

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**EMC IC modelling –
Part 1: General modelling framework**

**Modèles de circuits intégrés pour la CEM –
Partie 1: Cadre de modèle général**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62433-1:2019



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2019 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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

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

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - 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.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**EMC IC modelling –
Part 1: General modelling framework**

**Modèles de circuits intégrés pour la CEM –
Partie 1: Cadre de modèle général**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.200

ISBN 978-2-8322-8615-9

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

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms, definitions, abbreviated terms and conventions.....	7
3.1 Terms and definitions.....	7
3.2 Abbreviated terms.....	10
3.3 Conventions.....	11
4 Definition of models.....	11
4.1 General.....	11
4.2 Conducted emission model	11
4.3 Radiated emission model	11
4.4 Conducted immunity model	12
4.5 Radiated immunity model.....	12
4.6 Conducted pulse immunity model.....	12
5 Modelling approaches.....	12
5.1 General.....	12
5.2 Black box modelling approach.....	13
5.3 Equivalent circuit modelling approach	13
5.4 Other modelling approaches	14
5.4.1 General	14
5.4.2 Electromagnetic modelling approach	14
5.4.3 Statistical modelling approach.....	14
6 Requirements of model description.....	14
7 Model data exchange format.....	14
7.1 General.....	14
7.2 IC EMCML structure.....	15
7.3 IC EMCML components.....	16
7.3.1 Root element.....	16
7.3.2 Global element	16
7.3.3 Header section	16
7.3.4 Lead element.....	17
7.3.5 Lead_definitions section	17
7.3.6 Macromodels section	17
7.3.7 Frequency section	18
7.3.8 Validity section	19
7.3.9 Pdn section	20
7.3.10 Nlb section	21
7.3.11 lbc section	21
7.3.12 Ia section.....	21
7.3.13 Ib section.....	22
7.3.14 Fb section.....	22
7.3.15 Voltage, Current and Power sections	23
7.3.16 Table section.....	23
7.3.17 Coordinate_system section.....	24
7.3.18 Reference section.....	24
Annex A (normative) Requirements for EMC IC models	25

Annex B (normative) Preliminary definitions for XML representation	26
B.1 XML basics	26
B.1.1 XML declaration.....	26
B.1.2 Basic elements	26
B.1.3 Root element	26
B.1.4 Comments	26
B.1.5 Line terminations	27
B.1.6 Element hierarchy.....	27
B.1.7 Element attributes	27
B.2 Keyword requirements	27
B.2.1 General	27
B.2.2 Keyword characters	27
B.2.3 Keyword syntax	28
B.2.4 File structure	28
B.2.5 Values	30
Annex C (normative) IC_EMCML valid keywords and usage	32
C.1 Root element keywords.....	32
C.2 Global keywords	33
C.3 File header keywords	33
C.4 <i>Lead</i> keyword attributes	35
C.5 <i>Submodel</i> element attributes.....	36
C.6 <i>Vector</i> element keywords	37
C.7 <i>Lead_definitions</i> section attributes.....	38
C.7.1 General	38
C.7.2 <i>Lead</i> element attributes	38
C.8 <i>Validity</i> section keywords	38
C.9 <i>Subckt</i> section attributes.....	39
C.10 <i>Netlist</i> section keywords	39
C.11 <i>Pdn</i> and <i>Ibc</i> section keywords.....	40
C.11.1 General	40
C.11.2 <i>Lead</i> element attributes in the <i>Pdn</i> section	40
C.11.3 <i>Lead</i> element attributes in the <i>Ibc</i> section.....	42
C.12 <i>Ia</i> section keywords	44
C.12.1 General	44
C.12.2 <i>Lead</i> element attributes	44
C.12.3 <i>Voltage</i> section keywords	45
C.12.4 <i>Current</i> section keywords	46
C.12.5 <i>Pulse</i> element keywords	48
C.13 <i>Ib</i> section keywords	50
C.13.1 <i>Lead</i> element keywords	50
C.13.2 <i>Max_power_level</i> section keywords	51
C.13.3 <i>Voltage</i> section keywords	51
C.13.4 <i>Current</i> section keywords	52
C.13.5 <i>Power</i> section keywords	53
C.13.6 <i>Test_criteria</i> section keywords.....	54
C.14 <i>Nlb</i> section keywords	55
C.15 <i>Fb</i> section keywords	56
C.15.1 <i>Lead</i> element keywords	56
C.15.2 Table element keywords	57

