

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



**Industrial networks – Coexistence of wireless systems –  
Part 3: Formal description of the automated coexistence management and  
application guidance**

**Réseaux industriels – Coexistence des systèmes sans fil –  
Partie 3: Description formelle de la gestion automatisée de la coexistence et  
recommandations d'application**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2022 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

### About the IEC

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

### About IEC publications

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

#### IEC publications search - [webstore.iec.ch/advsearchform](http://webstore.iec.ch/advsearchform)

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

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

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

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

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

#### IEC Products & Services Portal - [products.iec.ch](http://products.iec.ch)

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

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

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

### A propos de l'IEC

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

### A propos des publications IEC

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

#### Recherche de publications IEC -

[webstore.iec.ch/advsearchform](http://webstore.iec.ch/advsearchform)

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

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

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

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

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

#### IEC Products & Services Portal - [products.iec.ch](http://products.iec.ch)

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

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

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



**Industrial networks – Coexistence of wireless systems –  
Part 3: Formal description of the automated coexistence management and  
application guidance**

**Réseaux industriels – Coexistence des systèmes sans fil –  
Partie 3: Description formelle de la gestion automatisée de la coexistence et  
recommandations d'application**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

ICS 25.040

ISBN 978-2-8322-0912-7

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

## CONTENTS

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                                           | 4  |
| INTRODUCTION.....                                                       | 6  |
| 1 Scope.....                                                            | 8  |
| 2 Normative references .....                                            | 8  |
| 3 Terms, definitions and abbreviated terms .....                        | 8  |
| 3.1 General.....                                                        | 8  |
| 3.2 Terms and definitions specific for this document .....              | 9  |
| 3.3 Terms and definitions given in IEC 62657-2 .....                    | 9  |
| 3.4 Abbreviated terms.....                                              | 11 |
| 4 Automated collaborative coexistence management.....                   | 11 |
| 4.1 Motivation .....                                                    | 11 |
| 4.2 Application scenarios .....                                         | 12 |
| 4.2.1 General .....                                                     | 12 |
| 4.2.2 Establishing wireless industrial automation .....                 | 12 |
| 4.2.3 Operation and maintenance of wireless industrial automation ..... | 13 |
| 4.2.4 Controlled / not controlled areas .....                           | 14 |
| 4.2.5 Device with/without mitigation techniques .....                   | 14 |
| 4.2.6 Fixed, moving, or rotating devices .....                          | 14 |
| 4.2.7 Temporary installed devices .....                                 | 14 |
| 5 Method for coexistence description.....                               | 15 |
| 5.1 Area under consideration .....                                      | 15 |
| 5.2 Wireless coexistence model.....                                     | 16 |
| 5.2.1 General .....                                                     | 16 |
| 5.2.2 Class CoexistenceSystem .....                                     | 16 |
| 5.2.3 Class WirelessIndustrialAutomation .....                          | 17 |
| 5.2.4 Class DistributedAutomationSystem .....                           | 19 |
| 5.2.5 Class RadioEnvironment.....                                       | 21 |
| 5.2.6 Class WirelessCommunicationSystem .....                           | 23 |
| 5.2.7 Class CoexistenceManagementSystem .....                           | 25 |
| 5.3 Application related influencing parameters.....                     | 25 |
| 5.3.1 Attributes of class DistributedAutomationSystem .....             | 25 |
| 5.3.2 Attributes of class LocalAutomationFunction .....                 | 26 |
| 5.3.3 Attributes of class LogicalTopology.....                          | 27 |
| 5.3.4 Attributes of class ReferenceInterface .....                      | 27 |
| 5.3.5 Attributes of class LogicalLink .....                             | 27 |
| 5.3.6 Attributes of class LogicalEndpoint .....                         | 27 |
| 5.3.7 Application related characteristic parameters.....                | 28 |
| 5.4 Environment related influencing parameters.....                     | 28 |
| 5.4.1 Number of passive environmental influences .....                  | 28 |
| 5.4.2 Attributes of class PassiveEnvironmentalInfluence .....           | 28 |
| 5.4.3 Attributes of class PropagationCondition .....                    | 29 |
| 5.4.4 Attributes of class PhysicalLayerInterface.....                   | 29 |
| 5.4.5 Number of active environmental influences .....                   | 29 |
| 5.4.6 Attributes of class ActiveEnvironmentalInfluence .....            | 29 |
| 5.5 Wireless device and system related influencing parameters.....      | 30 |
| 5.5.1 Attributes of class WirelessCommunicationSystem .....             | 30 |

|       |                                                                                                                                                          |    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.5.2 | Attributes of class WirelessCommunicationFunction .....                                                                                                  | 31 |
| 5.5.3 | Attributes of class ReferenceInterface .....                                                                                                             | 31 |
| 5.5.4 | Attributes of class PhysicalLayerInterface.....                                                                                                          | 31 |
| 5.5.5 | Attributes of class WirelessTopology .....                                                                                                               | 31 |
| 5.5.6 | Attributes of class WirelessLink .....                                                                                                                   | 31 |
| 5.5.7 | Attributes of class WirelessEndpoint.....                                                                                                                | 31 |
| 5.6   | Profile development .....                                                                                                                                | 31 |
| 6     | Architecture of central coordination point.....                                                                                                          | 33 |
| 6.1   | Model application guidance.....                                                                                                                          | 33 |
| 6.2   | Database service .....                                                                                                                                   | 35 |
| 6.3   | Status of wireless system.....                                                                                                                           | 35 |
| 6.4   | Status of application .....                                                                                                                              | 35 |
| 6.5   | Status of radio spectrum .....                                                                                                                           | 35 |
| 6.6   | Status analysis .....                                                                                                                                    | 35 |
| 6.7   | Resource assignment .....                                                                                                                                | 36 |
|       | Bibliography.....                                                                                                                                        | 37 |
|       | Figure 1 – Relation between the parts of the IEC 62657 series.....                                                                                       | 7  |
|       | Figure 2 – Requirement profile of a spatially distributed automation system covered by<br>a capability profile of a wireless communication solution..... | 15 |
|       | Figure 3 – Class model of the coexistence system .....                                                                                                   | 17 |
|       | Figure 4 – Structure of wireless industrial automation .....                                                                                             | 17 |
|       | Figure 5 – Interfaces of wireless industrial automation.....                                                                                             | 18 |
|       | Figure 6 – Class model of the area under consideration for wireless industrial<br>automation.....                                                        | 19 |
|       | Figure 7 – Distributed automation system .....                                                                                                           | 20 |
|       | Figure 8 – System model of the distributed automation system .....                                                                                       | 21 |
|       | Figure 9 – Radio environment.....                                                                                                                        | 22 |
|       | Figure 10 – System model of the radio environment.....                                                                                                   | 23 |
|       | Figure 11 – Wireless communication system.....                                                                                                           | 23 |
|       | Figure 12 – System model of the wireless communication system.....                                                                                       | 25 |
|       | Figure 13 – Class ProfileDevelopment .....                                                                                                               | 32 |
|       | Figure 14 – Relation between system models and their application in a CCP concept.....                                                                   | 34 |
|       | Table 1 – Audience of the IEC 62657 series .....                                                                                                         | 6  |

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## INDUSTRIAL NETWORKS – COEXISTENCE OF WIRELESS SYSTEMS –

### Part 3: Formal description of the automated coexistence management and application guidance

#### 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.

IEC 62657-3 has been prepared by subcommittee 65C: Industrial communication networks, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement, control and automation. It is an International Standard.

The text of this International Standard is based on the following documents:

|               |                  |
|---------------|------------------|
| Draft         | Report on voting |
| 65C/1165/FDIS | 65C/1171/RVD     |

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). The main document types developed by IEC are described in greater detail at [www.iec.ch/standardsdev/publications](http://www.iec.ch/standardsdev/publications).

A list of all parts in the IEC 62657 series, published under the general title *Industrial networks – Coexistence of wireless systems*, can be found on the IEC website.

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

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

**IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document 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.**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62657-3:2022

## INTRODUCTION

The intended audience for the IEC 62657 series is shown in Table 1.

**Table 1 – Audience of the IEC 62657 series**

| <b>Audience</b>                                                                | <b>Part 1<br/>Wireless<br/>requirements</b> | <b>Part 2<br/>Coexistence<br/>management</b> | <b>Part 3<br/>Architecture and<br/>use</b> | <b>Part 4<br/>Central<br/>coordination</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1. Regulator                                                                   | ✓                                           | —                                            | —                                          | —                                          |
| 2. IA expert                                                                   | ✓                                           | —                                            | —                                          | —                                          |
| 3. Plant owner                                                                 | —                                           | ✓                                            | ✓                                          | —                                          |
| 4. Device manufacture                                                          | —                                           | ✓                                            | ✓                                          | ✓                                          |
| 5. System integrator                                                           | ✓                                           | ✓                                            | ✓                                          | ✓                                          |
| Key: ✓ = applies especially to the audience #; — = should be read by everybody |                                             |                                              |                                            |                                            |

This document is aimed at plant owners that are operating industrial wireless solutions, manufacturers of industrial wireless devices, as well as wireless system integrators and operators.

Plant owners need to understand the nature of the coexistence state with respect to wireless automation systems. Also, they need to make sure that all impacts to the industrial wireless application systems represented by parameters are taken into account. This document provides them the information needed to understand coexistence management parameters and each relationship for a reliable plant operation.

Device manufacturers should provide quantitative parameters on their wireless device and system to manage the coexistence of the wireless industrial application based on IEC 62657-2. This document defines related parameters and interfaces of devices for automatic coexistence management.

System integrators should, in collaboration with the plant owner and device manufacturers, design, implement, and manage the wireless industrial automation systems throughout the plant lifecycle. This document provides essential parameters and interfaces for coexistence management for system integrators.

A consideration of this document is to outline the features of automated collaborative coexistence management to develop solutions with, for example, a central coordination point (CCP), with a software-defined networking approach for flexible use of frequency spectrum or using a global navigation satellite system (GNSS) for location-based use of frequency spectrum.

Figure 1 shows the relation between the parts of the IEC 62657 series.



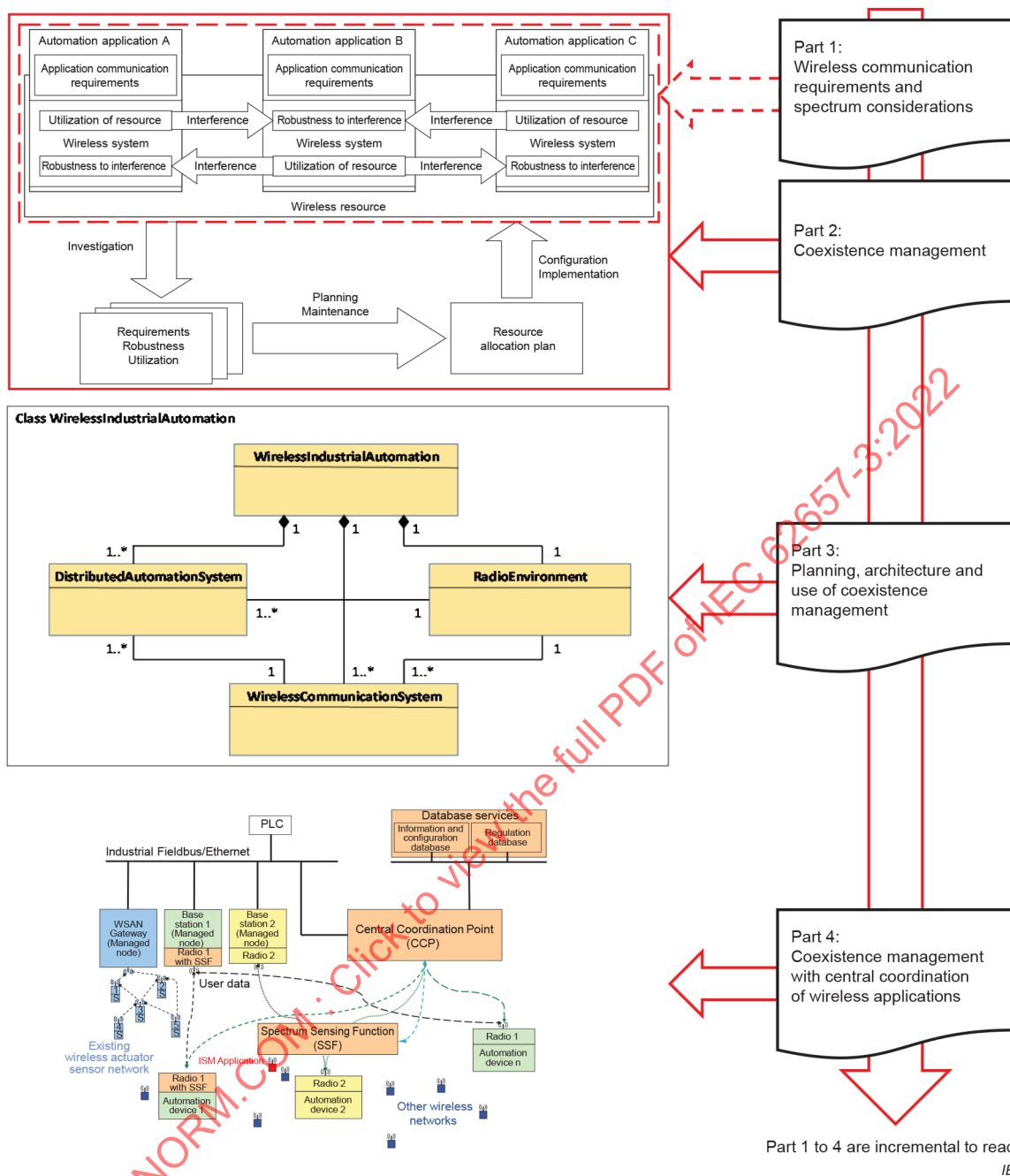


Figure 1 – Relation between the parts of the IEC 62657 series

## INDUSTRIAL NETWORKS – COEXISTENCE OF WIRELESS SYSTEMS –

### Part 3: Formal description of the automated coexistence management and application guidance

#### 1 Scope

This part of IEC 62657 specifies a general model approach for automated coexistence management and provides application guidance. This document provides the usage of related parameters and interfaces to establish and to maintain functions for automatic coexistence management. This document specifies an abstract description of the system elements, properties, interfaces and relationships between influencing parameters and characteristic parameters specified in IEC 62657-1 and IEC 62657-2.

NOTE IEC 62657-4 specifies the central coordination point approach as one example of the usage of the formal description of this document.

#### 2 Normative references

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

IEC 61784-3, *Industrial communication networks – Profiles – Part 3: Functional safety fieldbuses – General rules and profile definitions*

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

IEC 62657-2:—<sup>1</sup>, *Industrial networks – Coexistence of wireless systems – Part 2: Coexistence management*

IEC 62657-4:—<sup>2</sup>, *Industrial networks – Coexistence of wireless systems – Part 4: Coexistence management with central coordination of wireless applications*

#### 3 Terms, definitions and abbreviated terms

##### 3.1 General

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

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

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

<sup>1</sup> Under preparation. Stage at the time of publication: IEC FDIS 62657-2:2022.

<sup>2</sup> Under preparation. Stage at the time of publication: IEC FDIS 62657-4:2022.

## 3.2 Terms and definitions specific for this document

### 3.2.1

#### **dependability**

ability to perform as and when required

Note 1 to entry: Dependability includes availability, reliability, recoverability, maintainability, and maintenance support performance, and, in some cases, other characteristics such as durability, safety and security.

Note 2 to entry: Dependability is used as a collective term for the time-related quality characteristics of an item.

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-01-22]

### 3.2.2

#### **industrial automation system**

set of interrelated industrial automation applications

### 3.2.3

#### **logical link**

relationship between logical endpoints of local automation functions of a distributed automation system

### 3.2.4

#### **message**

information which is transmitted in one or several packets from a sender to one or more receivers

[SOURCE: IEC 60050-821:2017, 821-11-29]

### 3.2.5

#### **message loss ratio**

ratio, expressed as a percentage, of the number of messages not delivered divided by the total number of messages during a time interval T, where the number of messages not delivered is the difference between the number of messages arriving at the ingress flow point and the number of messages delivered at the egress flow point in a point-to-point connection

### 3.2.6

#### **reliability**

#### **reliability of an item**

ability of an item to perform a required function under stated conditions for a specified period of time

[SOURCE: IEC 60050-603:1986, 603-05-01]

## 3.3 Terms and definitions given in IEC 62657-2

For ease of understanding, the most important terms from IEC 62657-2 used within this document are listed but the definitions are not repeated in the list.

- active environmental influence
- application communication requirements
- area of operation
- automated collaborative coexistence management
- automation application
- channel number
- coexistence
- coexistence management

- coexistence manager
- collaborative coexistence management
- communication availability
- communication load
- cut-off frequency
- device
- distance between wireless devices
- distributed automation system
- duty cycle
- electromagnetic interference
- frequency band
- frequency bandwidth
- frequency channel
- industrial automation application, see automation application
- industrial communication network
- industrial, scientific and medical application
- infrastructure device
- interference
- intervisibility
- life-cycle
- line of sight (LOS)
- lower cut-off frequency
- modulation
- natural environmental condition
- network
- network topology
- non-line of sight (NLOS)
- observation time
- obstructed line of sight (OLOS)
- packet
- passive environmental influence
- performance requirements
- physical link
- plant
- power spectral density
- radio channel
- radio environment
- reference interface
- regional radio regulation
- relative movement
- transfer interval
- transmitter sequence
- update time

- upper cut-off frequency
- wireless application
- wireless communication
- wireless communication application
- wireless communication solution
- wireless communication system
- wireless device
- wireless solution
- wireless technology or standard

### 3.4 Abbreviated terms

|      |                                                |
|------|------------------------------------------------|
| BNC  | Bayonet Neill–Concelman                        |
| CCP  | Central coordination point                     |
| DAA  | Detect and avoid                               |
| EMI  | Electromagnetic interference                   |
| GNSS | Global navigation satellite system             |
| I/O  | Input and output                               |
| IA   | Industrial automation                          |
| ISM  | industrial, scientific and medical application |
| LBT  | listen before talk                             |
| LOS  | Line of sight                                  |
| M    | Motor                                          |
| NLOS | Non-line of sight                              |
| OLOS | Obstructed line of sight                       |
| P95  | Percentile                                     |
| PCB  | printed circuit board                          |
| PLC  | programmable logic controller                  |
| PSD  | Power spectral density                         |
| RED  | Radio equipment directive                      |
| RF   | Radio frequency                                |
| SIL  | Safety integrity level                         |
| XML  | Exchangeable mark-up language                  |

## 4 Automated collaborative coexistence management

### 4.1 Motivation

Wireless communication systems for industrial automation applications should adopt a coexistence management process that can be maintained along the life cycle of the automation application. Coexistence management parameters are formally specified in order to enable formal description of the coexistence management process. This formal description is the fundament for a dependable use of wireless communication systems during the life cycle of the automation application especially if a collaborative coexistence management is to be used. According to IEC 62657-2, automated collaborative coexistence management is a form of coexistence management that is supported by software tools with defined interfaces between the tool and the wireless communication systems. The term collaborative indicates that all wireless systems involved provide the necessary information and can be influenced with regard to the overall objective of the automation applications.

This document specifies the system elements, properties, interfaces and relationships between influencing parameters and characteristic parameters specified in IEC 62657-1 and IEC 62657-2. It describes the relevant parameters to be used for profile specification. Since a profile specification is the abstraction of many different individual use cases, the parameters used for this purpose are abstracted as well.

This document can be used to contribute to national and regional regulations. It does not exempt devices from conforming to all requirements of national and regional regulations.

## **4.2 Application scenarios**

### **4.2.1 General**

Automated collaborative coexistence management is intended to provide an analysis of the coexistence state that fluctuates in real time and autonomously implements the solution to stabilize the operation of wireless applications. It has the following functions:

- discovering solutions to coexistence problems;
- optimizing coexistence management plan;
- supporting robust and flexible wireless applications even in dynamic fluctuation in the radio environment;
- supporting rapid implementation for new industrial wireless applications;
- optimizing a solution by identifying the cause of trouble from a large combination of coexistence management parameters.

It makes possible to provide efficient work process for maintaining the wireless system. Automated coexistence management offers the following various benefits:

- reduction or elimination of interferences leading to unplanned downtimes;
- reduction or avoidance of laborious, cost-intensive and time-consuming fault elimination;
- reduction of efforts and time for introduce new wireless applications.

Subclause 4.2 describes typical application scenarios in the automated collaborative coexistence management in the entire plant life-cycle.

