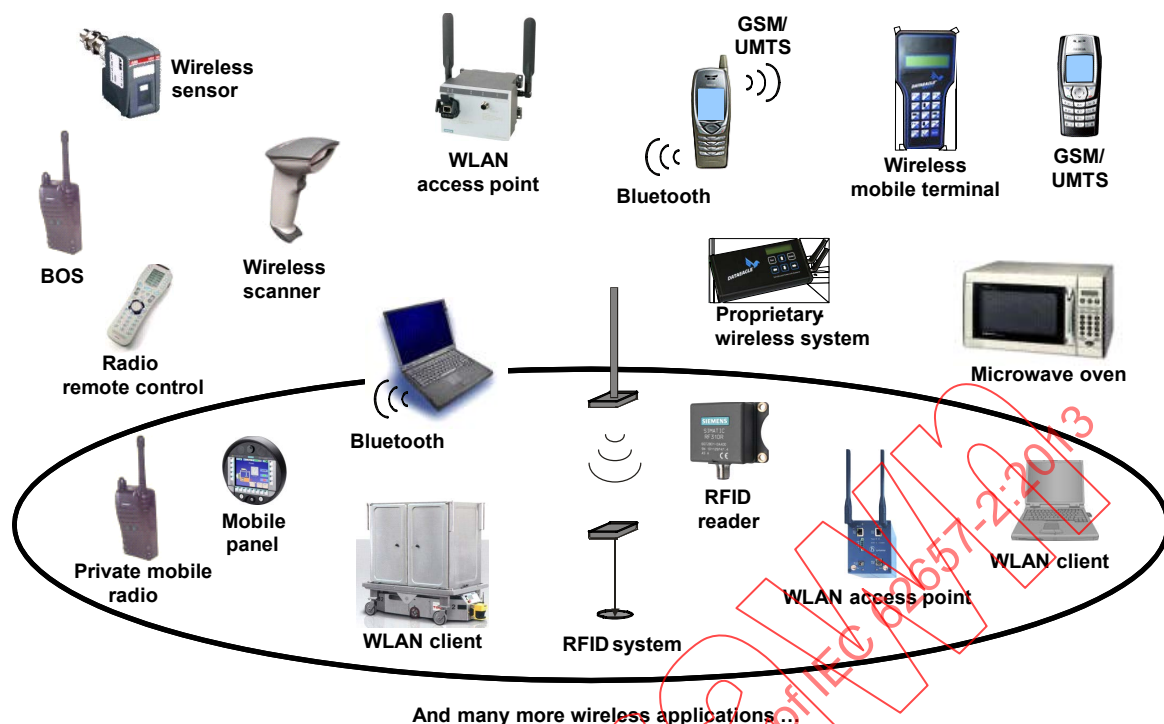
It is assumed that, in conditions without interference from other wireless communication systems, a wireless communication system basically meets the requirements of the automation application and that, in particular, the limit values for time and error behavior are observed by planning the communication 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 bands reserved by regulation organizations are a valuable limited resource which will be rapidly exhausted in the case of unregulated use.

Figure 2 shows an example of wireless equipment to be found in industrial environments. 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 binding, company-wide process for the administration of wireless applications for all parties involved shall be implemented according to this part of IEC 62657.



IEC 2036/13

Figure 2 – Examples of wireless equipment in industrial environments

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 applications with a high data throughput, but relaxed real-time requirements: the coexistence management puts the focus on the provision of adequate bandwidth;
- wireless applications without specific requirements for performance and real-time: the coexistence management aims at ensuring the spatial coverage;
- wireless 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;
- inventory of all installed and, if possible, all planned wireless applications;
- 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 communication 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 communication solutions that cannot be operated in the present radio environment of the enterprise.

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

4.4 Interference potential

Wireless applications using the same frequency band as a "shared medium" may interfere.

If the following conditions are met simultaneously interference results:

- signals overlap in the frequency domain;
- signals overlap in the time domain;
- signals overlap in coding;
- space (which is a function of location, energy, antenna characteristics, polarization).

This leads to collisions of wireless applications 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 radio standard, on the hardware and software implementation or on the application class the wireless communication system uses for transfer.

The separation of non-overlapping frequency channels is a method to achieve coexistence. However, there might be interference between wireless communication 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 communication systems hold a high interference potential for digital wireless communication systems due to their high channel occupation. Moreover, wireless communication systems using different frequency bands may interfere with each other. Beneath the main signal, a wireless communication system also emits outer band signals that might penetrate the frequency channel of the endangered wireless communication system, thus affecting the wanted signal. The received signal quality at a receiver as a function of interference by other wireless communication 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 communication 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 communication 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 communication systems is unfeasible. They can co-exist if the requirements on the wireless communication solutions involved are met. This criterion should be taken as a basis for decisions regarding the application of wireless communication 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 communication solution typically lasts more than 5 years. During this time, new applications for the existing wireless communication system can be developed and deployed. Determination, coordination and control of these changes are part of coexistence management.

One more influence is radiated EMC-interference. Many wireless applications subject to the frequency regulation have significant radiated power, potentially generating a high field strength in the proximity of another wireless communication system. A wireless communication solution shows a certain interference resistance against those radiated interferences defined in the corresponding standards. This limit value can be exceeded by the signal of a powerful wireless application.

Even though real wireless communication solutions often hold a higher interference resistance than normatively claimed, and exceeding the limit value does not always result in interference, the design 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.

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

EMC-influences not launched by a radio channel (for example powerful technical energy systems, frequency converters) can cause interferences. These EMC-influences are a topic of the EMC-guidelines and are not considered in the scope of this part of IEC 62657.

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 communication system, as to time behavior, 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 communication solutions (for example, simple point-to-point link or linear, star, cellular, tree, meshed 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 communication solutions.

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 analyze 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.

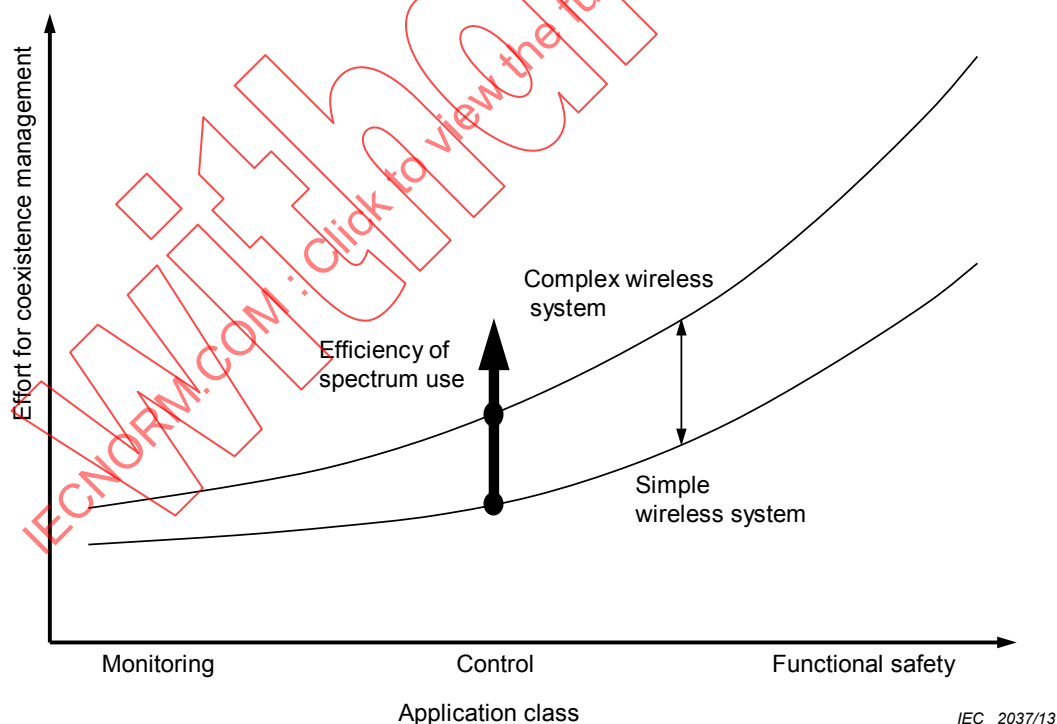


Figure 3 – Progression of expense to achieve coexistence corresponding to the application classes

4.6 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 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 communication solution has to share the medium with other wireless communication systems. Future developments of the wireless application in the enterprise should be considered here as well.

Technically, wireless communication resources can be classified by:

- frequency;
- time;
- coding;
- space (which is a function of location, energy, antenna characteristics, polarization).

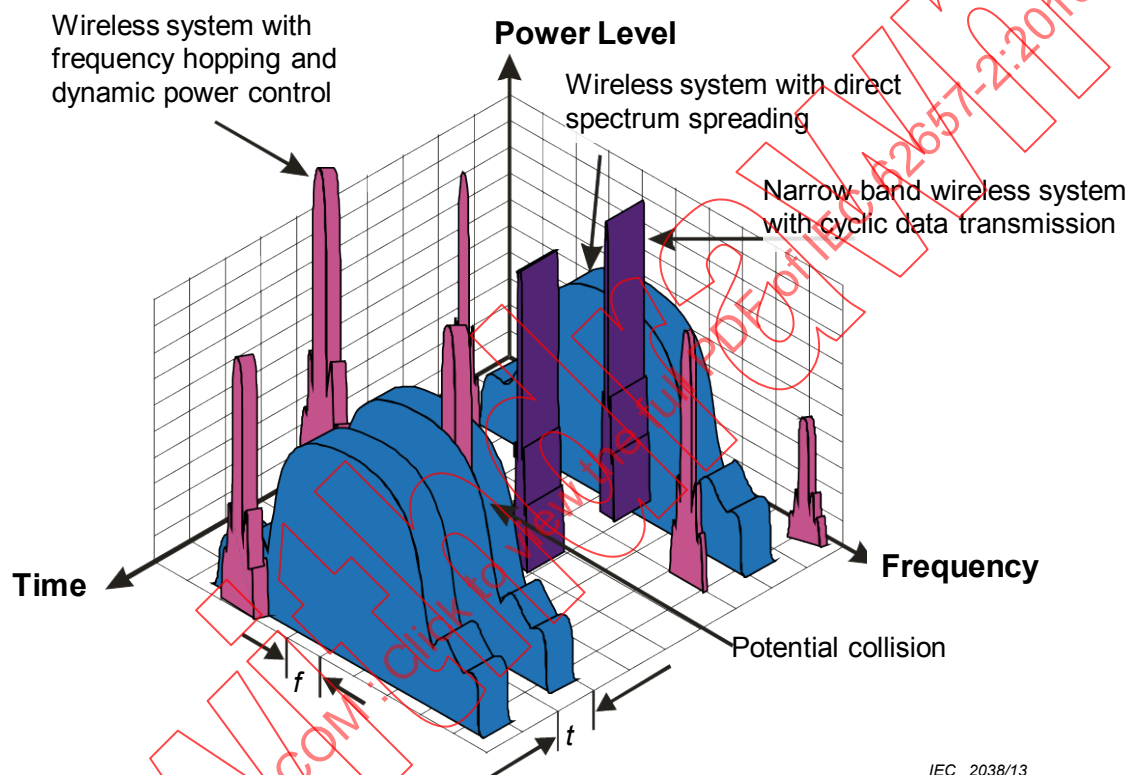


Figure 4 – Separation of wireless communication systems according to frequency and time

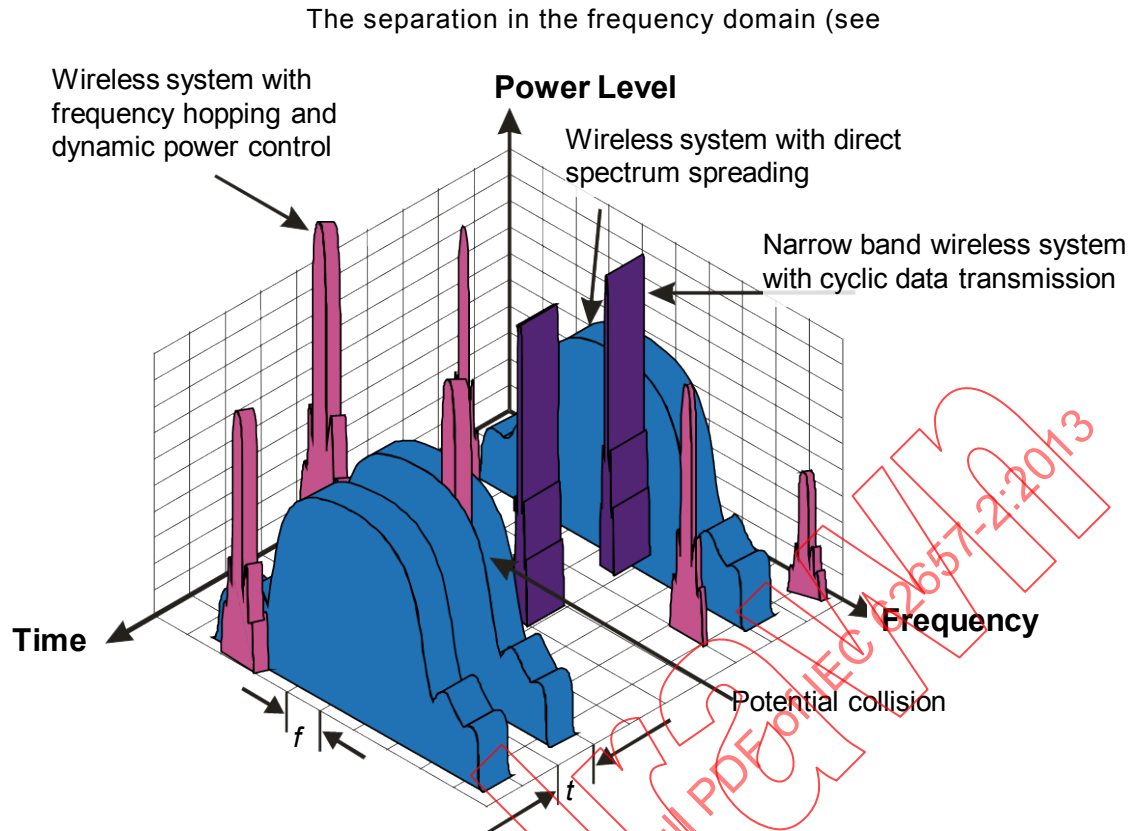


Figure 4) usually causes the least performance loss and initially the lowest expense. However, these measures occupy the medium to a great extent and should therefore be reserved for specific application classes used in the plant such as functional safety and control.

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

In planning a wireless communication system it shall be considered that the propagation conditions in an industrial environment are not perfect, and thus impacts on the time and error behavior of a wireless communication solution are possible.

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

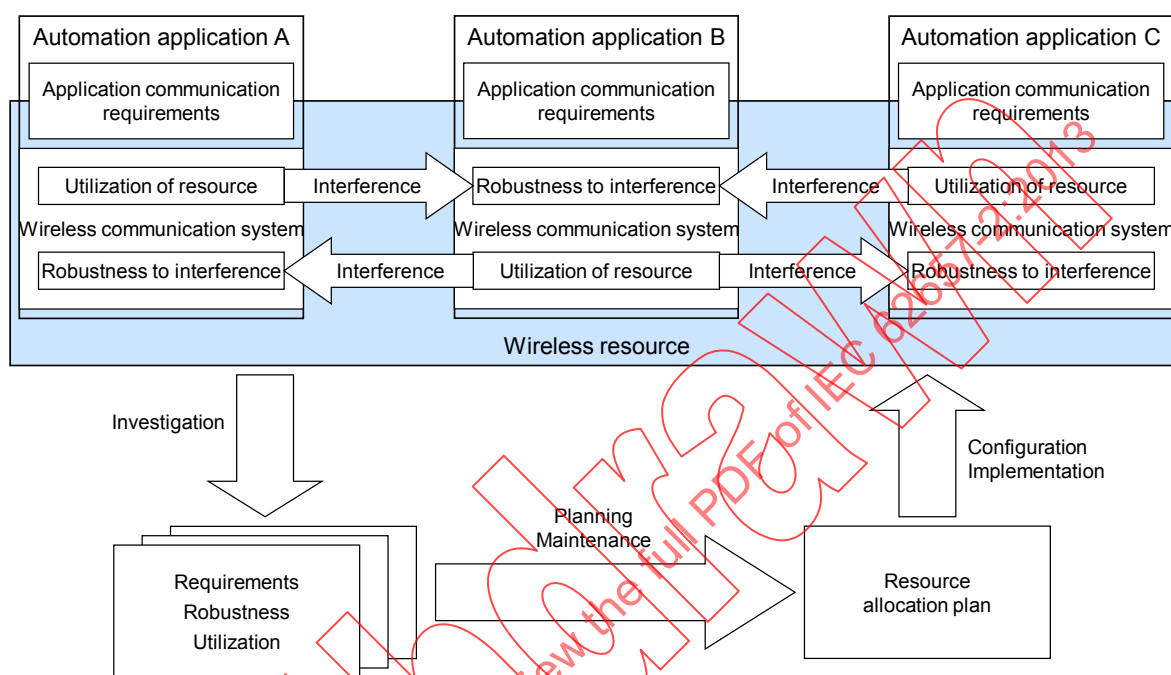
In order to define adequate measures and to evaluate their efficiency, the assistance of radio experts is recommended.

4.7 Coexistence conceptual model

Automation applications have application communication requirements in order to fulfill their intended tasks. One of these automation applications is a selected wireless communication system which has a certain immunity against interference from other wireless communication systems. The utilization of the resources (frequency, time, space and polarization) can interfere with other wireless communication systems and might therefore influence the related automation applications. Propagation conditions shall be considered as they influence the communication quality of a wireless system but also interference from other wireless communication systems.

The application communication requirements and the characteristics of the wireless communication 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 communication 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.

Figure 5 shows the coexistence conceptual model. A wireless application A has application requirements to fulfill its intended tasks. Part of the wireless application A is the selected wireless communication system A. It has certain immunity against interference from other wireless communication systems and the utilization of its resources can interfere with other wireless communication systems. 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 2039/13

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.

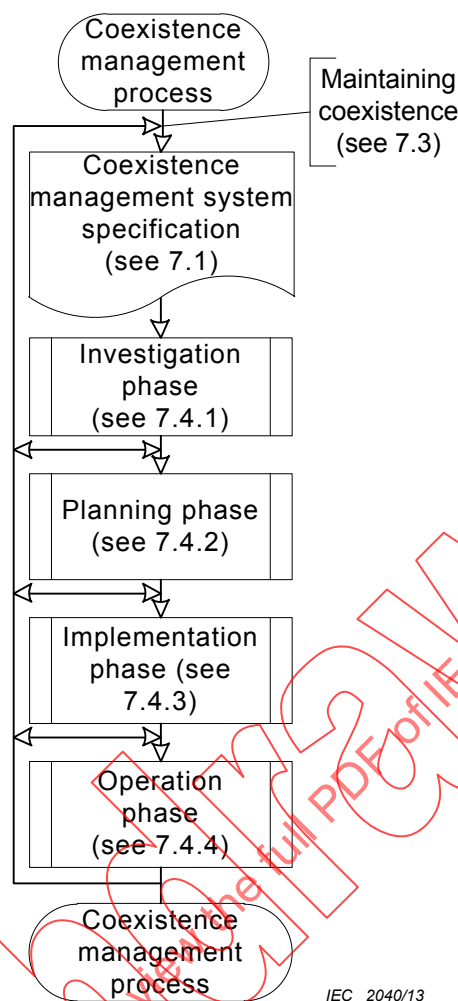


Figure 6 – Flow chart of the coexistence conceptual model

4.8 Coexistence management and selection of a wireless communication solution

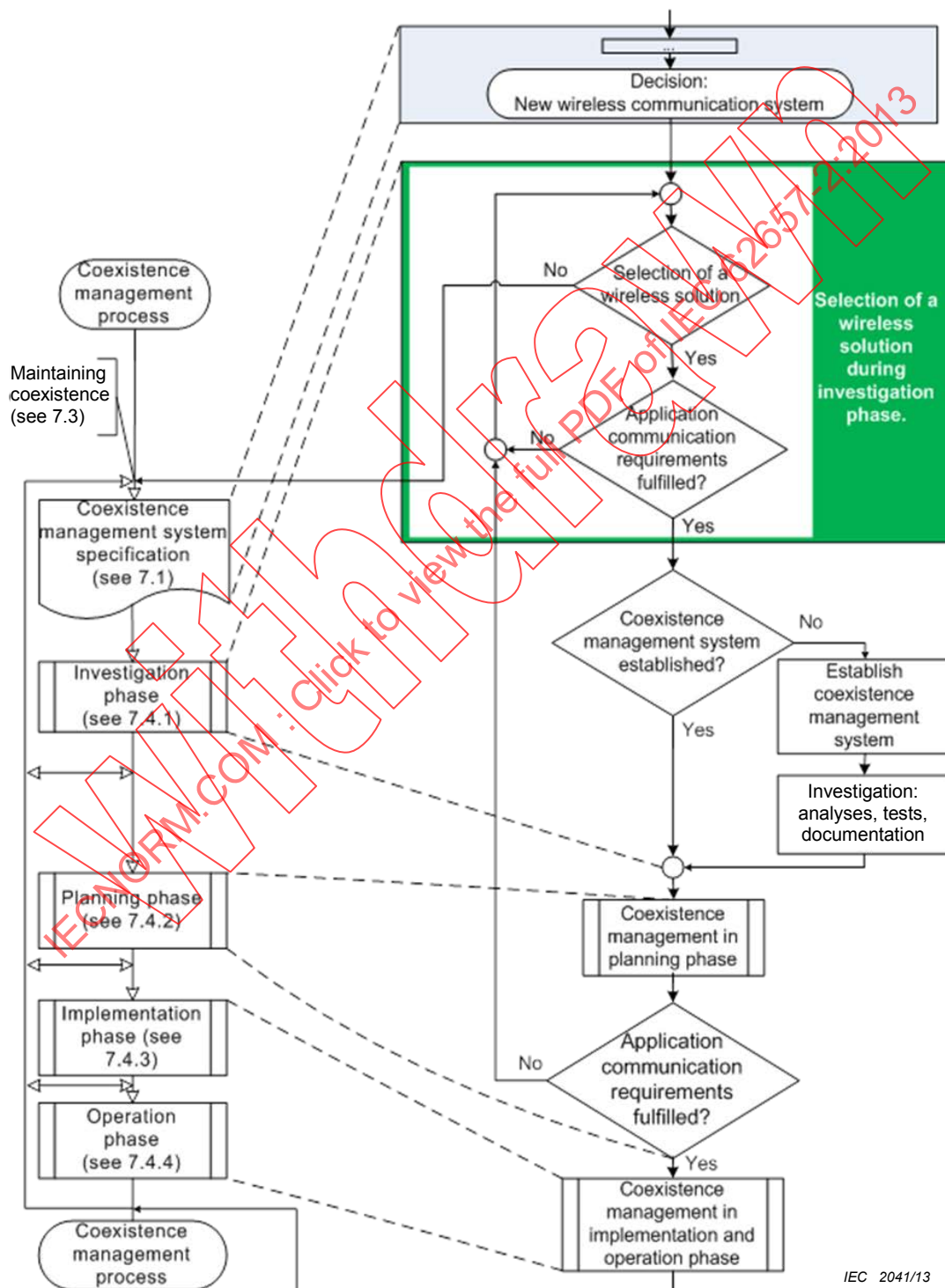
The starting point and precondition for the implementation phase is that the wireless communication solution is suitable for the requirements made on it. The investigation phase begins by reviewing the wireless system requirements and making a determination as to whether or not the existing system is able to fulfill application communication requirements. As part of this process, new wireless communication 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 communication solution meets the requirements of an automation application, radio transmission shall be analyzed 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 communication solution is already part of the coexistence management process.

The decision to install a wireless communication system shall be followed by the decision to implement a coexistence management process (see 4.4). The coexistence management process includes coexistence planning, installation, operation and maintenance of wireless communication 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 application cannot be integrated into the existing plant. Another wireless communication solution might be chosen or the idea of a wireless communication system might be abandoned. If, in the coexisting planning phase, it is ensured that all wireless 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 part of IEC 62657.



IEC 2041/13

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

4.9 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

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.

5.2 Explanation of coexistence parameters

5.2.1 Adjacent channel selectivity

In bibliographic reference [12] 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 [12] 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.

5.2.2 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 dB 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.

5.2.3 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.

5.2.4 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 5.2.32). 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.

5.2.5 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 communication interface. A high bit rate of the physical link does not automatically mean a high quality of service.

5.2.6 Centre frequency

Some wireless standards define radio channels using centre frequency and bandwidth. Thus the centre frequency indicates the position of a radio 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.

5.2.7 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.

5.2.8 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 transmission interval.

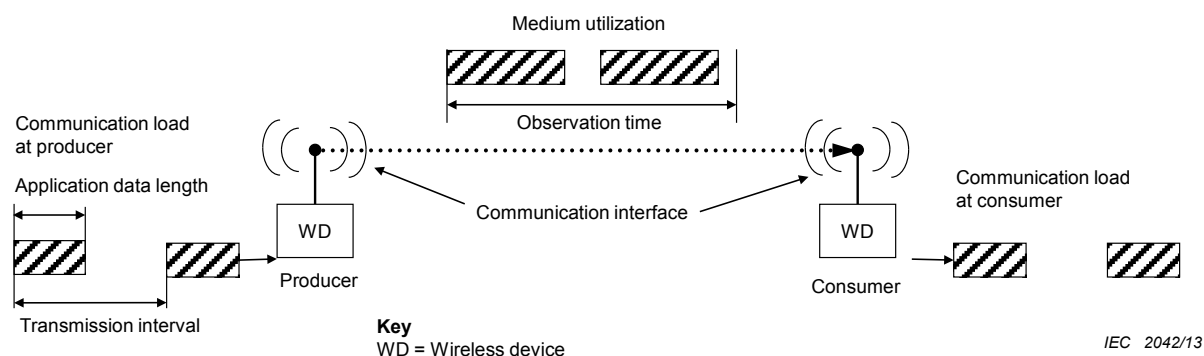


Figure 8 – Communication load in case of two wireless devices

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 radio components.

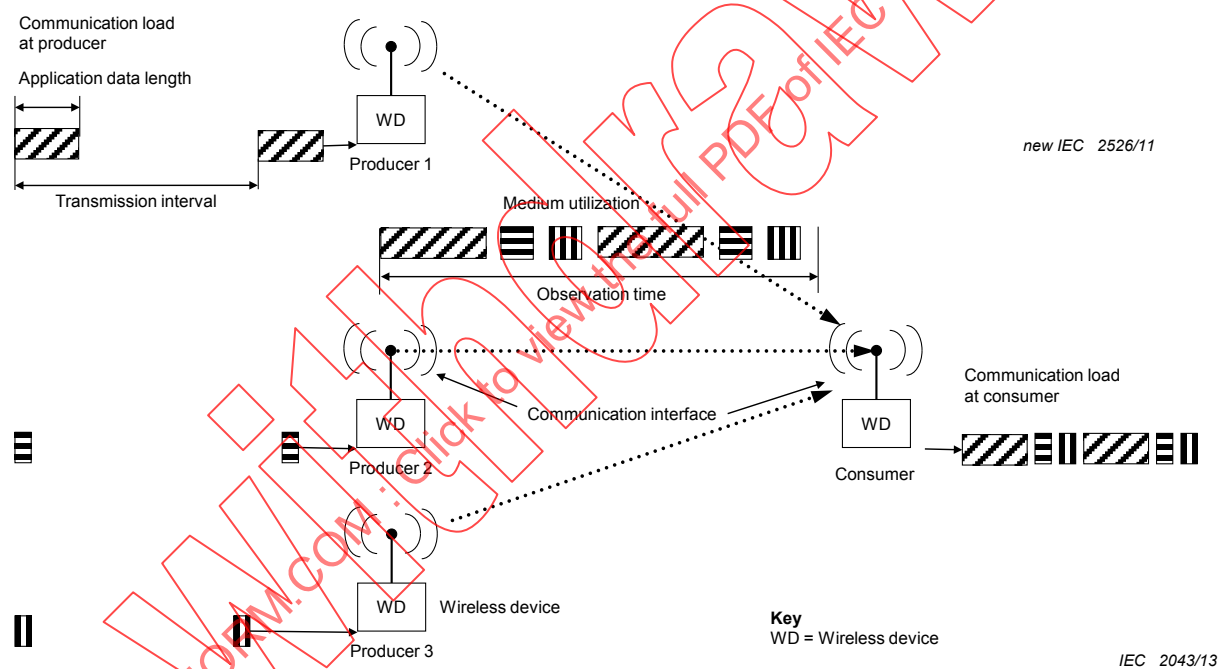


Figure 9 – Communication load in the case of several wireless devices

5.2.9 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 initial 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.