### **4.2.2 Establishing wireless industrial automation**

#### **4.2.2.1 General**

There are two types of projects being conducted for building an industrial automation application. One is a green field project, another one is a brown field project. From the coexistence management perspective, application scenarios applied with automated collaborative coexistence management for those two types of projects are described in 4.2.2.

#### **4.2.2.2 Green field projects**

Green field projects are newly construct plants from scratch.

Wireless communication solutions are planned and engineered according to the application communication requirements. The wireless system and device related influencing parameters are stored for the use in the automated coexistence management. For the assessment of propagation conditions, of relevant interferences, and of the effects of these interferences, the radio environment is investigated using for example network analyzers or spectrum sensing tools. The environment related influencing parameters, for example radio signals, frequencies, duty cycles and their fluctuations are recorded and stored into the database of the collaborative coexistence manager. This information can also be used to configure new wireless applications appropriately.

Investigations using collaborative coexistence management under laboratory conditions can also be useful to prepare the implementation of a wireless solution in cases where the target environment is not yet available (for example during the construction of a new production hall).

#### **4.2.2.3 Brown field projects**

Brownfield projects are carried out on land that has previously been developed and used for a manufacturing or processing operation. The new wireless solution shall be integrated into the available implementation.

During the planning, engineering and implementation of a new wireless solution in brown field projects, the collision risks and already allocated spectrum are to be analyzed. Depending on the application communication requirements, it is possible that existing solutions are to be reconfigured. The values of the influencing parameters shall be included into the implementations for collaborative coexistence management.

### **4.2.3 Operation and maintenance of wireless industrial automation**

#### **4.2.3.1 General**

In the plant operation of wireless automation applications, collaborative coexistence manager monitors to assess the condition of coexistence continuously. The maintenance works of wireless industrial automation specified in 4.2.3 could be conducted effectively utilizing the collaborative coexistence management.

#### **4.2.3.2 Degradation of existence state**

When the coexistence state function is getting down to an unaccepted level (see IEC 62657-4:—, Figure 3), the maintenance phase of coexistence management is initiated to reestablish the coexistence state. Collaborative coexistence management should compute and reallocate spectrum resources based on the level of related performance parameters to achieve again the coexistence state.

#### **4.2.3.3 Reconfiguration of wireless communication system**

A reconfiguration of a wireless communication system will be launched depending on the needs of the automation application. Application requirements change, then for example wireless devices could be added or removed, devices could move or data traffic volume could change. Reconfiguration is also valuable when the coexistence state is influenced and fluctuates due to the changing of radio propagation environment. In these cases, collaborative coexistence management will contribute to minimize risks and work processes to maintain the wireless industrial automation.

If there are wireless applications already active containing wireless solutions of critical application classes (for example classes of functional safety or mission critical control applications), then the collaborative coexistence management should not modify spectrum resources for the wireless solutions of critical application classes to minimize risks in the operation of a plant.

#### **4.2.3.4 Troubleshooting**

Collaborative coexistence management is recording performance parameters and characterized parameters of wireless industrial automation continuously. It contributes to analyze cause and mechanism of fault. Then collaborative coexistence management reconfigures spectrum resources such as frequency, channels, transmitting time, network topology based on the cause of fault.

#### 4.2.4 Controlled / not controlled areas

For coexistence management in industrial automation applications, the geographical area of a plant may need to be divided into controlled and uncontrollable/public areas. In controlled areas, the coexistence state of all managed devices is tracked through collaborative coexistence management.

Collaborative coexistence management also monitors radio spectrum in uncontrolled areas to identify potential risks for wireless communication systems in controlled areas. It contributes to stable operation of wireless communication systems in industrial automation applications.

#### 4.2.5 Device with/without mitigation techniques

Collaborative coexistence management reads related parameters for mitigation technique from a managed wireless device such as a power control level, time slot allocation, frequency selection, listen before talk (LBT), detect and avoid (DAA). Then, those parameters are configured to optimize coexistence state under the compliance to the regional radio regulation by collaborative coexistence management.

In case of building the low-cost battery powered wireless devices applying to non-critical applications, the mitigation techniques might not be implemented. The reason is that the mechanism needs computing power which decreases the battery lifetime.

Collaborative coexistence management utilizes both, devices with mitigation and without mitigation in the same plant floor. It provides minimal impact on mutual interference through the allocation of spectrum resources in frequency, time and spatial domains.

#### 4.2.6 Fixed, moving, or rotating devices

The distance between wireless devices determines the fading, an important property of the radio frequency channel. It depends on the position of the wireless devices, which is mainly determined by the automation application.

In general, fixed devices are intended for continuous monitoring and control in automation applications. Some devices are located in a multipath environment such as a pipe jungle. Some of these devices can be used for critical applications. To meet the requirements of their automation application, the collaborative coexistence management prioritizes the allocation of spectrum resources for these devices.

In the case of moving or rotating wireless devices, the distance for wireless communication can vary dynamically. For these devices, the trajectory of the movement is of importance. Collaborative coexistence management tracks the range of variation of the associated coexistence parameters during movement. This tracked data is used to calculate resource allocation.

#### 4.2.7 Temporary installed devices

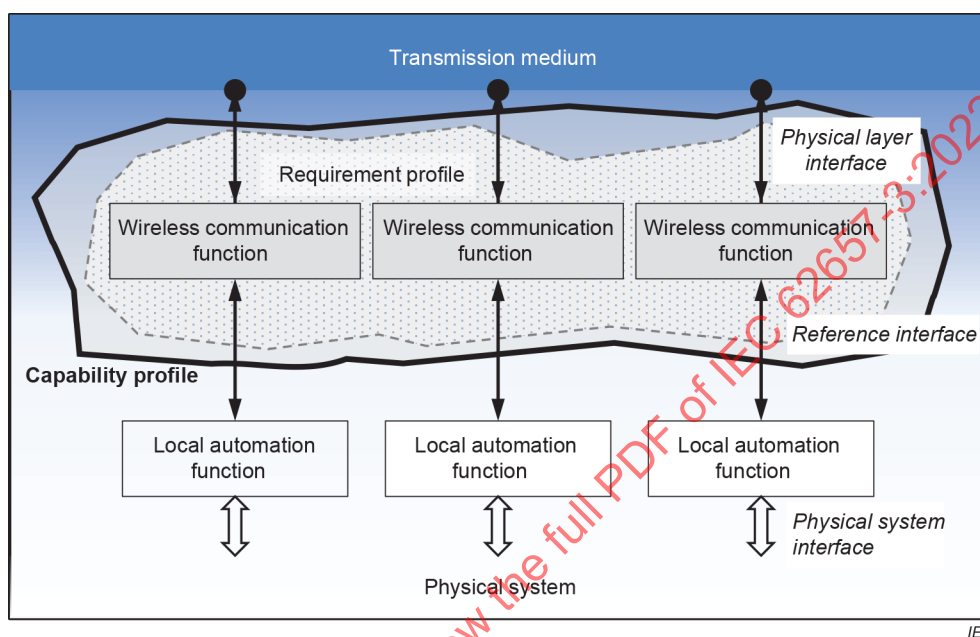
Temporary measurement wireless devices for the purpose of process analysis and troubleshooting have tremendous advantages. Collaborative coexistence management allocates spectrum resources for those devices. In this context, the primary users of the frequency spectrum, i.e. the existing wireless communication solutions, are taken into account in order to avoid a negative impact.



## 5 Method for coexistence description

### 5.1 Area under consideration

Industrial automation systems may consist of spatially distributed automation functions (for example detecting, measuring, control functions) forming an application as depicted in Figure 2. Wireless communication functions of a wireless communication system shall be designed to ensure the cooperation of the application functions for an optimal operation of the physical processes.



**Figure 2 – Requirement profile of a spatially distributed automation system covered by a capability profile of a wireless communication solution**

The spatial distribution of automation functions results from the spatially distributed nature of a physical system. The physical system and its environment also determine the requirements for the wireless communications solution. These requirements are described using a requirement profile.

A requirement profile is the set of required values of a defined set of parameters. The defined set of parameters comprises performance and dependability parameters (characteristic parameters) and parameters that describe the conditions (influencing parameters), that means the application and the environment (see IEC 62657-2:—, Clause 6.). The set of promised values for this parameter set as well as for the parameters of the wireless communication solution form the capability profile. The decisions whether a wireless communication solution meets the requirements of an automation application can be supported by the comparison of requirement profile and capability profile. Figure 2 shows graphically an example that a requirement profile of a spatially distributed automation system is covered by the capability profile of a wireless communication solution.

The requirement profile is the maximum the user is requesting and thus the most challenging demand for the wireless communication system (worst case scenario). The capability profile is the minimum capability that is promised for the wireless communication system under given conditions.

The actual values of the parameter set are ranging between these two states. The actual values of the parameters may vary around a mean value. Thus, resilient systems can be designed. However, when an agreed limit is exceeded, then the related wireless communication application transits to the fail-state. The wireless coexistence is harmed, and the wireless coexistence state is set to false.

Wireless coexistence management is recommended when more than one wireless communication solution is used in a plant, when EMI is expected or when ISM applications could interfere.

Despite the mutual impacts of the wireless solutions, the actual values of the parameters shall not violate the required values. This means that coexistence management orientates itself on the requirement profiles of the applications and can use the degrees of freedom of the capability profiles (for example frequency channel, band width, coding scheme, propagation direction) to maintain the coexistence state. With each newly installed wireless solution, the degrees of freedom of the capability profiles are decreasing. If one capability profile no longer covers the requirement profile of the application, the capacity to use wireless communication in this plant is exhausted.

In summary, the individual parameter values that describe the state of coexistence have three aspects:

- a) required value to be coexistent,
- b) promised value to be coexistent,
- c) actual value of coexistence state.

Clause 5 specifies the method for describing coexistence using two models:

- wireless coexistence model in 5.2;
  - wireless industrial automation model in 5.3, 5.4 and 5.5;
- and the concept of profiles in 5.6.

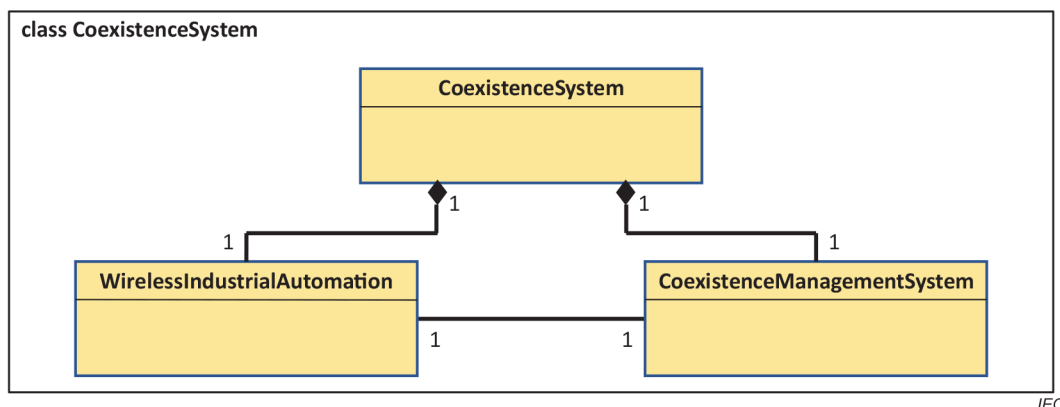
## **5.2 Wireless coexistence model**

### **5.2.1 General**

The used model is in line with ISO/IEC 19505-1, particularly the class-diagram pattern with its attributes and relationships. The class and attribute names are constructed by capitalized concatenated words.

### **5.2.2 Class CoexistenceSystem**

The coexistence system class, named CoexistenceSystem, is composed by two classes, see Figure 3. The class WirelessIndustrialAutomation represents the object of coexistence management. The class CoexistenceManagementSystem represents the system that implements the measures for planning, maintaining and restoring the state of coexistence.



**Figure 3 – Class model of the coexistence system**

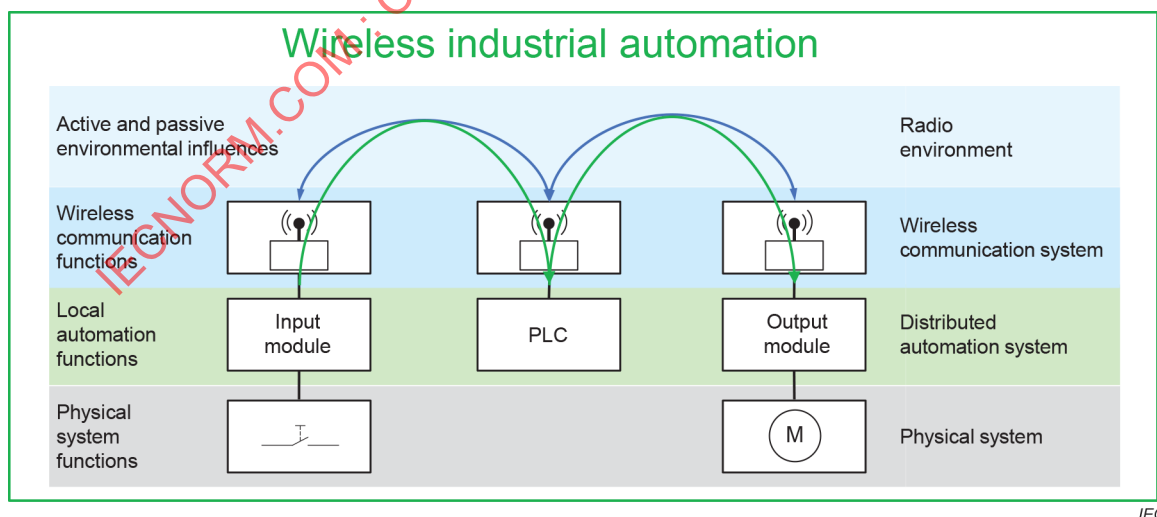
### 5.2.3 Class WirelessIndustrialAutomation

The wireless industrial automation class is named **WirelessIndustrialAutomation**.

A simple example is used for the development of the wireless industrial automation model.

**EXAMPLE** The physical system consists of a mobile remote control with a switch and the motor of a cranes crab (see Figure 4). The switch controls the movement of the crab. The switch signal is detected by an input module and sent to a programmable logic controller (PLC). There the output signal is determined and sent to an output module. The output module passes the signal to the motor. Switch and motor are mobile. According to their tasks, the input module is part of the remote control and the output module is located nearby the motor on the crab. The PLC is located at a central position. So, the automation system, consisting of input module, output module and PLC, is spatially distributed and contains mobile elements.

A wireless communication system is used to connect the devices that implement the local automation functions. Wireless modules that implement the wireless communication functions are coupled with the devices of the automation system. Radio propagation conditions and wireless interferences characterize the radio environment and influence the wireless communication.

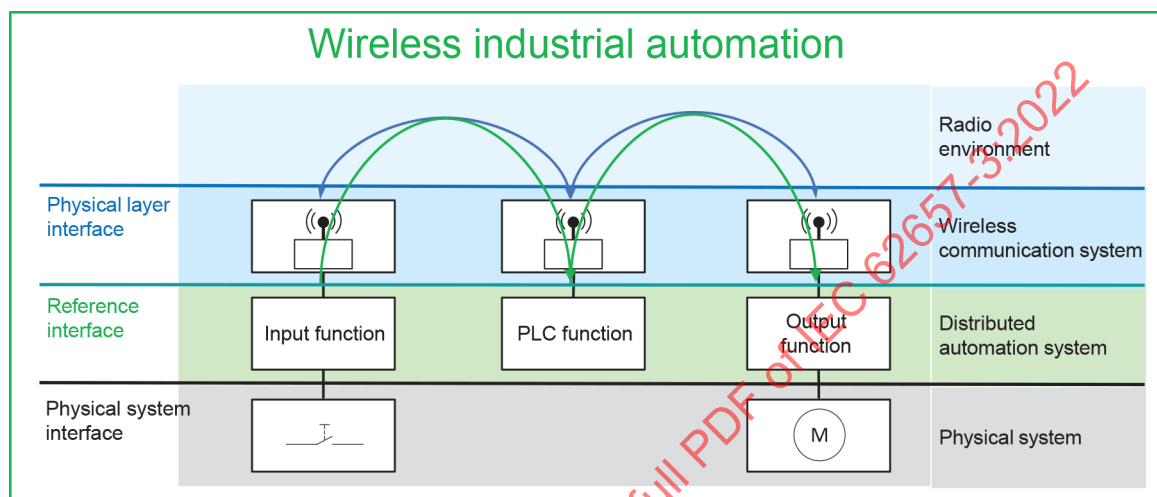


**Figure 4 – Structure of wireless industrial automation**

Figure 5 shows the interfaces between the different systems. The physical system interface represents the connection between an automation device and a physical asset like for example switches, temperature sensors, valves or motors.

The reference interface is the interface between an automation device and a wireless communication module. Depending on the implementation, the interface can be a serial or parallel communication interface including functions for data exchange, for example communication protocols. As described in 5.3.4, the reference interface is essential for assessing the quality of communication and so for the coexistence state.

The physical layer interface determines the transition of the radio signal to the communication channel. The signal power density at this interface could be the cause of interferences. The received signal at this interface could be influenced by propagation conditions and interferences so that a package reception is not successful.



IEC

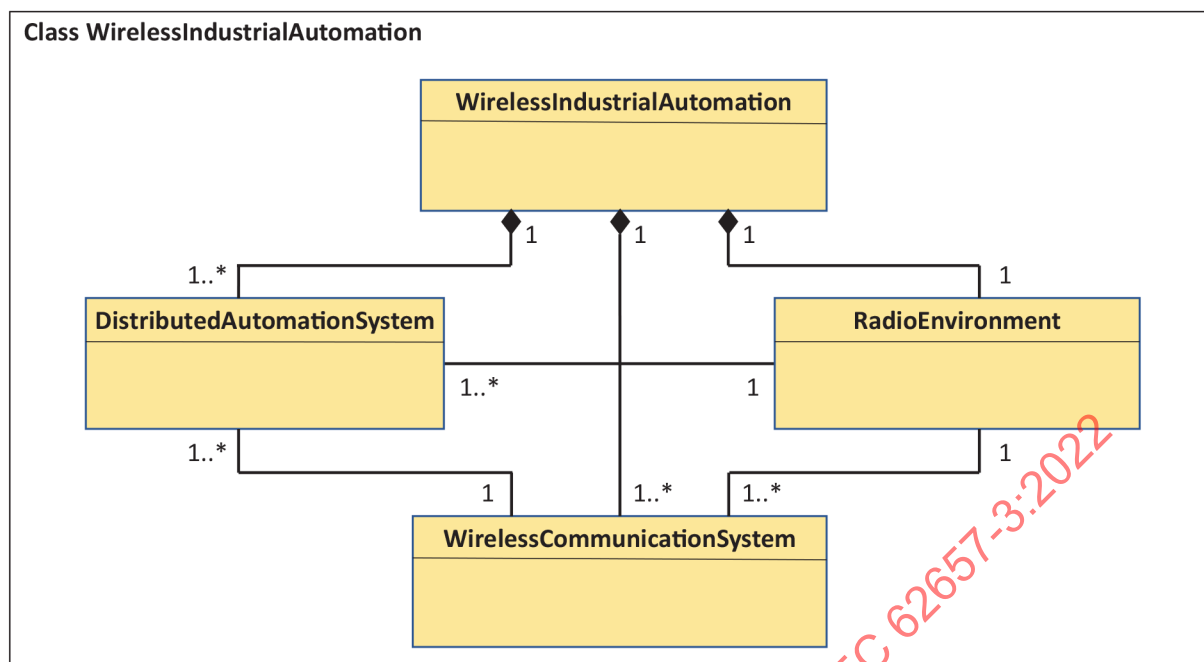
**Figure 5 – Interfaces of wireless industrial automation**

Although the physical system is the origin of the requirements for the wireless communication systems and their coexistence, it does not need to be considered further in the following. The reference for the coexistence evaluation is the reference interface.

In order to derive profile descriptions of the area of consideration, as shown in Figure 2, a first step is using a class diagram to express wireless industrial automation (see Figure 6).

The class `WirelessIndustrialAutomation` is composed by three classes. The class `DistributedAutomationSystem` represents spatially distributed automation components and their relationships. The class `RadioEnvironment` represents the transmission medium. The class `WirelessCommunicationSystem` represents the set of wireless communication functions. Relationships exist between all classes. The class `WirelessIndustrialAutomation` has an interface type `physical system interface`. Instances of this interface may be analogue or digital inputs or outputs, or a human machine interface. The automation system shall meet the requirements of the physical system with respect to this interface. For wireless communication, however, only the resulting requirements on the reference interface are relevant. The physical system interface is therefore only mentioned here for the sake of completeness. It has no direct influence on the following considerations.

The framework provides a means to integrate wireless communication systems as a model for coexistence management.



**Figure 6 – Class model of the area under consideration for wireless industrial automation**

From the point of view of the use of wireless communication for industrial automation applications, the distributed automation system and the radio environment shall be assumed as given. The wireless communication solutions are selected, configured and managed with regard to coexistence, according to the associated requirements. For this reason, in Clause 6 the model for the distributed automation system is described first (see 6.1), then the model of the radio environment and finally the model of the wireless communication system.

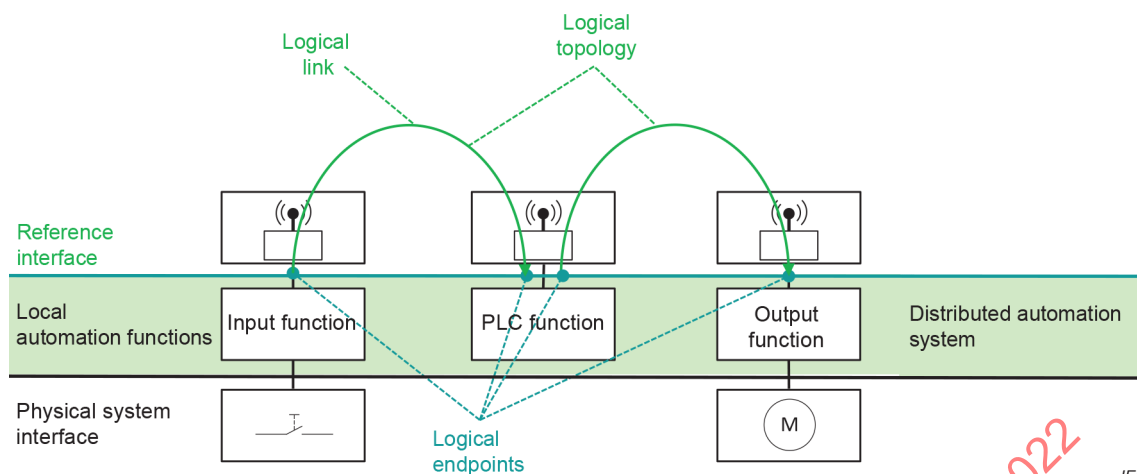
The parameter descriptions can be found in 5.3 to 5.5. These XML schemes can be used for implementations of coexistence management applications, for example for a central coordination point according to IEC 62657-4.

#### 5.2.4 Class DistributedAutomationSystem

The distributed automation system class is named **DistributedAutomationSystem**.

Figure 7 shows, with the above introduced example of wireless industrial automation, the elements, relations, and interfaces of a distributed automation system. The local automation functions implemented in automation devices like I/O-Modules, temperature transmitters, valve or drive controllers are the elements of the distributed automation systems. Logical links express the transfer of for example input and output data referred to logical end point. Logical links may also describe the transmission of configuration or diagnosis data. These logical links form a topology of the automation system. Broadcast or multicast connections are expressed by a set of logical links with the same source endpoint. Thus, different results and the target endpoints of a multicast transmission can be modeled.

The correct operation of the local automation functions and of the entire system relies on the dependability of the logical links. This means that the communication availability of the correct data at the logical target endpoints of the reference interface influences the operation of the application. This requires of course the dependable provision of the data at the logical source endpoint by the application.



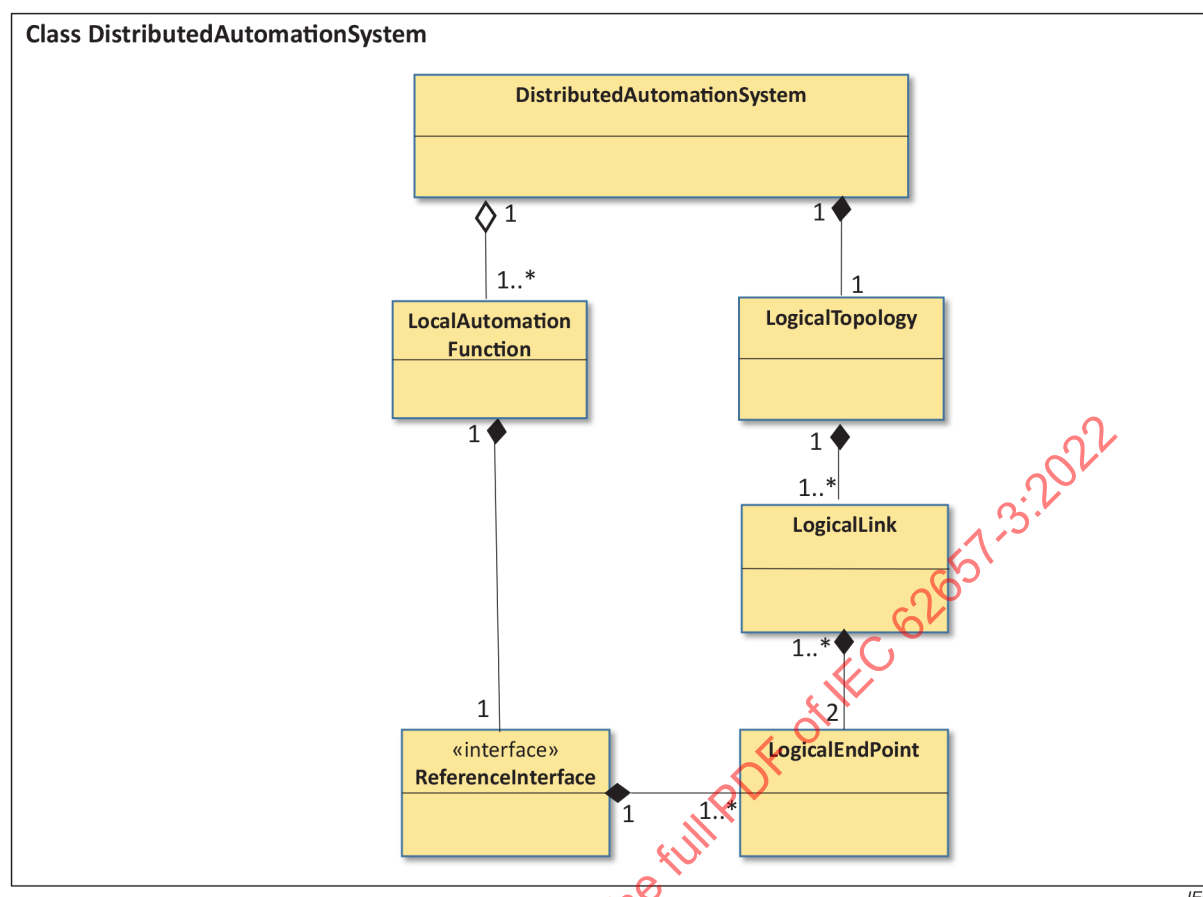
**Figure 7 – Distributed automation system**

Figure 8 shows the abstraction of a distributed automation system as a system model. The class `LocalAutomationFunction` describes the elements and the class `LogicalTopology` the set of relations between them. The class `LocalAutomationFunction` has an external interface called `ReferenceInterface`. The object name `ReferenceInterface` expresses that all parameters that characterize the time and error behavior of a wireless communication system refer to this interface.

Via this interface, the relationship to the class `WirelessCommunicationSystem` is provided.

The class `LogicalTopology` is formed by instances of the class `LogicalLink`. A `LogicalLink` is a unidirectional relation between two instances of class `LogicalEndpoint`. The class `ReferenceInterface` consists of a set of instances of the class `LogicalEndpoint`.

The asymmetry of a confirmed communication service is modelled with two antiparallel logical links. A multicast or broadcast is modelled by a set of logical links with a common logical source endpoint and different logical target endpoints.

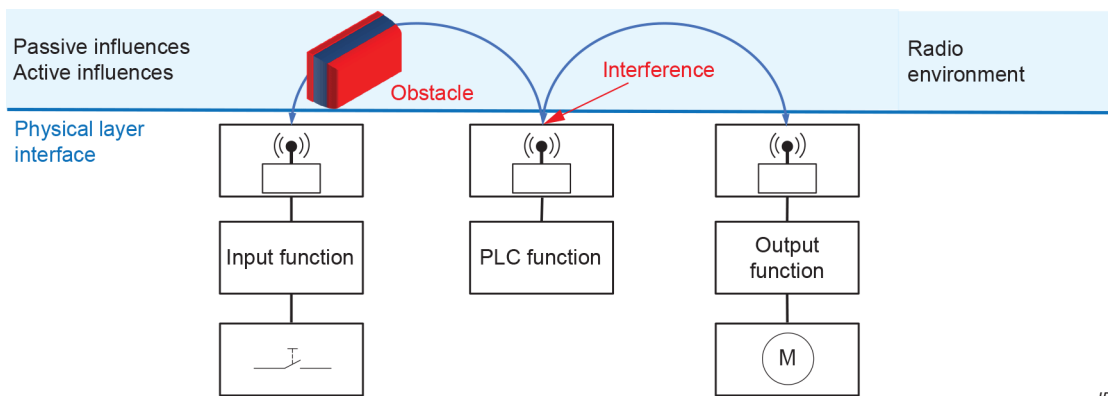


**Figure 8 – System model of the distributed automation system**

A local application function is implemented in an automation device or in a wireless automation device. A wireless automation device, for example a wireless I/O device or a wireless temperature transmitter, can also contain a wireless communication module. The wireless automation device contains the reference interface with its logical endpoints.

### 5.2.5 Class RadioEnvironment

The focus in Figure 9 is on the radio environment. The radio environment is the crucial factor for wireless coexistence. Interferences from unwanted signal propagations during the intended data transmission could hinder a correct reception. Furthermore, the physical system, for example machines, piping systems, walls or other equipment could cause the attenuation, reflection or diffraction of a signal and so a remarkable attenuation. The ratio between the strength of the desired signal and the strength of the interference is crucial for correct reception. However, it should be noted that interference signals are also attenuated. The influence on the signal propagation through obstacles and reflective materials is summarized by the term "passive environmental influences". The influence of interference signals is summarized by the term "active environmental influences".



**Figure 9 – Radio environment**

Figure 10 shows a system model for the class RadioEnvironment. The relevant elements are the classes PassiveEnvironmentalInfluence and ActiveEnvironmentalInfluence. The class PassiveEnvironmentalInfluence is a composition of instances of the class PropagationCondition. The interface between radio environment and wireless communication system is modelled as an external interface called PhysicalLayerInterface. Instances of this interface can be BNC connectors, printed circuit board (PCB) antennas or chip antennas, see Figure 6 and Figure 10.

The class ActiveEnvironmentalInfluence is an aggregation of the classes InterferingWirelessCommunicationApplication and InterferingWirelessApplication. They may, for example, be located on a neighboring property and thus be beyond the control of coexistence management. Interfering wireless applications are applications without data communication, for example industrial, scientific and medical (ISM) applications as well as emissions from other equipment i.e. electromagnetic interference (EMI). The class ActiveEnvironmentalInfluence has a relationship to the class PassiveEnvironmentalInfluence. This expresses that active environment influences are affected by passive environmental influences before taking effect. This means that not only the user signal is attenuated but also the signal of an interferer.

For all classes, relevant attributes are defined in 5.4.



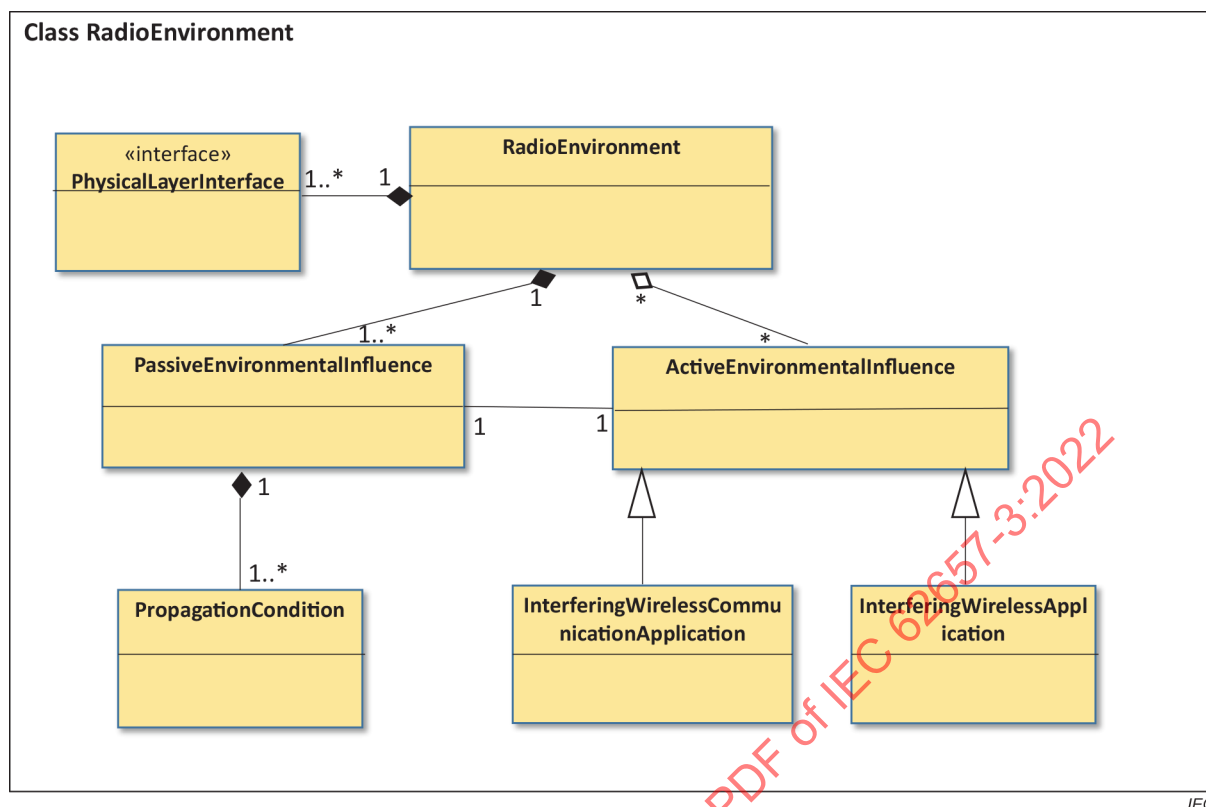
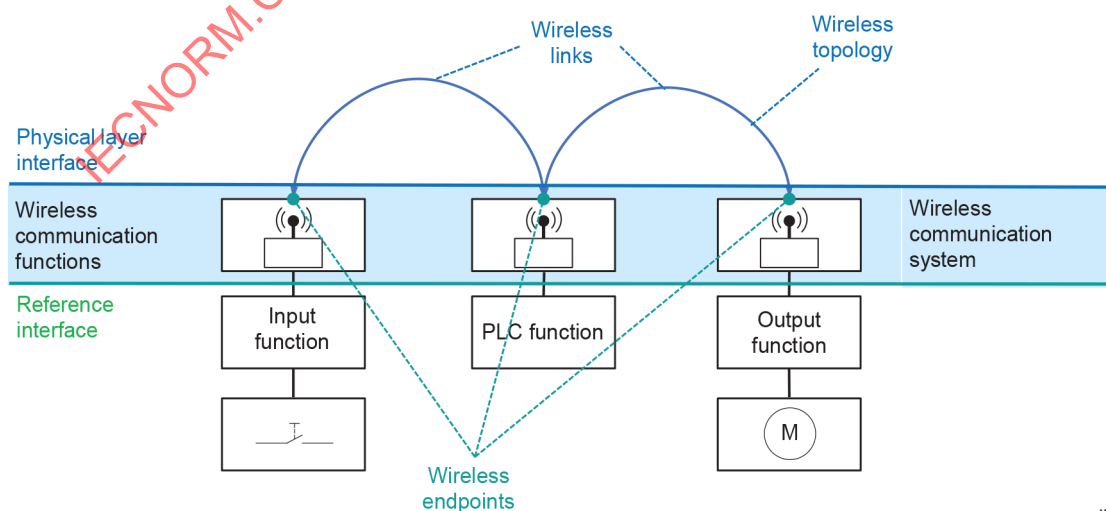


Figure 10 – System model of the radio environment

### 5.2.6 Class WirelessCommunicationSystem

The set of wireless communication functions that belong together forms the wireless communication system (see Figure 11). The class is named `WirelessCommunicationSystem`. The wireless links connect the radio modules according to the requirements of the distributed automation system. However, the wireless topology is not only based on the logical topology. The requirements of the wireless technology or standard and the expected environmental influences shall also be taken into account. For example, it may be necessary to use infrastructure devices such as base stations that have no direct relation to the application.



IEC

Figure 11 – Wireless communication system

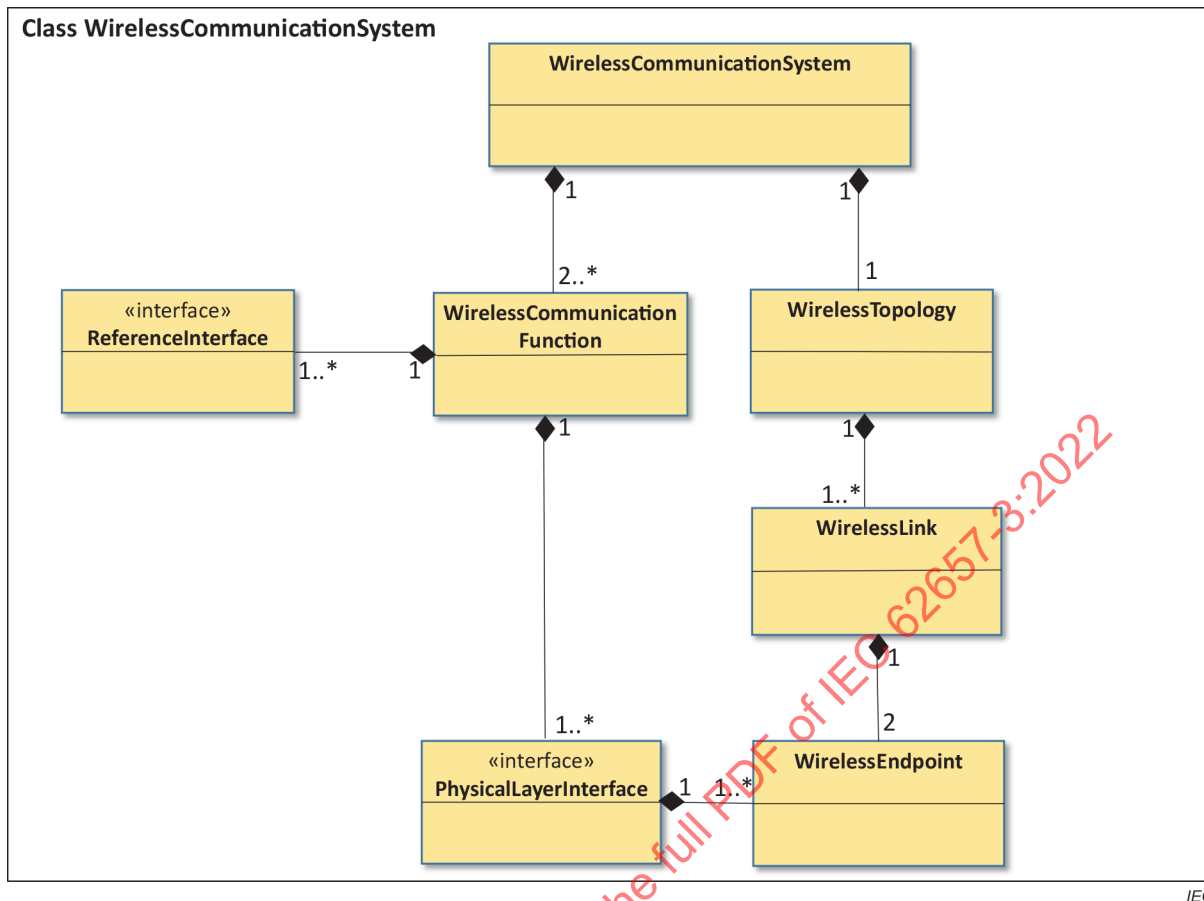
At the physical layer interface, the effects of the radio environment can be influenced or noticed. The wireless communication functions can ensure that faulty radio transmissions do not become noticeable at the reference interface. The following measures can be implemented for this purpose:

- transmission power adaptation;
- signal coding methods;
- modulation methods;
- radio channel selection;
- transmission repetitions;
- redundancy procedures;
- receive filter optimization or
- error correction methods.

In Figure 12, the abstraction of a wireless communication system is shown as a system model. The class `WirelessCommunicationFunction` describes the elements and the class `WirelessTopology` the set of relations between them. The class `WirelessCommunicationFunction` has an external interface called `ReferenceInterface`. This interface is shared with the class `LocalAutomationFunction`, see 5.3.2. Furthermore, the class `WirelessCommunicationFunction` has a relationship via the physical layer interface to the class `RadioEnvironment`, see 5.2.5.