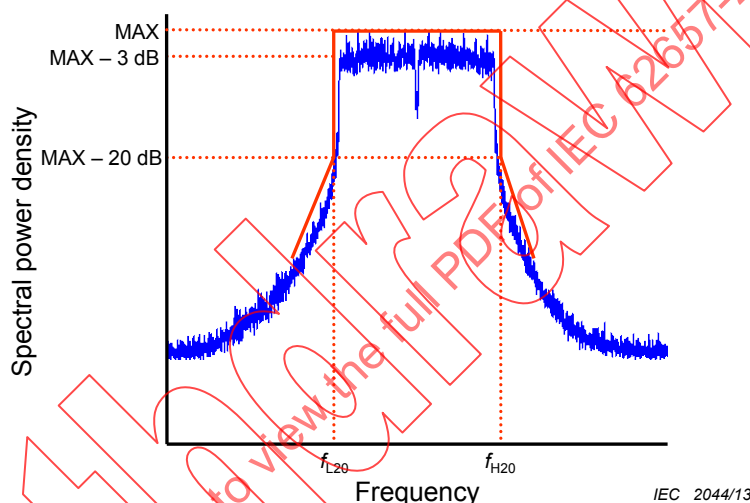


Figure 10 – Cut-off frequencies derived from maximum power level

The unit of this parameter shall be Hz.

5.2.10 Data throughput

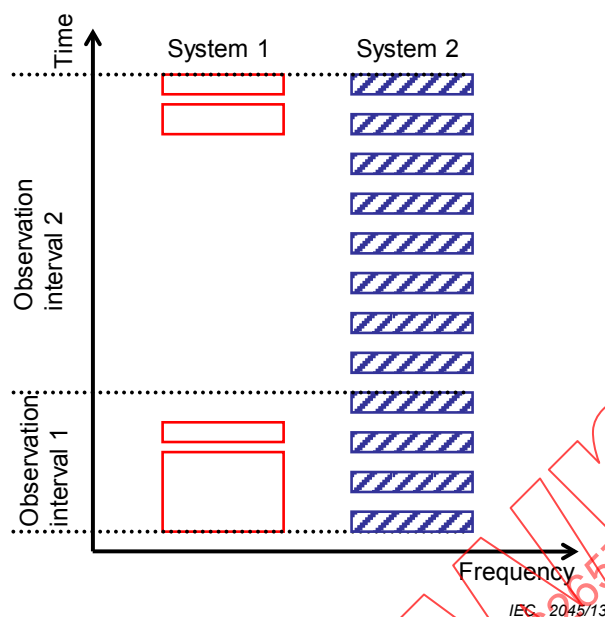
The data throughput is relevant to the transfer of large amounts of data (for example the transmission of huge parameter data sets to drives or the downloading of programs into complex field devices).

The data throughput is the number of usable data bytes, or usable data bits, transferred within a consumer from the communication 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.

5.2.11 Duty cycle

The duty cycle is the ratio of the transmitter sequence referenced to a given observation time for the used radio channel. The way the observation time is chosen influences the duty cycle value. This is illustrated in Figure 11. 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.

**Key**

red (unfilled boxes) = system 1

blue (striped) hatching = system 2

Figure 11 – 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 transmission interval of an application profile. The transmission interval is herewith the time difference between two transmissions of user data from the automation application. Thus, the observation time values as shown in Table 2 shall be used.

Table 2 – Application profile dependent observation time values

Application profile	Machine	Factory hall	Process plant
Transmission 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 %.

5.2.12 Effective radiated power (EIRP, ERP)

EIRP and ERP are parameters that express the power supplied to an antenna multiplied by the antenna gain in a given direction. The power supplied to an antenna is given by integrating the power spectral density across the bandwidth. If the direction of an antenna is not specified, the direction of maximum gain is assumed. The effective radiated power takes into account the losses of the transmission line and connectors (see also [11]), thus, the total radiated power is lower than the power supplied to the antenna.

For frequencies below 1 GHz, a half wave dipole is taken as a reference for the antenna gain. The abbreviation of this effective radiated power is denoted by ERP. For frequencies above 1 GHz, a theoretical isotropic radiator is taken as a reference for the antenna gain. This effective radiated power is called effective isotropic radiated power (EIRP).

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 and ERP are the fundamental parameters in order to estimate the power level at a certain position. The relationship between EIRP and ERP is clarified by the following example.

EXAMPLE Assuming an antenna with an antenna gain of 3 dBi is used (see also 5.2.1), then to meet the requirement of ≤ 20 dBm EIRP the transmit power at the antenna input cannot exceed 17 dBm.

The unit of this parameter shall be W.

5.2.13 Frequency hopping procedure

The frequency hopping procedure shall include the sequence of frequency channels and time period of frequency hopping.

5.2.14 Future expansion plan

Future expansion plans should be taken into account. Installation of new wireless communication solutions and buildings can affect condition for wireless communications.

5.2.15 Geographical dimension of the plant

For the purpose of the wireless communication coexistence, the geographical dimensions of the plant are the length, width and height of the area in which the propagation of the wireless communication of the installed systems takes place. The area of operation, for example, the factory hall for a machine, should be considered.

5.2.16 Infrastructure components

Infrastructure components are devices such as router or base stations without direct relation to the automation application. Infrastructure components are necessary to build up the wireless communication system according to the technology or standard. They may improve the robustness of a network, however they also interfere with other wireless communication systems.

Router or base stations that have an interface to wired industrial networks or which implement automation application functions are not counted among infrastructure components but among wireless devices.

5.2.17 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.

5.2.18 Length of user data per transmission interval

The user data length affects the communication load and might account for the temporal separation of the wireless communication systems.

5.2.19 Limitation from neighbors of the plant

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

5.2.20 Maximum dwell time

The maximum 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. The maximum dwell time is shown in Figure 12 with $\max t_{Dw}$.

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

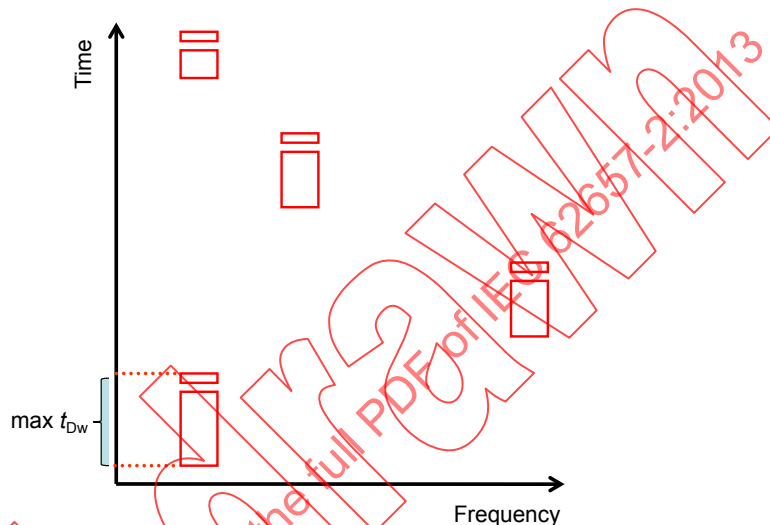


Figure 12 – Maximum dwell time

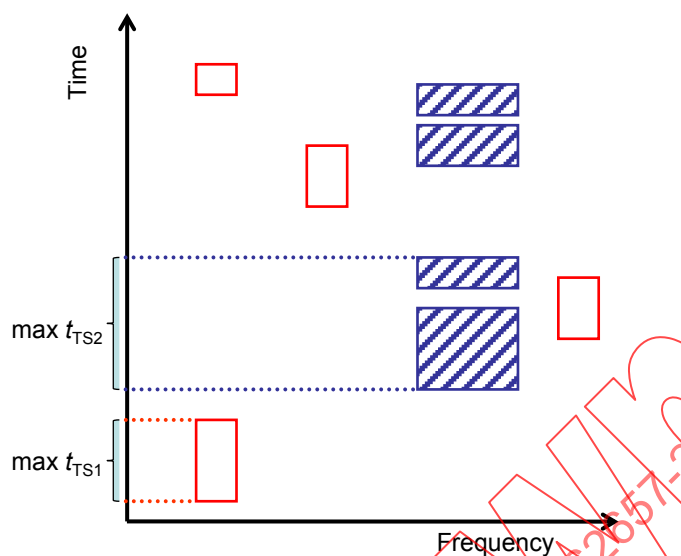
The unit of this parameter shall be s.

5.2.21 Maximum number of retransmissions

This parameter describes how often 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.

5.2.22 Maximum transmitter sequence

The maximum transmitter sequence is the maximal time that a transmitter uses a radio channel. 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. Thus, in Figure 13, the maximum transmitter sequence of system 1 is t_{TS1} and the maximum transmitter sequence of system 2 is t_{TS2} .



Key

red (unfilled boxes) = system 1

blue (striped) hatching = system 2

Figure 13 – Maximum transmitter sequence

For frequency hopping systems, this time shall be considered for each used frequency channel. 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.

5.2.23 Mechanisms for adaptivity

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 behavior.

5.2.24 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 [14]) or it allocates the request to well defined time slots (see TDMA for example in IEEE 802.15.4 [18]). 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 communication 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.

5.2.25 Modulation

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

5.2.26 Natural environmental conditions

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

5.2.27 Device characterization parameters

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

5.2.28 Other frequency users

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

5.2.29 Packet loss rate (PLR)

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

The packet loss rate is determined as follows:

$$TPP = \frac{N_t - N_r}{N_t}$$

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 batched packet losses are tolerated by the automation application before a plant downtime results. The number of plant downtimes defines the plant availability which is the focal quality criterion of radio communication.

5.2.30 Physical links

The number of physical links includes all physical communication between two wireless devices of a wireless communication system. Only one physical link exists between two wireless devices. Where wireless devices have redundant wireless modules, for example for different communication channels, the related physical links shall be counted separately. It is not required that a physical link exists between each of two 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.

5.2.31 Positions of wireless devices and distances between them

The positions of all the wireless devices of a distributed automation application should be recorded in a sketch of the application area. Figure 14 shows the distances of wireless devices within a three-dimensional space. This distance can vary dynamically in the case of mobile radio components.

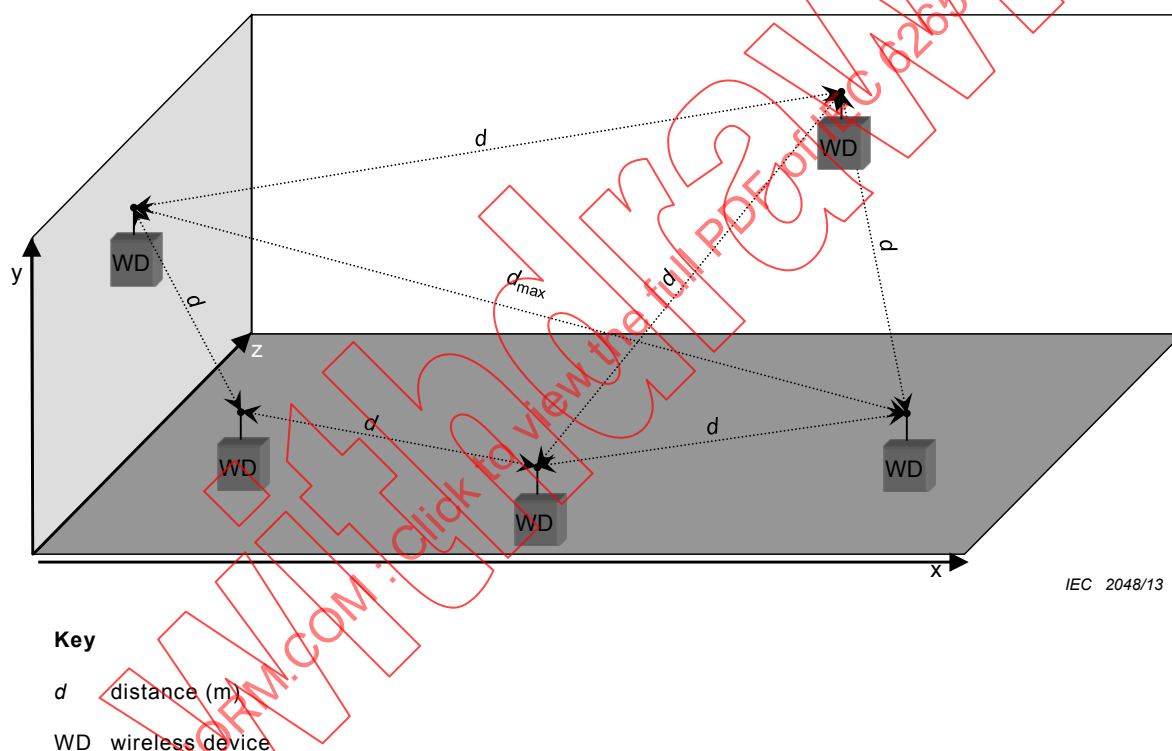


Figure 14 – Distance of the radio components

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.

5.2.32 Power spectral density (PSD)

The power spectral density 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 15 for an IEEE 802.15.4 [18] system.

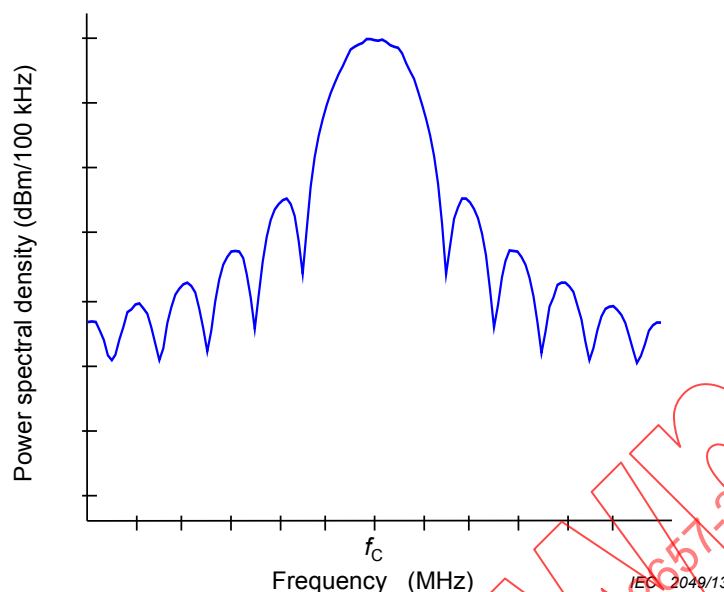


Figure 15 – Power spectral density of an IEEE 802.15.4 system

The PSD as shown in Figure 15 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.

5.2.33 Purpose of the automation application

The purpose of the automation application is to provide a useful overview of the application communication requirements.

5.2.34 Radio channel

A radio channel is characterized by a centre frequency and a bandwidth or by lower and upper cut-off frequency. Mostly the first combination is used. In the coexistence management process, it is easier to cope with radio channels than with cut-off and centre frequencies or bandwidths. Equipment may be able to operate at more than one radio channel. A channel can be configured statically or selected automatically during start-up. Furthermore, a system may select a channel out of a specified number of channels according to a certain sequence during operation. This is called frequency hopping or frequency agility. The hopping sequence can be adapted in relation to the propagation conditions. Because of these options, a detailed description of the channel usage during operation is required for coexistence management.

This parameter shall be expressed as a number represented as an unsigned integer value.

5.2.35 Radio propagation conditions

Propagation conditions influence the robustness of a wireless communication system as well as the interference of other wireless communication systems. They depend on the used frequency, the dimension and characteristic of the operation area, natural environmental conditions and intervisibility. The latter considers LOS, NLOS and OLOS between two wireless devices.

5.2.36 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.

5.2.37 Receiver maximum input level

Received signal levels above the receiver maximum input level disturb or disrupt the receiver. Together with transmit power values of the system and of interferers, and considering the propagation conditions, the minimum necessary distance to other equipment can be estimated and assessed.

The unit of this parameter shall be dBm.

5.2.38 Receiver sensitivity

Receiver sensitivity determines how well a receiver can accept wanted signals in the absence of interference (see also [12]). 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.

5.2.39 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 [13].

5.2.40 Relative movement

In planning the movement ranges of movable or mobile radio components, the same criteria shall be considered as in the case of static distances.

Both the relative speed between radio components and the trajectory can affect time and error behavior of radio transmission and might therefore be adverse premises for coexistence.

The unit of this parameter shall be m/s.

5.2.41 Reliability required

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

5.2.42 Response time

The response time is primarily important in confirmed services, for example in application-oriented transmission of process data or parameter data.

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

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

The communication between client and server can be effected directly via infrastructure component (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.

5.2.43 Security level required

Requirements for cyber security could affect coexistence management. Some sensitive wireless communication solutions might need to be physically separated from some other kind of wireless communication systems, or might need to have clearance from the boundary of the site.

5.2.44 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 radio applications. In positioning the several wireless devices, the antenna mounting height shall be regarded.

The unit of this parameter shall be m.

5.2.45 Spurious response

It is the receiver output due to unwanted signals (that means having frequencies other than the tuned frequency channel) that is specified in terms of the frequencies and signal levels that produce such unwanted receiver output.

The unit of this parameter shall be dB.

5.2.46 Topology

Topology describes the structure and composition of a radio application. Basic topologies are:

- point-to-point;
- network:
 - line,
 - star,
 - cellular,
 - tree,
 - mesh.

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

5.2.47 Total radiated power (TRP)

The total radiated power 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.

5.2.48 Transmission gap

The minimum 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 minimum transmission gap is depicted with t_{TG} .

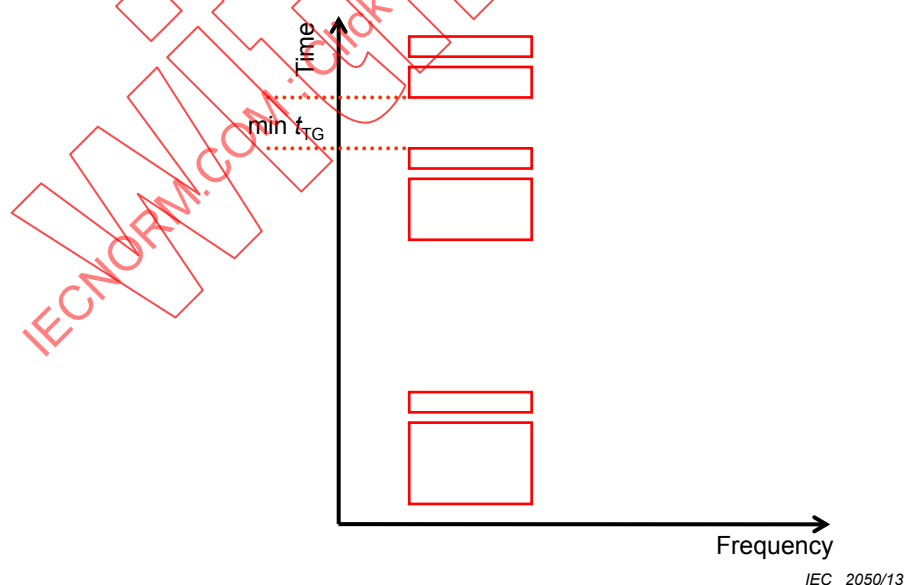


Figure 16 – Minimum transmission gap

For frequency hopping systems, the minimum transmission gap is related to one of the used channels and not between transmissions of different channels. The minimum 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.

5.2.49 Transmission interval

The transmission 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 17, the relation between machine cycle or plant cycle, transmission 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 transmission interval. If an aperiodic data transmission is involved, the transmission interval is the least possible time between two transfer requests.

The unit of this parameter shall be s.

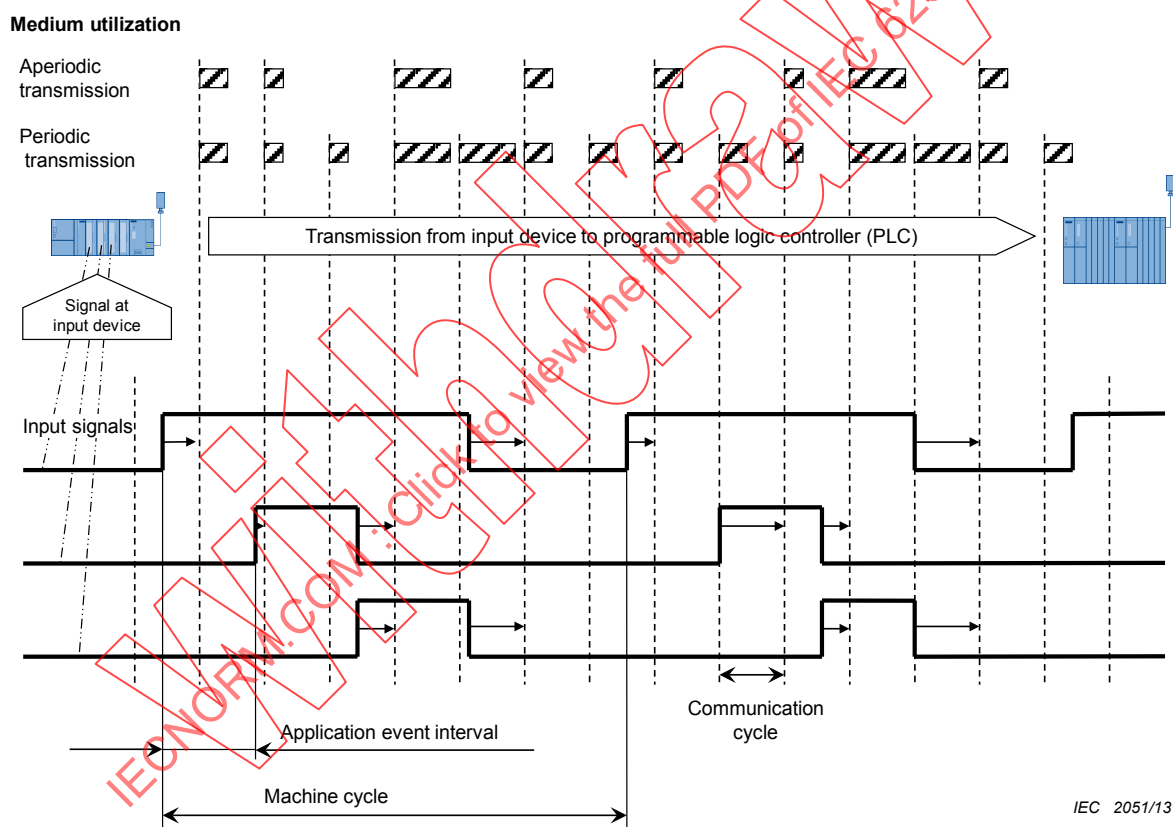


Figure 17 – Communication cycle, application event interval and machine cycle

5.2.50 Transmission time

The transmission time is an adequate instrument to evaluate the coexistence in terms of automation application with event-driven transfer. A good example is the transmission of a state change in a proximity sensor.

The transmission time is the interval from starting the delivery of the first user data byte of a packet to the communication interface of a producer until the delivery of the last user data byte of the same packet from the communication 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 5.2.29).

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 18 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.

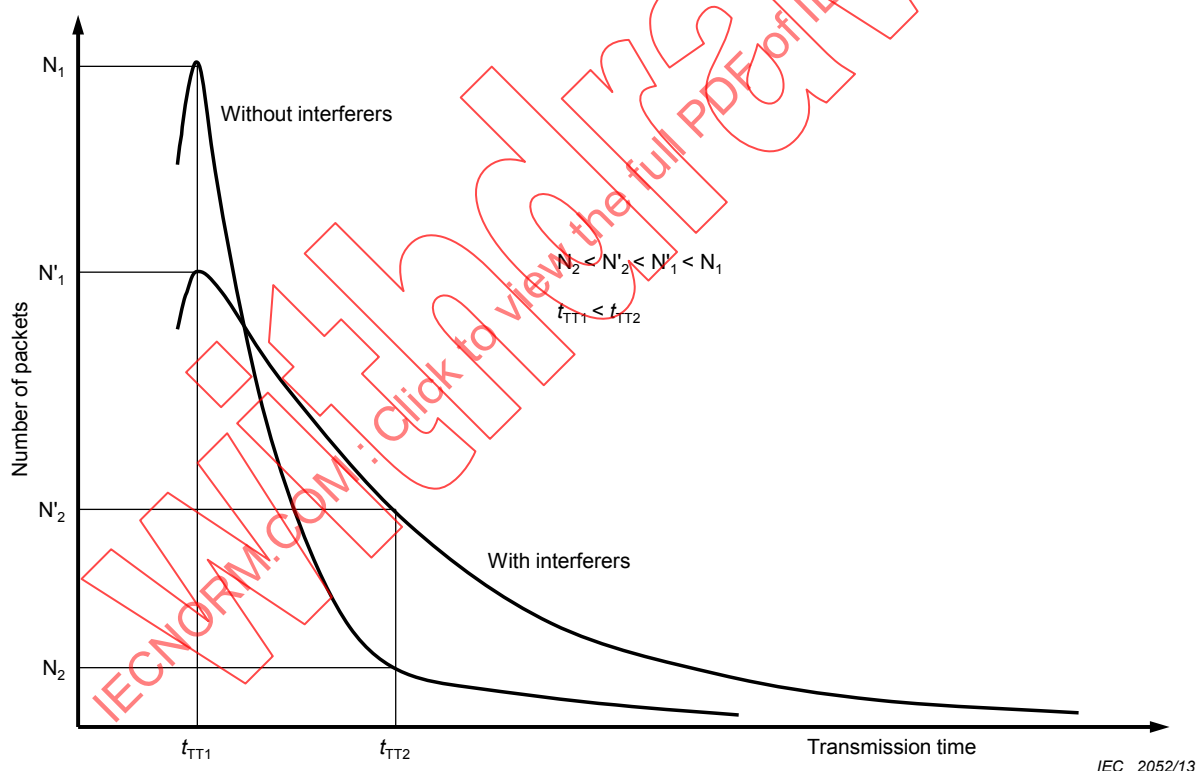


Figure 18 – Example of the density functions of transmission time

Figure 19 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.

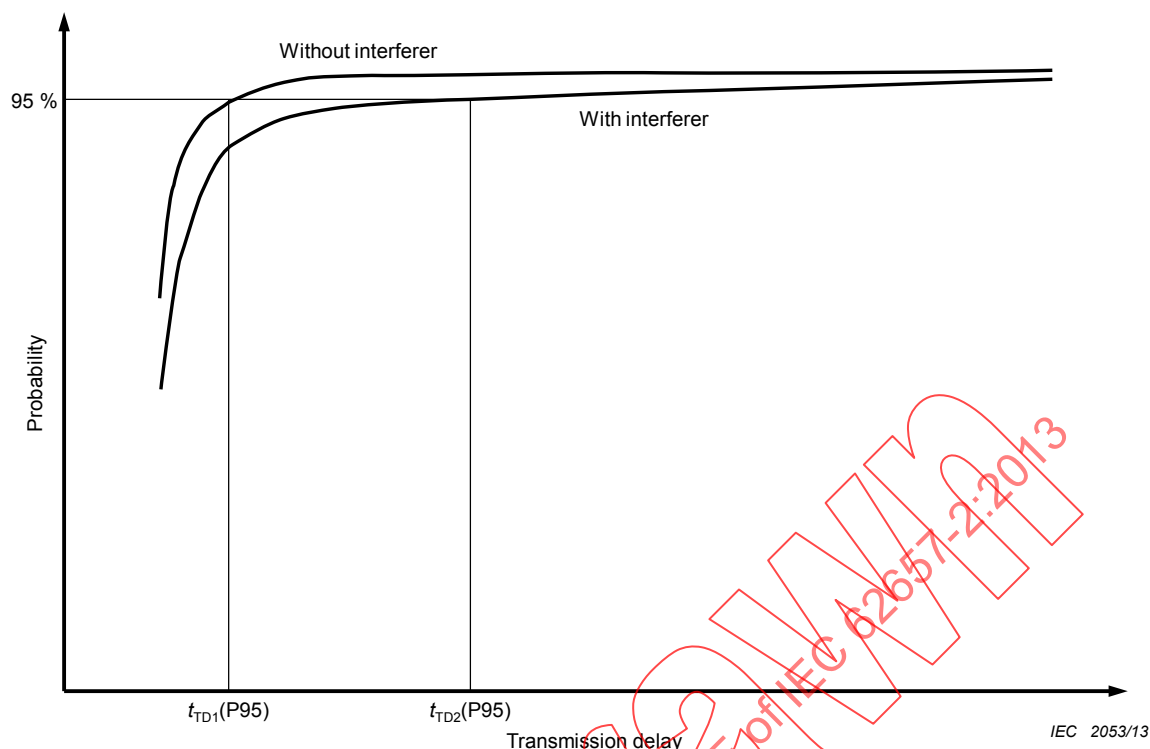


Figure 19 – Example of the distribution functions of transmission time

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 radio 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 19). 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 18 and Figure 19 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 radio 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.