The class `WirelessTopology` is formed by instances of the class `WirelessLink`. A wireless link is a unidirectional relation between two instances of the class `WirelessEndpoint`. A set of instances of the class `WirelessEndpoint` form the physical layer interface. Wireless links provide the infrastructure in order to implement logical links. The wireless topology is designed according to the requirements and conditions of the distributed automation system and the radio environment. It does not necessarily have to correspond to the logical topology. The asymmetry of radio propagation conditions is taken into account by using two antiparallel wireless links for acknowledged transmissions. A wireless multicast or broadcast is modelled by a set of wireless links with a common wireless source endpoint and different wireless target endpoints.

Relevant attributes can be defined for all classes.



**Figure 12 – System model of the wireless communication system**

Wireless communication functions are implemented in a wireless communication module. This module may be integrated into a wireless automation device or can be a separate device, for example a wireless adapter.

### 5.2.7 Class CoexistenceManagementSystem

The coexistence management system combines measures, hardware and software for coexistence management. The class is named CoexistenceManagementSystem. It determines parameter values in different phases of the life cycle and configures the distributed automation system and the wireless communication system. The coexistence management system has appropriate interfaces for this purpose.

## 5.3 Application related influencing parameters

### 5.3.1 Attributes of class DistributedAutomationSystem

#### 5.3.1.1 Spatial dimension of the application

The spatial dimension of the application results in the first place from the physical system to be controlled. However, for several reasons, the implementation of the application functions can vary from the physical system elements, for example a wireless drive controller will most likely have another position as the drive. The spatial dimension of the application thus results from the automation devices at the edge positions. It describes length, width, and height of the space that the wireless communication solution shall cover. The spatial dimension is used to estimate the required extension of the wireless communication solution and to assess the passive environmental influences. Required values mark the minimum spatial dimension to be supported by the wireless communication solution.

### 5.3.1.2 Number of local automation functions

The number of local automation functions describes how many distributed units with automation functions are required to implement the application. If using an object-oriented description, then this number is derived from the defined instances of the class. The number is used to determine the communication load within the network. It is presumed that all local automation functions can be active simultaneously. This is the worst-case requirement with respect to coexistence. Thus, the required value is the minimum number of simultaneous active local automation functions. The number of local automation functions supported by a wireless communication system (promised value) can be greater.

NOTE For example, if it is specified that a local automation function initiates communication traffic with one logical endpoint, this can be the abstraction of a unit that implements multiple local automation functions with many different logical endpoints. The parameters described in this document are used to specify profiles.

### 5.3.1.3 Distance between local automation functions

If there is a logical link between two automation devices, this parameter defines the distance between those devices. It results from the positions of the relevant implementations of the local automation function. From the point of view of the automation application, it does not matter whether there is a direct wireless communication possible or there are several physical links required. Infrastructure components such as access points or router may be necessary. The required value is the minimum. Since this distance determines the free field attenuation of a wireless signal, it is an important indication for the passive environmental influence.

The required value considers the logical topology of the automation application. The promised value may require specific measures of the wireless communication system. This can be differences in the positions of communication devices compared to the required positions of the automation devices linked by cables, different antenna positions, specific antenna types, antenna polarization, or wireless devices with network functions (for example access points). The promised value represents the maximum possible distance between devices.

### 5.3.1.4 Relative movement

Moving or mobile devices that implement local automation functions change the distance to their communication partner. Acceleration and speed, in addition to the distance, determine the passive environmental influence. Required values are minimum acceleration and minimum speed. Since both communication partners may move, the values are relative. Supplemental information such as the minimum required range of movement can be provided. The promised values represent the maximum supported acceleration and the maximum possible speed.

## 5.3.2 Attributes of class LocalAutomationFunction

### 5.3.2.1 User data length

The user data length is the number of information units (for example bit, octet) that shall be transferred via a logical link. The user data length is determined in first line by the application communication requirements. However, for example in case of Ethernet as implementation of the reference interface, a minimum number of 64 octet is required. The communication system may transfer the data in several smaller portions. However, the set of all promised values (including the values of characteristic parameters) shall be valid at the same time. The required value is the minimum, the promised value is the maximum provided.

### 5.3.2.2 Transfer interval

The transfer interval is the time difference between two consecutive transfers of user data from automation function via the reference interface to communication function. The transfer interval is related to the logical source endpoint of a logical link. The transfer may be periodic or aperiodic. For periodic transfers, the required value indicates the maximum, which results in the minimum required communication load. The promised value, however, is the minimum, that is the maximum promised communication load.

In case of aperiodic transfer values, location and spread of the distribution function are relevant. The required value for location (for example mean value) is the maximum. The required value for spread (for example standard deviation) is the minimum. The promised values may provide for aperiodic traffic with greater variations at smaller differences between two consecutive transfers.

NOTE The transfer interval is different from the communication cycle of the communication system.

### 5.3.3 Attributes of class LogicalTopology

The logical topology describes the network composed by logical links. In particular, it describes which logical links shall be provided consecutive and which simultaneously, for example, with multicast or broadcast transmissions, or transmissions from many devices to one device. The communication load increases with the number of logical links supported.

The required value is the minimum. The promised value is the maximum number of simultaneously supported logical links.

### 5.3.4 Attributes of class ReferenceInterface

The reference interface connects the class LocalAutomationFunction and the class model WirelessCommunicationFunction. The following values of the characteristic parameters refer to this interface:

- the values requested by the application;
- the values promised by the wireless communication, and
- the values determined during operation.

The reference interface may be composed of several logical endpoints.

The characteristic of the reference interface (for example bitrate) influences remarkably the overall time and error behavior of the wireless communication solution. A detailed description of the reference interface is required for test system implementation (interface between test tool and system under test). Therefore, it is part of the capability profile.

### 5.3.5 Attributes of class LogicalLink

#### 5.3.5.1 Functional safety

This parameter is necessary, if the automation application requires functional safety functionality for a certain logical link. The required value is for example the safety integrity level (SIL). The resulting safety measures, for example to implement similar mechanisms as described in IEC 61784-3, of the wireless communication solution can influence the time behavior.

#### 5.3.5.2 Security objective

This parameter is necessary, if the automation application requires specific security objectives that shall be fulfilled by the communication network. The required value describes protection targets, for example confidentiality. The resulting security measures of the wireless communication solution, for example to implement encryption of the frame, influence the time behavior.

### 5.3.6 Attributes of class LogicalEndpoint

Logical endpoints are the essential objects for specifying requirements and providing characteristics of a wireless communication solution. These endpoints are the crucial references (source and target) for the characteristic values.

Therefore, a unique identification is necessary for test purposes.

The attributes listed under 5.3.5 actually belong to the logical source endpoint. For the sake of ease of understanding, it is assigned with the definition of one logical source endpoint per device.

### **5.3.7 Application related characteristic parameters**

See IEC 62657-2:—, 6.6.

## **5.4 Environment related influencing parameters**

### **5.4.1 Number of passive environmental influences**

Passive influences take effect between two wireless endpoints or between a wireless endpoint and an active influence. Typically, the propagation conditions vary very widely in industrial environments. However, for the sake of simplicity, the number of different passive influences can be reduced. A detailed description is required that could be part of the capability profile to be developed in the investigation phase (see IEC 62657-2: —, 7.4.1) and in other phases.

### **5.4.2 Attributes of class PassiveEnvironmentalInfluence**

#### **5.4.2.1 Characteristic of the area of operation**

The characteristic of the area of operation is described informally with text, graphics and photos. Furthermore, the terms "indoor" and "outdoor" can be used.

For indoor areas of operation, it is reasonable to specify whether the communication is concentrated in a machine area or manufacturing cell, or if it operates distributed over the entire factory hall. Further information about the equipment in the area which can influence radio propagation should be mentioned. Coefficients of reflecting surfaces or of obstructions can be provided if available.

The characteristics of the area of operation are important for specification of the conditions for radio channel measurements and modelling. Thus, the passive environmental conditions can be quantified.

#### **5.4.2.2 Dimension of the space of operation**

The dimension of the space of operation is the length, width and height of the space in which the wireless communication solutions shall be installed and which has impact on the propagation conditions. It is reasonable to consider also the superior space, for example the factory hall for a machine. The dimension of the space of operation can cause multipath signal propagation, and thus fading. Therefore, the dimension of the space of operation is important to specify the conditions for radio channel measurements and modelling.

#### **5.4.2.3 Intervisibility**

If there is a logical link between two implemented logical automation functions, the intervisibility considers Line of Sight (LOS), Non Line of Sight (NLOS) and Obstructed Line of Sight (OLOS) between those devices. The intervisibility influences the radio signal propagation. The specification of this parameter is important to specify the conditions for radio channel measurements and modelling.

The required value considers the logical topology of the automation application. The promised value may require specific measures of the wireless communication system. This can be differences in the positions of communication devices compared to the required positions of the automation devices linked by cables, different antenna positions, specific antenna types, or wireless devices with network functions (for example access points).

#### 5.4.2.4 Mobile objects

Moving or mobile equipment or personnel influences the propagation conditions considerably. Therefore, the area of operation and speed of the mobile object should be specified. Further required information includes for example dimension and material of the object.

#### 5.4.2.5 Natural environmental conditions

Natural environmental conditions such as temperature, humidity, dust, fog, or air pressure can influence the propagation conditions. The natural environmental conditions can be considered while specifying the conditions for radio channel measurements and modelling.

#### 5.4.3 Attributes of class PropagationCondition

The propagation conditions are described with radio channel models. Radio channel models calculate the distortion of an input signal in frequency and time and provide a faded output signal according to the propagation conditions. Application, environmental, wireless device and wireless system related influences determine the values of the radio channel parameters. Following, relevant radio channel parameters are described.

#### 5.4.4 Attributes of class PhysicalLayerInterface

Physical layer interface is an abstraction of the interface between the wireless communication system and the radio environment. A physical layer interface may be composed by several wireless endpoints where the wireless source end point of one radio interface and the wireless target end point of another radio interface form a wireless link.

The implementation of the physical layer interface determines essentially the characteristic of the wireless communication. The detailed description of the physical layer interface is furthermore required for test system implementation (interface between test tool and system under test). Therefore, it is part of the capability profile.

#### 5.4.5 Number of active environmental influences

Active influences can be very different from interfering wireless communication systems like welding machines, electrical drives or frequency converters. The influences overlap and have effects on the wireless communication. In context of this project, interference profiles are developed which implement a definite number of active influences.

The detailed description is required for the test specification.

#### 5.4.6 Attributes of class ActiveEnvironmentalInfluence

##### 5.4.6.1 Type

This parameter describes the type of the interfering wireless communication application or the interfering wireless application. The required values list all interferers which shall be considered. The promised values list the interferer which has been considered during the tests.

##### 5.4.6.2 Frequency band

This parameter describes the range in the frequency spectrum that is used by the interferer. It is specified by lower and upper frequency or by centre frequency and frequency bandwidth.

##### 5.4.6.3 Frequency channel

A frequency channel is part of a frequency band that is used under a specification (standard or device specification) by a wireless communication system. It is characterized by a centre frequency and a frequency bandwidth or by lower and upper cut-off frequency. However, in standard or device specifications, channel numbers are used to describe this characteristic.

#### **5.4.6.4 Power spectral density**

The power spectral density (PSD) describes how the power of a signal of the interferer is distributed with frequency. Colloquially, the area below the PSD curve is often called the spectrum of the signal.

#### **5.4.6.5 Duty cycle**

The duty cycle is the ratio of the transmitter sequence referenced to a given observation time for the used frequency channel. The way the observation time is chosen influences the duty cycle value.

The value of the duty cycle on-time shall be greater than the average time that the interferer uses the medium.

The promised value describes the maximum that an interferer can use the medium on average without harming the performance requirements of the application.

#### **5.4.6.6 Propagation conditions**

Propagation conditions influence the effect of the interferer on the relevant wireless device. The parameters described before are valid directly at the interferer. Thus, they are affected by the propagation conditions, represented by a channel model (see 5.4.3).

### **5.5 Wireless device and system related influencing parameters**

#### **5.5.1 Attributes of class WirelessCommunicationSystem**

##### **5.5.1.1 General**

The wireless communication system shall be designed according to the requirements and conditions of the distributed automation system. The topology of a wireless communication system follows the topology of the distributed automation system, provided reliable radio transmission is possible. If this is not the case, the installation can be adapted, for example by better positioning of a radio module or antenna or by using infrastructure devices.

Wireless devices and systems implement many parameters that can be used to improve the dependability and the coexistence. In this document only key attributes are considered.

##### **5.5.1.2 Frequency band**

This parameter describes the range in the frequency spectrum that is used by the intended wireless communication system. It is specified by lower and upper cut-off frequency, by centre frequency and frequency bandwidth or by a technology-specific channel number. The frequency band is delimited by an upper frequency and a lower frequency.

The used frequency band is relevant for assessing the passive and active environmental influences.

##### **5.5.1.3 Further attributes**

Further parameters describing influences of the wireless communication system are for example the number of wireless communication modules and the physical topology.



## **5.5.2 Attributes of class WirelessCommunicationFunction**

### **5.5.2.1 Antenna**

The antenna is a very important part of the wireless communication function. It is usually considered as part of the radio channel. Therefore, it is advantageous to take antenna parameters into account. This includes the type of antenna (for example dipole antenna, omnidirectional antenna, slotted hollow conductor, leaky cable, internal antenna, real situations with not optimized antennas).

A detailed description of the antenna is required for an automated coexistence management. Therefore, it is part of the capability profile.

### **5.5.2.2 Further attributes**

Further parameters describing influences of the wireless communication system include, for example, modulation type, output power and communication cycle.

## **5.5.3 Attributes of class ReferenceInterface**

See 5.3.4.

## **5.5.4 Attributes of class PhysicalLayerInterface**

See 5.4.4.

## **5.5.5 Attributes of class WirelessTopology**

The intention is that the wireless topology follows the topology of the distributed automation system. If the elements of the automation system are installed in a control cabinet, the wireless communication module should be installed outside. In some cases, it can be reasonable to connect more than one automation device to one wireless communication module. Furthermore, some wireless technologies require specific infrastructure devices.

## **5.5.6 Attributes of class WirelessLink**

The wireless link connects two wireless endpoints. It can be assumed that usually several logical links are assigned to one wireless link. In meshed networks, a logical link can also be assigned to several wireless links. This is also true when using an infrastructure device.

## **5.5.7 Attributes of class WirelessEndpoint**

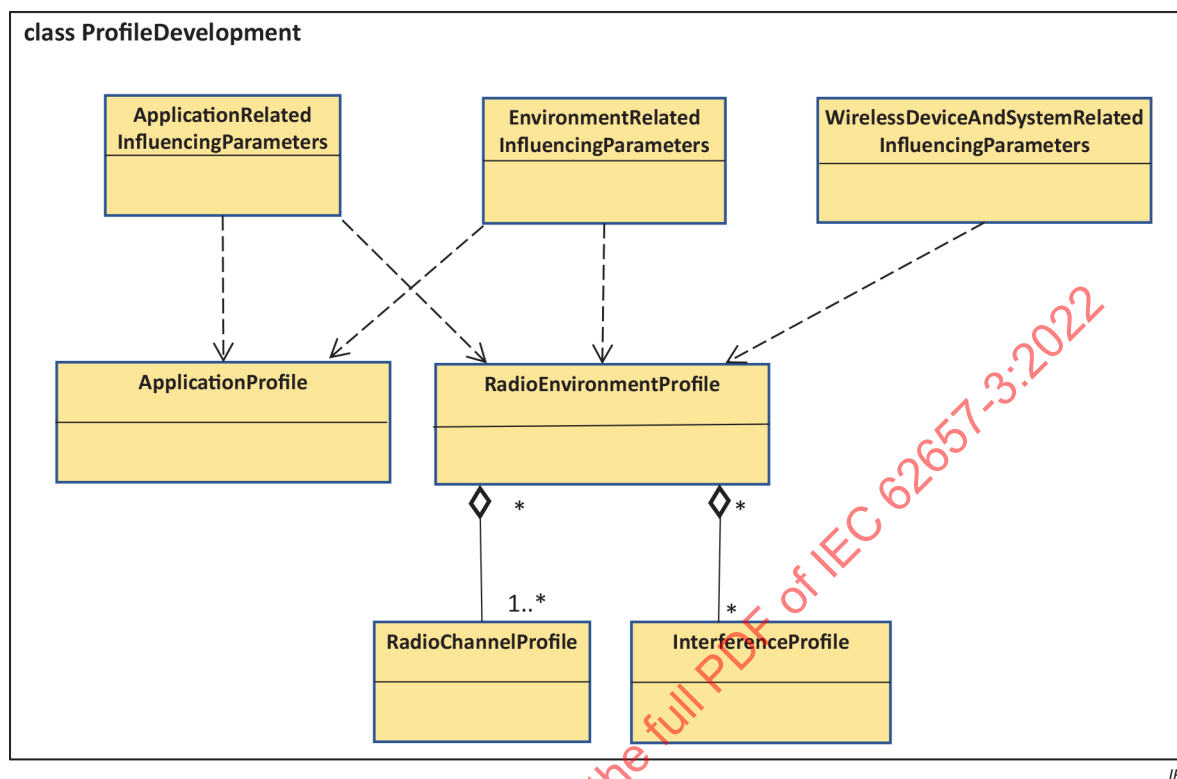
The wireless endpoint is part of a physical layer interface. The directed relationship between a wireless source endpoint and a wireless target endpoint is a wireless link.

## **5.6 Profile development**

Figure 2 depicts the comparison of a requirement profile of a spatially distributed automation system and a capability profile of a wireless communication solution. The successful match of these profiles for all considered wireless automation applications defines the coexistence state.

The attributes of the wireless industrial automation model described in 5.3, 5.4 and 5.5 are the starting point for profile development. The values of these attributes influence the time and error behavior of wireless communication solutions. They are therefore clustered as sets of application related influencing parameters, environment related influencing parameters, and wireless device and system related influencing parameters. Based on the influencing parameters, profiles are derived as shown in Figure 13. The influencing parameters are grouped into profiles in the class ProfileDevelopment.

Application related influencing parameters and environment related influencing parameters contribute to application profile and radio environment profile. Furthermore, wireless device and system related influencing parameters contribute to the radio environment profile.



**Figure 13 – Class ProfileDevelopment**

The radio channel profile is the part of radio environment profile that refers to the radio channel model which describes the radio propagation conditions.

The interference profile is the part of radio environment profile that refers to interfering wireless communication solutions and interfering wireless applications.

As described before, all influencing parameters are affecting the values of the characteristic parameters.

The set of required values to be coexistent (see 5.1) for the application profile and the radio environment profile specifies the requirement profile (see Figure 2), which is the benchmark for coexistence. The requirement profile specified from the application point of view usually contains only implicit descriptions of the radio environment profile. If necessary for planning the wireless communication systems and for coexistence management, more detailed parameters for the radio channel profile (for example parameters of the radio channel model) and for the interference profile are to be considered and the values determined by radio experts.

The set of promised values to be coexistent (see 5.1) for the application profile and the radio environment profile as well as the parameters of the wireless communication solutions specifies its capability profile (see Figure 2). The more detailed parameters and their values for the radio channel profile and the interference profile assumed when planning the wireless communication solutions should be able to be provided for coexistence management if required.

The set of actual values (see 5.1) for the application profile and the radio environment profile as well as the parameters of the wireless communication solutions indicates the coexistence state.

## 6 Architecture of central coordination point

### 6.1 Model application guidance

Clause 6 is intended to demonstrate the usage of the concept described in this document for the implementation of coexistence management systems.

One possible implementation of this document is the development of an automated collaborative coexistence management with central coordination point (CCP). Clause 6 gives an outline of this example.

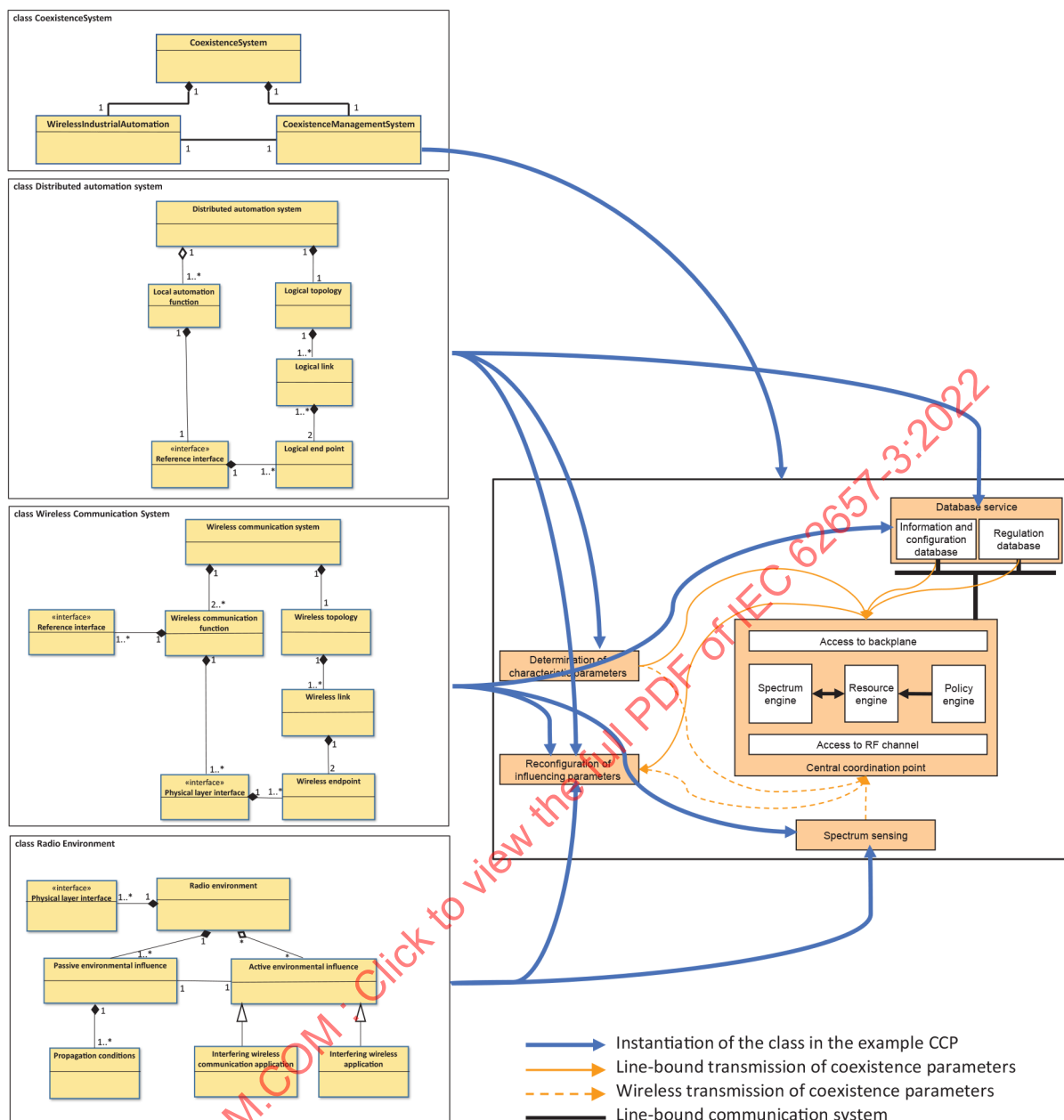
Figure 14 shows the relations between models defined in this document and the CCP concept described in IEC 62657-4. With this approach, all information about

- the requirements of the automation applications,
- the configurations of the automation applications,
- the configurations of the wireless communication solutions,
- the general conditions of radio frequency regulation,
- the use of the radio frequency spectrum, and
- the coexistence state

is provided to a central instance, the CCP. The CCP evaluates the information, makes predictions about the coexistence state if necessary and acts on the wireless communication solutions or on the distributed automation systems to ensure the coexistence state.

More details about the coexistence management with central coordination of wireless applications can be found in IEC 62657-4.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62657-3:2022



IEC

## Key

The orange lines are explained in IEC 62657-4. The blue lines refer to the implementation of the models showing on the left-hand side.

**Figure 14 – Relation between system models and their application in a CCP concept**

The system models described in Clause 5 provide the objects and parameters to be considered during the CCP concept development. This includes the parameters for the data base service, values of the application to be measured and to be calculated, the spectrum sensing information to be determined and the parameters that can potentially be used to control the coexistence state function.

## 6.2 Database service

The database of the CCP should be structured according to the models described in 5.3 and 5.5. Thus, all a priori information on the wireless communication applications subject to coexistence management can be found here. This includes the required values of the parameters as well as the current values determined by configuration. For example, this concerns the required values for the update time of all logical links and currently configured transmission powers of the wireless devices. The resource engine of the CCP uses the database services to access the parameters currently required for resource management.

## 6.3 Status of wireless system

The status of the wireless system is determined using the parameters described in 5.5. In a managed wireless communication system, a central instance of the system, for example a gateway, provides the values. In the case of managed devices, however, each wireless device can provide the status reports independently.

## 6.4 Status of application

In accordance with the definition of the term coexistence, the assessment of the application-related characteristic parameters is of primary importance in determining the coexistence state. Therefore, a CCP would base the decisions on the dependability and performance parameters of relevant logical links. For its measurement function at the logical target endpoints are required. The results shall be transferred to the CCP according to the services specified in IEC 62657-4. IEC 62657-4 also describes how the measurement results of individual logical links of different distributed application systems can be combined. Thus, a coexistence state function can be created that can express a safety margin to a specified threshold that marks the transition from the coexistence state to the non-coexistence state (see also IEC 62657-4:—, Figure 3).

## 6.5 Status of radio spectrum

Based on the parameters of 5.4.1 to 5.4.5, radio channel models can be developed which can be used for decision making by the resource engine. The channel models describe the passive environmental influences. They are stored in the database.

The evaluation of the active environmental influences can be performed using the parameters of 5.4.6. In the CCP concept, the spectrum sensing function is provided for the determination of the state of the radio spectrum. This function can be implemented in a wireless device or in a separate spectrum sensing node. The values of the state of the spectrum can be transmitted via the spectrum management services defined for the CCP concept.

## 6.6 Status analysis

It is important to note that the coexistence state can be assessed mainly through the application-related parameters. The state of the radio spectrum can give indications of expected deviations from the normal state. Thus, measures to maintain the coexistence state can be initiated in time.

## 6.7 Resource assignment

The allocation of resources can theoretically be done in the degrees of freedom radio frequency, time, transmission power/location and coding.

First and foremost, the regionally valid radio frequency regulations shall be respected. These can be expressed by a country code, for example. For Europe, for example, the products shall have an implementation that is in line with the RED.

When assigning resources, the value assignment can be considered for all influencing parameters. For the purpose of resilience, connections can also be terminated, transfer intervals can be increased or routes of mobile wireless devices can be influenced if this can prevent downtimes. It is important to note that not all wireless communication applications have to set back equally. In the context of industrial automation applications, the priorities important for production shall be taken into account. These priorities are expressed by the required values of the parameters.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62657-3:2022

## Bibliography

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*, available at <http://www.electropedia.org/>

IEC 60050-192:2015, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 192: Dependability*

IEC 60050-821:2017, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 821: Signalling and security apparatus for railways*

IEC 60050-603:1986, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 603: Generation, transmission and distribution of electricity – Power systems planning and management*

ISO/IEC 19505-1, *Information technology – Object Management Group Unified Modeling Language (OMG UML) – Part 1: Infrastructure*

---

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62657-3:2022

## SOMMAIRE

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                  | 40 |
| INTRODUCTION.....                                                                   | 42 |
| 1 Domaine d'application .....                                                       | 44 |
| 2 Références normatives .....                                                       | 44 |
| 3 Termes, définitions et abréviations .....                                         | 45 |
| 3.1 Généralités .....                                                               | 45 |
| 3.2 Termes et définitions spécifiques au présent document .....                     | 45 |
| 3.3 Termes et définitions de l'IEC 62657-2.....                                     | 46 |
| 3.4 Abréviations.....                                                               | 47 |
| 4 Gestion de coexistence collaborative automatisée .....                            | 48 |
| 4.1 Motivation .....                                                                | 48 |
| 4.2 Scénarios d'application .....                                                   | 48 |
| 4.2.1 Généralités .....                                                             | 48 |
| 4.2.2 Mise en place d'une automatisation industrielle sans fil .....                | 49 |
| 4.2.3 Fonctionnement et maintenance de l'automatisation industrielle sans fil ..... | 49 |
| 4.2.4 Zones contrôlées/non contrôlées .....                                         | 50 |
| 4.2.5 Appareil avec/sans techniques d'atténuation.....                              | 50 |
| 4.2.6 Appareils fixes, mobiles ou rotatifs .....                                    | 51 |
| 4.2.7 Appareils installés de manière temporaire .....                               | 51 |
| 5 Méthode de description de la coexistence .....                                    | 51 |
| 5.1 Zone à l'étude .....                                                            | 51 |
| 5.2 Modèle de coexistence sans fil .....                                            | 53 |
| 5.2.1 Généralités .....                                                             | 53 |
| 5.2.2 Classe CoexistenceSystem.....                                                 | 53 |
| 5.2.3 Classe WirelessIndustrialAutomation .....                                     | 54 |
| 5.2.4 Classe DistributedAutomationSystem .....                                      | 56 |
| 5.2.5 Classe RadioEnvironment.....                                                  | 58 |
| 5.2.6 Classe WirelessCommunicationSystem .....                                      | 60 |
| 5.2.7 Classe CoexistenceManagementSystem.....                                       | 62 |
| 5.3 Paramètres influents liés à l'application .....                                 | 62 |
| 5.3.1 Attributs de la classe DistributedAutomationSystem.....                       | 62 |
| 5.3.2 Attributs de la classe LocalAutomationFunction .....                          | 63 |
| 5.3.3 Attributs de la classe LogicalTopology .....                                  | 64 |
| 5.3.4 Attributs de la classe ReferenceInterface.....                                | 64 |
| 5.3.5 Attributs de la classe LogicalLink.....                                       | 64 |
| 5.3.6 Attributs de la classe LogicalEndpoint .....                                  | 65 |
| 5.3.7 Paramètres caractéristiques liés à l'application.....                         | 65 |
| 5.4 Paramètres influents liés à l'environnement .....                               | 65 |
| 5.4.1 Nombre d'influences environnementales passives .....                          | 65 |
| 5.4.2 Attributs de la classe PassiveEnvironmentalInfluence.....                     | 65 |
| 5.4.3 Attributs de la classe PropagationCondition .....                             | 66 |
| 5.4.4 Attributs de la classe PhysicalLayerInterface .....                           | 66 |
| 5.4.5 Nombre d'influences environnementales actives .....                           | 67 |
| 5.4.6 Attributs de la classe ActiveEnvironmentalInfluence .....                     | 67 |
| 5.5 Paramètres influents liés à l'appareil et au système sans fil .....             | 68 |
| 5.5.1 Attributs de la classe WirelessCommunicationSystem.....                       | 68 |



|       |                                                                                                                                                                       |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.5.2 | Attributs de la classe WirelessCommunicationFunction.....                                                                                                             | 68 |
| 5.5.3 | Attributs de la classe ReferenceInterface.....                                                                                                                        | 68 |
| 5.5.4 | Attributs de la classe PhysicalLayerInterface.....                                                                                                                    | 68 |
| 5.5.5 | Attributs de la classe WirelessTopology.....                                                                                                                          | 69 |
| 5.5.6 | Attributs de la classe WirelessLink.....                                                                                                                              | 69 |
| 5.5.7 | Attributs de la classe WirelessEndpoint.....                                                                                                                          | 69 |
| 5.6   | Elaboration du profil.....                                                                                                                                            | 69 |
| 6     | Architecture du point de coordination central.....                                                                                                                    | 71 |
| 6.1   | Recommandations d'application du modèle.....                                                                                                                          | 71 |
| 6.2   | Service de base de données.....                                                                                                                                       | 73 |
| 6.3   | Etat du système sans fil.....                                                                                                                                         | 73 |
| 6.4   | Etat de l'application.....                                                                                                                                            | 73 |
| 6.5   | Etat du spectre radioélectrique.....                                                                                                                                  | 73 |
| 6.6   | Analyse de l'état.....                                                                                                                                                | 73 |
| 6.7   | Affectation de ressources.....                                                                                                                                        | 74 |
|       | Bibliographie.....                                                                                                                                                    | 75 |
|       | Figure 1 – Relation entre les parties de la série IEC 62657.....                                                                                                      | 43 |
|       | Figure 2 – Profil d'exigences d'un système d'automatisation réparti dans l'espace<br>recouvert par un profil d'aptitude d'une solution de communication sans fil..... | 52 |
|       | Figure 3 – Modèle de classe du système de coexistence.....                                                                                                            | 53 |
|       | Figure 4 – Structure de l'automatisation industrielle sans fil.....                                                                                                   | 54 |
|       | Figure 5 – Interfaces de l'automatisation industrielle sans fil.....                                                                                                  | 55 |
|       | Figure 6 – Modèle de classe de la zone à l'étude pour l'automatisation industrielle<br>sans fil.....                                                                  | 56 |
|       | Figure 7 – Système d'automatisation réparti.....                                                                                                                      | 57 |
|       | Figure 8 – Modèle du système d'automatisation réparti.....                                                                                                            | 58 |
|       | Figure 9 – Environnement radioélectrique.....                                                                                                                         | 59 |
|       | Figure 10 – Modèle du système de l'environnement radioélectrique.....                                                                                                 | 60 |
|       | Figure 11 – Système de communication sans fil.....                                                                                                                    | 60 |
|       | Figure 12 – Modèle du système de communication sans fil.....                                                                                                          | 62 |
|       | Figure 13 – Classe ProfileDevelopment.....                                                                                                                            | 70 |
|       | Figure 14 – Relation entre des modèles de systèmes et leur application dans un<br>concept de CCP.....                                                                 | 72 |
|       | Tableau 1 – Public de la série IEC 62657.....                                                                                                                         | 42 |

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## RÉSEAUX INDUSTRIELS – COEXISTENCE DES SYSTÈMES SANS FIL –

### Partie 3: Description formelle de la gestion automatisée de la coexistence et recommandations d'application

#### AVANT-PROPOS

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

L'IEC 62657-3 a été établie par le sous-comité 65C: Réseaux industriels, du comité d'études 65 de l'IEC: Mesure, commande et automation dans les processus industriels. Il s'agit d'une Norme internationale.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

| Projet        | Rapport de vote |
|---------------|-----------------|
| 65C/1165/FDIS | 65C/1171/RVD    |

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

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous [www.iec.ch/standardsdev/publications](http://www.iec.ch/standardsdev/publications).

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62657, publiées sous le titre général *Réseaux industriels – Coexistence des systèmes sans fil*, se trouve sur le site web de l'IEC.

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

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

**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 public visé par la série IEC 62657 est indiqué dans le Tableau 1.

**Tableau 1 – Public de la série IEC 62657**

| Public                                                                                                        | Partie 1<br>Exigences de<br>communication<br>sans fil | Partie 2<br>Gestion de<br>coexistence | Partie 3<br>Architecture et<br>utilisation | Partie 4<br>Coordination<br>centralisée |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1. Autorité de réglementation                                                                                 | ✓                                                     | —                                     | —                                          | —                                       |
| 2. Expert IA                                                                                                  | ✓                                                     | —                                     | —                                          | —                                       |
| 3. Propriétaire d'installation                                                                                | —                                                     | ✓                                     | ✓                                          | —                                       |
| 4. Fabricant d'appareils                                                                                      | —                                                     | ✓                                     | ✓                                          | ✓                                       |
| 5. Intégrateur système                                                                                        | ✓                                                     | ✓                                     | ✓                                          | ✓                                       |
| Légende: ✓ = s'applique plus particulièrement au public #; — = il convient que tout le monde lise ce document |                                                       |                                       |                                            |                                         |

Le présent document s'adresse aux propriétaires d'installations qui exploitent des solutions industrielles sans fil, aux fabricants d'appareils industriels sans fil, ainsi qu'aux intégrateurs et opérateurs de systèmes sans fil.

Il est nécessaire que les propriétaires d'installations comprennent la nature de l'état de coexistence relatif aux systèmes d'automatisation sans fil. En outre, il est nécessaire qu'ils s'assurent que tous les impacts sur les systèmes d'application industrielle sans fil représentés par des paramètres sont pris en compte. Le présent document leur fournit les informations nécessaires pour comprendre les paramètres de gestion de coexistence et chaque relation pour une exploitation fiable des installations.

Il convient que les fabricants d'appareils fournissent des paramètres quantitatifs sur leurs appareils et systèmes sans fil afin de gérer la coexistence des applications industrielles sans fil selon l'IEC 62657-2. Le présent document définit les paramètres connexes et les interfaces de connexion d'appareils pour une gestion automatique de la coexistence.

Il convient que les intégrateurs systèmes conçoivent, mettent en œuvre et gèrent, en collaboration avec les propriétaires des installations et les fabricants d'appareils, les systèmes d'automatisation industrielle sans fil tout au long du cycle de vie des installations. Le présent document fournit des paramètres et des interfaces essentiels à la gestion de coexistence par les intégrateurs systèmes.

L'un des objets du présent document est de décrire les caractéristiques d'une gestion de coexistence collaborative automatisée afin d'élaborer des solutions, par exemple un point de coordination central (CCP, *Central Coordination Point*), avec une approche réseautique définie par un logiciel pour une utilisation flexible du spectre de fréquences ou en utilisant un système mondial de navigation par satellite (GNSS, *Global Navigation Satellite System*) pour une utilisation du spectre de fréquences fondée sur la localisation.

La Figure 1 représente la relation entre les parties de la série EC 62657.

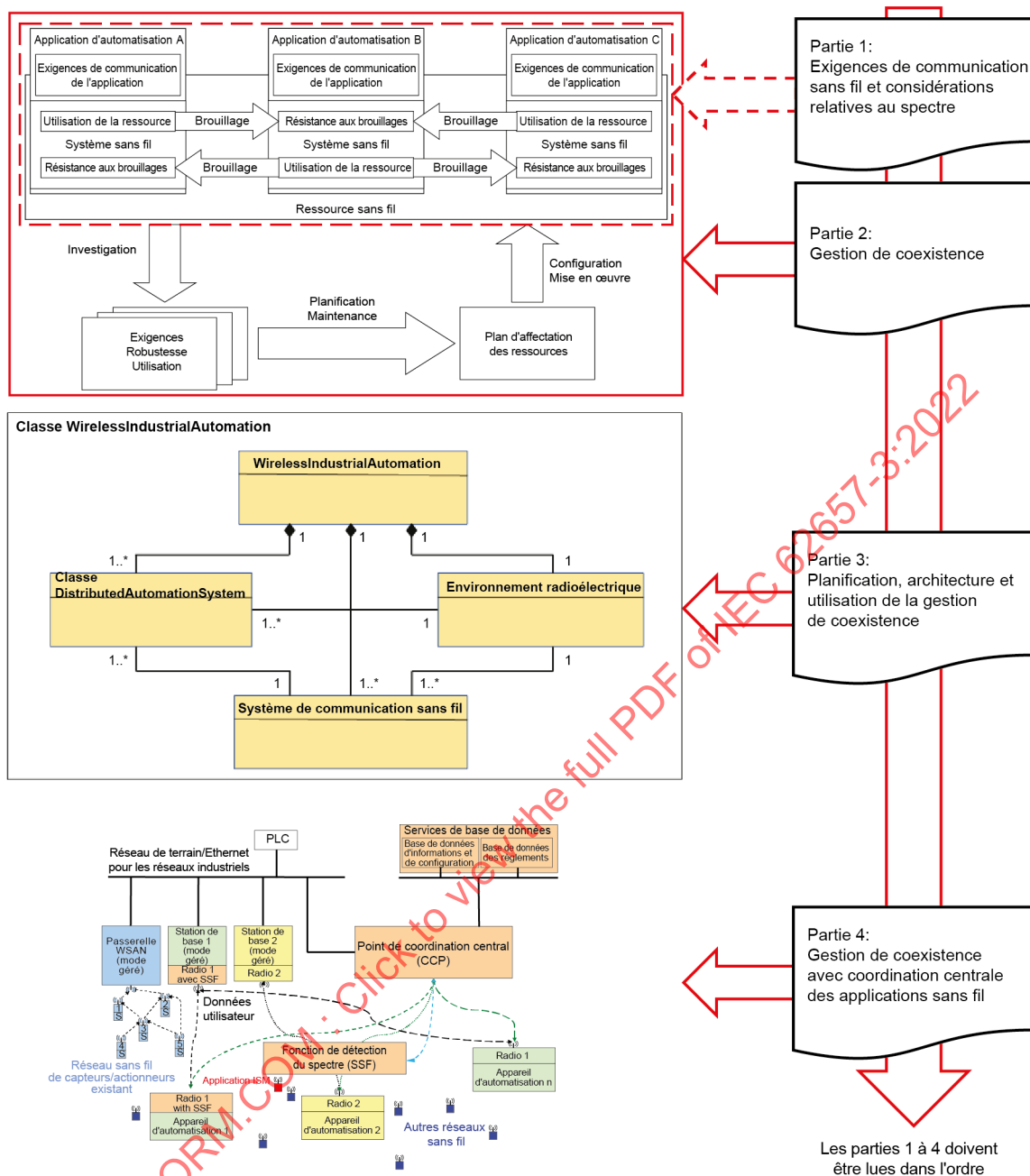


Figure 1 – Relation entre les parties de la série IEC 62657

## **RÉSEAUX INDUSTRIELS – COEXISTENCE DES SYSTÈMES SANS FIL –**

### **Partie 3: Description formelle de la gestion automatisée de la coexistence et recommandations d'application**

#### **1 Domaine d'application**

La présente partie de l'IEC 62657 spécifie une approche type générale pour la gestion automatisée de la coexistence et fournit des recommandations d'application. Le présent document décrit l'utilisation des paramètres connexes et des interfaces pour établir et maintenir les fonctions de gestion automatique de coexistence. Il spécifie également une description abstraite des éléments, des propriétés et des interfaces des systèmes, et spécifie les relations entre les paramètres influents et les paramètres caractéristiques spécifiés dans l'IEC 62657-1 et l'IEC 62657-2.