5.2.51 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 [18] system. This is a reasonable simplification for the coexistence management. Specific

transmitter spectral masks are defined by a standard document. This part of IEC 62657 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.

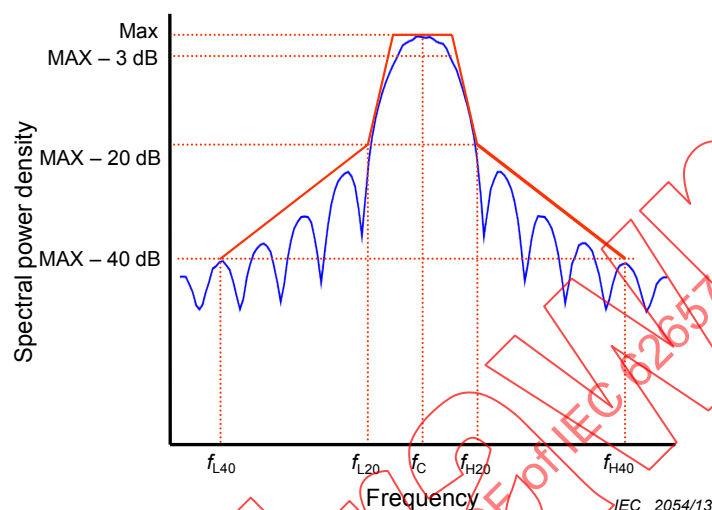


Figure 20 – Transmitter spectral mask of an IEEE 802.15.4 system

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

5.2.52 Type of antenna

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.

5.2.53 Update time

The update time can be used for evaluation in case of automation application with cyclic transfer. 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 communication 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 radio application interferes more or less, the standard deviation can be consulted as a distribution parameter.

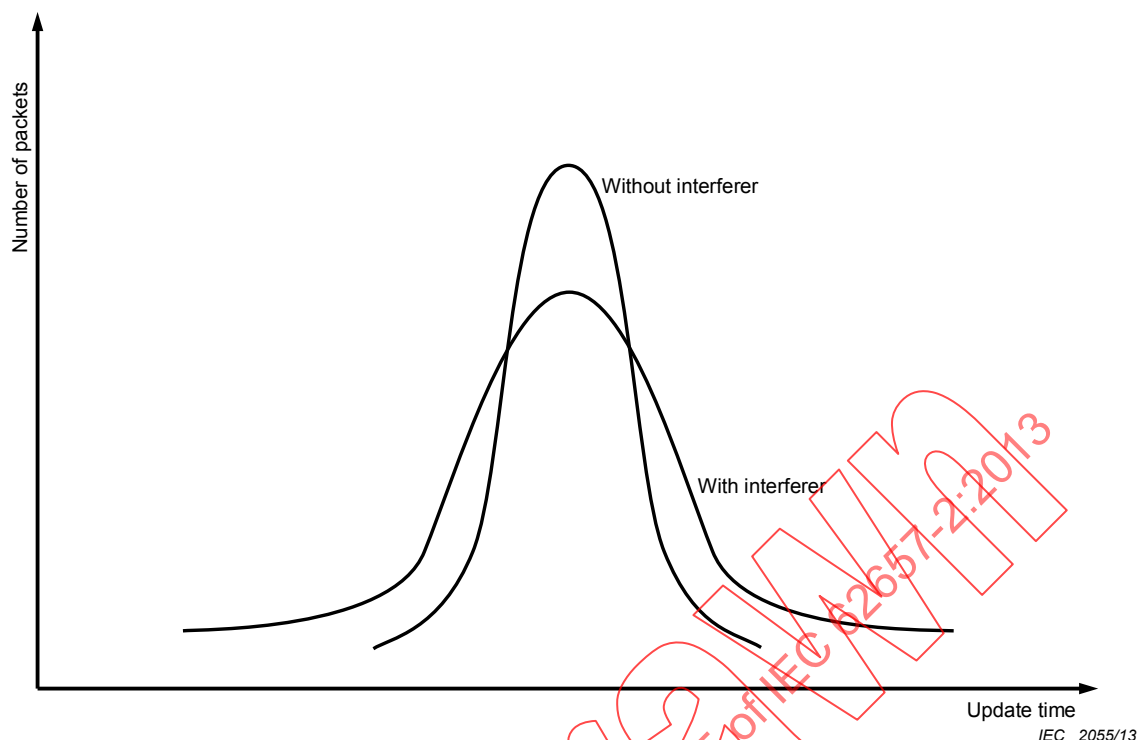


Figure 21 – Example of distribution functions of the update time

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.

5.2.54 Used frequency bands

The number of frequency bands that can be configured, or that are actually used, are part of the essential parameters of a coexistence management.

5.2.55 Wireless devices

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

5.2.56 Wireless communication networks

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.

5.2.57 Wireless technology or standard

Most wireless equipment will use a standardized basic technology which sometimes already predefines some of the parameters listed in 5.2. 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 [6], IEC 62601 [7] and IEC/PAS 62734 [9].

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 structure provided in Clause 6 is used in the templates given in Clause 8. Parameter 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.

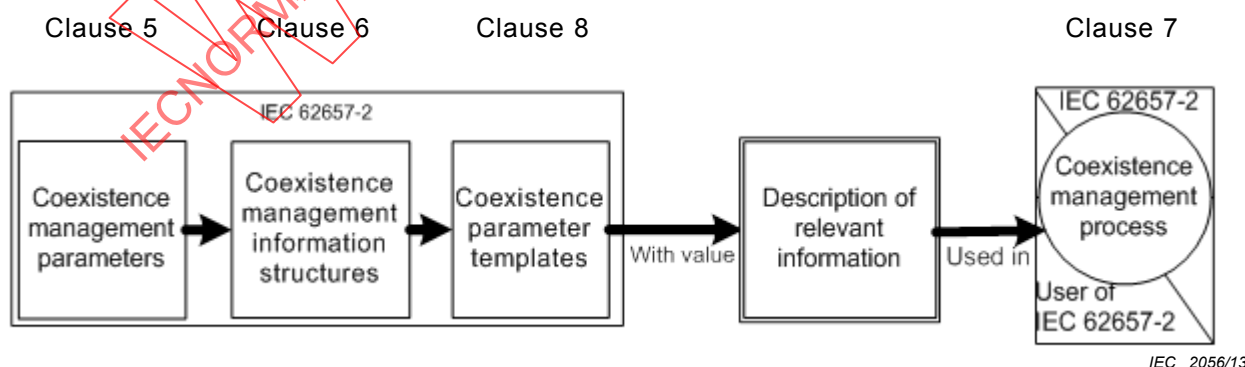


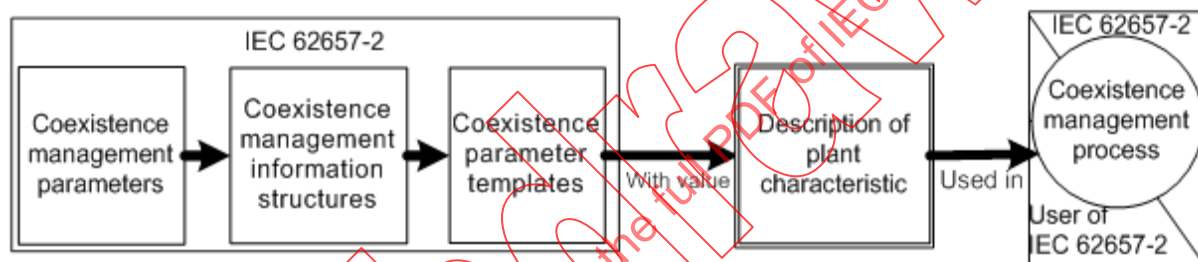
Figure 22 – Principle for use of coexistence parameters

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

- the general characteristic of plant common to all wireless communication networks (see 6.2),
- the application communication requirements of each automation application (see 6.3),
- the characteristic of each wireless communication system and device-type (see 6.4),
- the characteristic of each wireless communication 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. The description of the plant characteristic shall use the definitions and specifications of the coexistence management parameters, defined in Clause 5, which are structured in Clause 6 and shall use the coexistence parameter templates given in Clause 8. 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 part of IEC 62657 and the use of them in a coexistence management system specification.



IEC 2057/13

Figure 23 – Parameters to describe the general plant characteristic

The parameters in Table 3 shall be used to describe the propagation conditions and the interference potential within a plant.

Table 3 – List of parameters used to describe the general plant characteristic

Parameter name	Reference	Content
Characteristic of the area of operation	5.2.7	Characteristic of the area of operation
Wireless communication networks	5.2.56	List of wireless solutions (including all parameters according to 6.5.2) in the plant
Geographical dimension of the plant	5.2.15	Geographical dimension of the plant
Limitation from neighbors of the plant	5.2.19	Description of limitations from neighbors of the plant
Natural environmental conditions	5.2.26	Description of natural environmental conditions
Other frequency users	5.2.28	List of other frequency users including detailed description
Radio propagation conditions	5.2.35	Description of radio propagation conditions
Regional radio regulations	5.2.39	List of relevant regional radio regulations
Future expansion plan	5.2.14	Description of 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 qualitative value. 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 the wireless networks may be tagged by an identifier based on such additional information.

6.3 Application communication requirements

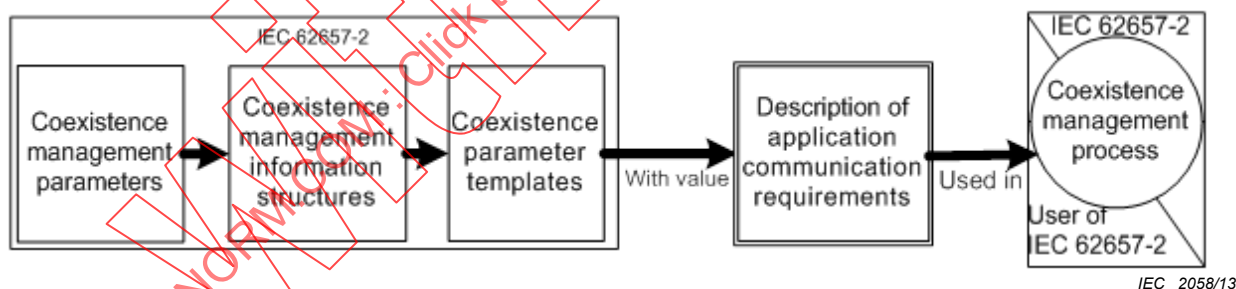
6.3.1 Overview

Application communication requirements are mostly quantitative requirements specifying the required conditions and the required characteristics of wireless communication solutions at the communication 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 fulfill 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 fulfill these goals, the wireless communication solution shall meet the application communication requirements in terms of reliability and real time capability, considering the industrial conditions and the characteristics of wireless communication systems that influence those requirements.

Figure 24 shows the relationship between the definition and specification of parameters in this part of IEC 62657 and its use to describe the application communication requirements in a coexistence management system specification.



IEC 2058/13

Figure 24 – Parameters to describe application communication requirements

Application communication requirements can be divided into requirements that influence the behavior 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 4 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 4 – List of parameters used to describe the requirements influencing the characteristic of wireless solutions

Parameter name	Reference	Content
Communication load	5.2.8	Required communication load
Initiation of data transmission	5.2.17	Required initiation of data transmission
Length of user data per transmission interval	5.2.18	Required length of user data per transmission interval
Positions of wireless devices and distances between them	5.2.31	Required positions of wireless devices and distances between them
Purpose of the automation application	5.2.33	Description of the purpose of the automation application
Relative movement	5.2.40	Required relative movement
Security level required	5.2.43	Required security level
Spatial coverage of the wireless communication network	5.2.44	Required spatial coverage of the wireless communication network
Transmission interval	5.2.49	Required transmission interval
Wireless devices	5.2.55	Required wireless devices

6.3.3 Performance requirements

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

The set of parameters in Table 5 shall be used to describe the required performance.

Table 5 – List of parameters used to describe performance requirements

Parameter name	Reference	Content
Data throughput	5.2.10	Required values for data throughput
Reliability required	5.2.41	Required values for reliability
Transmission time	5.2.50	Required values for transmission time
Update time	5.2.53	Required values for update time
Response time	5.2.42	Required values for response time

As described in 5.2, these parameters 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.

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

Additional information may be useful. For example the parameter in 5.2.27 can be listed.

Figure 25 shows the relationship between the definition and specification in this part of IEC 62657 and its use in a coexistence management system specification.

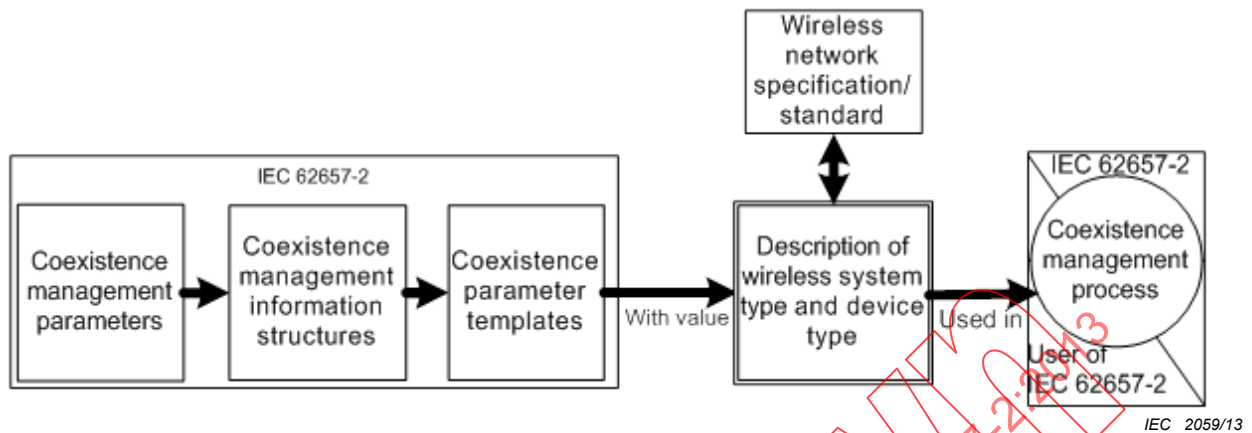


Figure 25 – Parameters to describe wireless network type and device type

Almost all parameters are specified in standards or specifications for wireless communication 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 6, Table 7 and Table 8 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 Characteristic of wireless system type

The type of a wireless communication system shall be characterized using the parameters given in Table 6.

Table 6 – List of parameters used to describe the wireless system type

Parameter name	Reference	Content
Wireless technology or standard	0	Reference to a specification or standard with which the wireless communication system is compliant
Regional radio regulations	5.2.39	List of regional radio regulations with which the wireless communication system is compliant
Topology	0	Possible implementable topologies
Wireless devices	5.2.55	Maximum possible number of active devices
Infrastructure components	5.2.16	Possible or required infrastructure components
Centre frequency and Bandwidth or Centre frequency and Cut-off frequency or Radio channel	5.2.6, 5.2.4 or 5.2.6, 5.2.9 or 5.2.34	Centre frequencies and bandwidths, centre frequencies and cut-off frequencies or radio channels that are used, or that can be selected
Frequency hopping procedure	5.2.13	Possible frequency hopping procedures
Modulation	5.2.25	Possible modulations
Bit rate of physical link	5.2.5	Possible bit rates of a physical link
Transmission interval	5.2.49	Maximum transmitter sequence
Transmission gap	5.2.48	Minimum transmission gap
Maximum dwell time	5.2.20	Maximum dwell time
Medium access control mechanism	5.2.24	Possible medium access control mechanisms
Mechanisms for adaptivity	5.2.23	Possible mechanisms for adaptivity
Security level required	5.2.43	Functions for ensuring security level

6.4.3 Characteristic of wireless devices type

6.4.3.1 General

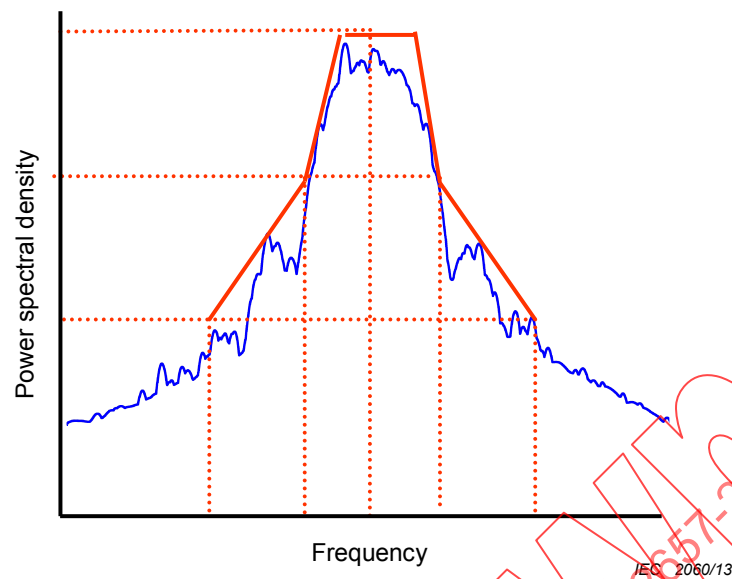
The parameters of a wireless device type can be distinguished in transmitter and receiver parameters.

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 analyzer. 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 which is overlaid in Figure 26 (see red colored line).

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



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 analyzer. The yellow color 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 radio channel or to several.

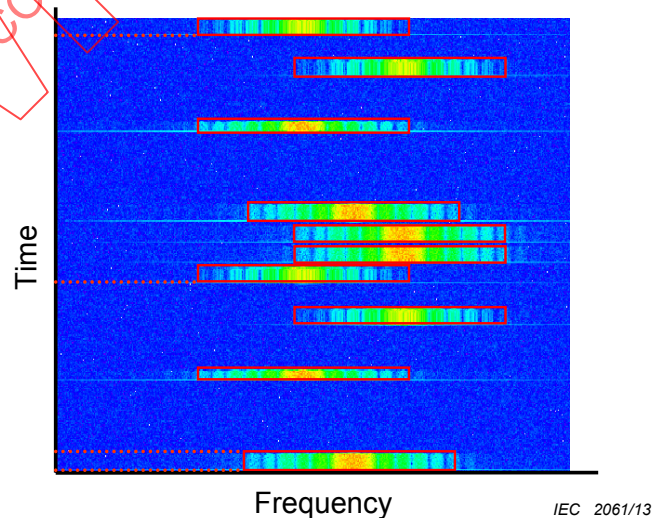


Figure 27 – Medium utilization in time and frequency of a DECT system

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 7 shall be used to characterize a wireless device type.

Table 7 – List of parameters used to describe the transmitter of a wireless device type

Parameter name	Reference	Content
Wireless devices	5.2.55	Model of wireless device
Type of antenna	5.2.52	Possible antenna types
Effective radiated power (EIRP, ERP)	5.2.12	Possible effective radiated power values
Total radiated power (TRP)	5.2.47	Possible total radiated power values
Power spectral density	5.2.32	Description of power spectral density
Radio channel	5.2.34	Possible centre frequencies and bandwidths, centre frequencies and cut-off frequencies or radio channels
Transmission interval	5.2.49	Maximum transmitter sequence value
Transmission gap	5.2.48	Minimum transmission gap value
Duty cycle	5.2.11	Maximum duty cycle value
Maximum dwell time	5.2.20	Maximum dwell time value

6.4.3.3 Receiver parameters

The receiver parameters in Table 8 shall be used to characterize a wireless device type.

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

Parameter name	Reference	Content
Adjacent channel selectivity	5.2.1	Value of adjacent channel selectivity
Receiver sensitivity	5.2.38	Possible values of receiver sensitivity
Receiver maximum input level	5.2.37	Value of receiver maximum input level
Receiver blocking	0	Value of receiver blocking

6.5 Characteristic of wireless communication solution

6.5.1 Overview

Subclause 6.5 describes the characterization of wireless communication solutions which are implementations of wireless communication 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 part of IEC 62657 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 communication solution given in 6.5, the wireless communication network and device solutions can be described.

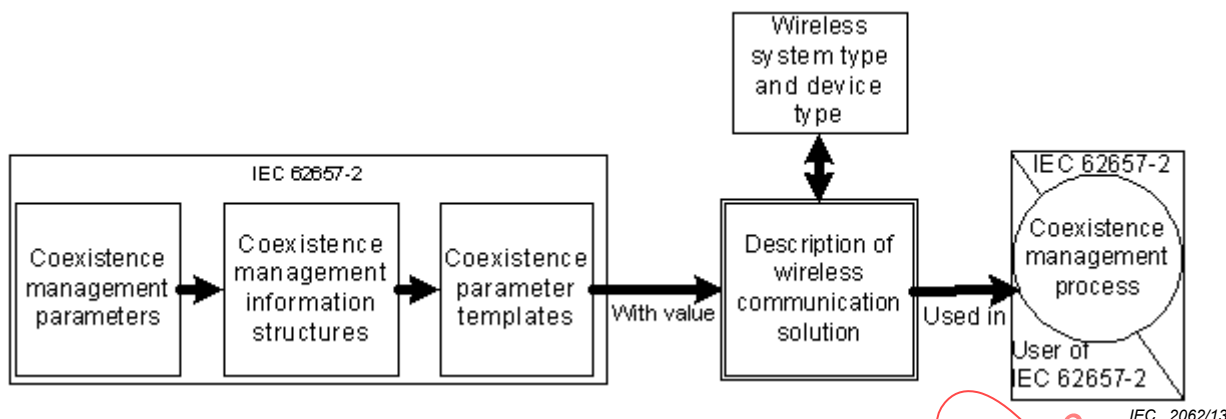


Figure 28 – Parameters to describe a wireless communication solution

6.5.2 Characteristic of a wireless network solution

The wireless network solution shall be characterized using the parameters in Table 9, in addition to the parameters of the wireless system type and wireless device type according to 6.4.

Table 9 – List of parameters used to describe a wireless network solution

Parameter name	Reference	Content
Characteristic of wireless system type	6.4.2	Reference to a wireless system type described with parameters according to 6.4.2
Topology	0	Implemented topologies
Wireless devices	5.2.55	Number of active devices
Infrastructure components	5.2.16	Number and type of implemented infrastructure components
Centre frequency and Bandwidth or Centre frequency and Cut-off frequency or Radio channel	5.2.6, 5.2.4 or 5.2.6, 5.2.9 or 5.2.34	Configured centre frequencies and bandwidths, centre frequencies and cut-off frequencies or radio channels
Frequency hopping procedure	5.2.13	Configured frequency hopping procedures
Modulation	5.2.25	Configured modulations
Bit rate of physical link	5.2.5	Configured bit rates of physical link
Transmission interval	5.2.49	Maximum transmitter sequence
Transmission gap	5.2.48	Minimum transmission gap
Maximum dwell time	5.2.20	Maximum dwell time
Medium access control mechanism	5.2.24	Configured medium access control mechanisms
Mechanisms for adaptivity	5.2.23	Configured mechanisms for adaptivity
Security level required	5.2.43	Configured functions for ensuring security level

6.5.3 Characteristic of wireless devices solution

The wireless device solution shall be characterized using the parameters in Table 10, in addition to the parameters of the wireless device type according to 6.4.3.

Table 10 – List of parameters used to describe the transmitter of a wireless device solution

Parameter name	Reference	Content
Characteristic of wireless system type	6.4.2	Reference to a wireless system type described with parameters according to 6.4.2
Characteristic of wireless devices type	6.4.3	Reference to a wireless device type described with parameters according to 6.4.3
Type of antenna	5.2.52	Implemented antenna types
Effective radiated power (EIRP, ERP)	5.2.12	Configured effective radiated power values
Total radiated power (TRP)	5.2.47	Configured total radiated power values
Power spectral density	5.2.32	Description of power spectral density
Radio channel	5.2.34	Configured centre frequencies and bandwidths, centre frequencies and cut-off frequencies or radio channels
Transmission interval	5.2.49	Maximum transmitter sequence value
Transmission gap	5.2.48	Minimum transmission gap value
Duty cycle	5.2.11	Maximum duty cycle value
Maximum dwell time	5.2.20	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 11.

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

Parameter name	Reference	Content
Receiver sensitivity	5.2.38	Configured values of receiver sensitivity

7 Coexistence management process

7.1 General

7.1.1 Overview

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 provided 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 is 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 communication solutions are installed and the configuration of existing wireless communication solutions is modified in accordance with the resource allocation plan.

In the operation phase, the condition of wireless communication 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, for example

- in Europe the R&TTE directive [20] and the harmonized standards like ETSI EN 300 328 [13], or
- in Korea, the Korean Enforcement Decree of the Radio Regulation Law [19].

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 part of IEC 62657 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 communication 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

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

- General plant characteristic (see 6.2 and Table 12)
- Application communication requirements (see 6.3 and Table 13)
 - 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) Characteristic of wireless system type (see 6.4.2 and Table 14)
 - b) Characteristic of wireless devices type (see 6.4.3 and Table 15)
 - i) Transmitter parameters (see 6.4.3.2)
 - ii) Receiver parameters (see 6.4.3.3)
 - Characteristic of wireless communication solution (see 6.5)
 - a) Characteristic of a wireless network solution (see 6.5.2 and Table 16)
 - b) Characteristic of wireless devices solution (see 6.5.3 and Table 17)
- 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 link to the relevant descriptions of the coexistence management process.

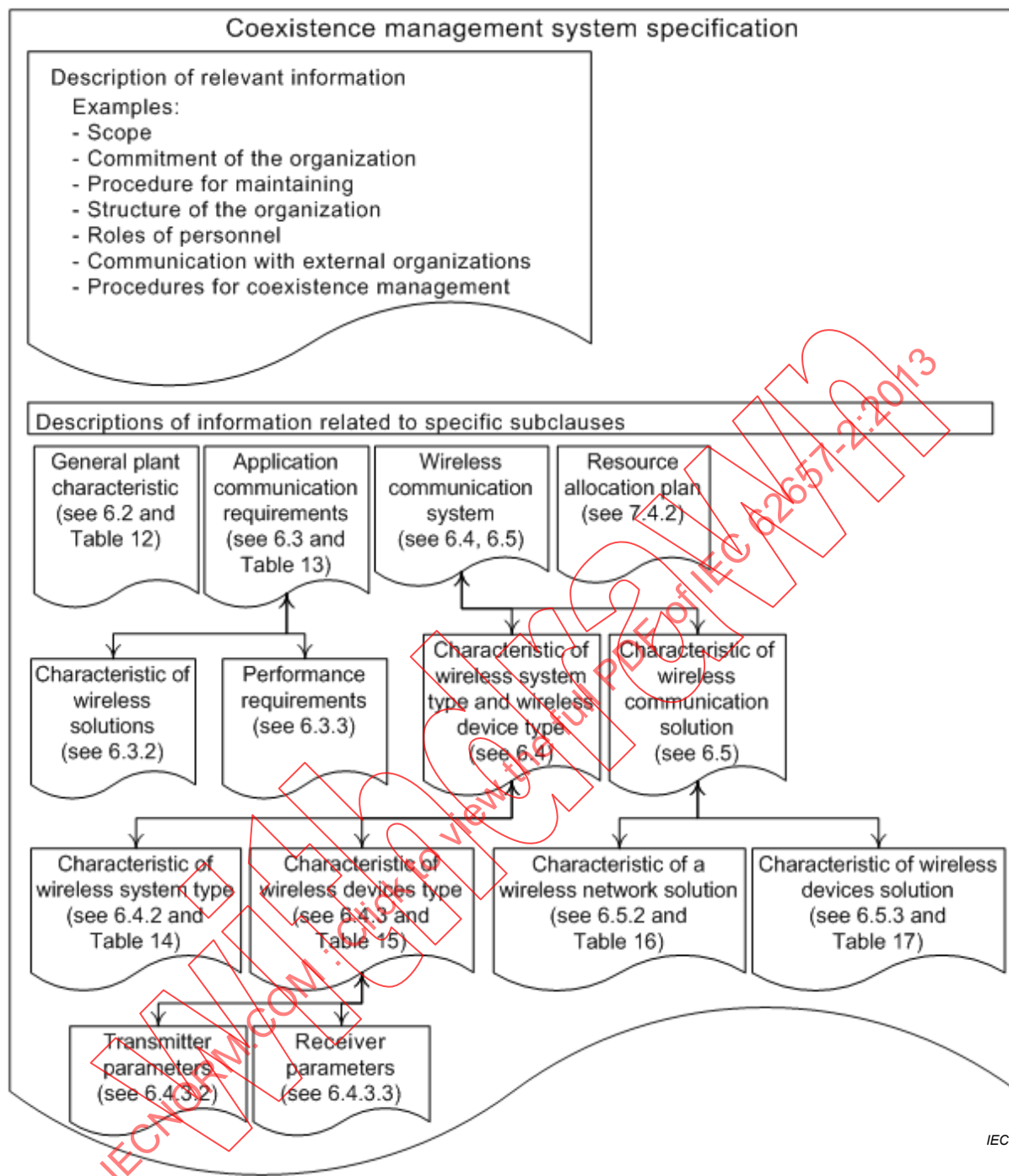


Figure 29 – Relations of the documents in a coexistence management system specification

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 and may be administered with software tools:

- storage of information about numerous wireless communication 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.

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.

This part of IEC 62657 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.

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 administrating 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 communication systems. The coexistence manager shall have the authority to take the necessary measures to fulfill the defined tasks.

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 communication systems;
- establishment of an obligation to register wireless communication 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, he 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 communication 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 communication system needs to be installed or upgrades/modifications of existing solutions are going to be realized;
- environment of wireless communication 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 communication 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 communication 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 communication systems (for example controller-based WLANs) allow the recording of information per wireless communication 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 analyzed, 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 analyzers can be used for metrological examinations of the coexistence.

Protocol analyzers are based on an end device or on a specialized hardware.

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

Protocol analyzers, 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 analyze more parameters but they are significantly more expensive and sometimes difficult to transport.

As an additional function, wireless communication 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 communication systems

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

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

7.4.1.2.3.2 Analog wireless communication systems

Analog wireless communication 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 required 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 communication system, or in the inventory, the collision risk should be analyzed. The collision risk should be analyzed in two steps.

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

The second step is an in-depth analysis, taking into account the particularities of the wireless communication systems, the radio surroundings and if needed of the automation application and the radio components. 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 communication 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 communication system and shall be agreed upon by the coexistence management committee. According to this agreement, a wireless communication 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 client-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 communication system and of already existing wireless communication 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 communication system are met. Moreover, the examination shall not disturb operating wireless 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 analyzers 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 communication system to different interferences. This information might be useful to analyze coexistence and to prepare the approval. The investigation results might be provided to the contractor accompanied by the documentation of the wireless communication solution.

Examinations under laboratory conditions can also be useful to prepare the implementation of a wireless communication 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 communication 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 radio components.

7.4.2 Planning phase

7.4.2.1 Overview

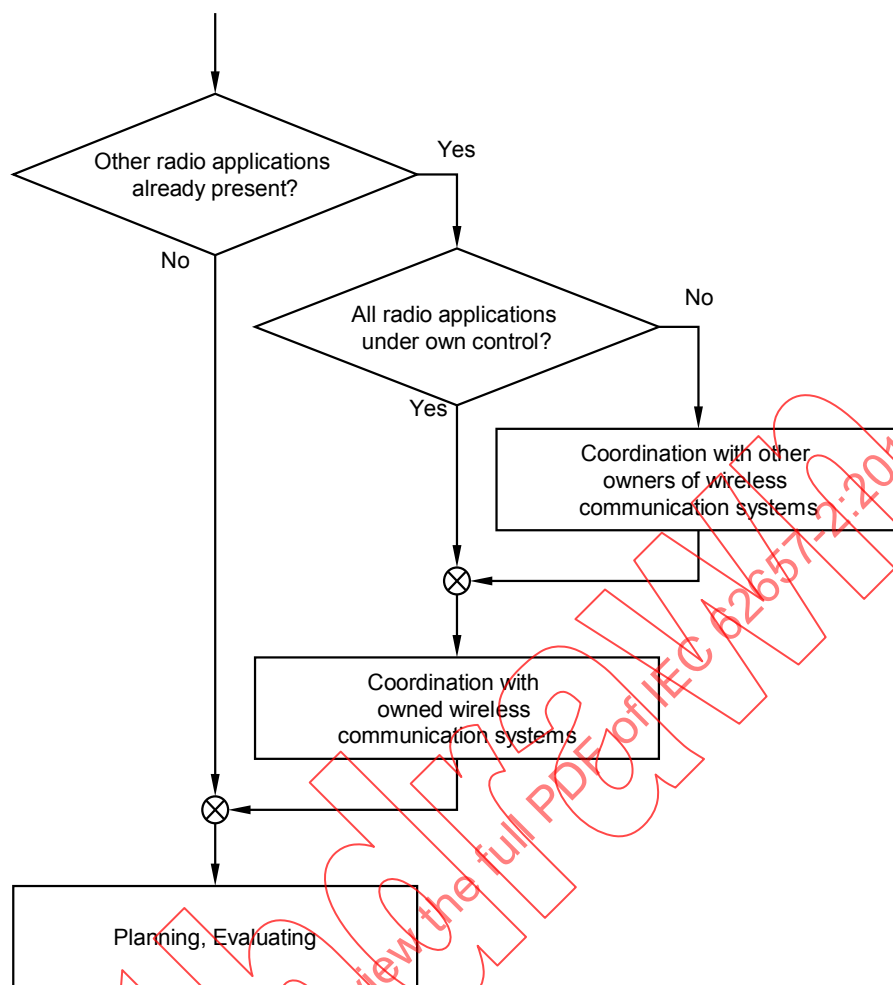
In the planning phase, the resource allocation plan is developed or modified based on the updated inventory.

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

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.



IEC 2064/13

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

Even if there are no operating wireless applications, it should be considered that wireless applications might follow in after the current 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 communication solutions or wireless communication 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 [14]) 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 communication 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 analyzers can be used. If spectrum analyzers 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 communication solutions are installed and configuration of existing wireless communication 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 communication systems.

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

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 communication 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 communication solutions shall be monitored in order to detect problems related to coexistence and changes of environment.

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

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

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

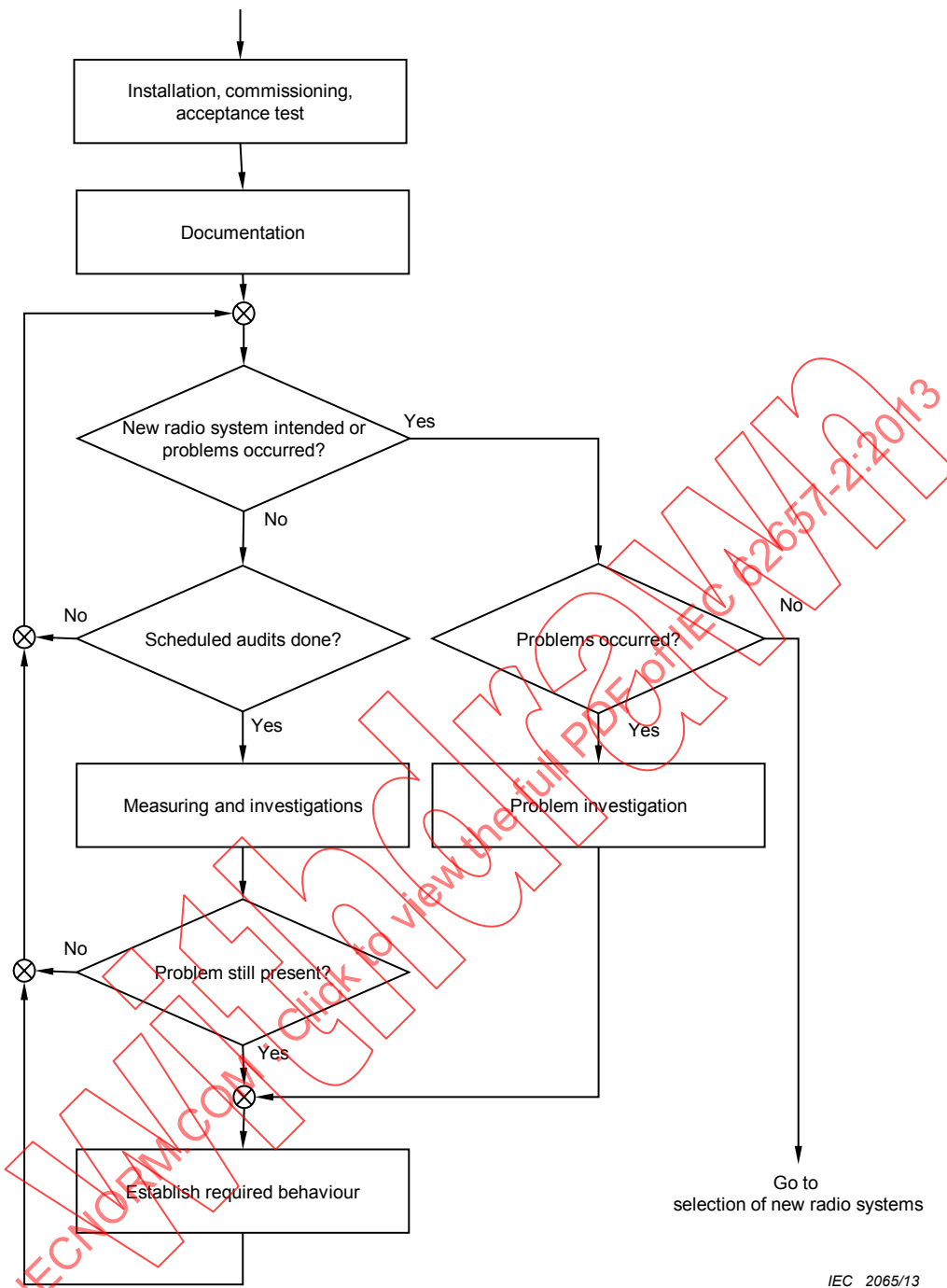
7.4.4.2 Coexistence management in the operating phase

Figure 31 presents the implementation and operation of a wireless communication system in the coexistence management process of the operating phase. After a wireless communication 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 communication 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 becomes apparent when 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.

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



IEC 2065/13

Figure 31 – Implementation and operation of a wireless communication 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 part of IEC 62657. The term template used in this part of IEC 62657 does not require any specific formatting. That means that the table form of the templates in this part of IEC 62657 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 part of IEC 62657 to form the required structure.

The template in Table 12 shall be used to describe the characteristic of the plant. The content is specified in Table 3.

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.

Table 12 – Template used to describe the general plant characteristic

Parameter name	Value	Unit	Usage	Remark
Characteristic of the area of operation				
Wireless communication networks				
Geographical dimension of the plant				
Limitation from neighbors of the plant				
Natural environmental conditions				
Other frequency users				
Radio propagation conditions				
Regional radio regulations				
Future expansion plan				

The template in Table 13 shall be used to describe the application communication requirements for each wireless communication network. The content is specified in Table 4 and Table 5.

Table 13 – 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 transmission interval				
Positions of wireless devices and distances between them				
Purpose of the automation application				
Relative movement				
Security level required				
Spatial coverage of the wireless communication network				
Transmission interval				
Wireless devices				
Characteristic parameters				
Data throughput				
Reliability required				
Transmission time				
Update time				
Response time				

The templates in Table 14 and Table 15 shall be provided with a wireless solution. They describe the options of the wireless communication system or device. The content of Table 14 is specified in Table 6. The content of Table 15 is specified in Table 7 and in Table 8.

Table 14 – Template used to describe the wireless system type

Parameter name	Value	Unit	Usage	Remark
Wireless technology or standard				
Regional radio regulations				
Topology				

Parameter name	Value	Unit	Usage	Remark
Wireless devices				
Infrastructure components				
Centre frequency and Bandwidth or Centre frequency and Cut-off frequency or Radio channel				
Frequency hopping procedure				
Modulation				
Bit rate of physical link				
Transmission interval				
Transmission gap				
Maximum dwell time				
Medium access control mechanism				
Mechanisms for adaptivity				
Security level required				

Table 15 – Template used to describe a wireless device type

Parameter name	Value	Unit	Usage	Remark
Transmitter				
Wireless devices				
Type of antenna				
Effective radiated power (EIRP, ERP)				
Total radiated power (TRP)				
Power spectral density				
Radio channel				
Transmission interval				
Transmission gap				
Duty cycle				
Maximum dwell time				
Receiver				
Adjacent channel selectivity				
Receiver sensitivity				
Receiver maximum input level				
Receiver blocking				

The templates in Table 16 and Table 17 shall be used to document the current configuration and operation of each implemented wireless communication solution. The content of Table 16 is specified in Table 9. The content of Table 17 is specified in Table 7 and in Table 8.

Table 16 – Template used to describe the wireless network solution

Parameter name	Value	Unit	Usage	Remark
Wireless system type				

Parameter name	Value	Unit	Usage	Remark
Topology				
Wireless devices				
Infrastructure components				
Centre frequency and Bandwidth or Centre frequency and Cut-off frequency or Radio channel				
Frequency hopping procedure				
Modulation				
Bit rate of physical link				
Transmission interval				
Transmission gap				
Maximum dwell time				
Medium access control mechanism				
Mechanisms for adaptivity				
Security level required				

Table 17 – Template used to describe a wireless device solution

Parameter name	Value	Unit	Usage	Remark
Transmitter				
Wireless devices				
Type of antenna				
Effective radiated power (EIRP, ERP)				
Total radiated power (TRP)				
Power spectral density				
Radio channel				
Transmission interval				
Transmission gap				
Duty cycle				
Receiver				
Maximum dwell time				
Adjacent channel selectivity				
Receiver sensitivity				
Receiver maximum input level				
Receiver blocking				

NOTE The content of the templates could be used as a property definition-set in IEC 61360 [2].

Bibliography

- [1] IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary*, available at <<http://www.electropedia.org/>>
- [2] IEC 61360 (all parts), *Standard data elements types with associated classification scheme for electric items*
- [3] IEC 61784-1³, *Industrial communication networks – Profiles – Part 1: Fieldbus profiles*
- [4] IEC 61784-2³, *Industrial communication networks – Profiles – Part 2: Additional fieldbus profiles for real-time networks based on ISO/IEC 8802-3*
- [5] IEC 62278:2002, *Railway applications – Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)*
- [6] IEC 62591, *Industrial communication networks – Wireless communication network and communication profiles – WirelessHART™*
- [7] IEC 62601, *Industrial communication networks – Fieldbus Specifications – WIA-PA communication network and communication profile*
- [8] IEC/TS 62657-1³, *Industrial networks – Wireless communication network – Wireless communication requirements and spectrum considerations*
- [9] IEC/PAS 62734, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Wireless systems for industrial automation: Process control and related applications* (based on ISA 100.11a)
- [10] ISO 5807, *Information processing – Documentation symbols and conventions for data, program and system flowcharts, program network charts and system resources charts*
- [11] 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>>
- [12] ETSI TR 100 027, V1.2.1 (1999-12), *Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM), Methods of measurement for private mobile radio equipment*
- [13] ETSI EN 300 328 V1.8.1 (2012), *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; Harmonized EN covering essential requirements under Article 3.2 of the R&TTE Directive*
- [14] 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*
- [15] 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*
- [16] 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)*

³ In preparation and is circulated concurrently with this document.

- [17] 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*
- [18] IEEE 802.15.4, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Part 15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)*
- [19] Federal Standard 1037C, *Telecommunications: Glossary of Telecommunication Terms*. 07 August 1996
- [20] European Commission (EC) directive 1999/5/EC, *Radio equipment and telecommunication terminal equipment (R&TTE)* [cited 2013-04-26], available from Internet: <http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/rtte/index_en.htm>
- [21] Korean Enforcement Decree of the Radio Regulation Law, article 18 [cited 2013-04-26], available in Korean from Internet: <<http://law.go.kr/lsInfoP.do?lsiSeq=25943#0000>>
- [22] ZVEI, Frankfurt, Germany, April 2009, *Coexistence of Wireless Systems in Automation Technology – Explanations on reliable parallel operation of wireless communication solutions*

Withd
 IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62657-2:2013

IECNORM.COM :: Click to view the full PDF of IEC 62657-2:2013

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	84
INTRODUCTION.....	86
1 Domaine d'application	88
2 Références normatives	88
3 Termes, définitions, abréviations et conventions.....	88
3.1 Termes et définitions	88
3.2 Abréviations	93
3.3 Conventions	94
4 Concept de la coexistence en automatisation industrielle	95
4.1 Vue d'ensemble.....	95
4.1.1 Généralités.....	95
4.1.2 Gestion de coexistence manuelle	96
4.1.3 Gestion de coexistence automatisée, non collaborative et reposant sur des métriques	97
4.1.4 Gestion de coexistence automatisée, collaborative et reposant sur des métriques.....	97
4.2 Objectif	97
4.3 Nécessité de mettre en œuvre une gestion de coexistence	99
4.4 Potentiel d'interférence.....	101
4.5 Conditions annexes.....	103
4.6 Meilleures pratiques pour atteindre la coexistence	104
4.7 Modèle conceptuel de coexistence.....	106
4.8 Gestion de coexistence et choix d'une solution de communication sans fil.....	109
4.9 Système de gestion de coexistence.....	111
5 Paramètres de gestion de coexistence	111
5.1 Généralités	111
5.2 Explication des paramètres de coexistence	112
5.2.1 Sélectivité pour le canal adjacent	112
5.2.2 Gain d'antenne	112
5.2.3 Caractéristique de rayonnement d'antenne	112
5.2.4 Bande passante.....	112
5.2.5 Débit binaire de liaison physique	112
5.2.6 Fréquence centrale.....	113
5.2.7 Caractéristiques du lieu de fonctionnement	113
5.2.8 Charge de communication	113
5.2.9 Fréquence de coupure.....	114
5.2.10 Débit de données	115
5.2.11 Cycle de service	116
5.2.12 Puissance apparente rayonnée (PIRE, PAR)	117
5.2.13 Procédure de saut de fréquence	117
5.2.14 Plan d'extension future	117
5.2.15 Dimensions géographiques de l'installation	117
5.2.16 Composants de l'infrastructure	118
5.2.17 Initiation de la transmission de données	118
5.2.18 Longueur des données utilisateur par intervalle d'émission	118
5.2.19 Restrictions imposées par les voisins de l'installation	118
5.2.20 Temps de maintien maximal	118

5.2.21	Nombre maximal de retransmissions	119
5.2.22	Séquence maximale d'émetteur	119
5.2.23	Mécanismes d'adaptabilité	120
5.2.24	Mécanisme de contrôle d'accès au medium	121
5.2.25	Modulation	121
5.2.26	Conditions environnementales naturelles	121
5.2.27	Paramètres de caractérisation d'appareil	121
5.2.28	Autres utilisateurs de fréquence	121
5.2.29	Taux de perte de paquets (TPP)	121
5.2.30	Liaisons physiques	122
5.2.31	Positions et éloignements des appareils sans fil	122
5.2.32	Densité spectrale de puissance (DSP)	123
5.2.33	Objet de l'application d'automatisation	123
5.2.34	Canal radio	123
5.2.35	Conditions de propagation radio	124
5.2.36	Blocage de récepteur	124
5.2.37	Niveau maximal en entrée de récepteur	124
5.2.38	Sensibilité de récepteur	124
5.2.39	Règlement régional des radiocommunications	124
5.2.40	Déplacement relatif	125
5.2.41	Fiabilité requise	125
5.2.42	Temps de réponse	125
5.2.43	Niveau de sécurité requis	125
5.2.44	Couverture spatiale du réseau de communication sans fil	125
5.2.45	Réponse parasite	126
5.2.46	Topologie	126
5.2.47	Puissance totale rayonnée (PTR)	126
5.2.48	Écart d'émission	126
5.2.49	Intervalle d'émission	127
5.2.50	Durée de transmission	128
5.2.51	Gabarit spectral d'émetteur	131
5.2.52	Type d'antenne	132
5.2.53	Temps d'actualisation	132
5.2.54	Bandes de fréquences utilisées	133
5.2.55	Appareils sans fil	133
5.2.56	Réseaux de communication sans fil	133
5.2.57	Norme ou technologie sans fil	133
6	Structures d'information de la gestion de coexistence	134
6.1	Généralités	134
6.2	Caractéristiques générales de l'installation	135
6.3	Exigences relatives à la communication d'application	136
6.3.1	Vue d'ensemble	136
6.3.2	Exigences influençant les caractéristiques des solutions sans fil	137
6.3.3	Exigences de performance	138
6.4	Caractéristiques du type de système sans fil et du type d'appareil sans fil	138
6.4.1	Vue d'ensemble	138
6.4.2	Caractéristiques du type de système sans fil	139
6.4.3	Caractéristiques du type d'appareil sans fil	140
6.5	Caractéristique d'une solution de communication sans fil	143

6.5.1	Vue d'ensemble	143
6.5.2	Caractéristique d'une solution réseau sans fil	144
6.5.3	Caractéristiques d'une solution à appareils sans fil	144
7	Processus de gestion de coexistence	145
7.1	Généralités	145
7.1.1	Vue d'ensemble	145
7.1.2	Documentation	146
7.1.3	Méthode de documentation appropriée	149
7.1.4	Utilisation d'outils	150
7.2	Instauration d'un système de gestion de coexistence	150
7.2.1	Désignation d'un gestionnaire de coexistence	150
7.2.2	Responsabilités d'un gestionnaire de coexistence	151
7.2.3	Assistance d'experts radio	151
7.2.4	Formation	151
7.3	Entretien d'un système de gestion de coexistence	152
7.4	Phases d'un processus de gestion de coexistence	152
7.4.1	Phase d'investigation	152
7.4.2	Phase de planification	155
7.4.3	Phase de mise en œuvre	158
7.4.4	Phase d'exploitation	158
8	Modèles de paramètres de coexistence	161
	Bibliographie	165
	Figure 1 – Périmètre considéré	99
	Figure 2 – Exemples d'équipements sans fil en environnement industriel	100
	Figure 3 – Progression des dépenses pour atteindre la coexistence en fonction des classes d'application	104
	Figure 4 – Séparation des systèmes de communication sans fil selon la fréquence et le temps	105
	Figure 5 – Modèle conceptuel de coexistence	108
	Figure 6 – Organigramme du modèle conceptuel de coexistence	109
	Figure 7 – Choix d'un système de communication sans fil au cours du processus de gestion de coexistence	111
	Figure 8 – Charge de communication avec deux appareils sans fil	113
	Figure 9 – Charge de communication avec plusieurs appareils sans fil	114
	Figure 10 – Fréquences de coupure dérivées à partir du niveau de puissance maximal	115
	Figure 11 – Cycle de service	116
	Figure 12 – Temps de maintien maximal	119
	Figure 13 – Séquence maximale d'émetteur	120
	Figure 14 – Éloignement des composants radio	122
	Figure 15 – Densité spectrale de puissance d'un système IEEE 802.15.4	123
	Figure 16 – Écart d'émission minimal	127
	Figure 17 – Cycle de communication, intervalle d'événements d'application et cycle de machine	128
	Figure 18 – Exemple de fonctions de densité de durées de transmission	129
	Figure 19 – Exemple de fonctions de répartition de durées de transmission	130
	Figure 20 – Gabarit spectral d'émetteur d'un système IEEE 802.15.4	131

Figure 21 – Exemple de fonctions de répartition du temps d'actualisation	133
Figure 22 – Principe d'utilisation des paramètres de coexistence	134
Figure 23 – Paramètres décrivant les caractéristiques générales d'une installation	135
Figure 24 – Paramètres décrivant les exigences de communication d'application	137
Figure 25 – Paramètres pour décrire les types de réseau et d'appareil sans fil	139
Figure 26 – Densité spectrale de puissance et gabarit spectral d'émetteur d'un système DECT	141
Figure 27 – Utilisation du medium dans le temps et la fréquence par un système DECT	142
Figure 28 – Paramètres décrivant une solution de communication sans fil	143
Figure 29 – Relations des documents dans une spécification de système de gestion de coexistence	149
Figure 30 – Planification d'un système de communication sans fil dans le processus de gestion de coexistence	156
Figure 31 – Mise en œuvre et fonctionnement d'un système de communication sans fil dans le processus de gestion de coexistence	161
Tableau 1 – Classification des exigences de communication d'application	98
Tableau 2 – Valeurs de période d'observation en fonction du profil d'application	117
Tableau 3 – Liste des paramètres utilisés pour décrire les caractéristiques générales d'une installation	136
Tableau 4 – Liste des paramètres servant à décrire les exigences influençant les caractéristiques des solutions sans fil	138
Tableau 5 – Liste des paramètres servant à décrire les exigences de performance	138
Tableau 6 – Liste des paramètres servant à décrire le type du système sans fil	140
Tableau 7 – Liste des paramètres servant à décrire l'émetteur d'un type d'appareil sans fil	142
Tableau 8 – Liste des paramètres servant à décrire le récepteur d'un type d'appareil sans fil	143
Tableau 9 – Liste des paramètres servant à décrire la solution réseau sans fil	144
Tableau 10 – Liste des paramètres servant à décrire l'émetteur d'une solution à appareils sans fil	145
Tableau 11 – Liste des paramètres servant à décrire le récepteur d'une solution à appareils sans fil	145
Tableau 12 – Modèle pour décrire les caractéristiques générales d'une installation	162
Tableau 13 – Modèle pour décrire les exigences de communication d'application	162
Tableau 14 – Modèle servant à décrire le type de système sans fil	163
Tableau 15 – Modèle servant à décrire le type d'appareil sans fil	163
Tableau 16 – Modèle servant à décrire la solution réseau sans fil	164
Tableau 17 – Modèle servant à décrire la solution à appareil sans fil	164

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RÉSEAUX DE COMMUNICATION INDUSTRIELS – RÉSEAUX DE COMMUNICATION SANS FIL –

Partie 2: Gestion de coexistence

AVANT-PROPOS

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

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

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
65C/736/FDIS	65C/740/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 première édition annule et remplace la CEI/TS 62657-2, parue en 2011.

Les changements par rapport au TS sont:

- a) mise à jour des références normatives, termes, définitions, symboles, abréviations;
- b) correction de l'orthographe;
- c) changement des figures pour les rendre cohérentes avec le texte et vice versa;
- d) addition et modification du texte pour le rendre plus lisible.

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

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

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

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

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

INTRODUCTION

Le marché a besoin de plusieurs solutions de réseau, chacune présentant différentes caractéristiques de performance et capacités fonctionnelles, conformes à diverses exigences d'application. Les applications d'automatisation industrielle englobent différents domaines d'application industrielle comme:

- 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
- l'énergie électrique comme:
 - la production électrique (par exemple: éolienne),
 - la distribution électrique (réseau),
- l'automatisation d'usine, par exemple dans les secteurs industriels suivants:
 - alimentaire,
 - automobile,
 - machinerie,
 - semiconducteurs.

Les applications d'automatisation industrielle requièrent des réseaux de communication sans fil dont le comportement diffère de ceux prévalant, par exemple, dans les télécommunications ou produits du commerce tels que les télécommandes ou les jouets. Ces exigences relatives à l'automatisation industrielle sont identifiées et fournies dans la CEI/TS 62657-1.

En automatisation industrielle, de nombreux réseaux de communication sans fil peuvent fonctionner dans un même lieu. Ces réseaux sont, par exemple, ceux des CEI 62591 [6]¹ (WirelessHART^{®2}), CEI 62601 [7] (WIA-PA) et CEI/PAS 62734 [9] (ISA100.11a); tous ces réseaux font usage de l'IEEE 802.15.4 [18] pour les applications de contrôle de procédés. D'autres exemples de réseaux sans fil sont spécifiés dans les profils de communication (Communication Profile (CP)) de la CEI 61784-1 [3] et de la CEI 61784-2 [4] qui utilisent l'IEEE 802.11 [14] et l'IEEE 802.15.1 [16] pour les applications d'automatisation d'usine. Contrairement aux bus de terrain filaires, les interfaces de communication sans fil peuvent interférer avec d'autres dans les mêmes locaux ou le même environnement et se perturber mutuellement. Par conséquent, sans assurance de coexistence, il est possible que le fait d'avoir plusieurs réseaux de communication sans fil dans un même local ou environnement soit problématique, en particulier parce que la criticité temporelle, la sûreté et la sécurité du fonctionnement peuvent ne pas être garanties dans un tel environnement.

La présente partie de la CEI 62657 traite de la gestion de la coexistence dans le but d'obtenir une certitude prévisible de cette coexistence.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

² WirelessHART est la marque déposée de la HART Communication Foundation. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que la CEI 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.

La série CEI 62657 se compose de deux parties:

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

La CEI/TS 62657-1 [8] stipule les exigences générales relatives à l'automatisation industrielle et aux considérations relatives au spectre qui servent de fondement aux solutions de communication industrielles. La présente deuxième partie de la CEI 62657 spécifie la gestion de la coexistence avec une assurance de coexistence prévisible. Elle est destinée à faciliter l'harmonisation de futures adaptations à des règlements internationaux, nationaux et locaux.

La présente Partie 2 de la CEI 62657 stipule le concept et le processus de gestion de la coexistence. Sur la base du processus de gestion de la coexistence, une assurance prévisible de la coexistence peut être obtenue pour un spectre donné, avec certaines exigences d'application.

La présente Partie 2 de la CEI 62657 conseille les utilisateurs de réseaux de communication sans fil sur le choix et le bon usage des réseaux de communication sans fil. Dans l'offre d'appareils sans fil sur le marché, elle aide également les fournisseurs en décrivant les comportements des appareils sans fil constitutifs des réseaux de communication sans fil répondant aux exigences des applications.