NOTE L'IEC 62657-4 spécifie l'approche du point de coordination central comme un exemple d'utilisation de la description formelle du présent document.

#### **2 Références normatives**

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

IEC 61784-3, *Réseaux de communication industriels – Profils – Partie 3: Bus de terrain de sécurité fonctionnelle – Règles générales et définitions de profils*

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

IEC 62657-2:—<sup>1</sup>, *Réseaux industriels – Coexistence des systèmes sans fil – Partie 2: Gestion de coexistence*

IEC 62657-4:—<sup>2</sup>, *Réseaux industriels – Coexistence des systèmes sans fil – Partie 4: Gestion de coexistence avec coordination centralisée des applications sans fil*

<sup>1</sup> En cours d'élaboration. Stade au moment de la publication: IEC FDIS 62657-2:2022.

<sup>2</sup> En cours d'élaboration. Stade au moment de la publication: IEC FDIS 62657-4:2022.

### 3 Termes, définitions et abréviations

#### 3.1 Généralités

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

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

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

#### 3.2 Termes et définitions spécifiques au présent document

##### 3.2.1

##### **sûreté de fonctionnement**

aptitude à fonctionner quand et tel que requis

Note 1 à l'article: La sûreté de fonctionnement comprend la disponibilité, la fiabilité, la récupérabilité, la maintenabilité, l'efficacité de la logistique de maintenance et, dans certains cas, d'autres caractéristiques telles que la durabilité, la sûreté et la sécurité.

Note 2 à l'article: Le terme "sûreté de fonctionnement" désigne collectivement l'ensemble des caractéristiques temporelles de qualité d'une entité.

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-01-22]

##### 3.2.2

##### **système d'automatisation industrielle**

ensemble d'applications d'automatisation industrielle interdépendantes

##### 3.2.3

##### **liaison logique**

relation entre les points limites logiques des fonctions d'automatisation locales d'un système d'automatisation réparti

##### 3.2.4

##### **message**

information qui est transmise en un ou plusieurs paquets par un émetteur à un ou plusieurs récepteurs

[SOURCE: IEC 60050-821:2017, 821-11-29]

##### 3.2.5

##### **facteur de pertes de messages**

rapport, exprimé en pourcentage, du nombre de messages non délivrés divisé par le nombre total de messages au cours d'un intervalle de temps T, et où le nombre de messages non délivrés est la différence entre le nombre de messages arrivant au point de flux d'entrée et le nombre de messages délivrés au point de flux de sortie dans une connexion point à point

##### 3.2.6

##### **fiabilité**

##### **fiabilité d'une entité**

aptitude d'une entité à remplir une fonction requise dans des conditions et pendant une durée spécifiées

[SOURCE: IEC 60050-603:1986, 603-05-01]

### 3.3 Termes et définitions de l'IEC 62657-2

Afin de faciliter la compréhension, les termes les plus importants de l'IEC 62657-2 utilisés dans le présent document sont répertoriés, mais leurs définitions ne sont pas répétées dans la liste.

- Influence environnementale active.
- Exigences de communication de l'application.
- Lieu de fonctionnement.
- Gestion de coexistence collaborative automatisée.
- Application d'automatisation.
- Numéro de canal.
- Coexistence.
- Gestion de coexistence.
- Gestionnaire de coexistence.
- Gestion de coexistence collaborative.
- Disponibilité de communication.
- Charge de communication.
- Fréquence de coupure.
- Appareil.
- Distance entre des appareils sans fil.
- Système d'automatisation réparti.
- Cycle de service.
- Brouillage électromagnétique.
- Bande de fréquences.
- Largeur de bande de fréquences.
- Canal de fréquences.
- Application d'automatisation industrielle, voir application d'automatisation.
- Réseau de communication industriel.
- Application industrielle, scientifique et médicale.
- Appareil d'infrastructure.
- Brouillage.
- Intervisibilité.
- Cycle de vie.
- Ligne visuelle (LOS).
- Fréquence de coupure inférieure.
- Modulation.
- Condition environnementale naturelle.
- Réseau.
- Topologie de réseau.
- Sans visibilité directe (NLOS).
- Période d'observation.
- Ligne visuelle obstruée (OLOS).
- Paquet.
- Influence environnementale passive.
- Exigences de performances.



- Liaison physique.
- Installation.
- Densité spectrale de puissance.
- Canal radio.
- Environnement radioélectrique.
- Interface de référence.
- Règlement régional des radiocommunications.
- Déplacement relatif.
- Intervalle de transfert.
- Séquence d'émetteur.
- Temps d'actualisation.
- Fréquence de coupure supérieure.
- Application sans fil.
- Communication sans fil.
- Application de communication sans fil.
- Solution de communication sans fil.
- Système de communication sans fil.
- Appareil sans fil.
- Solution sans fil.
- Norme ou technologie sans fil.

### 3.4 Abréviations

|                                           |                                                     |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| BNC                                       | Bayonet Neill–Concelman                             |
| CCP (Central Coordination Point)          | Point de coordination central                       |
| DAA (Detect And Avoid)                    | Détection et évitement                              |
| EMI (Electromagnetic Interference)        | brouillage électromagnétique                        |
| GNSS (Global Navigation Satellite System) | Système mondial de navigation par satellite         |
| E/S                                       | Entrée/sortie                                       |
| IA (Industrial Automation)                | Automatisation industrielle                         |
| ISM                                       | application industrielle, scientifique et médicale  |
| LBT (Listen Before Talk)                  | Ecouter avant d'émettre                             |
| LOS (Line of sight)                       | Ligne visuelle                                      |
| M                                         | Moteur                                              |
| NLOS (Non-Line Of Sight)                  | Sans visibilité directe                             |
| OLOS (Obstructed Line Of Sight)           | Ligne visuelle obstruée                             |
| P95                                       | Quantile                                            |
| PCB (Printed Circuit Board)               | Carte de circuit imprimé                            |
| PLC (Programmable Logic Controller)       | Automate programmable                               |
| DSP                                       | Densité spectrale de puissance                      |
| RED (Radio Equipment Directive)           | Directive relative aux équipements radioélectriques |
| RF                                        | Radiofréquence                                      |
| SIL (Safety Integrity Level)              | Niveau d'intégrité de sécurité                      |
| XML (Extensible Mark-up Language)         | Langage de balisage extensible                      |

## 4 Gestion de coexistence collaborative automatisée

### 4.1 Motivation

Il convient que les systèmes de communication sans fil pour les applications d'automatisation industrielle adoptent un processus de gestion de coexistence qui peut être maintenu tout au long du cycle de vie de l'application d'automatisation. Les paramètres de gestion de coexistence sont définis de manière formelle afin de permettre une description formelle du processus de gestion de coexistence. L'utilisation sûre des systèmes de communication sans fil au cours du cycle de vie de l'application d'automatisation repose sur cette description formelle, en particulier si une gestion de coexistence collaborative doit être utilisée. Selon l'IEC 62657-2, la gestion de coexistence collaborative automatisée est une forme de gestion de coexistence qui est prise en charge par des outils logiciels équipés d'interfaces définies entre l'outil et les systèmes de communication sans fil. L'adjectif "collaborative" indique que tous les systèmes sans fil impliqués fournissent les informations nécessaires et peuvent être influencés en fonction de l'objectif global des applications d'automatisation.

Le présent document spécifie les éléments, les propriétés et les interfaces des systèmes, ainsi que les relations entre les paramètres influents et les paramètres caractéristiques spécifiés dans l'IEC 62657-1 et l'IEC 62657-2. Il décrit les paramètres pertinents à utiliser dans une spécification de profil. Etant donné qu'une spécification de profil est l'abstraction de nombreux cas d'utilisation, les paramètres utilisés à cette fin sont également abstraits.

Le présent document peut être utilisé pour apporter une contribution aux règlements nationaux et régionaux. Il ne dispense pas les appareils de se conformer à toutes les exigences de ces règlements.

### 4.2 Scénarios d'application

#### 4.2.1 Généralités

La gestion de coexistence collaborative automatisée vise à fournir une analyse de l'état de coexistence qui fluctue en temps réel et met en œuvre de façon autonome la solution permettant de stabiliser le fonctionnement des applications sans fil. Ses fonctions sont les suivantes:

- trouver des solutions aux problèmes de coexistence;
- optimiser le plan de gestion de coexistence;
- prendre en charge des applications sans fil robustes et flexibles, même en cas de fluctuation dynamique de l'environnement radioélectrique;
- favoriser la mise en œuvre rapide de nouvelles applications industrielles sans fil;
- optimiser une solution en identifiant la cause des problèmes à partir d'une large combinaison de paramètres de gestion de coexistence.

Elle permet de fournir un processus de travail efficace pour la maintenance du système sans fil. La gestion automatisée de la coexistence offre différents avantages:

- réduction ou élimination des brouillages menant à des indisponibilités fortuites;
- réduction ou évitement des résolutions de panne pénibles, coûteuses et chronophages;
- réduction des efforts et du temps nécessaire pour introduire de nouvelles applications sans fil.

Le 4.2 décrit les scénarios d'application types de la gestion de coexistence collaborative automatisée dans le cycle de vie de l'ensemble d'une installation.

## **4.2.2 Mise en place d'une automatisation industrielle sans fil**

### **4.2.2.1 Généralités**

Deux types de projets sont en cours pour la création d'une application d'automatisation industrielle. L'un est un projet sur une zone verte, l'autre un projet sur friche industrielle. Du point de vue de la gestion de coexistence, les scénarios d'application utilisés avec la gestion de coexistence collaborative automatisée pour ces deux types de projets sont décrits en 4.2.2.

### **4.2.2.2 Projets sur zones vertes**

Les projets sur zones vertes correspondent à de nouvelles installations construites à partir de zéro.

Les solutions de communication sans fil sont planifiées et conçues en fonction des exigences de communication de l'application. Les paramètres d'influence liés aux systèmes et aux appareils sans fil sont stockés pour être utilisés aux fins de la gestion automatisée de la coexistence. Pour évaluer les conditions de propagation, les brouillages pertinents et les effets de ces brouillages, l'environnement radioélectrique est étudié à l'aide, par exemple, d'analyseurs de réseaux ou d'outils de détection du spectre. Les paramètres influents liés à l'environnement, par exemple les signaux radio, les radiofréquences, les cycles de service et leurs fluctuations, sont enregistrés et stockés dans la base de données du gestionnaire de coexistence collaborative. Ces informations peuvent également être utilisées pour configurer de nouvelles applications sans fil de manière appropriée.

Les investigations à l'aide de la gestion de coexistence collaborative en conditions de laboratoire peuvent également être utiles pour préparer la mise en œuvre d'une solution sans fil lorsque l'environnement d'accueil n'est pas encore disponible (lors de la construction d'un nouvel atelier de production, par exemple).

### **4.2.2.3 Projets sur friches industrielles**

Les projets sur friches industrielles sont réalisés sur des terrains qui ont déjà été exploités à des fins de fabrication ou de traitement. La nouvelle solution sans fil doit être intégrée à la mise en œuvre existante.

Au cours de la planification, de l'ingénierie et de la mise en œuvre d'une nouvelle solution sans fil pour des projets sur friches industrielles, les risques de collision et de spectre déjà attribué doivent être analysés. Selon les exigences de communication de l'application, il est possible que les solutions existantes doivent être reconfigurées. Les valeurs des paramètres influents doivent être incluses dans les mises en œuvre de la gestion de coexistence collaborative.

## **4.2.3 Fonctionnement et maintenance de l'automatisation industrielle sans fil**

### **4.2.3.1 Généralités**

Lors du fonctionnement des applications d'automatisation sans fil de l'installation, le gestionnaire de coexistence collaborative surveille en continu la condition de coexistence. Les travaux de maintenance de l'automatisation industrielle sans fil spécifiés en 4.2.3 peuvent être menés efficacement en utilisant la gestion de coexistence collaborative.

### **4.2.3.2 Dégradation de l'état de coexistence**

Lorsque la fonction d'état de coexistence descend à un niveau non accepté (voir l'IEC 62657-4:—, Figure 3), la phase de maintenance de la gestion de coexistence est lancée pour rétablir l'état de coexistence. Il convient que la gestion de coexistence collaborative calcule et réaffecte les ressources du spectre en fonction du niveau des paramètres de performance connexes afin d'atteindre à nouveau l'état de coexistence.

#### 4.2.3.3 Reconfiguration d'un système de communication sans fil

La reconfiguration d'un système de communication sans fil est lancée en fonction des besoins de l'application d'automatisation. Les exigences de l'application varient, par exemple des appareils sans fil peuvent être ajoutés ou retirés, des appareils peuvent être déplacés ou le volume du trafic de données peut varier. La reconfiguration est également utile lorsque l'état de coexistence est influencé et fluctue en raison de l'évolution de l'environnement de propagation radioélectrique. Dans ce cas, la gestion de coexistence collaborative contribue à réduire le plus possible les risques et les processus de travail afin de maintenir l'automatisation industrielle sans fil.

Si des applications sans fil déjà actives contiennent des solutions sans fil de classes d'applications essentielles (par exemple, des classes d'applications de sécurité fonctionnelle ou de commande essentielle), il convient que la gestion de coexistence collaborative ne modifie pas les ressources de spectre pour ces solutions afin de réduire le plus possible les risques lors de l'exploitation d'une installation.

#### 4.2.3.4 Dépannage

La gestion de coexistence collaborative enregistre en continu les paramètres de performance et les paramètres caractéristiques de l'automatisation industrielle sans fil. Elle contribue à analyser la cause et le mécanisme de la panne. Elle reconfigure alors les ressources du spectre comme la fréquence, les canaux, la durée de transmission et la topologie du réseau en fonction de la cause de la panne.

#### 4.2.4 Zones contrôlées/non contrôlées

En ce qui concerne la gestion de coexistence dans les applications d'automatisation industrielle, il peut être nécessaire de diviser la zone géographique d'une installation en zones contrôlées et non contrôlables/publiques. Dans les zones contrôlées, l'état de coexistence de tous les appareils gérés est suivi par la gestion de coexistence collaborative.

La gestion de coexistence collaborative surveille également le spectre radioélectrique dans les zones non contrôlées afin d'identifier les risques potentiels pour les systèmes de communication sans fil dans les zones contrôlées. Elle contribue à la stabilité du fonctionnement des systèmes de communication sans fil dans les applications d'automatisation industrielle.

#### 4.2.5 Appareil avec/sans techniques d'atténuation

La gestion de coexistence collaborative lit les paramètres associés à la technique d'atténuation d'un appareil sans fil géré, comme un niveau de commande de puissance, l'affectation de créneaux horaires, le choix de fréquences, l'écoute du canal avant d'émettre (LBT), ainsi que la détection et l'évitement (DAA). Elle configure ensuite ces paramètres afin d'optimiser l'état de coexistence, dans le respect du règlement régional des radiocommunications.

Dans le cas de la fabrication d'appareils sans fil à faible coût alimentés par batteries et conçus pour des applications non essentielles, les techniques d'atténuation peuvent ne pas être mises en œuvre. La raison est que le mécanisme nécessite une puissance de calcul qui diminue la durée de vie de la batterie.

La gestion de coexistence collaborative utilise des appareils avec atténuation et sans atténuation dans la même installation. Elle permet une incidence minimale sur le brouillage mutuel par l'affectation de ressources de spectre dans les domaines fréquentiel, temporel et spatial.

#### **4.2.6 Appareils fixes, mobiles ou rotatifs**

La distance entre des appareils sans fil détermine l'atténuation, qui est une propriété importante du canal de radiofréquences. Elle dépend de la position des appareils sans fil, essentiellement déterminée par l'application d'automatisation.

En général, les appareils fixes sont destinés à la surveillance et au contrôle continus dans les applications d'automatisation. Certains appareils sont situés dans un environnement à trajets multiples comme un enchevêtrement de conduits. Certains de ces appareils peuvent être utilisés pour des applications essentielles. Afin de satisfaire aux exigences de leur application d'automatisation, la gestion de coexistence collaborative donne la priorité à l'affectation de ressources de spectre pour ces appareils.

Dans le cas des appareils sans fil mobiles ou rotatifs, la distance de communication sans fil peut varier de façon dynamique. La trajectoire du déplacement est importante pour ces appareils. La gestion de coexistence collaborative suit la plage de variation des paramètres de coexistence associés au cours du déplacement. Ces données suivies permettent de calculer l'affectation des ressources.

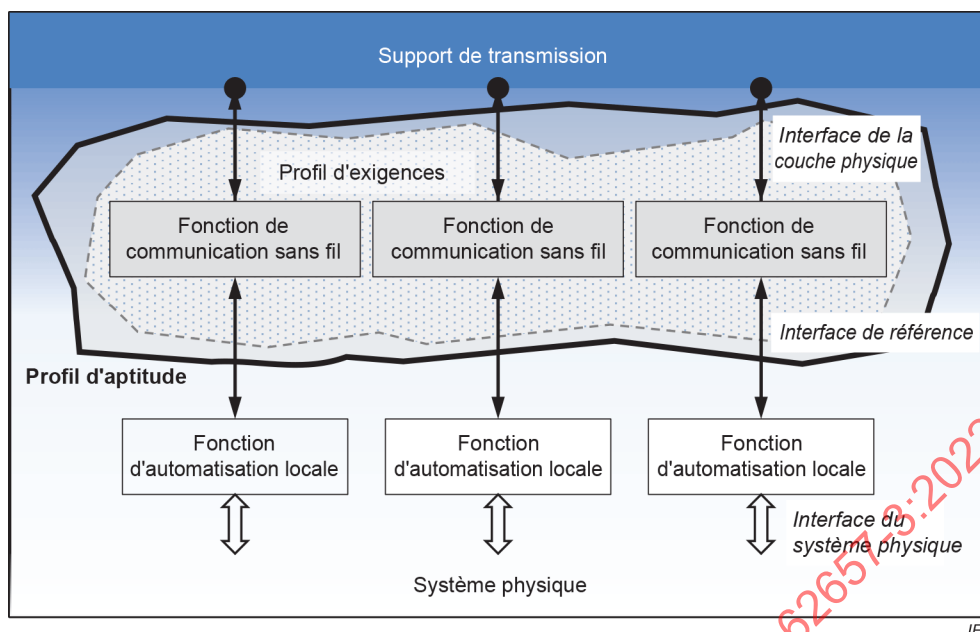
#### **4.2.7 Appareils installés de manière temporaire**

Les appareils de mesure sans fil installés de manière temporaire aux fins d'analyse et de dépannage des processus présentent des avantages considérables. La gestion de coexistence collaborative attribue des ressources de spectre à ces appareils. Dans ce contexte, les principaux utilisateurs du spectre de fréquences, autrement dit les solutions existantes de communication sans fil, sont pris en compte afin d'éviter toute incidence négative.

### **5 Méthode de description de la coexistence**

#### **5.1 Zone à l'étude**

Les systèmes d'automatisation industrielle peuvent comprendre des fonctions d'automatisation réparties dans l'espace (par exemple, fonctions de détection, de mesure et de commande) qui forment une application, comme cela est représenté à la Figure 2. Les fonctions de communication sans fil d'un système de communication sans fil doivent être conçues de manière à assurer la coopération des fonctions d'application pour un fonctionnement optimal des processus physiques.