La présente Partie 2 de la CEI 62657 se fonde 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.

RÉSEAUX DE COMMUNICATION INDUSTRIELS – RÉSEAUX DE COMMUNICATION SANS FIL –

Partie 2: Gestion de coexistence

1 Domaine d'application

La présente Partie 2 de la CEI 62657

- 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;
- stipule les lignes directrices, exigences et meilleures pratiques en matière de disponibilité et de performance des communications sans fil, dans une installation d'automatisation industrielle; elle couvre tout le cycle de vie de la coexistence des communications sans fil;
- facilite la tâche de toute personne appelée à faire face aux aspects critiques à chaque phase du cycle de vie de la gestion de la 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;
- traite les aspects fonctionnels de la coexistence de communications sans fil concernant à la fois l'organisation statique homme-outil et l'auto-organisation dynamique du réseau.

La présente Partie 2 de la CEI 62657 apportera une contribution majeure aux règlements nationaux et régionaux. Elle ne dispense pas les appareils de se conformer aux règlements nationaux et régionaux.

EXEMPLE 1 La présente Partie 2 de la CEI 62657 pourrait être énumérée comme norme harmonisée dans le Journal Officiel de l'Union Européenne (JOUE) pour traiter des exigences de la directive européenne R&TTE, Article 3.2 [20], en plus d'autres normes harmonisées applicables.

EXEMPLE 2 La présente Partie 2 de la CEI 62657 pourrait être énumérée dans le Décret coréen d'application de la loi réglementant la radio, Article 18 [21].

2 Références normatives

Aucune

3 Termes, définitions, abréviations et conventions

3.1 Termes et définitions

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

3.1.1

interférence dans le canal adjacent

interférence se produisant lorsque plusieurs applications 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**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][19]

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 de mesure et de commande automatique dans les domaines de l'automatisation industrielle

3.1.7**longueur des données d'application d'automatisation**

nombre d'octets échangés à l'interface de communication

3.1.8**bande passante**

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

3.1.9**fréquence centrale**

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

3.1.10**occupation de canal**

durée pendant laquelle le medium 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.

3.1.11**cocanal**

émissions ou transmissions réalisées dans un même canal de fréquences

[SOURCE: CEI 60050-713:1998, 713-06-23, modifiée][1]

3.1.12

coexistence

coexistence de communications sans fil

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

Note 1 à l'article: Définition cohérente avec celle de la coexistence dans l'IEEE 802.15.2-2003 [17].

3.1.13

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

[SOURCE: dérivée de 3.2 de la CEI 62278:2002] [5]

3.1.14

gestion de coexistence

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

3.1.15

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

3.1.16

interface de communication

interface visible entre une application d'automatisation et le composant 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.

3.1.17

charge de communication

exigence de l'application d'automatisation de transférer une certaine quantité de données utilisateur sur une période donnée

3.1.18

cycle de service

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

3.1.19

temps de tenue

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

3.1.20

puissance apparente rayonnée

PAR

puissance fournie à l'antenne multipliée par le gain d'antenne

3.1.21

bande de fréquences

plage du spectre des fréquences affectée par les organisations de réglementation à certaines applications

3.1.22**canal de fréquences**

partie d'une bande de fréquences utilisée conformément à une spécification (norme ou spécification d'appareil) par un système de communication sans fil

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

3.1.23**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.

3.1.24**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

3.1.25**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.

3.1.26**fréquence de coupure inférieure**

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

3.1.27**mécanismes d'adaptabilité**

mesures modifiant un ou plusieurs des paramètres d'exploitation des systèmes afin d'améliorer leur insensibilité aux interférences et de minimiser l'utilisation du medium

3.1.28**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

3.1.29**installation**

l'aménagement à l'étude, y compris sa zone physique de fonctionnement, son personnel, son équipement et tout autre contenu

3.1.30**densité spectrale de puissance**

puissance du signal par bande passante définie

3.1.31**canal radio**

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 largeur de bande

3.1.32**ressource (radio)**

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

3.1.33

robustesse radio

aptitude d'une communication sans fil à accomplir la fonction prévue malgré la présence du brouillage d'autres applications de communication 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 en 3.1.2 de l'IEEE 802.15.2-2003 [17].

3.1.34

blocage de récepteur

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

3.1.35

niveau maximal en entrée de récepteur

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

3.1.36

sensibilité de récepteur

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

3.1.37

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.

3.1.38

medium 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 "medium partagé" est employé dans la présente partie de la CEI 62657. Les bandes de fréquences sont utilisées par diverses applications ISM et sans fil.

3.1.39

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.

3.1.40

puissance totale rayonnée

puissance nominale spatiale intégrée sur la surface de la sphère

3.1.41

écart d'émission

écart entre deux utilisations successives de canal par un émetteur

3.1.42

intervalle d'émission

différence temporelle entre deux transferts consécutifs de données utilisateur depuis l'application d'automatisation via l'interface de communication vers le module de communication

3.1.43**durée de séquence d'émission**

période pendant laquelle un émetteur utilise le spectre pour la séquence en question afin de transférer des données

3.1.44**gabarit spectral d'émetteur**

limite maximale de la densité spectrale de puissance sur une plage de fréquences

3.1.45**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

3.1.46**application sans fil**

tout usage d'ondes électromagnétiques avec des appareils ou équipements pour la génération et l'utilisation d'énergie radioélectrique

3.1.47**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

3.1.48**réseau de communication sans fil**

solution de communication sans fil composée d'au moins deux appareils sans fil

Note 1 à l'article: Dans les figures, le terme "réseau sans fil" est utilisé comme abréviation de "réseau de communication sans fil".

3.1.49**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 de communication sans fil peut se composer de produits issus d'un ou plusieurs fabricants.

3.1.50**système de communication sans fil**

ensemble d'éléments interdépendants permettant une communication sans fil

Note 1 à l'article: Un système de communication sans fil est une représentation générique d'un système, tandis qu'une solution de communication sans fil est une mise en œuvre pratique d'un système. Un système de communication sans fil peut comprendre un ou plusieurs réseaux de communication sans fil. Dans les figures, le terme "système sans fil" est utilisé comme abréviation de "système de communication sans fil".

3.2 Abréviations

AFH	Adaptive frequency hopping (saut de fréquence adaptatif)
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (système de communication sans fil pour les autorités et organisations publiques assurant des fonctions de sûreté)
CEPT	Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications
CP	Communication Profile (profil de communication) conformément à la CEI 61784-2 [4]
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, le comité des communications électroniques de la CEPT)
PIRE	Puissance Isotrope Rayonnée Équivalente
CEM	Compatibilité Électromagnétique
PAR (ERP)	Puissance Apparente Rayonnée (Effective Radiated Power)
GSM	Global System for Mobile Communications (système mondial de communications mobiles)
IP	Internet Protocol (protocole Internet)
ISM	Industriel, scientifique et médical
TI	Technologie de l'information
UIT	Union Internationale des Télécommunications
LAN	Local Area Network (réseau local)
LOS	Ligne of Sight (ligne visuelle)
MAC	Medium Access Control (contrôle d'accès au médium)
NLOS	Sans visibilité directe
N/A (s/o)	Non applicable (sans objet)
OLOS	Obstructed Line of Sight (ligne visuelle obstruée)
PCB	Printed Circuit Board (carte de circuit imprimé)
PHY	Physical Layer (couche physique)
TPP (PLR)	Taux de perte de paquets (Packet Loss Rate)
DSP	Densité spectrale de puissance
R&TTE	Radio equipment and Telecommunication Terminal Equipment (Équipements radio et équipements terminaux de télécommunication)
RFID	Radio Frequency Identification (identification par radiofréquence)
SIR (RSB)	Signal-to-Interference Ratio (Rapport signal sur brouillage)
AMRT (TDMA)	Accès multiple par répartition dans le temps (Time Division Multiple Access)
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. (secteur de l'industrie électrique et électronique allemande)

3.3 Conventions

NOTE Les représentations graphiques des schémas des figures s'inspirent de l'ISO 5807 [10].

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 la coexistence en automatisation industrielle

4.1 Vue d'ensemble

4.1.1 Généralités

La communication sans fil en automatisation industrielle aide à mettre en œuvre les processus de production de façon plus économique, flexible et fiable, tout en permettant la mise en œuvre de nouveaux concepts d'automatisation. Les applications d'automatisation ont généralement des exigences de fiabilité et des fonctionnalités de réactivité en temps réel des communications sans fil plus strictes que celles des applications domestiques ou bureautiques.

Du fait de ces exigences, différents systèmes de communication sans fil sont employés. Il est fort vraisemblable que plusieurs systèmes de communication sans fil puissent fonctionner simultanément en un même lieu. Ces systèmes partageant un médium commun, des interférences peuvent être attendues tout au long de leur cycle de vie, ce qui influence la fiabilité et la fonctionnalité de réactivité en temps réel. La présente partie de la CEI 62657 a pour objet d'aider à identifier les risques potentiels et de recommander des mesures de maîtrise des risques, en fonction des exigences de l'application d'automatisation.

La présente partie de la CEI 62657 s'adresse donc 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 de communication sans fil dans des machines et installations, ainsi qu'aux producteurs de solutions de communication sans fil pour l'industrie. Elle vise en particulier à promouvoir l'échange d'informations entre les ingénieurs d'automatisation et ingénieurs radio.

La présente partie de la CEI 62657 montre aussi que, la plupart du temps, la coexistence de plusieurs systèmes de communication sans fil et, simultanément, la gestion efficace du spectre des fréquences comme ressource limitée sont possibles si la bonne approche est employée, en tenant en compte les exigences en question. Pour cela, un processus tenant compte de tous les aspects de la coexistence de systèmes de communication 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 la coexistence de solutions de communication sans fil, est le sujet de la présente partie de la CEI 62657. Les actions et décisions associées servent à respecter les limites spécifiées pour l'application, sur tout le 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'usine. Cette complexité dépend, entre autres aspects, des caractéristiques de l'application desservies par chaque solution de communication sans fil (par exemple: commande dotée d'exigences strictes de réactivité en temps réel) et du nombre ainsi que de l'emplacement des plusieurs solutions de communication sans fil (interfèrent-elles potentiellement les unes sur les autres ?). S'il n'y a pas ou peu d'exigences relatives au système de communication sans fil, la coexistence des solutions de communication sans fil impose un effort plus modéré comparativement à celui requis pour un système de communication 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 de communication sans fil soient susceptibles d'être ajoutés ultérieurement ou que les exigences relatives au système de communication sans fil présent évoluent à l'avenir (à cause d'applications supplémentaires, par exemple). La conception de l'installation doit assurer que les mesures de coexistence appliquées concordent avec les exigences du système de communication sans fil.

L'état de coexistence se caractérise par le respect, par toutes les applications sans fil dans la zone considérée, des valeurs limites de certains paramètres. Cet état de coexistence est obtenu par des actions appropriées en planification et exploitation. On voit ainsi mieux que la coexistence n'est pas une propriété immuable d'une solution de communication sans fil, mais plutôt un état dans le cycle de vie d'une installation. Suite à 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 la coexistence doit être évaluée et établie en contexte et en plein accord avec l'application d'automatisation. Si la raison du dépassement des limites est un système radio légitime ne relevant ni de la responsabilité ni de la commande du gestionnaire de coexistence, le gestionnaire de coexistence doit entreprendre des actions immédiates afin que ces radios ne soient pas brouillées par les solutions de communication sans fil pour l'industrie.

Exemple:

Pour obtenir la compatibilité des solutions de communication sans fil pour l'industrie avec l'accès fixe sans fil à large bande (Broadband Fixed Wireless Access (BFWA)) dans la bande 5 725 MHz à 5 875 MHz en Europe (la liaison BFWA peut être affectée dans un rayon de 3 km à 10 km autour des solutions de communication sans fil pour l'industrie.), un moyen efficace pourrait être une antenne de détection à installer en haut de l'installation industrielle pour détecter le signal BFWA et réagir immédiatement pour cesser d'utiliser cette bande au-delà de l'énergie normale. Une telle antenne aurait l'avantage d'une meilleure propagation vers la liaison victime et de la possibilité de choisir une antenne de gain plus élevé pour la détection.

Généralement, la coexistence de plusieurs solutions de communication sans fil peut être obtenue en rendant orthogonales les transmissions provenant de sources différentes.

Il existe trois niveaux d'organisation possibles pour gérer la coexistence, le niveau le plus bas étant le moins efficace:

- gestion de coexistence manuelle (niveau le plus bas);
- gestion de coexistence automatisée, non collaborative et reposant sur des métriques;
- 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 se fondent sont généralement répartis en deux grandes catégories: les techniques collaboratives et les techniques non collaboratives.

4.1.2 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 de communication 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 issues de producteurs multiples entrent en jeu ou si plusieurs bandes de fréquence doivent être gérées.

Cependant, les fonctionnalités de la gestion de coexistence manuelle sont limitées si certains paramètres de gestion de coexistence ne peuvent être configurés.

4.1.3 Gestion de coexistence automatisée, non collaborative et reposant sur des métriques

Dans une gestion de coexistence automatisée non collaborative, les différentes solutions de communication 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 de communication sans fil impactée classe le comportement des solutions impactantes et essaye en conséquence d'adapter son propre comportement à la nouvelle situation estimée. C'est pour cette raison que 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 (par exemple: 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.

NOTE Certaines de ces métriques sont décrites dans l'IEEE 802.15.2 [17].

4.1.4 Gestion de coexistence automatisée, collaborative et reposant sur des métriques

Dans une gestion de coexistence collaborative automatisée, les différentes solutions de communication sans fil sont capables d'échanger des informations.

La condition préalable pour qu'une gestion de coexistence collaborative de systèmes de communication sans fil employant des technologies diverses fournies par des producteurs différents soit collaborative est que, parmi ces solutions, il existe une liaison de communication normalisée commune.

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 de communication 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 de communication sans fil. Ces modifications dynamiques peuvent influencer le déterminisme ou la fiabilité de la communication et peuvent ainsi être inadaptées à certaines applications d'automatisation.

4.2 Objectif

La présente partie de la CEI 62657 conseille les fabricants d'appareils de communication sans fil sur la manière de satisfaire aux exigences essentielles (2) de l'Article 3 de la directive 1999/5/CE sur les équipements radio et équipements terminaux de télécommunication (R&TTE) [20] et de l'Article 18 du Décret coréen d'application de la loi réglementant la radio [21]. Les appareils doivent en outre se conformer aux règlements locaux et régionaux.

La présente partie de la CEI 62657 a pour objet les moyens permettant d'atteindre la coexistence de systèmes de communication sans fil pour des applications d'automatisation et mesure. Ces applications peuvent être répertoriées de différentes manières, comme dans le Tableau 1 où elles sont classées selon la criticité de l'application. Les efforts de gestion de coexistence peuvent varier en fonction de la classification décrite dans le Tableau 1.

Tableau 1 – 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 est susceptible d'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 les communications de sécurité fonctionnelle et le gestionnaire de coexistence doit être capable de satisfaire à toutes les exigences de la présente partie de la CEI 62657.
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. Le gestionnaire de coexistence doit être capable de satisfaire à la plupart des exigences de la présente partie de la CEI 62657.
Surveillance	Visualisation de processus et alerte	Aucune extension particulière requise pour le protocole de communication. Typiquement, l'application de surveillance peut être satisfaite par un ensemble d'exigences moins strictes. Le gestionnaire de coexistence doit être capable de satisfaire à toutes ces exigences minimales.
NOTE Les termes relatifs "la plupart" et "minimales" sont basés sur la description graphique donnée à la Figure 3.		

La classification des applications d'automatisation fournie avec le Tableau 1 se fonde sur les exigences fonctionnelles de l'application de l'industrie de transformation à satisfaire.

Cependant, la criticité et les exigences de communication d'application associées doivent être déterminées cas par cas par le gestionnaire de coexistence.

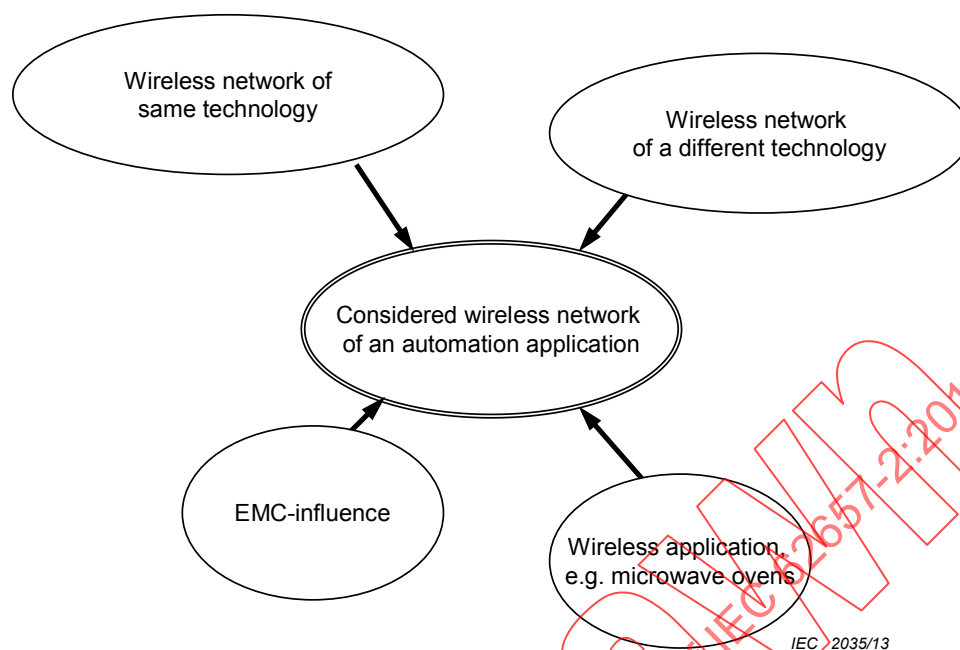
NOTE 1 Les exigences de communication d'application sont décrites dans la CEI/TS 62657-1[8].

Des applications, allant du lecteur radio de code à barres aux applications de voix et vidéo par IP, peuvent être classées de même et traitées conformément à la présente partie de la CEI 62657.

L'applicabilité de la présente partie de la CEI 62657 ne se limite pas à une bande particulière, comme la bande ISM 2,4 GHz. Les systèmes de communication concurrents et les autres applications sans fil approuvées, telles que les systèmes à hyperfréquence pour le séchage ou le soudage du plastique, sont considérés comme des interférences. En outre, d'autres interférences sont susceptibles d'être générées par de puissants champs électromagnétiques basse fréquence (par exemple: transformateurs, moteurs puissants ou autres influences de CEM – voir Figure 1). Les sources d'interférence à prendre en compte sont détaillées en 4.4.

NOTE 2 L'analyse de la CEM sort du domaine d'application de la présente partie de la CEI 62657, mais a tout de même été considérée.

La présente partie de la CEI 62657 vise à traiter de la gestion de coexistence à l'emplacement d'une entreprise; cependant, le gestionnaire doit prendre en considération le fait qu'une interférence peut provenir de l'extérieur de l'installation. Le gestionnaire doit identifier et caractériser les sources externes potentielles de radiofréquence 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.

**Légende**

Anglais	Français
Wireless network of same technology	Réseau sans fil de même technologie
Wireless network of a different technology	Réseau sans fil de technologie différente
Considered wireless network of an automation application	Réseau sans fil considéré d'une application d'automatisation
EMC-influence	Influence de la CEM
Wireless application, e.g. microwave ovens	Application sans fil, par exemple: fours à chauffage hyperfréquence (fours à micro-ondes)

Figure 1 – Périmètre considéré

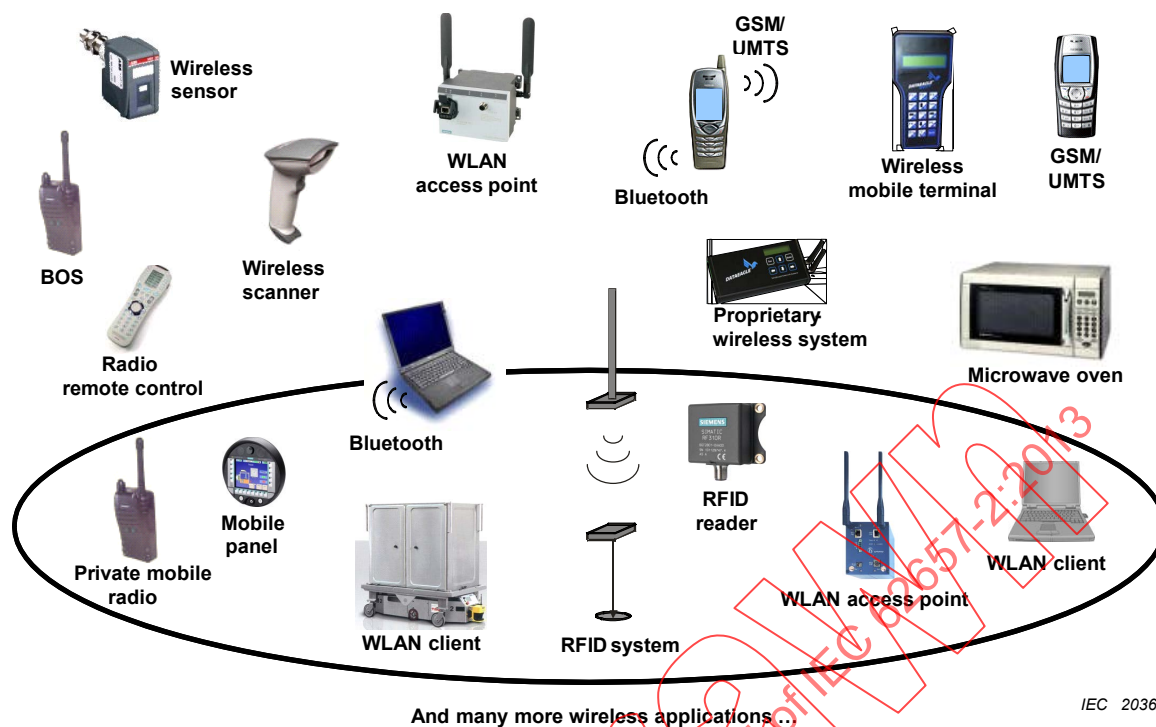
On considère a priori qu'en l'absence d'interférences provenant d'autres systèmes de communication sans fil, un système de communication sans fil satisfait fondamentalement aux exigences de l'application d'automatisation et que, en particulier, les limites temporelles et de comportement défectueux sont respectées en planifiant les exigences de communication.

Les mesures ici décrites doivent assurer la performance requise, même en présence d'autres applications sans fil.

4.3 Nécessité de mettre en œuvre une gestion de coexistence

Les bandes de fréquences réservées par les autorités réglementaires sont une ressource précieuse limitée qui s'épuise rapidement en cas d'utilisation déréglementée.

La Figure 2 présente un exemple d'équipement sans fil classique des environnements industriels. Il existe un fort risque d'interférences à cause duquel, dans certaines conditions, les exigences de disponibilité et performance présumées ne peuvent pas être remplies. Pour prévenir ce cas de figure, ou plutôt pour réduire le risque d'interférences, un processus strict d'administration des applications sans fil pour toutes les parties impliquées doit être mis en œuvre à l'échelle de toute l'entreprise conformément à la présente partie de la CEI 62657



Légende

Anglais	Français
Wireless sensor	Capteur sans fil
BOS	BOS
Radio remote control	Radiocommande à distance
Wireless scanner	Scanneur sans fil
WLAN access point	Point d'accès WLAN
Bluetooth	Bluetooth
GSM/UMTS	GSM/UMTS
Wireless mobile terminal	Terminal mobile sans fil
Proprietary wireless system	Système sans fil exclusif
Microwave oven	Four à chauffage hyperfréquence (four à micro-ondes)
Private mobile radio	Radio portable privée
Mobile panel	Panneau mobile
WLAN client	Client WLAN
RFID system	Système RFID
RFID reader	Lecteur RFID
And many more wireless applications ...	Et bien d'autres applications sans fil encore...

Figure 2 – Exemples d'équipements sans fil en environnement industriel

La gestion de coexistence est un processus intra-entreprise 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 sans fil à fort débit de données, mais avec des exigences de réactivité temps réel moins strictes: la gestion de coexistence s'attache à la mise à disposition de la bande passante adéquate;
- applications sans fil sans exigences particulières en termes de performance et de réactivité temps réel: la gestion de coexistence vise à assurer la couverture spatiale;
- applications sans fil avec des exigences strictes de réactivité 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" et "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;
- inventaire de toutes les applications sans fil installées et planifiées (si possible);
- 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 de communication 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 la 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 de communication sans fil qui ne peuvent être exploitées dans l'environnement radioélectrique actuel de l'entreprise.

NOTE Ici, le terme "solution de communication sans fil" est utilisé à la place du terme "système de communications 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

Des applications sans fil utilisant la même bande de fréquences comme un "medium partagé" peuvent interférer.

Si les conditions ci-après sont remplies simultanément, il s'ensuit alors des interférences:

- les signaux se recouvrent en termes de fréquences;
- les signaux se recouvrent en termes de temps;
- les signaux se recouvrent en termes de codage;

- espace (qui est fonction de l'emplacement, de l'énergie, des caractéristiques d'antenne, de la polarisation).

Cela entraîne des collisions d'applications sans fil et, par exemple, un paquet transféré doit être répété. La réaction du système à de telles interférences dépend de plusieurs facteurs, par exemple de la norme radio, de la mise en œuvre du matériel et des logiciels ou de la classe d'applications que le système de communication sans fil utilise pour le transfert.

La séparation des canaux de fréquences qui ne se chevauchent pas est un moyen de parvenir à la coexistence. Des interférences sont toutefois possibles entre des systèmes de communication sans fil utilisant des canaux différents dans une même bande de fréquences, à cause d'une interférence de canal adjacent, par exemple. Cela porte le nom d'interférence intercanal. En particulier, les systèmes de communication sans fil analogiques possèdent un fort potentiel d'interférence avec les systèmes de communication sans fil numériques du fait de leur forte occupation de canal. En outre, les systèmes de communication sans fil utilisant des bandes de fréquences différentes peut interférer les uns avec les autres. En dessous du signal principal, un système de communication sans fil émet aussi des signaux hors-bande susceptibles de pénétrer dans le canal de fréquences du système de communication sans fil impacté et de perturber ainsi le signal utile. La qualité du signal reçu par un récepteur en fonction des interférences d'autres systèmes de communication 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 de communication 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 fait, les émetteurs brouilleurs peuvent avoir des émissions parasites 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.

Afin de prévoir/estimer l'effet des brouilleurs, des modèles analytiques, des simulations et des bancs d'essai expérimentaux peuvent être utilisés. Ces trois approches ont 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 de communication 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 de communication sans fil concurrents soit impossible. Ils peuvent cohabiter si les exigences relatives aux solutions de communication sans fil impliquées sont satisfaites. Il convient que ce critère serve de fondement aux décisions concernant l'application des systèmes de communication sans fil.

Si possible, il convient également d'envisager les modifications à venir des exigences qui induiront des changements du potentiel d'interférence. Dans l'automatisation industrielle, le cycle de vie d'une solution de communication sans fil est généralement supérieur à 5 ans. Pendant cette période, de nouvelles applications pour le système de communication 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 interférences de CEM rayonnées sont une autre influence à prendre en compte. De nombreuses applications sans fil soumises aux réglementations sur les fréquences possèdent en effet une puissance rayonnée significative potentiellement génératrice de fortes intensités de champ à proximité d'un autre système de communication sans fil. Une solution de communication sans fil présente une certaine résilience à ces interférences rayonnées définies dans les normes correspondantes. Cependant cette valeur limite peut être dépassée par le signal d'une application sans fil puissante.

Bien que les solutions de communication sans fil réelles 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, la conception doit empêcher que le niveau de bruit sur le récepteur dépasse cette limite. Des interférences provenant de la même bande de fréquences sont bien plus probables que celles provenant d'autres bandes de fréquence. Néanmoins, les potentiels d'interférence d'autres bandes de fréquence doivent aussi être pris en compte.

Dans le cas des bâtiments et zones proches d'aéroports, de ports, de pylônes émetteurs et d'autres lieux où sont installés des systèmes de communication sans fil puissants, le potentiel d'interférence est très élevé.

Les influences électromagnétiques ne provenant pas d'un canal radio (par exemple: des systèmes techniques d'énergie puissants, des convertisseurs de fréquence) peuvent provoquer des interférences. Ces influences électromagnétiques sont abordées dans les recommandations de CEM et ne font donc pas partie de la présente partie de la CEI 62657.

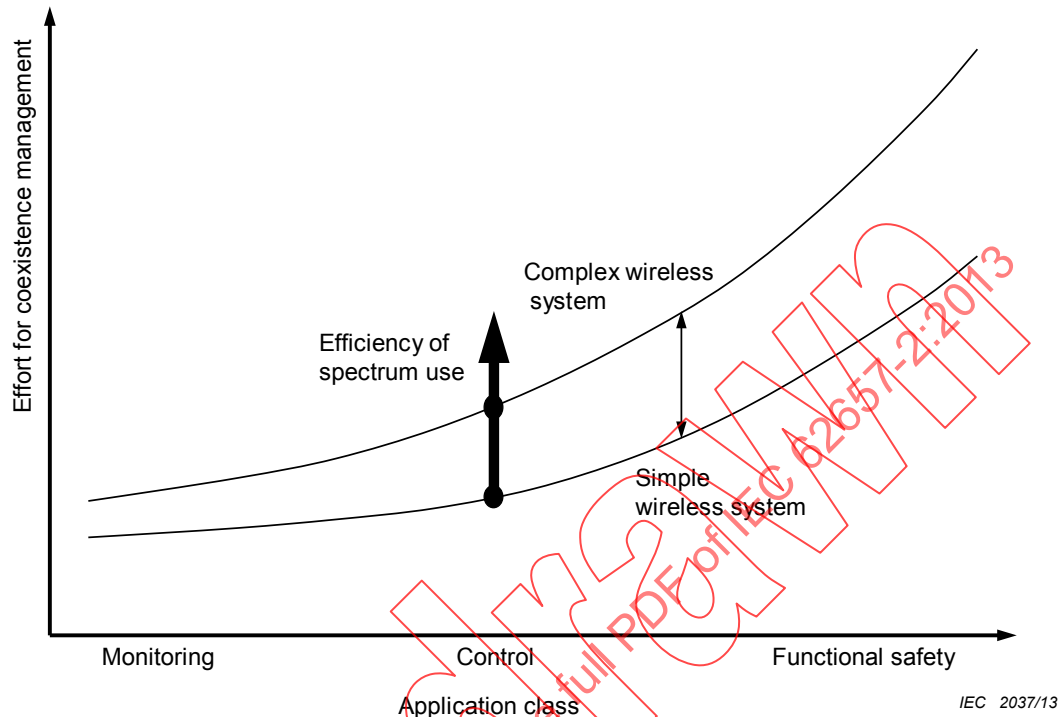
4.5 Conditions annexes

Pour la communication sans fil, les ressources de communication disponibles ne sont que limitées et, donc, une planification soigneusement réfléchie est requise. Plus les exigences (réactivité, disponibilité, dimensions, etc.) du système de communication sans fil sont élevées, du fait de sa classe d'application, plus les efforts techniques et organisationnels requis pour assurer la coexistence sont importants. Bien sûr, les coûts suivent, mais de la façon disproportionnée comme illustré à la Figure 3. Ils sont en partie imputables à la complexité des solutions de communication sans fil (par exemple: une liaison simple de point-à-point ou bien un réseau linéaire, en étoile, cellulaire, en arborescence ou maillé), ainsi qu'au nombre de facteurs d'influence à prendre en compte (par exemple: la charge du medium, la puissance de l'émetteur). 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 de communication sans fil appropriées.

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 ne pas oublier 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 globaux 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.



Légende

Anglais	Français
Effort for coexistence management	Efforts pour la gestion de coexistence
Efficiency of spectrum use	Efficacité d'utilisation du spectre
Complex wireless system	Système sans fil complexe
Simple wireless system	Système sans fil simple
Monitoring	Surveillance
Control	Commande
Functional safety	Sécurité fonctionnelle
Application class	Classe d'applications

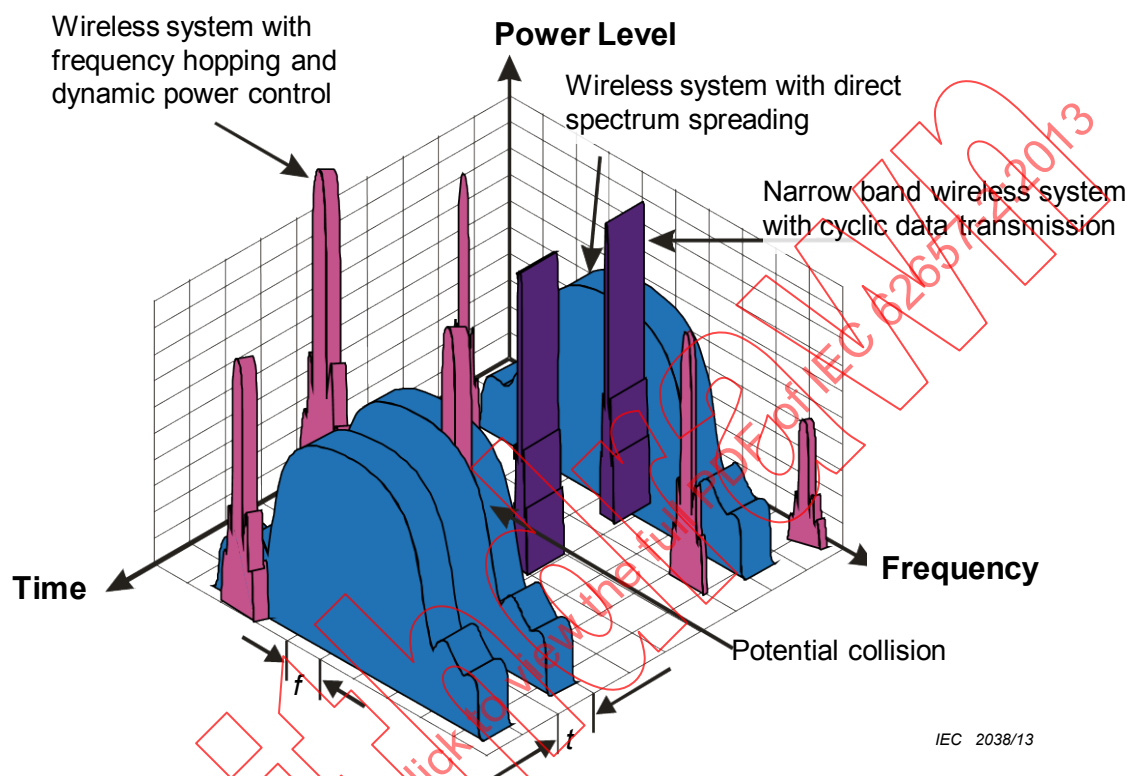
Figure 3 – Progression des dépenses pour atteindre la coexistence en fonction des classes d'application

4.6 Meilleures pratiques pour atteindre la coexistence

L'établissement de la coexistence se fait par la combinaison de mesures techniques et/ou organisationnelles permettant d'assurer un fonctionnement sans interférences des applications 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'efficience économique et la perte de performance acceptable pour l'application si la solution de communication sans fil doit partager son medium avec d'autres systèmes de communication sans fil. Il convient également de prendre en compte les développements futurs d'applications sans fil dans l'entreprise.

Techniquement, les ressources de communication sans fil peuvent être classées par:

- fréquence;
- temps;
- codage;
- espace (qui est fonction de l'emplacement, de l'énergie, des caractéristiques d'antenne, de la polarisation).



Légende

Anglais	Français
Wireless system with frequency hopping and dynamic power control	Système sans fil à saut de fréquence et contrôle dynamique de puissance transmise
Power Level	Niveau de puissance
Wireless system with direct spectrum spreading	Système sans fil à étalement de spectre direct
Narrow band wireless system with cyclic data transmission	Système sans fil à bande étroite avec transmission de données cyclique
Time	Temps
Frequency	Fréquence
Potential collision	Collision potentielle

Figure 4 – Séparation des systèmes de communication sans fil selon la fréquence et le temps

La séparation dans le domaine fréquentiel (voir Figure 4) cause généralement moins de pertes de performance et initialement moins de frais. Toutefois, ces mesures occupant fortement le medium, il convient qu'elles soient réservées à des classes d'application particulières de l'installation telles que la sécurité fonctionnelle et la commande.

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 réglé 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 medium peuvent également être utilisées.

Une séparation spatiale est rarement possible avec des applications 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 (par exemple: murs de béton armé de grandes dimensions) 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). Si la puissance est réduite, il convient que la puissance de tous les composants radio connexes (station de base, répéteurs, appareils terminaux, par exemple) soit paramétrée en conséquence.

Si les émetteurs-récepteurs possèdent plusieurs antennes, un traitement spatial peut alors être utilisé, tel que des techniques de rejet des bruits, 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'antenne nouveaux peuvent permettre de restreindre la propagation radioélectrique à une certaine zone.

Les mesures organisationnelles s'appliquent au fonctionnement du système de communication sans fil et ont des conséquences indirectes sur le mécanisme de séparation décrit ci-dessus. Il s'ensuit que l'application d'un système de communication sans fil peut, par exemple, être limitée dans l'espace ou dans le temps, ou que seuls les services d'une solution de communication sans fil satisfaisant aux exigences de coexistence peuvent être approuvés. Il convient que les mesures organisationnelles (en particulier celles concernant les systèmes de communication sans fil liés au processus métier ou la sécurité) évaluent par avance dans quelle mesure la conformité aux spécifications peut être garantie et contrôlée.

Lors de la planification d'un système de communication sans fil, il doit être pris en compte que les conditions de propagation dans un environnement industriel ne sont pas idéales et qu'ainsi, des conséquences sur la réactivité et les défaillances d'une solution de communication sans fil sont possibles.

Pour la phase d'exploitation, les mécanismes d'amélioration de l'agilité des applications sans fil en réponse à l'apparition d'interférences inattendues doivent être étudiés; par exemple: des techniques de diversité et des méthodes cognitives d'accès au medium radio.

Afin de définir des mesures adéquates et évaluer leur efficacité, l'assistance d'experts radio est recommandée.

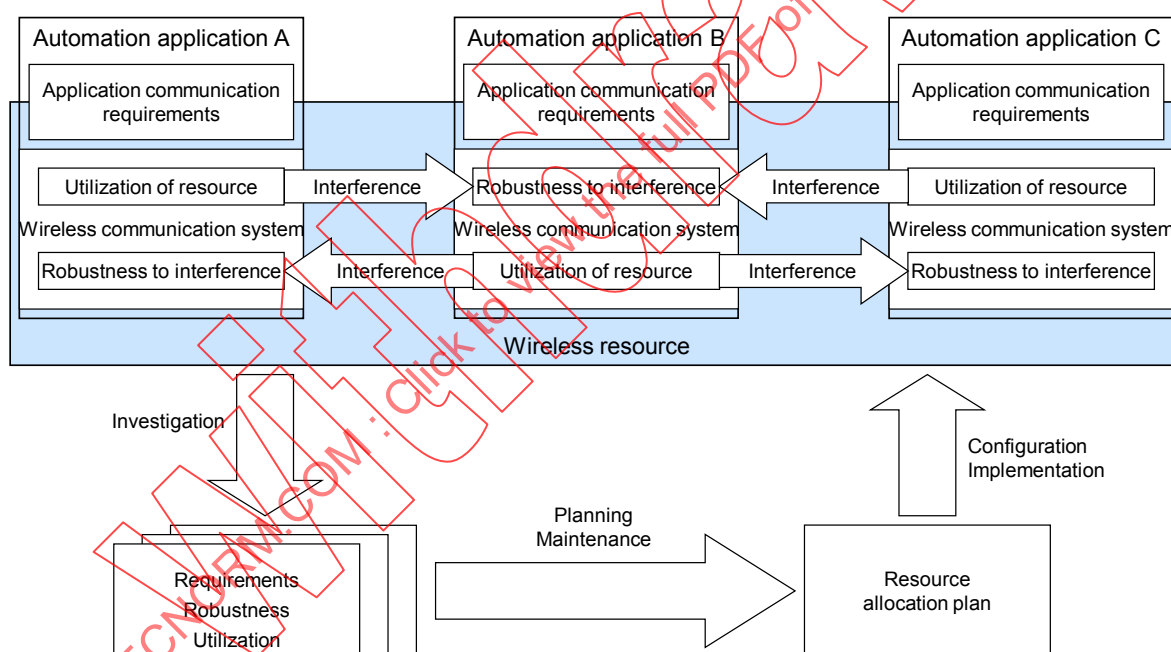
4.7 Modèle conceptuel de coexistence

Pour pouvoir remplir les tâches qui leur sont dévolues, les applications d'automatisation ont des exigences relatives à la communication d'applications. L'une de ces applications d'automatisation est un système choisi de communication sans fil ayant une certaine immunité aux interférences provenant des autres systèmes de communication sans fil. L'utilisation des ressources (fréquences, temps, espace et polarisation) peut interférer avec celle d'autres systèmes de communication sans fil et influencer ainsi sur les applications

d'automatisation connexes. Les conditions de propagation doivent être prises en compte, car elles participent à la qualité de communication d'un système sans fil, tout comme les interférences d'autres systèmes de communication sans fil.

Les exigences de communication de l'application et les caractéristiques du système de communication sans fil (immunité et utilisation) doivent être consignées dans un inventaire. La planification de coexistence résultante 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 de communication sans fil impliqués. La gestion de coexistence ne se limite pas à être une activité lors de la planification du système, il s'agit d'un processus itératif tout au long du cycle de vie du système.

La Figure 5 montre le modèle conceptuel de coexistence. Une application sans fil A a des exigences à satisfaire pour accomplir les tâches pour lesquelles elle est conçue. Cette application A se compose en partie du système de communication sans fil A sélectionné, qui dispose d'une certaine immunité aux interférences des autres systèmes de communication sans fil et dont l'utilisation des ressources peut interférer avec d'autres systèmes de communication sans fil. Une investigation des exigences doit être inventoriée. La planification de coexistence résultante 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 2039/13

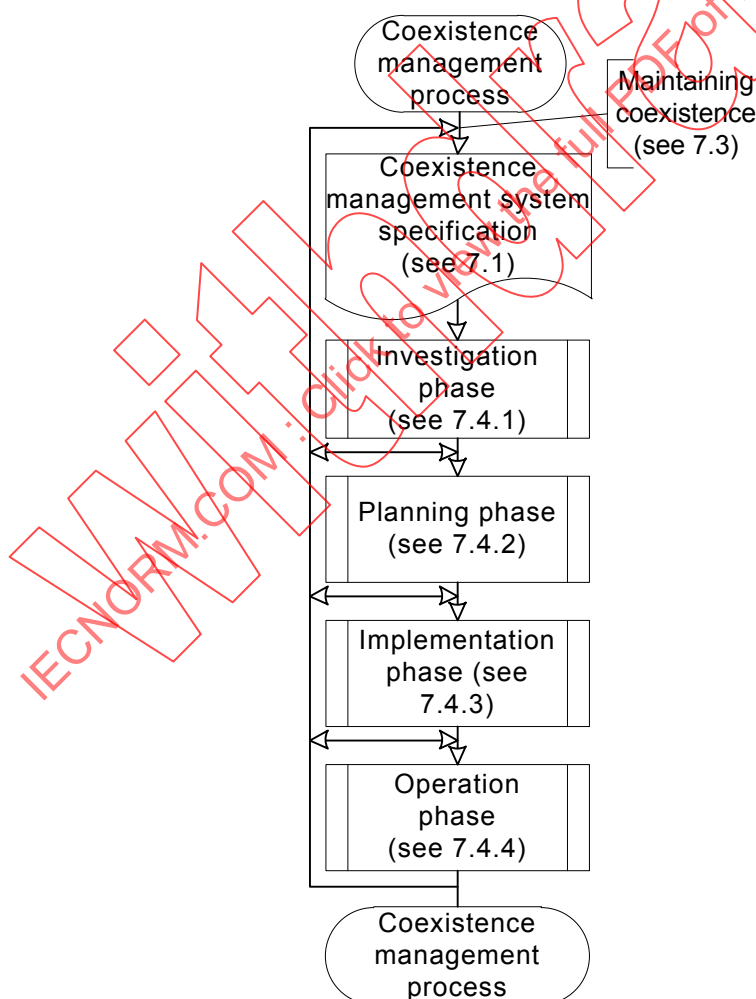
Légende

Anglais	Français
Automation application A	Application d'automatisation A
Application communication requirements	Exigences relatives à la communication d'application
Utilization of resource	Utilisation des ressources
Wireless communication system	Système de communication sans fil
Robustness to interference	Robustesse aux interférences
Interference	Interférences
Automation application B	Application d'automatisation B
Automation application C	Application d'automatisation C

Anglais	Français
Wireless resource	Ressource sans fil
Investigation	Investigation
Requirements	Exigences
Robustness	Robustesse
Utilization	Utilisation
Planning	Planification
Maintenance	Maintenance
Resource allocation plan	Plan d'affectation des ressources
Configuration	Configuration
Implementation	Mise en œuvre

Figure 5 – Modèle conceptuel de coexistence

La Figure 6 détaille en partie le contenu de la Figure 5 sous 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 garder la figure simple. À chaque phase, la documentation doit être complétée et mise à jour. Elle est spécifiée en 7.1.2



IEC 2040/13

Légende

Anglais	Français
Coexistence management process	Processus de gestion de coexistence

Anglais	Français
Maintaining coexistence (see 7.3)	Maintien de la coexistence (voir 7.3)
Coexistence management system specification (see 7.1)	Spécification du système de gestion de coexistence (voir 7.1)
Investigation phase (see 7.4.1)	Phase d'investigation (voir 7.4.1)
Planning phase (see 7.4.2)	Phase de planification (voir 7.4.2)
Implementation phase (see 7.4.3)	Phase de mise en œuvre (voir 7.4.3)
Operation phase (see 7.4.4)	Phase d'exploitation (voir 7.4.4)

Figure 6 – Organigramme du modèle conceptuel de coexistence

4.8 Gestion de coexistence et choix d'une solution de communication sans fil

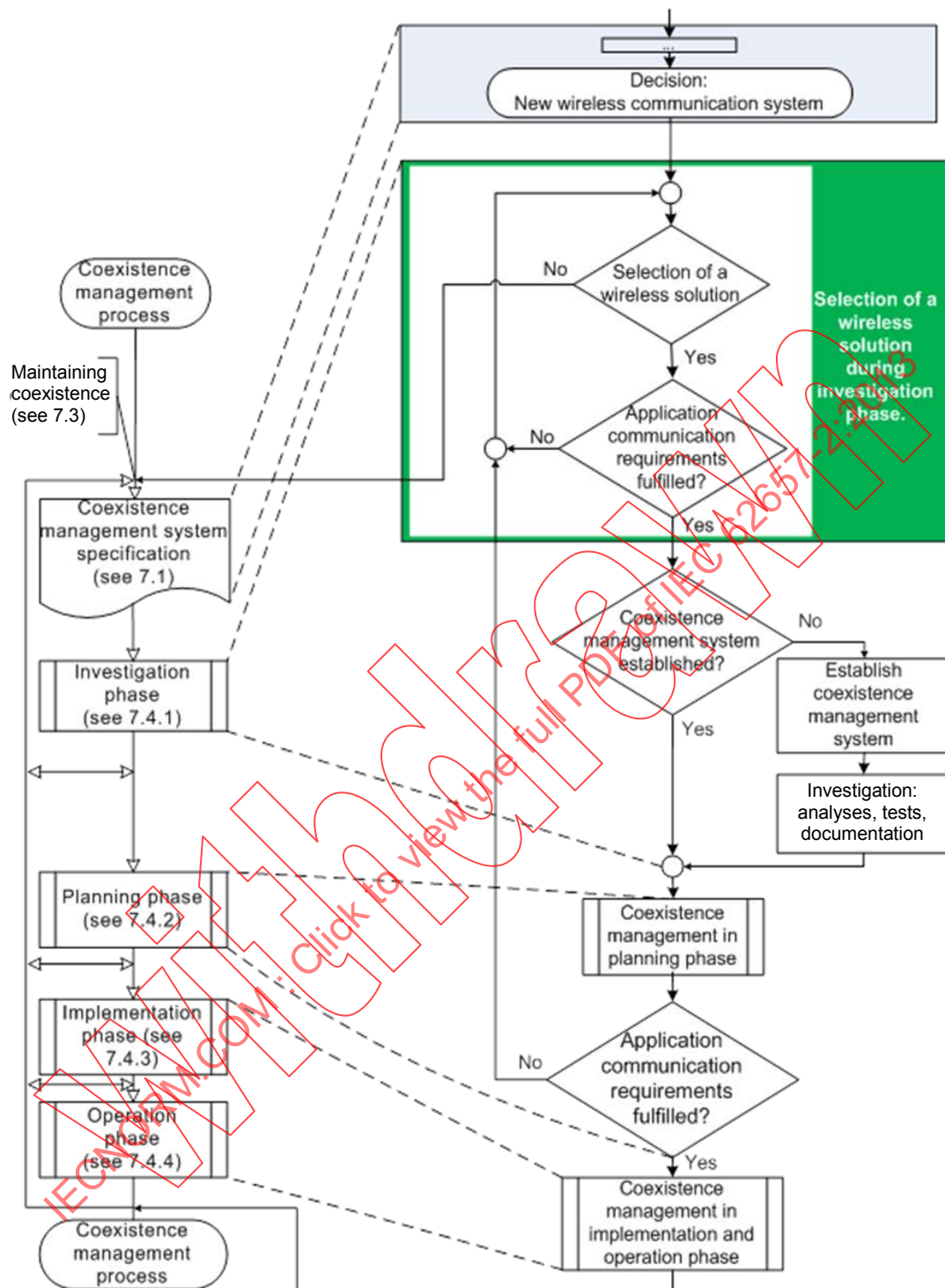
Le point de départ et condition préalable pour la phase de mise en œuvre est que la solution de communication sans fil satisfasse aux exigences qui lui sont propres. La phase d'investigation commence par la revue des exigences du système sans fil et par la détermination de savoir si, oui ou non, le système existant est capable de satisfaire aux exigences relatives à la communication d'applications. Comme partie intégrante de ce processus, de nouveaux systèmes de communication sans fil peuvent être évalués par rapport aux exigences relatives à la communication d'applications. La Figure 7 met en correspondance les décisions et les actions avec l'organigramme montré à la Figure 6.

Tout en vérifiant si une solution de communication sans fil satisfait aux exigences d'une application d'automatisation, la transmission radio doit être analysée pour voir si elle représente une approche raisonnable compte tenu des efforts devant être faits pour atteindre la coexistence. À cet égard, le processus de sélection d'une solution de communication sans fil fait déjà partie du processus de gestion de coexistence.

La décision d'installer un système de communication sans fil doit être suivie de la décision de mettre en œuvre un processus de gestion de coexistence (voir 4.4). Le processus de gestion de coexistence comprend la planification, l'installation, l'exploitation et la maintenance de la coexistence de systèmes de communication 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 être évident qu'une application sans fil choisie ne puisse être intégrée à l'installation existante. Une autre solution de communication sans fil peut être choisie ou bien l'idée d'un système de communication sans fil peut tout simplement être abandonnée. Si, lors de la phase de planification de coexistence, il est établi que toutes les applications 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 la présente partie de la CEI 62657.



IEC 2041/13

Légende

Anglais	Français
Coexistence management process	Processus de gestion de coexistence
Maintaining coexistence (see 7.3)	Maintien de la coexistence (voir 7.3)
Coexistence management system specification (see 7.1)	Spécification du système de gestion de coexistence (voir 7.1)
Investigation phase (see 7.4.1)	Phase d'investigation (voir 7.4.1)
Planning phase (see 7.4.2)	Phase de planification (voir 7.4.2)
Implementation phase (see 7.4.3)	Phase de mise en œuvre (voir 7.4.3)

Anglais	Français
Operation phase (see 7.4.4)	Phase d'exploitation (voir 7.4.4)
Decision: New wireless communication system	Décision: nouveau système de communication sans fil
Selection of a wireless solution	Choix d'une solution sans fil
Selection of a wireless solution during investigation phase	Choix d'une solution sans fil au cours de la phase d'investigation
No	Non
Yes	Oui
Application communication requirements fulfilled?	Exigences relatives à la communication d'application satisfaites ?
Coexistence management system established?	Système de gestion de coexistence établi ?
Establish coexistence management system	Établir un système de gestion de coexistence
Investigation: analyses, tests, documentation	Investigation: analyse, essais, documentation
Coexistence management in planning phase	Gestion de coexistence dans la phase de planification
Coexistence management in implementation and operation phase	Gestion de coexistence dans la phase de mise en œuvre et d'exploitation

Figure 7 – Choix d'un système de communication sans fil au cours du processus de gestion de coexistence

4.9 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

L'Article 5 spécifie les paramètres d'un processus de gestion de coexistence. Ces paramètres ont rapport aux exigences de communication de l'automatisation, aux conditions existantes sur le lieu d'exploitation et caractérisent les appareils et réseaux sans fil.

Leur emploi est spécifié 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.

5.2 Explication des paramètres de coexistence

5.2.1 Sélectivité pour le canal adjacent

La référence bibliographique [12] donne la définition suivante:

"La sélectivité de 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 la référence [12] 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 de champ, sur un niveau de signal souhaité spécifié, exprimé aussi sous forme d'intensité de 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.

5.2.2 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 dB 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.

5.2.3 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.

5.2.4 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 5.2.32). 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 de fréquence par l'équipement sans fil. Les systèmes peuvent également rayonner accidentellement hors de la bande passante définie. Cela est susceptible de provoquer une interférence de canal adjacent (pour un canal contigu) ou même une interférence de second canal adjacent (pour un canal derrière le canal contigu).

L'unité d'expression de ce paramètre doit être le hertz (Hz).

5.2.5 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 normalement pas identique à celui de l'interface de communication. Un fort débit binaire de la liaison physique n'implique pas nécessairement une qualité de service élevée.

5.2.6 Fréquence centrale

Certaines normes pour appareils sans fil définissent les canaux radio par la fréquence centrale et la largeur de bande. Ainsi, la fréquence centrale indique la position d'un canal radio dans le spectre des fréquences. Cette fréquence centrale doit être calculée à partir des fréquences de coupure correspondantes. Elle est la moyenne géométrique de la fréquence de coupure supérieure et de la fréquence de coupure inférieure.

L'unité d'expression de ce paramètre doit être le hertz (Hz).

5.2.7 Caractéristiques du lieu de fonctionnement

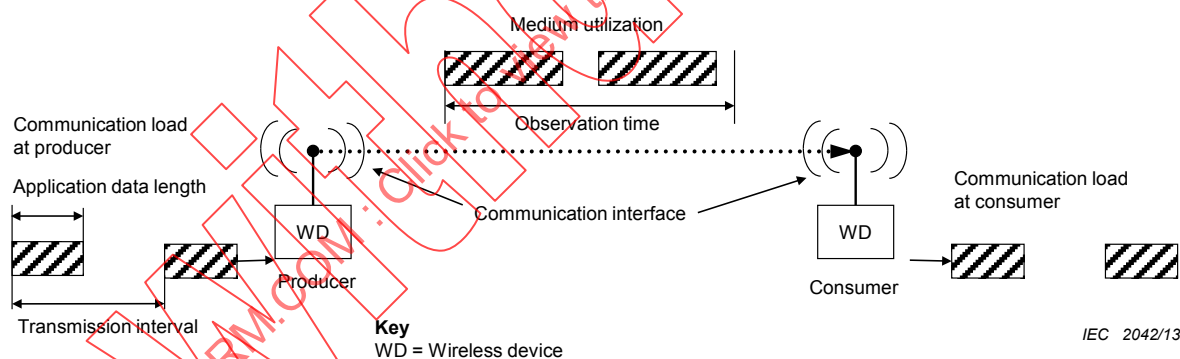
Les lieux de fonctionnement suivant doivent être considérés:

- en intérieur;
- en extérieur;
- en intérieur et extérieur.

Pour les lieux de fonctionnement intérieurs, il est bon 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 ou de l'usine de transformation

5.2.8 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, conformément à la Figure 8. Elle est le ratio de la longueur des données utilisateur sur l'intervalle d'émission.