**Figure 2 – Profil d'exigences d'un système d'automatisation réparti dans l'espace recouvert par un profil d'aptitude d'une solution de communication sans fil**

La répartition spatiale des fonctions d'automatisation résulte de la répartition spatiale naturelle d'un système physique. Le système physique et son environnement déterminent également les exigences de la solution de communications sans fil. Ces exigences sont décrites à l'aide d'un profil d'exigences.

Un profil d'exigences correspond à l'ensemble des valeurs exigées d'un ensemble défini de paramètres. L'ensemble défini de paramètres comprend les paramètres de performance et de sûreté de fonctionnement (paramètres caractéristiques) ainsi que les paramètres qui décrivent les conditions (paramètres influents), autrement dit l'application et l'environnement (voir l'IEC 62657-2:—, Article 6.). L'ensemble de valeurs promises pour cet ensemble de paramètres ainsi que pour les paramètres de la solution de communication sans fil constitue le profil d'aptitude. Les décisions quant au respect par une solution de communication sans fil des exigences d'une application d'automatisation peuvent être étayées par la comparaison du profil d'exigences et du profil d'aptitude. La Figure 2 représente de manière schématique l'exemple d'un profil d'exigences d'un système d'automatisation réparti dans l'espace recouvert par le profil d'aptitude d'une solution de communication sans fil.

Le profil d'exigences représente la capacité maximale demandée par l'utilisateur et donc la demande la plus complexe pour le système de communication sans fil (scénario le plus défavorable). Le profil d'aptitude représente la capacité minimale promise pour le système de communication sans fil dans des conditions données.

Les valeurs réelles de l'ensemble des paramètres varient entre ces deux états. Les valeurs réelles des paramètres peuvent varier autour d'une valeur moyenne. Des systèmes résilients peuvent ainsi être conçus. Toutefois, lorsqu'une limite fixée par accord est dépassée, l'application de communication sans fil correspondante passe à l'état d'échec. La coexistence sans fil est détériorée et l'état de coexistence sans fil est défini sur "false".

La gestion de coexistence sans fil est recommandée lorsque plusieurs solutions de communication sans fil sont utilisées au sein d'une usine, lorsque des brouillages électromagnétiques (EMI) sont susceptibles de se produire ou lorsque des applications industrielles, scientifiques et médicales (ISM) peuvent créer des brouillages.

Malgré les incidences mutuelles des solutions sans fil, les valeurs réelles des paramètres ne doivent pas enfreindre les valeurs exigées. Cela signifie que la gestion de coexistence se concentre sur les profils d'exigences des applications et peut utiliser les degrés de liberté des profils d'aptitude (par exemple, canal de fréquences, largeur de bande, schéma de codage, direction de propagation) pour maintenir l'état de coexistence. A chaque nouvelle solution sans fil installée, les degrés de liberté des profils d'aptitude diminuent. Si un profil d'aptitude ne recouvre plus le profil d'exigences de l'application, il n'est plus possible d'utiliser la communication sans fil dans cette installation.

En résumé, les valeurs des différents paramètres décrivent l'état de coexistence sous trois aspects:

- a) la valeur exigée pour assurer la coexistence;
- b) la valeur promise pour assurer la coexistence;
- c) la valeur réelle de l'état de coexistence.

L'Article 5 spécifie la méthode utilisée pour décrire la coexistence à l'aide de deux modèles:

- le modèle de coexistence sans fil en 5.2;
  - le modèle d'automatisation industrielle sans fil en 5.3, 5.4 et 5.5;
- et le concept de profils en 5.6.

## 5.2 Modèle de coexistence sans fil

### 5.2.1 Généralités

Le modèle utilisé est conforme à l'ISO/IEC 19505-1, en particulier le diagramme de classes avec ses attributs et ses relations. Les noms des classes et des attributs sont obtenus en concaténant des mots en majuscules.

### 5.2.2 Classe CoexistenceSystem

La classe du système de coexistence, nommée CoexistenceSystem, est composée de deux classes, voir Figure 3. La classe WirelessIndustrialAutomation représente l'objet de la gestion de coexistence. La classe CoexistenceManagementSystem représente le système qui met en œuvre les mesures de planification, de maintenance et de restauration de l'état de coexistence.

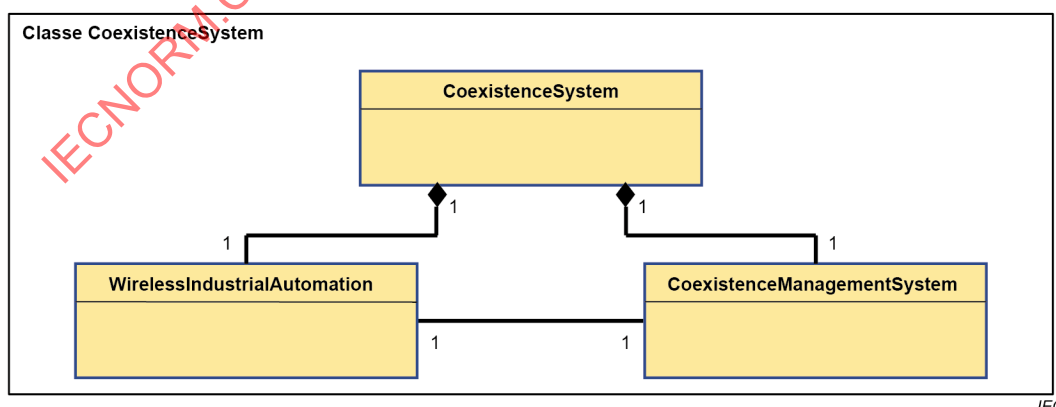


Figure 3 – Modèle de classe du système de coexistence

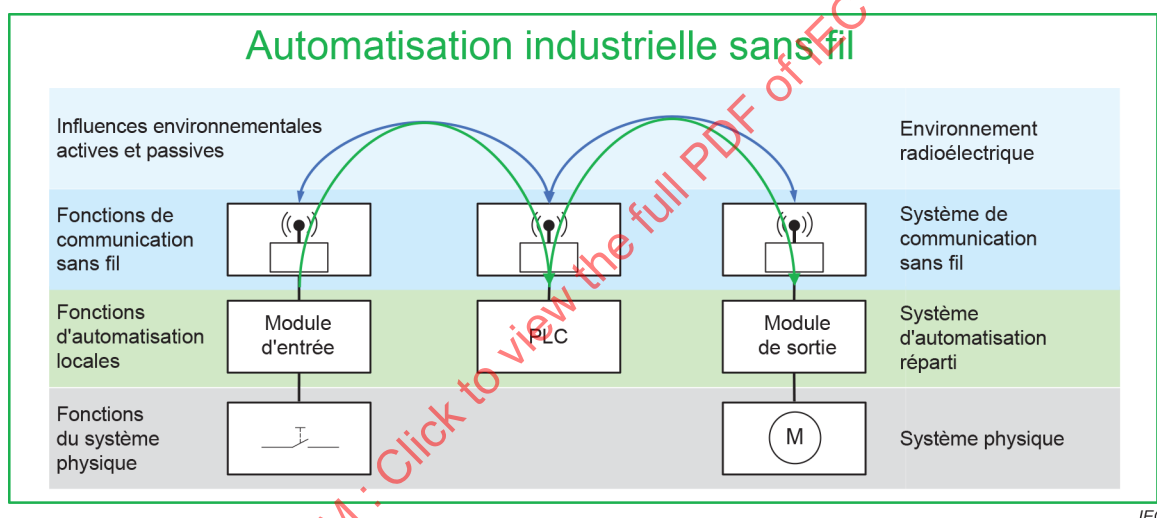
### 5.2.3 Classe WirelessIndustrialAutomation

La classe d'automatisation industrielle sans fil est nommée WirelessIndustrialAutomation.

Un exemple simple est utilisé pour l'élaboration du modèle d'automatisation industrielle sans fil.

**EXEMPLE** Le système physique comprend une télécommande mobile équipée d'un interrupteur et le moteur d'un chariot porte-palan (voir Figure 4). L'interrupteur commande le déplacement du chariot. Le signal de commutation est détecté par un module d'entrée et envoyé à un automate logique programmable (PLC). Le signal de sortie est alors déterminé et envoyé à un module de sortie. Le module de sortie transmet le signal au moteur. L'interrupteur et le moteur sont mobiles. Selon leurs tâches, le module d'entrée fait partie de la télécommande et le module de sortie est situé à proximité du moteur du chariot. Le PLC est situé au centre. Ainsi, le système d'automatisation, composé d'un module d'entrée, d'un module de sortie et d'un PLC, est réparti dans l'espace et contient des éléments mobiles.

Un système de communication sans fil est utilisé pour connecter les appareils qui mettent en œuvre les fonctions d'automatisation locales. Les modules sans fil qui mettent en œuvre les fonctions de communication sans fil sont couplés aux appareils du système d'automatisation. Les conditions de propagation radioélectrique et les brouillages sans fil caractérisent l'environnement radioélectrique et ont une incidence sur la communication sans fil.



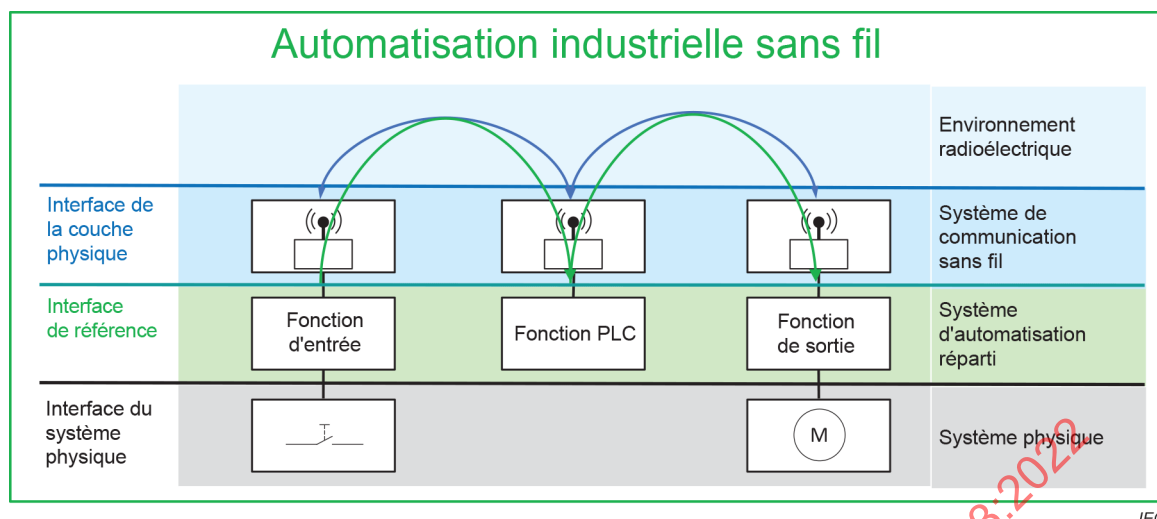
**Figure 4 – Structure de l'automatisation industrielle sans fil**

La Figure 5 représente les interfaces entre les différents systèmes. L'interface du système physique représente la connexion entre un appareil d'automatisation et un actif physique, par exemple des interrupteurs, des capteurs de température, des vannes ou des moteurs.

L'interface de référence est l'interface entre un appareil d'automatisation et un module de communication sans fil. Selon la mise en œuvre, l'interface peut être une interface de communication en série ou en parallèle comprenant des fonctions d'échange de données, par exemple des protocoles de communication. Comme cela est décrit en 5.3.4, l'interface de référence est essentielle pour évaluer la qualité de la communication et donc pour l'état de coexistence.

L'interface de la couche physique détermine le passage du signal radio vers le canal de communication. La densité de puissance du signal au niveau de cette interface peut provoquer des brouillages. Le signal reçu par cette interface peut être influencé par les conditions de propagation et les brouillages, et aboutir à l'échec d'une réception de paquet.





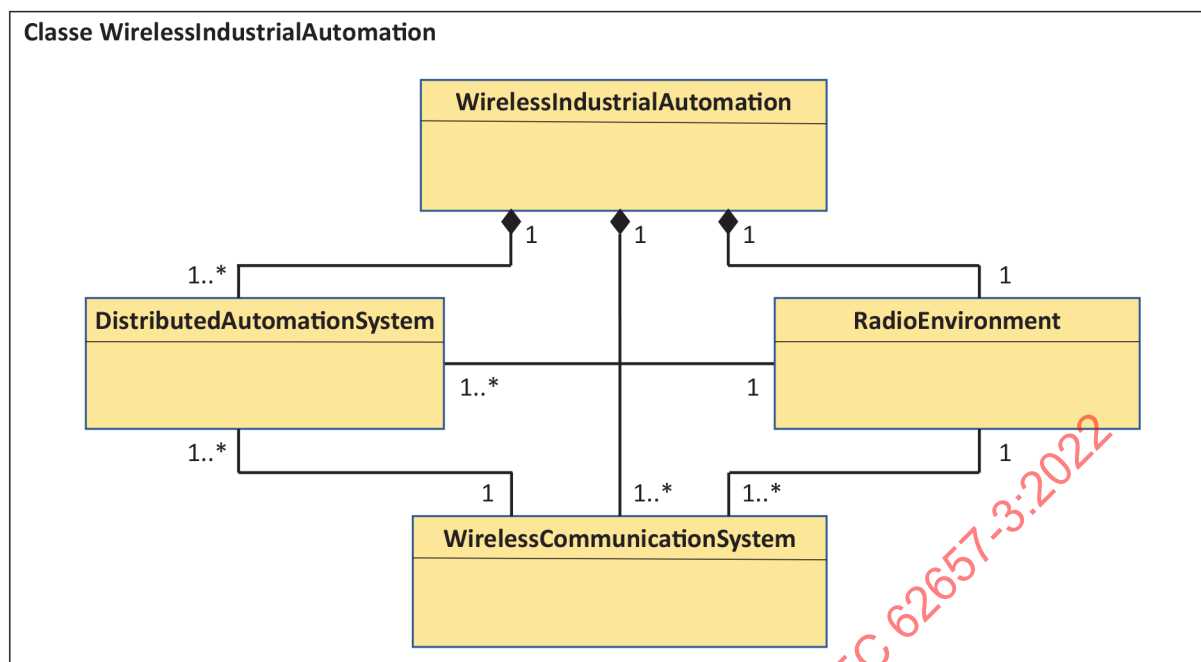
**Figure 5 – Interfaces de l'automatisation industrielle sans fil**

Même si le système physique est à l'origine des exigences relatives aux systèmes de communication sans fil et à leur coexistence, il n'est pas nécessaire de l'étudier davantage dans la suite du document. L'interface de référence constitue la référence en ce qui concerne l'évaluation de la coexistence.

Pour obtenir une description des profils de la zone à l'étude, comme cela est représenté à la Figure 2, la première étape consiste à utiliser un diagramme de classes pour exprimer l'automatisation industrielle sans fil (voir Figure 6).

La classe `WirelessIndustrialAutomation` est composée de trois classes. La classe `DistributedAutomationSystem` représente les composants d'automatisation répartis dans l'espace et leurs relations. La classe `RadioEnvironment` représente le support de transmission. La classe `WirelessCommunicationSystem` représente l'ensemble des fonctions de communication sans fil. Des relations existent entre toutes les classes. La classe `WirelessIndustrialAutomation` possède une interface du système physique de type interface. Les instances de cette interface peuvent être des entrées ou sorties analogiques ou numériques, ou une interface homme-machine. Le système d'automatisation doit satisfaire aux exigences du système physique en ce qui concerne cette interface. Toutefois, pour la communication sans fil, seules les exigences qui en résultent sur l'interface de référence sont pertinentes. L'interface du système physique n'est donc mentionnée ici que par souci d'exhaustivité. Elle n'a aucune influence directe sur les considérations ci-après.

Le cadre fournit un moyen d'intégrer des systèmes de communication sans fil comme modèle de gestion de coexistence.



**Figure 6 – Modèle de classe de la zone  
à l'étude pour l'automatisation industrielle sans fil**

Du point de vue de l'utilisation de la communication sans fil pour les applications d'automatisation industrielle, le système d'automatisation réparti et l'environnement radioélectrique doivent par hypothèse être donnés. Les solutions de communication sans fil sont choisies, configurées et gérées en fonction de la coexistence, selon les exigences associées. Pour cette raison, l'Article 6 commence par décrire le modèle du système d'automatisation réparti (voir 6.1), puis le modèle de l'environnement radioélectrique et enfin le modèle du système de communication sans fil.

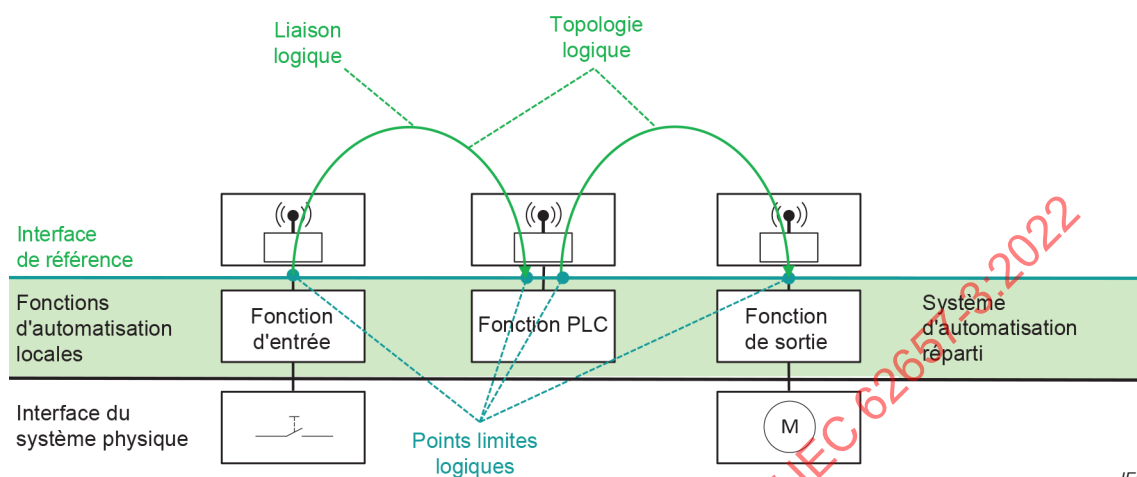
La description des paramètres peut être consultée du 5.3 au 5.5. Ces schémas XML peuvent être utilisés pour la mise en œuvre d'applications de gestion de coexistence, par exemple pour un point de coordination central, conformément à l'IEC 62657-4.

#### 5.2.4 Classe DistributedAutomationSystem

La classe du système d'automatisation réparti est nommée DistributedAutomationSystem.

La Figure 7 représente les éléments, les relations et les interfaces d'un système d'automatisation réparti en s'appuyant sur l'exemple précédent d'automatisation industrielle sans fil. Les fonctions d'automatisation locales mises en œuvre dans les appareils d'automatisation comme les modules d'E/S, les transmetteurs de température, les régulateurs de soupape ou les contrôleurs d'entraînement sont les éléments des systèmes d'automatisation répartis. Les liaisons logiques expriment le transfert, par exemple, de données d'entrée et de sortie vers le point limite logique. Des liaisons logiques peuvent également décrire la transmission de données de configuration ou de diagnostic. Ces liaisons forment une topologie du système d'automatisation. Les connexions de diffusion ou de multidiffusion sont exprimées par un ensemble de liaisons logiques avec le même point limite source. Ainsi, plusieurs résultats et les points limites cibles d'une transmission de multidiffusion peuvent être modélisés.

Le fonctionnement approprié des fonctions d'automatisation locales et de l'ensemble du système dépend de la sûreté de fonctionnement des liaisons logiques. Cela signifie que la disponibilité de communication des données adéquates aux points limites logiques cibles de l'interface de référence a une incidence sur le fonctionnement de l'application. Il est ainsi nécessaire de faire en sorte que l'application mette à disposition les données de manière sûre au point limite logique source.



IEC

**Figure 7 – Système d'automatisation réparti**

La Figure 8 représente l'abstraction d'un système d'automatisation réparti comme modèle de système. La classe `LocalAutomationFunction` décrit les éléments et la classe `LogicalTopology` l'ensemble des relations entre ces éléments. La classe `LocalAutomationFunction` possède une interface externe appelée `ReferenceInterface`. Le nom d'objet `ReferenceInterface` indique que tous les paramètres qui caractérisent la réactivité et les défaillances d'un système de communication sans fil se rapportent à cette interface.

La relation avec la classe `WirelessCommunicationSystem` est fournie par le biais de cette interface.

La classe `LogicalTopology` est formée par les instances de la classe `LogicalLink`. Un `LogicalLink` est une relation unidirectionnelle entre deux instances de la classe `LogicalEndpoint`. La classe `ReferenceInterface` se compose d'un ensemble d'instances de la classe `LogicalEndpoint`.