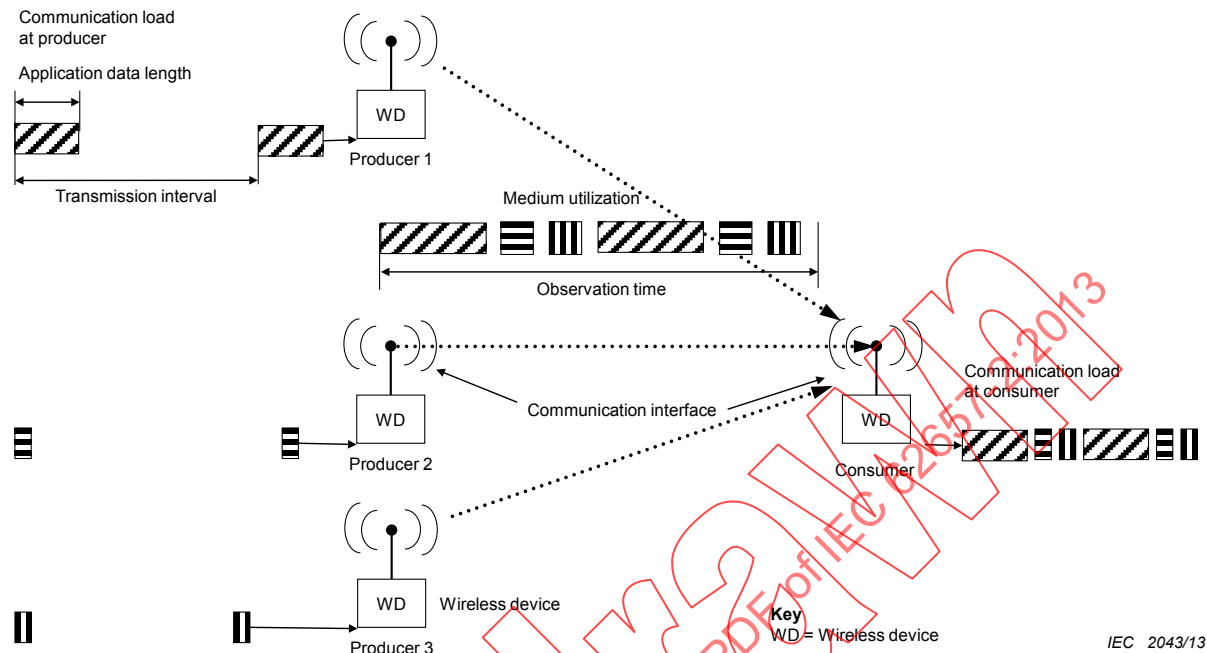
IEC 2042/13

Légende

Anglais	Français
Medium utilization	Utilisation du medium
Observation time	Durée d'observation
Communication load at producer	Charge de communication chez le producteur
Application data length	Longueur de données de l'application
Transmission interval	Intervalle d'émission
WD (Producer)	WD (Producteur)
Communication interface	Interface de communication
WD (Consumer)	WD (Consommateur)
Communication load at consumer	Charge de communication chez le client
Key	Légende
WD = Wireless device	WD = Appareil sans fil

Figure 8 – Charge de communication avec deux appareils sans fil

Toutefois, l'utilisation effective du medium dépend de la solution sans fil employée. Dans l'exemple à la Figure 9, la charge de communication est présentée pour plus de deux éléments radio.



Légende

Anglais	Français
Communication load at producer	Charge de communication chez le producteur
Application data length	Longueur de données de l'application
Transmission interval	Intervalle d'émission
WD (Producer 1)	WD (Producteur 1)
Medium utilization	Utilisation du medium
Observation time	Durée d'observation
Communication interface	Interface de communication
WD (Producer 2)	WD (Producteur 2)
WD (Producer 3)	WD (Producteur 3)
Wireless device	Wireless device (appareil sans fil)
WD (Consumer)	WD (Consommateur)
Communication load at consumer	Charge de communication chez le client
Key	Légende
WD = Wireless device	WD = Appareil sans fil

Figure 9 – Charge de communication avec plusieurs appareils sans fil

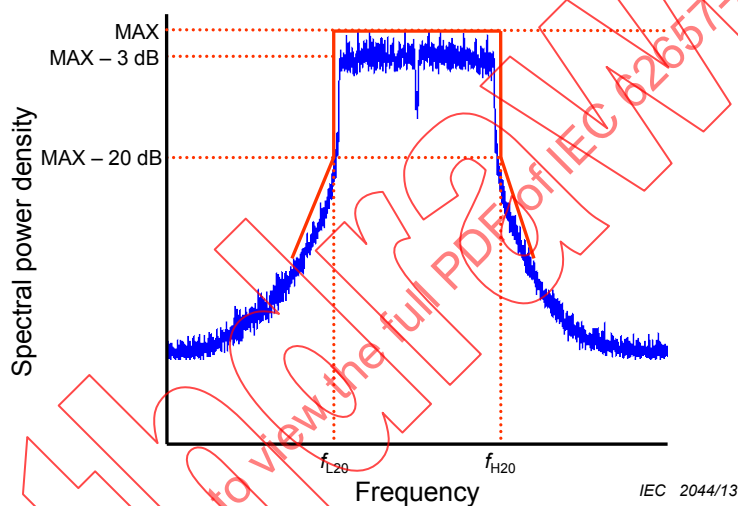
5.2.9 Fréquence de coupure

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 sur un système LAN sans fil. Le niveau initial est la densité spectrale de puissance émise maximale. Pour ce niveau maximal, une certaine valeur est retranchée, par exemple 20 dB. 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". Pareillement, 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 d'émissions parasites.

Les fréquences de coupure déterminent la bande passante d'un système et ainsi l'utilisation du medium en termes de fréquences. Elles peuvent, en outre, servir à calculer la fréquence centrale.



Légende

Anglais	Français
Spectral power density	Densité spectrale de puissance
MAX	MAX
MAX - 3 dB	MAX - 3 dB
MAX - 20 dB	MAX - 20 dB
f_{L20}	f_{L20}
f_{H20}	f_{H20}
Frequency	Fréquence

Figure 10 – Fréquences de coupure dérivées à partir du niveau de puissance maximal

L'unité d'expression de ce paramètre doit être le hertz (Hz).

5.2.10 Débit de données

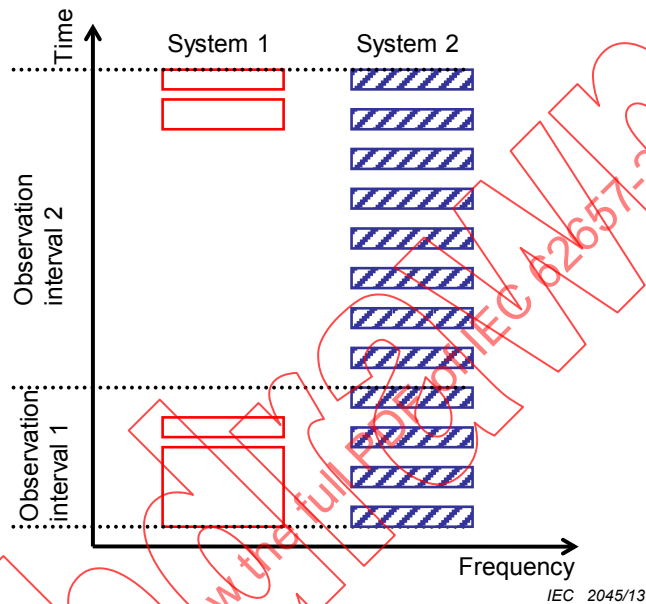
Le débit de données est important pour le transfert de grandes quantités de données (par exemple: la transmission de lourds ensembles de données de paramétrage à des variateurs ou le téléchargement de programmes dans des appareils de terrain complexes).

Le débit de données est le nombre d'octets ou chiffres binaires utilisables transférés chez un client, de l'interface de communication vers l'application, par unité de temps.

La moyenne d'une série de mesures peut être utilisée pour évaluer la coexistence, en la comparant avec une valeur donnée par l'application d'automatisation.

5.2.11 Cycle de service

Le cycle de service est le ratio de la séquence de l'émetteur référencée sur une période d'observation donnée pour le canal radio utilisé. Le choix de la période d'observation influe sur la valeur du cycle de service. Cela est illustré à la Figure 11. Sur la période d'observation 1, le cycle de service du système 1 est supérieur à celui du système 2. Par contre, pour le système 1, avec la période d'observation 2, il est inférieur.



Légende

Anglais	Français
Time	Temps
System 1	Système 1
System 2	Système 2
Observation interval 2	Période d'observation 2
Observation interval 1	Période d'observation 1
Frequency	Fréquence

Légende

rouge (cases vides) = système 1
hachures (zébrées) bleues = système 2

Figure 11 – 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 d'émission type d'un profil d'application. L'intervalle d'émission est ainsi l'écart temporel entre deux transmissions de données utilisateur depuis l'application d'automatisation. Les valeurs de période d'observation utilisées doivent donc être celles qui sont montrées dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Valeurs de période d'observation en fonction du profil d'application

Profil d'application	Machine	Atelier de production	Usine de transformation
Intervalle d'émission	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 medium dans le temps. Un cycle de service faible donne une faible utilisation du medium et, de là, une plus faible influence sur les autres utilisateurs de fréquence.

Ce paramètre doit être exprimé en pourcent (%).

5.2.12 Puissance apparente rayonnée (PIRE, PAR)

P.I.R.E. et P.A.R. sont des paramètres qui expriment la puissance fournie à une antenne multipliée par le gain de l'antenne dans une direction donnée. La puissance fournie à une antenne est obtenue en intégrant la densité spectrale de puissance sur toute la bande passante. Si la direction d'une antenne n'est pas spécifiée, la direction du gain maximal est alors supposée. La puissance apparente rayonnée tient compte des pertes de la ligne de transmission et des connecteurs (voir [11]), de sorte que la puissance rayonnée totale est inférieure à la puissance fournie à l'antenne.

Pour les fréquences inférieures à 1 GHz, la référence pour le gain d'antenne est un doublet demi-onde. Cette puissance apparente rayonnée est abrégée en "PAR". Pour les fréquences supérieures à 1 GHz, la référence pour le gain d'antenne est une antenne isotrope théorique. Cette puissance apparente rayonnée est appelée puissance isotrope rayonnée équivalente (PIRE).

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 et la PAR sont les paramètres fondamentaux pour estimer le niveau de puissance en un endroit précis. La relation entre la PIRE et la PAR est clarifiée par l'exemple suivant.

EXEMPLE En utilisant une antenne avec un gain d'antenne de 3 dBi (voir aussi 5.2.1), pour satisfaire à l'exigence d'une PIRE ≤ 20 dBm, la puissance d'émission en entrée de l'antenne ne peut dépasser 17 dBm.

L'unité d'expression de ce paramètre doit être le watt (W).

5.2.13 Procédure de saut de fréquence

La procédure de saut de fréquence doit comporter la séquence des canaux de fréquences et la durée du saut de fréquence.

5.2.14 Plan d'extension future

Il convient de tenir compte des plans d'extension future. L'installation de nouvelles solutions de communication sans fil et la construction de nouveaux bâtiments peuvent en effet influencer sur les conditions de communication sans fil.

5.2.15 Dimensions géographiques de l'installation

Pour les besoins de la coexistence de communications sans fil, les dimensions géographiques de l'installation sont la longueur, la largeur et la hauteur de l'espace dans lequel a lieu la propagation de la communication sans fil du système installé. Il convient également de prendre en compte la zone de fonctionnement (l'atelier pour une machine, par exemple).

5.2.16 Composants de l'infrastructure

Les composants de l'infrastructure sont des appareils, tels que des routeurs ou des stations de base, sans lien direct avec l'application d'automatisation. Ils sont nécessaires pour construire le système de communication conformément à la technologie ou à la norme. Ils peuvent certes améliorer la robustesse d'un réseau, mais ils interfèrent aussi avec d'autres systèmes de communication sans fil.

Les routeurs ou stations de base ayant une interface avec des réseaux industriels filaires ou réalisant des fonctions d'application d'automatisation ne sont pas répertoriés parmi les composants de l'infrastructure, mais parmi les appareils sans fil.

5.2.17 Initiation de la transmission de données

Ce paramètre spécifie de quelle manière l'application débute le transfert de données: périodiquement, apériodiquement ou stochastiquement. Un transfert périodique est susceptible de résulter en 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.

5.2.18 Longueur des données utilisateur par intervalle d'émission

La longueur des données utilisateur affecte la charge de communication et est susceptible de causer la séparation temporelle des systèmes de communication sans fil.

5.2.19 Restrictions imposées par les voisins de l'installation

Les voisins de l'installation sont susceptibles d'imposer des limites à la communication sans fil; par exemple: des radiosources à forte puissance et des équipements sensibles.

5.2.20 Temps de maintien maximal

Le temps de maintien maximal est la durée pendant laquelle un système est assigné à un canal particulier. Si le système réclame une réaction immédiate, ce paramètre et le temps mort doivent être examinés. Il n'est pertinent que pour les systèmes à saut de fréquence. Le temps de maintien maximal est représenté à la Figure 12 par t_{DW} max.

Le temps de maintien spécifié l'agilité d'un système à saut de fréquence. Le temps de maintien et le nombre de canaux radio peuvent être utilisés ensemble pour estimer la fréquence d'apparition du système dans un canal donné.

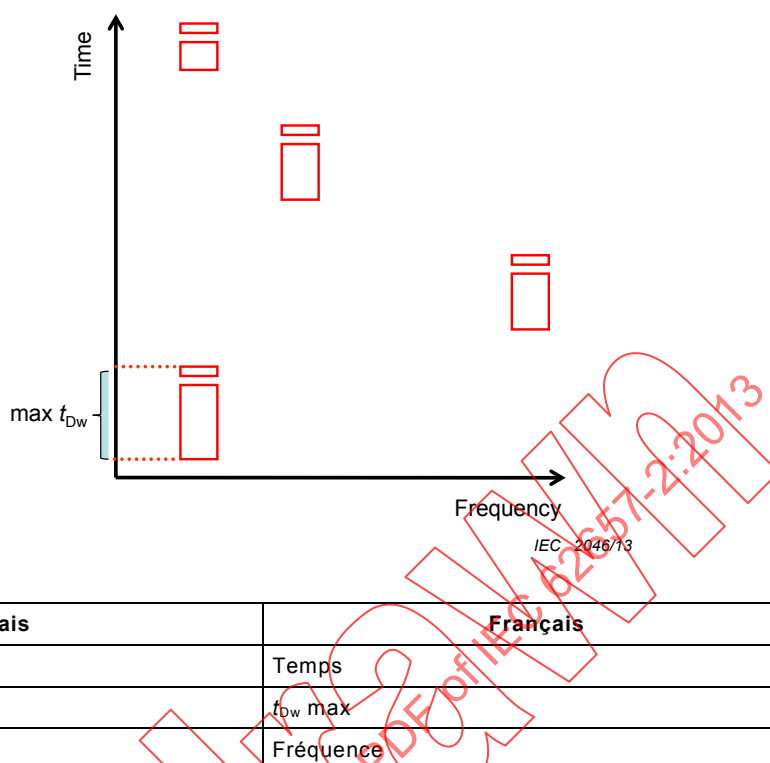


Figure 12 – Temps de maintien maximal

L'unité d'expression de ce paramètre doit être la seconde (s).

5.2.21 Nombre maximal de retransmissions

Ce paramètre décrit la fréquence à laquelle les données utilisateur sont automatiquement retransmises par la pile de communication à cause 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. Si possible, il convient également d'expliquer les détails du mécanisme (par exemple: les temps d'attente). Ce paramètre peut avoir un impact significatif sur l'utilisation du medium.

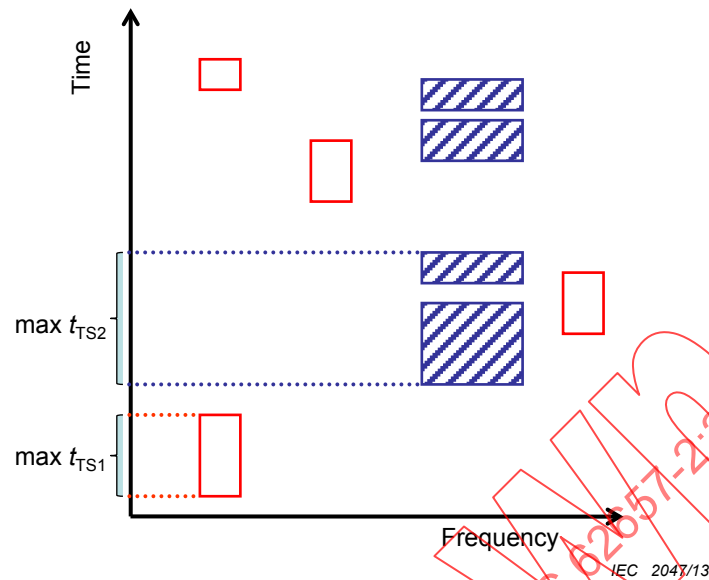
5.2.22 Séquence maximale d'émetteur

La séquence maximale d'émetteur est la durée maximale d'utilisation d'un canal radio par un émetteur. Si une demande réclame une réponse immédiate et le medium 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. Ainsi, à la **Légende**

rouge (cases vides) = système 1

hachures (zébrées) bleues = système 2

Figure 13, la séquence maximale d'émetteur du système 1 est t_{TS1} et la séquence maximale d'émetteur du système 2 est t_{TS2} .



Légende

Anglais	Français
Time	Temps
$\max t_{TS2}$	$t_{TS2} \max.$
$\max t_{TS1}$	$t_{TS1} \max.$
Frequency	Fréquence

Légende

rouge (cases vides) = système 1
hachures (zébrées) bleues = système 2

Figure 13 – Séquence maximale d'émetteur

Pour les systèmes à saut de fréquence, cette durée doit être prise en compte pour chaque canal de fréquences utilisé. La séquence maximale d'émetteur donne une idée du temps occupé maximal. En réalité, les applications peuvent n'en utiliser qu'une petite fraction. Par conséquent, il convient de tenir compte aussi du cycle de service.

L'unité d'expression de ce paramètre doit être la seconde (s).

5.2.23 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 minimiser l'utilisation du medium. 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:

- gestionnaire de coexistence: un élément central aux systèmes commande l'utilisation du medium;

- détection et évitement (DAA): si le canal est occupé, changer de canal (par exemple: AFH);
- détection et suppression (DAS): si le canal est occupé, ne pas émettre (par exemple: "listen before talk ", à savoir écoute du canal avant d'émettre);
- 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.

5.2.24 Mécanisme de contrôle d'accès au medium

Le contrôle de l'accès au medium garantit, par exemple, qu'une demande de communication est satisfaite tant que le medium est libre (voir CSMA, par exemple, dans l'IEEE 802.3 [14]) ou qu'il affecte la demande à des intervalles de temps bien définis (voir AMRT, par exemple, dans l'IEEE 802.15.4 [18]). Il est possible de combiner ces deux mécanismes d'accès, ainsi que d'autres. Bien que leur objet principal soit de contrôler l'accès au medium au sein d'un système de communication sans fil, ils influent néanmoins sur l'immunité et l'utilisation du medium du système. Ils doivent donc être pris en compte dans le processus de gestion de coexistence.

5.2.25 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. On connaît les modulations analogiques et numériques. Les modulations numériques peuvent être combinées à des schémas d'étalement afin d'améliorer la robustesse d'un signal physique.

5.2.26 Conditions environnementales naturelles

Les conditions environnementales naturelles, telles que la température, l'humidité ou la pression atmosphérique, peuvent influencer sur les conditions de propagation.

5.2.27 Paramètres de caractérisation d'appareil

Pour chaque appareil, les paramètres types de l'appareil, tels que le modèle, le fabricant, la version du matériel, doivent être indiqués.

5.2.28 Autres utilisateurs de fréquence

Ce paramètre correspond aux autres utilisateurs de fréquence émettant des ondes radio sans transférer de données, tels que les soudeuses, les moteurs électriques, les convertisseurs de fréquence fonctionnant au même endroit. Le type des autres utilisateurs de fréquence et leur utilisation du medium doivent être connus.

5.2.29 Taux de perte de paquets (TPP)

Le taux de perte de paquets révèle combien de paquets, transférés de l'application vers l'interface de communication chez le producteur, sont transmis de l'interface de communication à l'application au sein du client.

Le taux de perte de paquets est déterminé comme suit:

$$TPP = \frac{N_t - N_r}{N_t}$$

où

N_t est le nombre de paquets émis;

N_r est le nombre de paquets correctement reçus.

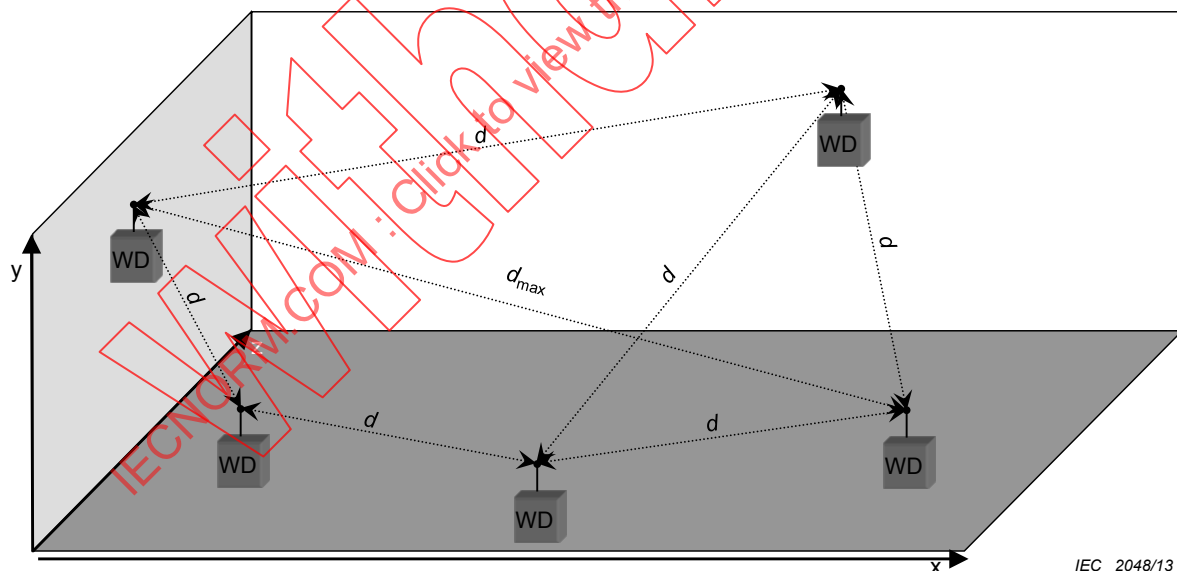
Si une application attend un paquet au plus tard à l'instant t_{DL} , tous les paquets avec un temps de transmission supérieur à t_{DL} doivent être considérés comme perdus ($N_t - N_r$). Pour évaluer la coexistence, on doit démontrer combien une application d'automatisation est capable de tolérer de pertes de paquets avant que l'installation ne tombe en indisponibilité. Le nombre d'indisponibilités d'une installation définit sa disponibilité, qui est le critère de qualité primordial de la communication radio.

5.2.30 Liaisons physiques

Le nombre de liaisons physiques comprend toutes les communications physiques entre deux appareils sans fil d'un système de communication sans fil. Il n'existe qu'une seule liaison physique entre deux appareils sans fil. Lorsque des appareils sans fil disposent de modules sans fil redondants, par exemple pour des canaux de communication différents, les liaisons physiques correspondantes doivent être comptées séparément. Il n'est pas nécessaire qu'il existe une liaison physique entre deux 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.

5.2.31 Positions et éloignements des appareils sans fil

Il convient que les positions de tous les appareils sans fil d'une application d'automatisation soient consignées dans un schéma d'implantation de l'application. La Figure 14 indique les distances entre des appareils sans fil dans un espace tridimensionnel. Ces distances peuvent varier de façon dynamique avec des éléments radio mobiles.



Légende

d distance (m)

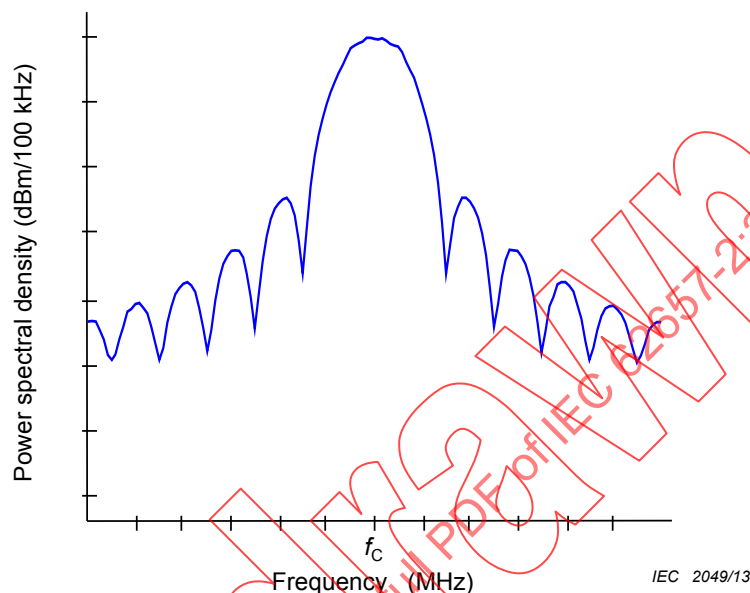
WD appareil sans fil

Figure 14 – Éloignement des composants radio

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 l'éloignement des appareils sans fil d'autres systèmes sans fil de façon à réduire autant que possible les niveaux de puissance des signaux brouilleurs. On réduit ainsi l'interférence des autres systèmes sans fil.

5.2.32 Densité spectrale de puissance (DSP)

La densité spectrale de puissance 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 15 pour un système IEEE 802.15.4[18].



Légende

Anglais	Français
Power spectral density (dBm/100 kHz)	Densité spectrale de puissance (dBm/100 kHz)
f_c	f_c
Frequency (MHz)	Fréquence (MHz)

Figure 15 – Densité spectrale de puissance d'un système IEEE 802.15.4

La DSP présentée à la Figure 15 donne une image globale de la puissance du signal dans le spectre de fréquences pour la gestion de coexistence.

L'unité d'expression de ce paramètre doit être le décibel par rapport à un milliwatt pour cent kilohertz (dBm/100 kHz) sur la gamme de fréquences considérée.

5.2.33 Objet de l'application d'automatisation

L'objet de l'application d'automatisation est un paramètre qui apporte une vue d'ensemble utile des exigences de communication de l'application.

5.2.34 Canal radio

Un canal radio se caractérise par une fréquence centrale et une largeur de bande ou par des fréquences de coupure supérieure et inférieure. Mais c'est principalement la première formule qui est utilisée. Dans le processus de gestion de coexistence, il est plus aisé de traiter avec des canaux radio qu'avec des fréquences centrales et de coupure et des largeurs de bande. Un équipement peut être capable de fonctionner dans plus d'un canal radio. Un canal peut être configuré de façon statique ou sélectionné automatiquement au cours du démarrage. De plus, un système peut sélectionner individuellement des canaux parmi un nombre spécifié de canaux selon un certain ordre au cours du fonctionnement. On appelle cela le saut de fréquence ou l'agilité de fréquence. La séquence de sauts peut être adaptée aux conditions

de propagation. Du fait de ces options, une description détaillée de l'utilisation des canaux au cours du fonctionnement est requise pour la gestion de coexistence.

Ce paramètre doit être exprimé sous forme d'un nombre entier non signé.

5.2.35 Conditions de propagation radio

Les conditions de propagation influent sur la robustesse d'un système de communication sans fil, ainsi que sur les interférences provenant d'autres systèmes de communication sans fil. Elles dépendent de la fréquence utilisée, de la dimension et des caractéristiques du lieu de fonctionnement, des conditions environnementales naturelles et de l'intervisibilité. Cette dernière s'attache aux LOS, NLOS et OLOS entre deux appareils sans fil.

5.2.36 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 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 d'expression de ce paramètre doit être le décibel par rapport à un milliwatt (dBm).

5.2.37 Niveau maximal en entrée de récepteur

Les niveaux de signal au-dessus du niveau maximal en entrée de récepteur perturbent ou interrompent le récepteur. Lorsqu'ils sont associés aux valeurs de puissance transmise du système et des brouilleurs, et en tenant compte des conditions de propagation, l'éloignement minimal des autres équipements peut être estimé.

L'unité d'expression de ce paramètre doit être le décibel par rapport à un milliwatt (dbm).

5.2.38 Sensibilité de récepteur

La sensibilité de récepteur correspond à sa propension à pouvoir bien accepter des signaux utiles en l'absence d'interférences (voir aussi la référence [12]). 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 d'expression de ce paramètre doit être le décibel par rapport à un milliwatt (dBm).

5.2.39 Règlement régional des radiocommunications

Le règlement régional des radiocommunications spécifie 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 locaux de radiocommunications auxquelles le système/appareil se conforme (par exemple: l'ETSI EN 300 328 [13]).

5.2.40 Déplacement relatif

Lors de la planification des déplacements possibles des éléments radio mobiles ou amovibles, les mêmes critères que pour les distances statiques doivent être pris en compte.

La vitesse relative entre des éléments radio ainsi que leurs trajectoires peuvent affecter le comportement de la transmission radio en termes temporels et d'erreurs, et donc nuire à la coexistence.

L'unité d'expression de ce paramètre doit être le mètre par seconde (m/s).

5.2.41 Fiabilité requise

Les exigences de fiabilité de la communication sans fil doivent être spécifiées. D'autres solutions de communication sans fil sont susceptibles de dégrader la fiabilité de l'application sans fil ciblée. Il convient donc que les niveaux de fiabilité tolérables pour l'application soient clarifiés.

5.2.42 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.

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 communication d'un client et l'instant où le dernier bit ou octet du paquet de confirmation est livré à l'interface de communication du même client, qui peut être affecté à la demande.

Cela implique que le temps de réponse est composé d'au moins une durée de transmission entre le client et le serveur et une durée de transmission entre le serveur et le client. Mais on doit aussi y ajouter le temps de traitement dans le serveur.

La communication entre le client et le serveur peut être réalisée directement via un élément de l'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 d'expression de ce paramètre doit être la seconde (s).

5.2.43 Niveau de sécurité requis

Les exigences de cyber-sécurité sont susceptibles de nuire à la gestion de coexistence. Certaines solutions de communication sans fil sensibles sont susceptibles de nécessiter une séparation physique d'autres types de systèmes de communication sans fil ou bien une distance d'isolement par rapport aux limites du site.

5.2.44 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. Elle est par ailleurs une donnée essentielle à prendre en

compte pour la séparation spatiale des applications radio. Lors du positionnement de plusieurs appareils sans fil, la hauteur de montage de l'antenne doit être considérée.

L'unité d'expression de ce paramètre doit être le mètre (m).

5.2.45 Réponse parasite

Il s'agit de la sortie de récepteur due à des signaux indésirables (c'est-à-dire avec des fréquences hors du canal de fréquences réglé) qui est spécifiée en termes des fréquences et niveaux de signal qui produisent une telle sortie de récepteur indésirable.

L'unité d'expression de ce paramètre doit être le décibel (dB).

5.2.46 Topologie

La topologie décrit la structure et la composition d'une application radio. Les topologies de base sont:

- point à point;
- réseau:
 - ligne,
 - étoile,
 - cellulaire,
 - arbre,
 - maille.

Des combinaisons de ces topologies de base sont possibles. Cette information peut servir à évaluer la couverture prévue d'une solution sans fil.

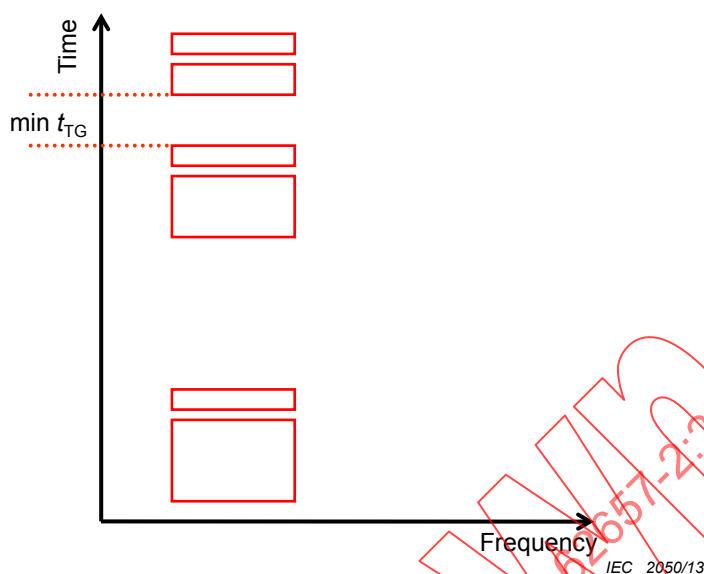
5.2.47 Puissance totale rayonnée (PTR)

La puissance totale rayonnée 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 d'expression de ce paramètre doit être le watt (W).

5.2.48 Écart d'émission

L'écart d'émission minimal est l'intervalle temporel entre deux utilisations successives de canal par un émetteur. Si une demande nécessite une réponse immédiate, le temps mort n'est pas pris en compte. À la Figure 16, l'écart de transmission minimal est indiqué par t_{TG} .

**Légende**

Anglais	Français
Time	Temps
$\min t_{TG}$	$t_{TG} \text{ min.}$
Frequency	Fréquence

Figure 16 – Écart d'émission minimal

Pour les systèmes à saut de fréquence, l'écart d'émission minimal s'applique aux canaux utilisés et non entre des transmissions de canaux différents. L'écart de transmission minimal 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 d'expression de ce paramètre doit être la seconde (s).

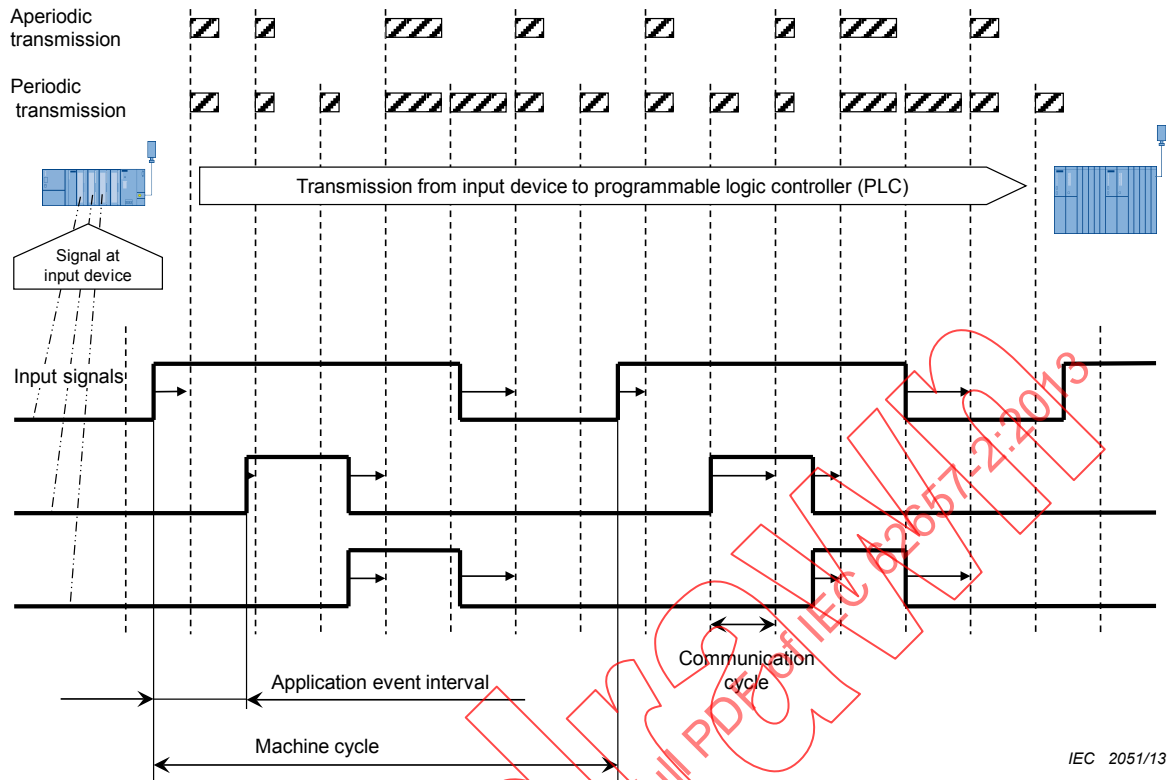
5.2.49 Intervalle d'émission

L'intervalle d'émission 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 17 décrit la relation entre le cycle de la machine ou de l'installation, l'intervalle d'émission et le cycle de communication. Généralement, les applications d'automatisation industrielles suivent les cycles du processus de production. Lors d'un tel cycle de machine ou installation, un certain nombre d'événements se produit qui doit être transmis via un medium de communication sans fil. Dans le cas d'une transmission périodique, le cycle de communication doit être plus court que l'intervalle d'émission. Pour une transmission de données apériodique, l'intervalle d'émission est la durée la plus courte possible entre deux demandes de transfert.

L'unité d'expression de ce paramètre doit être la seconde (s).

Medium utilization



IEC 2051/13

Légende

Anglais	Français
Medium utilization	Utilisation du medium
Aperiodic transmission	Transmission aperiodique
Periodic transmission	Transmission periodique
Transmission from input device to programmable logic controller (PLC)	Transmission de l'appareil d'entrée à l'automate programmable (PLC)
Signal at input device	Signal à l'appareil d'entrée
Input signals	Signaux en entrée
Application event interval	Intervalle d'événement d'application
Communication cycle	Cycle de communication
Machine cycle	Cycle de machine

Figure 17 – Cycle de communication, intervalle d'événements d'application et cycle de machine

5.2.50 Durée de transmission

La durée de transmission est un instrument adéquat pour évaluer la coexistence pour les applications d'automatisation avec transfert événementiel. La transmission d'un changement d'état dans un capteur de proximité en est un bon exemple.

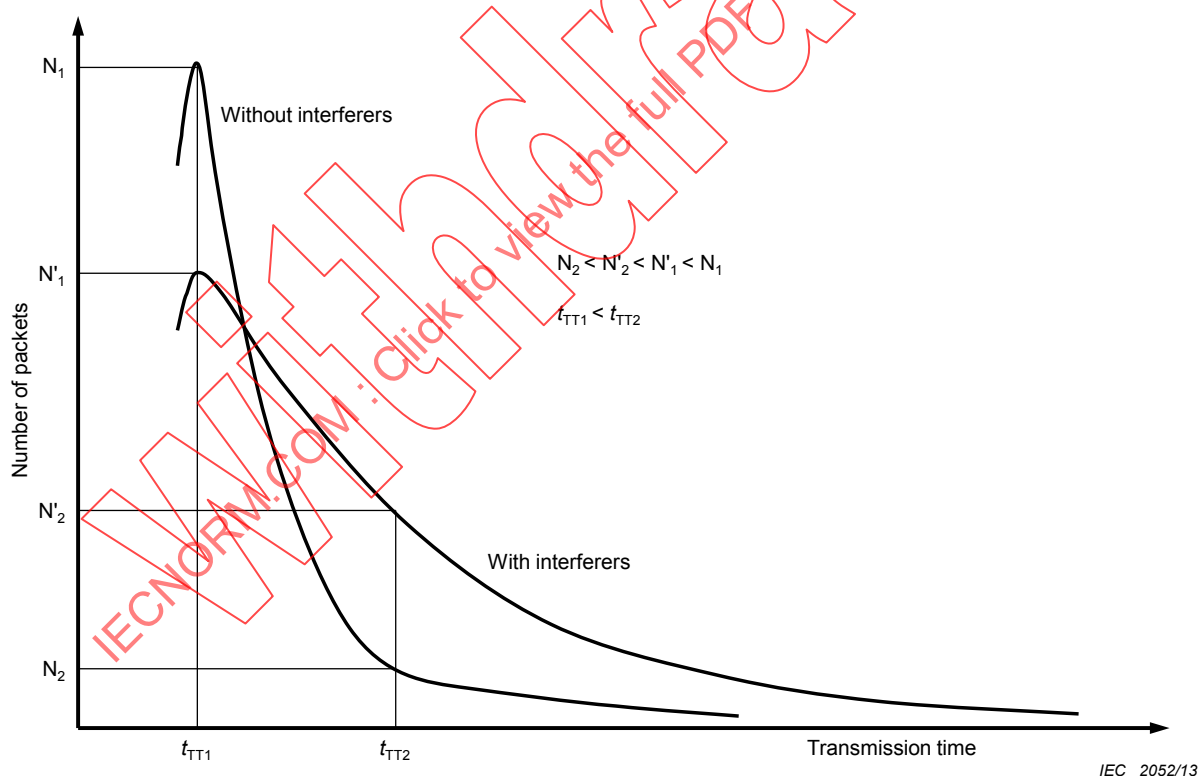
La durée de transmission est l'intervalle temporel entre le début de la livraison du premier octet de données utilisateur d'un paquet à l'interface de communication d'un producteur et la livraison du dernier octet de données utilisateur du même paquet depuis l'interface de communication d'un client.

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. Autrement, la transmission correspondante doit être évaluée comme une perte de paquet (voir aussi 5.2.29).

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 18 montre des fonctions de densité des durées de transmission de solutions radio obtenues à partir de mesures 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, par exemple t_{TT2} , 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, par exemple t_{TT1} , 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 medium libre ou des retransmissions car des paquets ont été perdus, par exemple.

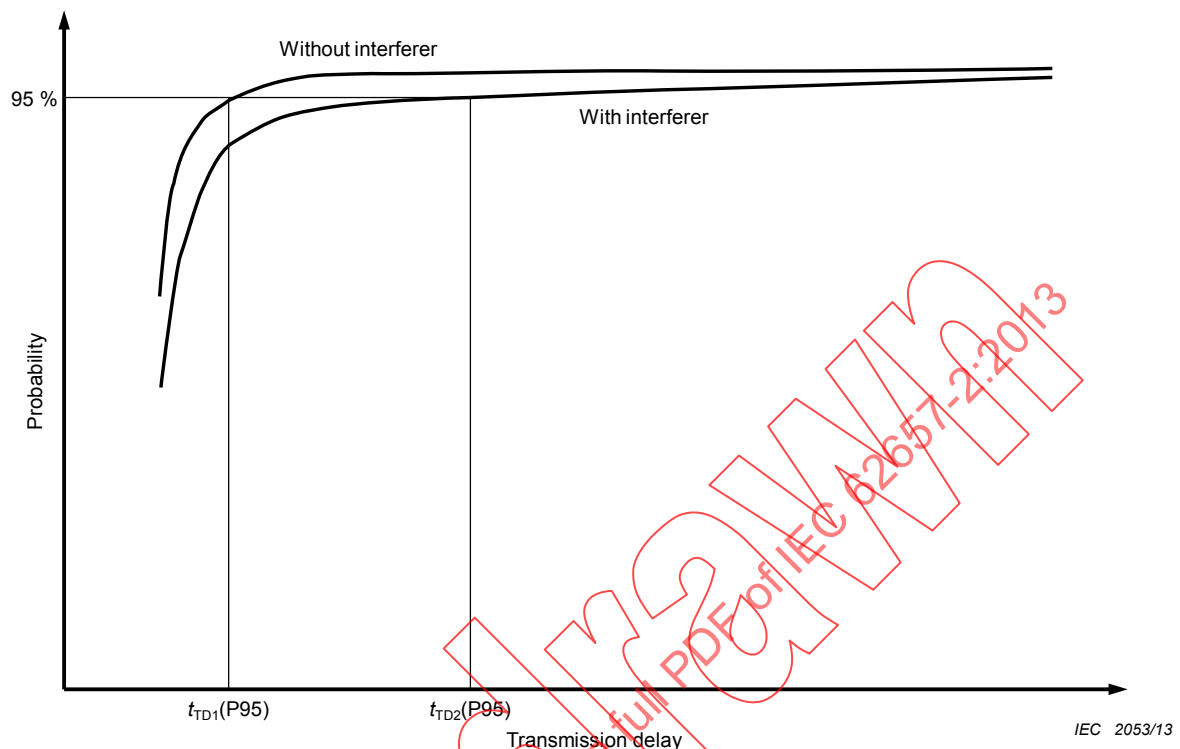


Légende

Anglais	Français
Number of packets	Nombre de paquets
Without interferers	Sans brouilleurs
With interferers	Avec brouilleurs
Transmission time	Durée de transmission

Figure 18 – Exemple de fonctions de densité de durées de transmission

La Figure 19 montre 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.



Légende

Anglais	Français
Probability	Probabilité
Without interferer	Sans brouilleur
With interferer	Avec brouilleur
Transmission delay	Temps de transmission

Figure 19 – 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 radio, sont une mesure de la force d'influence sur la solution radio. Pour cette évaluation relative, les paramètres de répartition sont des instruments adaptés, par exemple le quantile. Le quantile P95 est une valeur courante (voir Figure 19). Dans 95 % de toutes les transmissions, cette valeur n'est pas dépassée. L'expérience prouve que la valeur P95 est un bon compromis entre la taille requise 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 requise 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 possède une certaine probabilité qui peut être calculée si les équations fonctionnelles des courbes de la Figure 18 et de la Figure 19 sont connues. La fiabilité des calculs dépend de la taille d'échantillon de la mesure sur laquelle les équations fonctionnelles sont fondées.

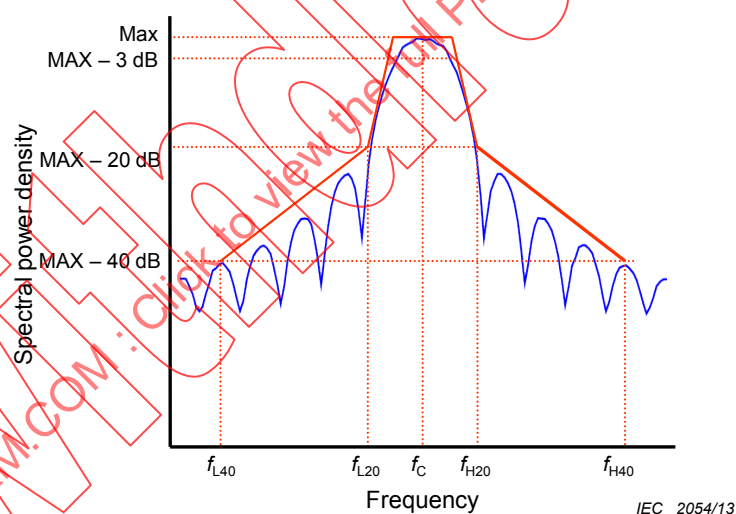
En outre, la valeur maximale de la durée de transmission peut être déterminée analytiquement en prenant la valeur maximale pour tous les segments temporels. Cette valeur maximale ne convient pas pour évaluer la coexistence car, dans ce cas, pour les segments temporels influencés par d'autres applications radio, la valeur maximale doit également être prise.

Il convient également de tenir compte dans la durée de transmission du retard d'accès au medium.

L'unité d'expression de ce paramètre doit être la seconde (s).

5.2.51 Gabarit spectral d'émetteur

L'enveloppe de densité spectrale de puissance peut être caractérisée par un certain nombre de points particuliers créant un gabarit spectral d'émetteur tel que celui présenté à la Figure 20 pour un système IEEE 802.15.4 [18]. Il s'agit d'une simplification acceptable pour la gestion de coexistence. Des gabarits spectraux d'émetteur précis sont définis dans un document normatif. La présente partie de la CEI 62657 ne se limite pas à la puissance dans le canal utile; elle considère aussi les canaux adjacents et seconds canaux adjacents. La densité spectrale de puissance doit rester dans les limites spécifiées par le gabarit spectral d'émetteur. Le profil spectral de la puissance rayonnée par l'émetteur peut servir à refléter la qualité de l'équipement en termes de coexistence si le gabarit spectral d'émetteur est nettement plus petit que ce que réclame la norme correspondante.



Légende

Anglais	Français
Spectral power density	Densité spectrale de puissance
Max	Max
MAX -3 dB	MAX -3 dB
MAX -20 dB	MAX -20 dB
MAX -30 dB	MAX -30 dB
Frequency	Fréquence

Figure 20 – Gabarit spectral d'émetteur d'un système IEEE 802.15.4

L'unité d'expression de ce paramètre doit être le décibel (dB) sur la gamme de fréquences considérée.

5.2.52 Type d'antenne

Les appareils sans fil peuvent faire usage de différents types d'antenne pour recueillir ou rayonner des ondes électromagnétiques, 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 ne peut être utilisé qu'avec un seul type d'antenne, on l'appelle alors "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.

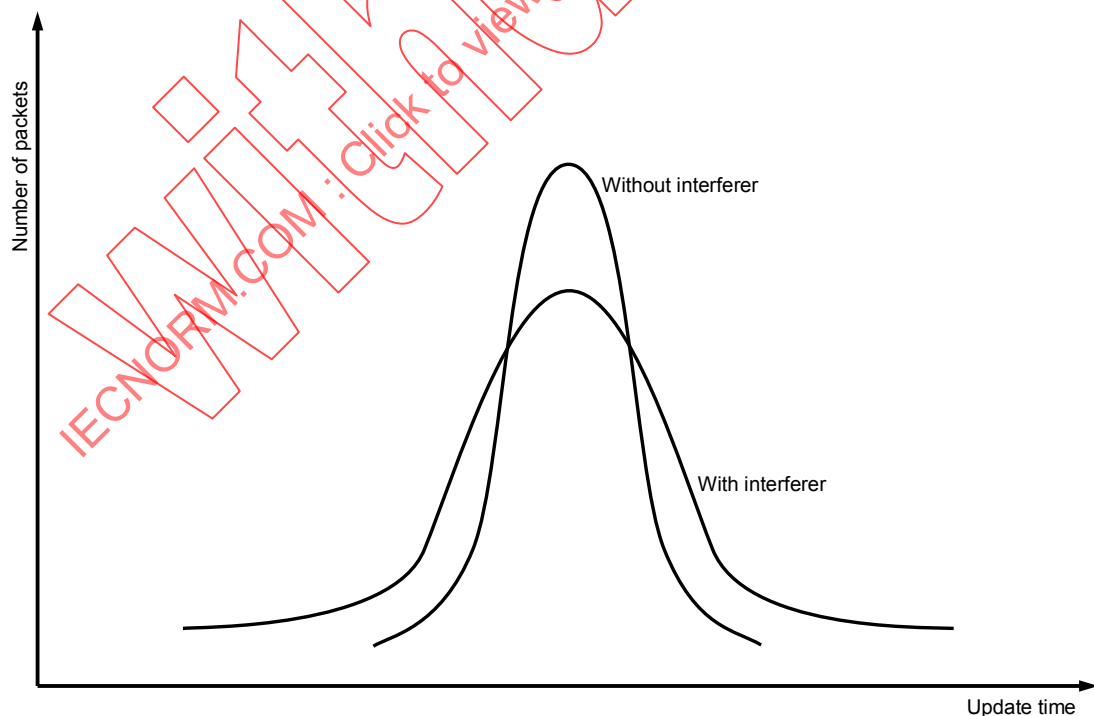
5.2.53 Temps d'actualisation

Le temps d'actualisation peut servir à l'évaluation dans le cas d'une application d'automatisation avec transfert cyclique, par exemple le transfert cyclique d'un système de détection de position.

Le temps d'actualisation est l'intervalle de temps entre la livraison du dernier octet de données utilisateur du paquet d'un producteur, depuis l'interface de communication d'un client vers l'application d'automatisation, et la livraison du dernier octet de données utilisateur du paquet suivant du même producteur.

Les interférences décrites en 4.4 provoquent une répartition des durées de transmission. La coexistence existe tant que la valeur limite pour la répartition du temps d'actualisation imposée par l'application d'automatisation pour les paquets transmis est respectée.

Le temps d'actualisation est une variable aléatoire. La Figure 21 donne un exemple de fonctions de répartition du temps d'actualisation. Pour une évaluation relative, c'est-à-dire pour savoir si une application radio interfère plus ou moins, l'écart type peut être consulté comme paramètre de répartition.



Légende

Anglais	Français
Number of packets	Nombre de paquets
Without interferer	Sans brouilleur
With interferer	Avec brouilleur

Anglais	Français
Update time	Temps d'actualisation

Figure 21 – Exemple de fonctions de répartition du temps d'actualisation

Une variation maximale du temps d'actualisation, aussi appelée "gigue", serait nécessaire pour obtenir un résultat absolu sur la coexistence en comparant cette valeur à la limite requise par l'application. Cependant, la variation maximale d'une mesure n'est pas équivalente à la variation maximale absolue du temps d'actualisation. La variation maximale mesurée possède une certaine probabilité qui peut être calculée si les équations fonctionnelles des courbes de la Figure 21 sont connues. La fiabilité des calculs dépend de la taille d'échantillon de la mesure sur laquelle les équations fonctionnelles sont fondées.

L'unité d'expression de ce paramètre doit être la seconde (s).

5.2.54 Bandes de fréquences utilisées

Le nombre de bandes de fréquences pouvant être configurées ou étant effectivement utilisées fait partie des paramètres essentiels d'une gestion de coexistence.

5.2.55 Appareils sans fil

Le nombre d'appareils sans fil a des conséquences sur la charge de communication et l'utilisation du médium. En effet, moins il y a d'appareils sans fil communicant au sein du système de communication sans fil, moins les collisions sont probables.

5.2.56 Réseaux de communication sans fil

Ce paramètre décrit les réseaux de communication sans fil fonctionnant dans une même zone. Tous ces réseaux doivent être pris en compte, quelles que soient la technologie ou la bande de fréquences employées. L'utilisation du médium par ces réseaux doit être décrite.

5.2.57 Norme ou technologie sans fil

La plupart des équipements sans fil utilisent une technologie de base normalisée qui parfois prédéfinit déjà certains des paramètres énumérés en 5.2. Il s'ensuit que les valeurs pour certains paramètres sont implicitement définies par le simple fait de nommer la technologie sans fil ou la norme.

La bande de fréquences doit être explicitement indiquée car elle permet une première catégorisation générique d'une solution sans fil. Les schémas de modulation doivent également être spécifiés. Le type de modulation ou le codage des symboles avant transmission physique sont en effet susceptibles d'aider à éviter des interférences des solutions sans fil. De plus, les demandes de communication sont transmises différemment sur le médium de communication, ce qui signifie qu'une même charge de communication peut donner différents taux d'occupation de canal.

Les installations utilisant une technologie basique sont susceptibles, pour certains paramètres, de se révéler bien meilleures que la norme de référence. Une installation sans fil peut également n'utiliser qu'une portion d'une norme pour appareils sans fil, ce qui fait que tous les paramètres peuvent ne pas être pertinents. Par ailleurs, certaines technologies sans fil ne suivent pas de norme précise.

La CEI 62591 [6], la CEI 62601 [7] et la CEI/PAS 62734 [9] sont des exemples de normes spécifiant un réseau de communication sans fil.

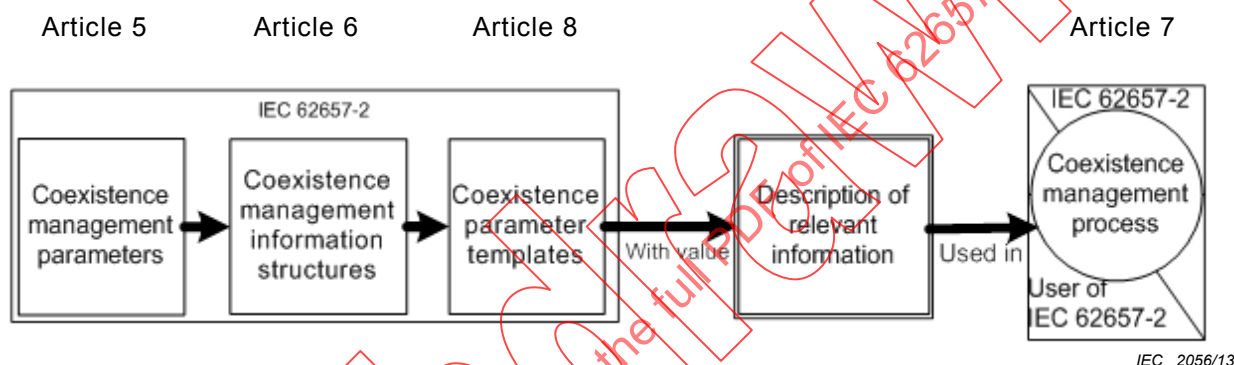
6 Structures d'information de la gestion de coexistence

6.1 Généralités

L'Article 6 spécifie les exigences de structuration des paramètres de gestion de coexistence en fonction des dimensions d'utilisation. Le principe est illustré à la Figure 22. Les paramètres expliqués à l'Article 5 sont sélectionnés et structurés à l'Article 6.

La structure fournie à l'Article 6 est employée dans les modèles donnés à l'Article 8. Le paramètre pour décrire les informations pertinentes doit être fourni et il peut être une plage de valeurs ou une liste de valeurs.

Les modèles donnés à l'Article 8 doivent servir à décrire un objet particulier des éléments pertinents pour la gestion de coexistence en affectant des valeurs ou plages de valeurs aux paramètres. Ainsi, les informations peuvent être diffusées dans le processus de gestion de coexistence sans fil.



Légende

Anglais	Français
IEC 62657-2	CEI 62657-2
Coexistence management parameters	Paramètres de gestion de coexistence
Coexistence management information structures	Structures d'information de la gestion de coexistence
Coexistence parameter templates	Modèles de paramètres de coexistence
With value	Avec valeur
Description of relevant information	Description de l'information pertinente
Used in	Utilisé dans
Coexistence management process	Processus de gestion de coexistence
User of IEC 62657-2	Utilisateur de la CEI 62657-2

Figure 22 – Principe d'utilisation des paramètres de coexistence

Quatre ensembles de paramètres sont spécifiés pour le processus de gestion de coexistence sans fil. Ils servent à décrire

- les caractéristiques générales de l'installation communes à tous les réseaux de communication sans fil (voir 6.2),
- les exigences de communication de chaque application d'automatisation (voir 6.3),
- les caractéristiques de chaque système de communication sans fil et type d'appareils (voir 6.4),
- les caractéristiques de chaque solution de communication sans fil (voir 6.5).