L'asymétrie d'un service de communication confirmé est modélisée par deux liaisons logiques antiparallèles. La multidiffusion ou la diffusion est modélisée par un ensemble de liaisons logiques dont le point limite logique source est commun et dont les points limites logiques cibles sont différents.

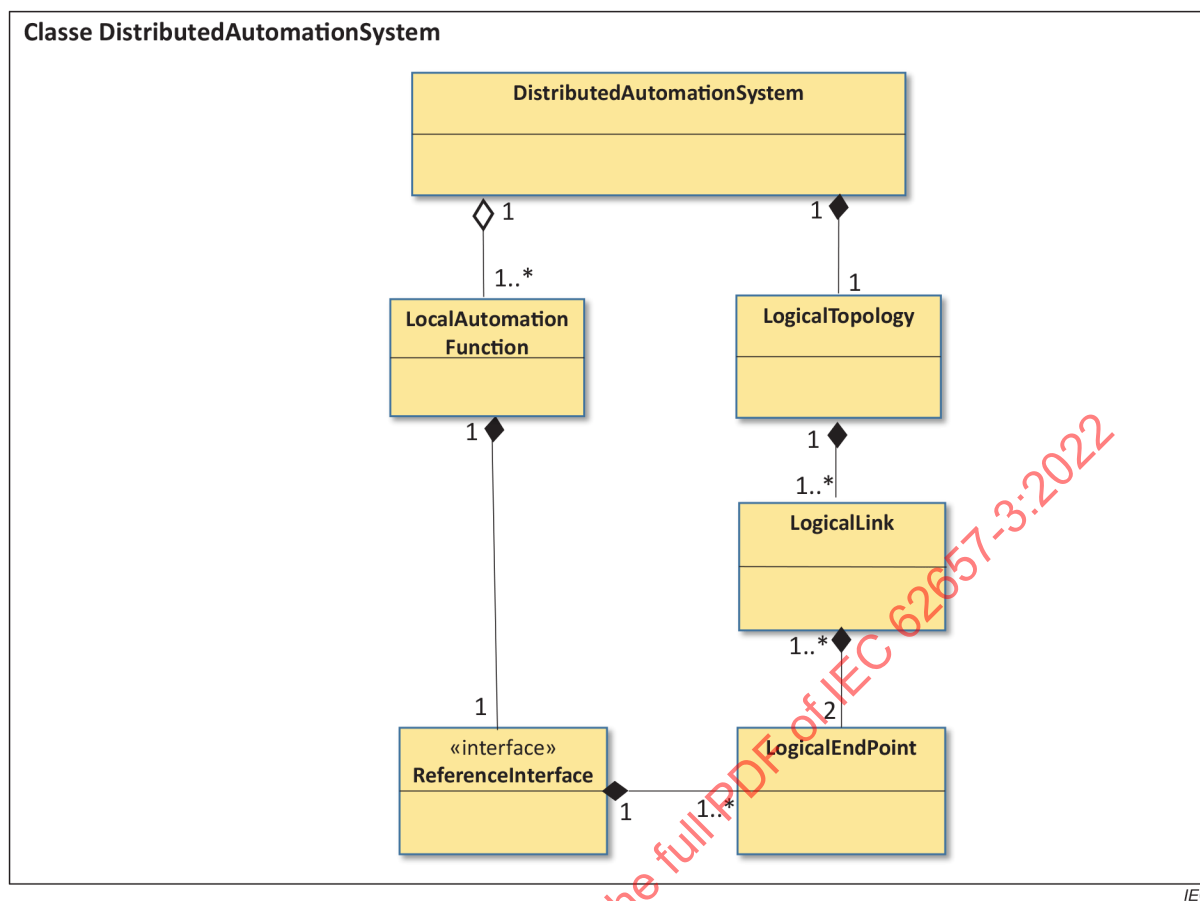
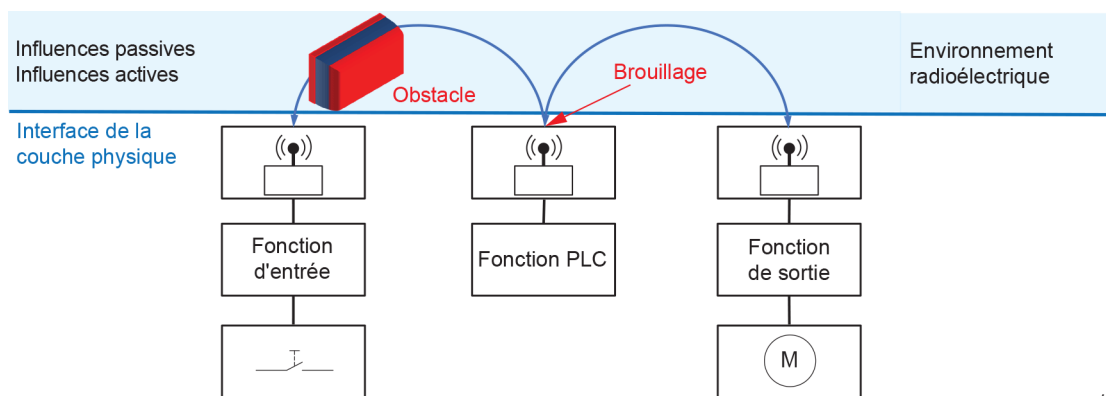


Figure 8 – Modèle du système d'automatisation réparti

Une fonction d'application locale est mise en œuvre dans un appareil d'automatisation ou dans un appareil d'automatisation sans fil. Un appareil d'automatisation sans fil, par exemple un appareil d'E/S sans fil ou un transmetteur de température sans fil, peut également contenir un module de communication sans fil. L'appareil d'automatisation sans fil contient l'interface de référence avec ses points limites logiques.

### 5.2.5 Classe RadioEnvironment

La Figure 9 décrit en particulier l'environnement radioélectrique. L'environnement radioélectrique est le facteur décisif de la coexistence sans fil. Les brouillages qui résultent de propagations de signaux non désirés pendant la transmission de données prévue peuvent empêcher une réception correcte. En outre, le système physique, par exemple les machines, les systèmes de canalisations, les murs ou d'autres équipements, peut causer l'atténuation, la réflexion ou la diffraction d'un signal et donc une atténuation importante. Le rapport entre la force du signal recherché et la force du brouillage est décisif pour une réception correcte. Il convient toutefois de noter que les signaux de brouillage sont également atténués. L'influence des obstacles et des matériaux réfléchissants sur la propagation du signal est rendue par le terme "influences environnementales passives". L'influence des signaux de brouillage est rendue par le terme "influences environnementales actives".



**Figure 9 – Environnement radioélectrique**

La Figure 10 représente un modèle de système pour la classe RadioEnvironment. Les éléments pertinents sont les classes PassiveEnvironmentalInfluence et ActiveEnvironmentalInfluence. La classe PassiveEnvironmentalInfluence est composée d'instances de la classe PropagationCondition. L'interface entre l'environnement radioélectrique et le système de communication sans fil est modélisée comme une interface externe appelée PhysicalLayerInterface. Les instances de cette interface peuvent être des connecteurs BNC, des antennes à cartes de circuit imprimé (PCB) ou des antennes à puces, voir Figure 6 et Figure 10.

La classe ActiveEnvironmentalInfluence est une agrégation des classes InterferingWirelessCommunicationApplication et InterferingWirelessApplication. Ces deux classes peuvent, par exemple, se trouver sur une propriété voisine et échapper ainsi au contrôle de la gestion de coexistence. Les applications sans fil de type brouilleur sont les applications sans communication de données, par exemple les applications industrielles, scientifiques et médicales (ISM), ainsi que les émissions provenant d'autres équipements, à savoir les brouillages électromagnétiques (EMI). La classe ActiveEnvironmentalInfluence est en relation avec la classe PassiveEnvironmentalInfluence. Cela signifie que les influences environnementales actives sont impactées par les influences environnementales passives avant de faire effet. Non seulement le signal utilisateur est atténué, le signal d'un brouilleur l'est également.

Les attributs pertinents de toutes les classes sont définis en 5.4.

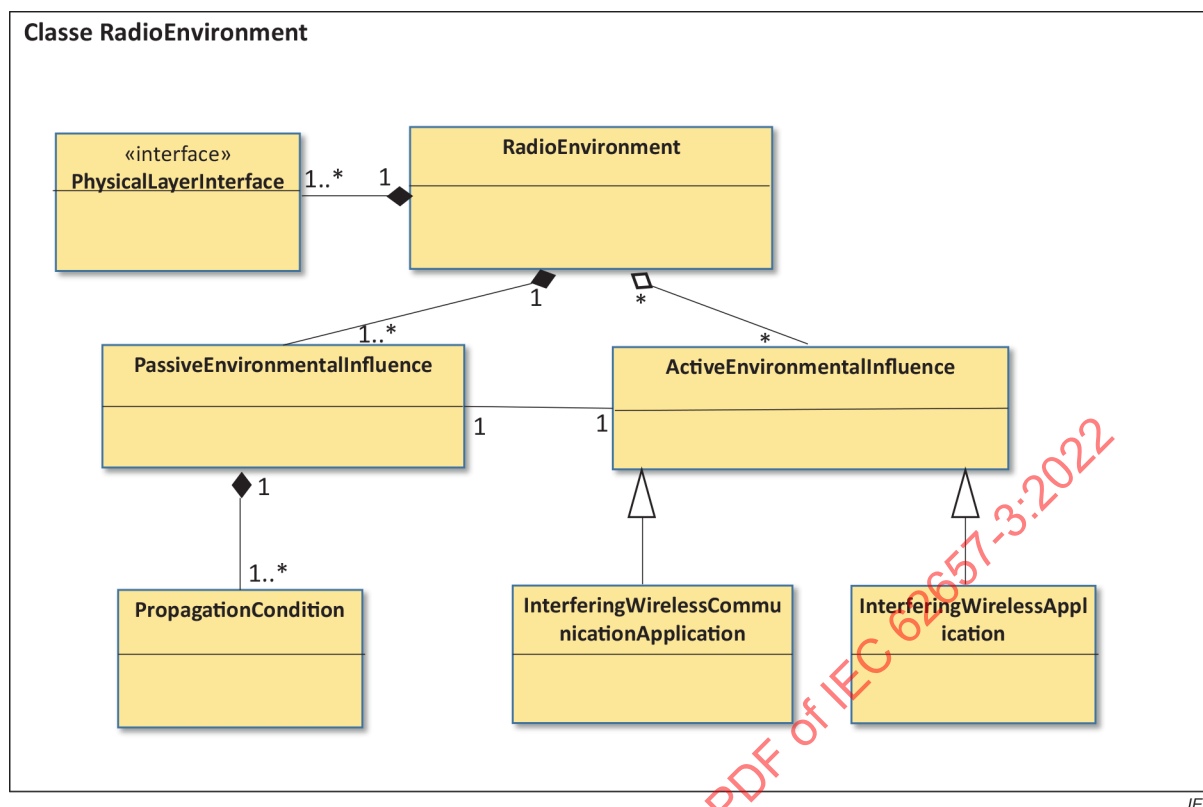


Figure 10 – Modèle du système de l'environnement radioélectrique

### 5.2.6 Classe WirelessCommunicationSystem

L'ensemble de fonctions de communication sans fil qui dépendent les uns des autres forme le système de communication sans fil (voir Figure 11). La classe se nomme WirelessCommunicationSystem. Les liaisons sans fil relient les modules radio conformément aux exigences du système d'automatisation réparti. Toutefois, la topologie sans fil ne repose pas seulement sur la topologie logique. Les exigences de la technologie ou de la norme sans fil et les influences environnementales attendues doivent également être prises en compte. Par exemple, il peut être nécessaire d'utiliser des appareils d'infrastructure comme des stations de base qui n'ont aucun lien direct avec l'application.

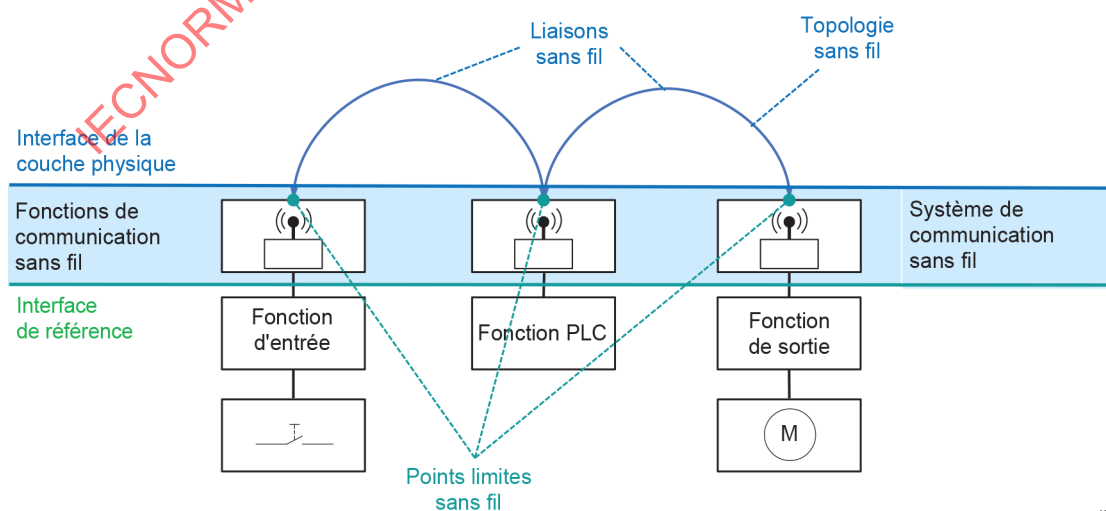


Figure 11 – Système de communication sans fil

Au niveau de l'interface de la couche physique, les effets de l'environnement radioélectrique peuvent être influencés ou observés. Les fonctions de communication sans fil peuvent permettre de s'assurer que les transmissions radio défaillantes ne deviennent pas perceptibles dans l'interface de référence. Les mesures suivantes peuvent être mises en œuvre à cette fin:

- adaptation de la puissance de transmission;
- méthodes de codage des signaux;
- méthodes de modulation;
- choix du canal radio;
- répétition des transmissions;
- procédures de redondance;
- optimisation du filtre de réception; ou
- méthodes de correction des erreurs.

La Figure 12 représente l'abstraction d'un système de communication sans fil comme modèle de système. La classe `WirelessCommunicationFunction` décrit les éléments et la classe `WirelessTopology` l'ensemble des relations entre ces éléments. La classe `WirelessCommunicationFunction` possède une interface externe appelée `ReferenceInterface`. Cette interface est partagée avec la classe `LocalAutomationFunction` (voir 5.3.2). En outre, la classe `WirelessCommunicationFunction` est en relation avec la classe `RadioEnvironment` par le biais de l'interface de la couche physique (voir 5.2.5).

La classe `WirelessTopology` est formée des instances de la classe `WirelessLink`. Une liaison sans fil est une relation unidirectionnelle entre deux instances de la classe `WirelessEndpoint`. Un ensemble d'instances de la classe `WirelessEndpoint` forme l'interface de la couche physique. Les liaisons sans fil fournissent l'infrastructure nécessaire à la mise en œuvre des liaisons logiques. La topologie sans fil est conçue conformément aux exigences et aux conditions du système d'automatisation réparti et de l'environnement radioélectrique. Elle ne doit pas nécessairement correspondre à la topologie logique. L'asymétrie des conditions de propagation radio est prise en compte en utilisant deux liaisons sans fil antiparallèles pour les transmissions acquittées. La multidiffusion ou diffusion sans fil est modélisée par un ensemble de liaisons sans fil dont le point limite sans fil source est commun et dont les points limites sans fil cibles sont différents.

Les attributs pertinents peuvent être définis pour toutes les classes.

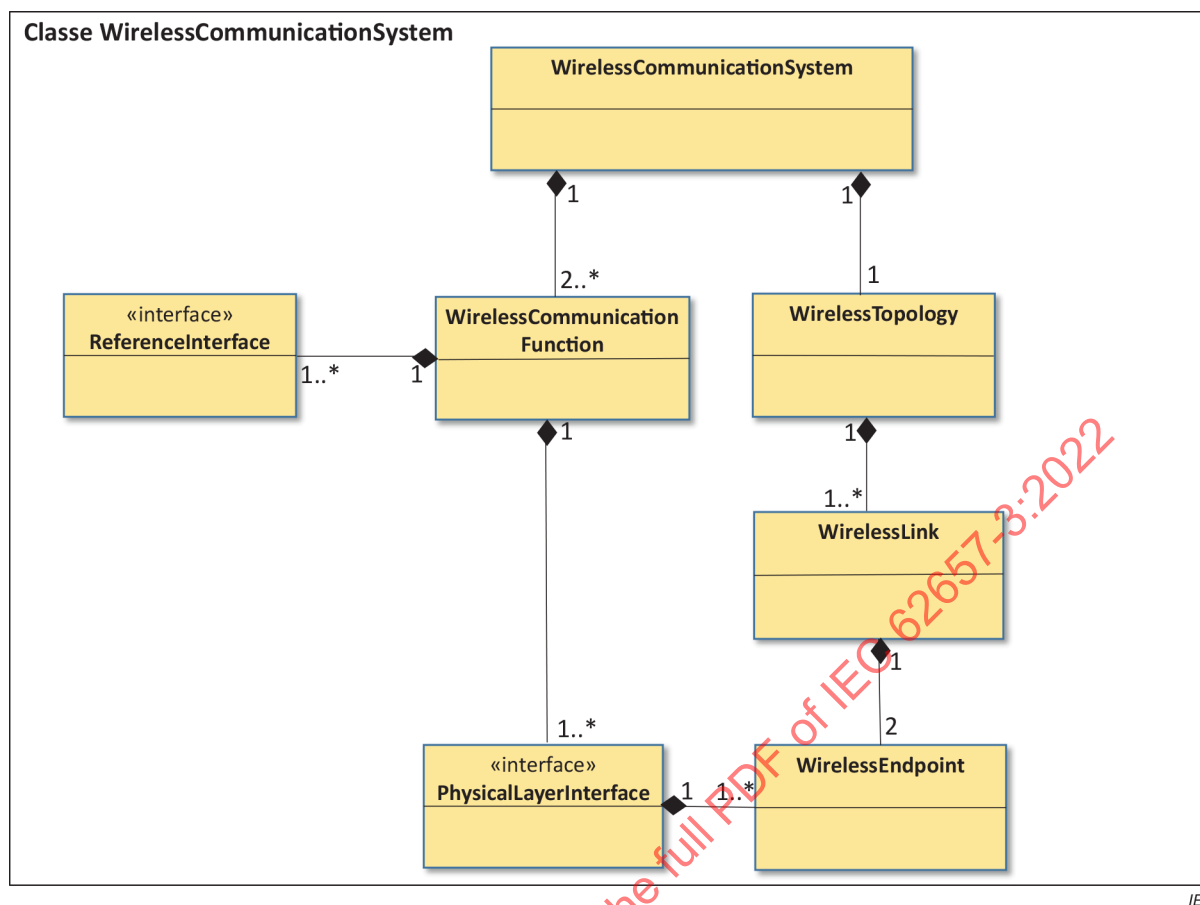


Figure 12 – Modèle du système de communication sans fil

Les fonctions de communication sans fil sont mises en œuvre dans un module de communication sans fil. Ce module peut être intégré dans un appareil d'automatisation sans fil ou peut être indépendant, par exemple un adaptateur sans fil.

### 5.2.7 Classe CoexistenceManagementSystem

Le système de gestion de coexistence utilise des mesures, du matériel et des logiciels pour gérer la coexistence. La classe se nomme CoexistenceManagementSystem. Elle détermine la valeur des paramètres dans les différentes phases du cycle de vie et configure le système d'automatisation réparti et le système de communication sans fil. Le système de gestion de coexistence dispose d'interfaces appropriées à cette fin.

## 5.3 Paramètres influents liés à l'application

### 5.3.1 Attributs de la classe DistributedAutomationSystem

#### 5.3.1.1 Dimension spatiale de l'application

La dimension spatiale de l'application résulte en premier lieu du système physique à contrôler. Cependant, pour plusieurs raisons, la mise en œuvre des fonctions d'application peut varier en fonction des éléments du système physique, par exemple un contrôleur d'entraînement sans fil aura probablement une position différente du moteur. La dimension spatiale de l'application résulte donc des appareils d'automatisation aux positions latérales. Elle décrit la longueur, la largeur et la hauteur de l'espace que la solution de communication sans fil doit couvrir. La dimension spatiale permet d'estimer l'extension exigée de la solution de communication sans fil et d'évaluer les influences environnementales passives. Les valeurs exigées indiquent la dimension spatiale minimale qui doit être prise en charge par la solution de communication sans fil.