C.15.3 Test_characteristics element attributes	58
Bibliography	59
Figure B.1 – Multiple XML files	29
Figure B.2 – XML files with data files (*.dat)	29
Figure B.3 – XML files with additional files	30
Figure C.1 – Pulse signal as defined using the Pulse element	50
Table 1 – Attributes of <i>Lead</i> keyword in the <i>Lead_definitions</i> section	17
Table 2 – General definition of the <i>Subckt</i> attributes	18
Table 3 – Definition of the <i>Validity</i> section	19
Table A.1 – Requirements for model description	25
Table B.1 – Valid logarithmic units	31
Table C.1 – <i>Root</i> element keywords	32
Table C.2 – Global keywords	33
Table C.3 – <i>Header</i> element keywords	34
Table C.4 – <i>Lead</i> element keywords	35
Table C.5 – <i>Submodel</i> element keywords	36
Table C.6 – <i>Vector</i> element keywords	37
Table C.7 – Valid elements in the <i>Lead_definitions</i> section	38
Table C.8 – Attributes of the <i>Lead</i> element in the <i>Lead_definitions</i> section	38
Table C.9 – <i>Validity</i> element keywords	39
Table C.10 – <i>Subckt</i> element keywords	39
Table C.11 – <i>Netlist</i> element keywords	40
Table C.12 – <i>Pdn</i> element keywords	40
Table C.13 – Attributes of the <i>Lead</i> element in the <i>Pdn</i> section	41
Table C.14 – Attributes of the <i>Lead</i> element in the <i>Ibc</i> section	43
Table C.15 – Valid keywords in the <i>Ia</i> section	44
Table C.16 – Attributes of the <i>Lead</i> element in the <i>Ia</i> section	44
Table C.17 – <i>Voltage</i> element keywords	45
Table C.18 – <i>Current</i> element keywords	47
Table C.19 – Attributes of the <i>Pulse</i> element	48
Table C.20 – <i>Lead</i> element keywords in the <i>Ib</i> section	50
Table C.21 – <i>Max_power_level</i> section keywords	51
Table C.22 – <i>Voltage</i> section keywords	52
Table C.23 – <i>Current</i> section keywords	53
Table C.24 – <i>Power</i> section keywords	54
Table C.25 – <i>Test_criteria</i> section keywords	55
Table C.26 – <i>Lead</i> element keywords in the <i>Nlb</i> section	55
Table C.27 – <i>Lead</i> element keywords in the <i>Fb</i> section	56
Table C.28 – <i>Table</i> element keywords in the <i>Fb</i> section	57
Table C.29 – <i>Test_charactetistics</i> element keywords in the <i>Fb</i> section	58

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

EMC IC MODELLING –

Part 1: General modelling framework

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62433-1 has been prepared by subcommittee 47A: Integrated circuits, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

This bilingual version (2020-07) corresponds to the monolingual English version, published in 2019-03.

IEC 62433-1 cancels and replaces IEC TS 62433-1 published in 2011. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to IEC TS 62433 1:2011:

- Incorporation of a data exchange format for an integrated circuit's model representation.

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

CDV	Report on voting
47A/1042/CDV	47A/1055/RVC

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

The French version of this standard has not been voted upon.

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

A list of all parts of the IEC 62433 series, under the general title *EMC IC modelling*, 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.

The contents of the corrigendum of July 2020 have been included in this copy.

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

EMC IC MODELLING –

Part 1: General modelling framework

1 Scope

This part of IEC 62433 specifies the framework and methodology for EMC IC macro-modelling. Terms that are commonly used in IEC 62433 (all parts), different modelling approaches, requirements and data-exchange format for each model category that is standardized in this series are defined in 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 62433 (all parts), *EMC IC modelling*

ISO 8879, *Information processing – Text and office systems – Standard Generalized Markup Language (SGML)*

ANSI INCITS 4:1986, *Information Systems – Coded Character Sets – 7-Bit American National Standard Code for Information Interchange (7-Bit ASCII)*

3 Terms, definitions, abbreviated terms and conventions

3.1 Terms and definitions

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

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

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

3.1.1

ICEM-CE

Integrated Circuit Emission Model – Conducted Emissions
macro-model of an integrated circuit (IC) to simulate the conducted electromagnetic emissions

Note 1 to entry: An ICEM-CE macro-model can be used for modelling an IC-die, a functional block and an Intellectual Property (IP) block.

3.1.2

ICEM-RE

Integrated Circuit Emission Model – Radiated Emissions
macro-model of an integrated circuit (IC) to simulate the radiated electromagnetic emissions

3.1.3

ICIM-CI

Integrated Circuit Immunity Model – Conducted Immunity
macro-model of an integrated circuit (IC) to simulate the susceptibility levels of the IC to conducted disturbances applied on the IC pins

3.1.4

ICIM-RI

Integrated Circuit Immunity Model – Radiated Immunity
macro-model of an integrated circuit (IC) to simulate the susceptibility levels of the IC to external radiated disturbances

3.1.5

ICIM-CPI

Integrated Circuit Immunity Model – Conducted Pulse Immunity
macro-model of an integrated circuit (IC) to simulate the susceptibility levels of the IC to conducted pulse disturbances applied on the IC pins

3.1.6

IA

Internal Activity
component of an IC model represented by a current or voltage source, which originates in activity of active devices in an IC or in a portion of the IC

Note 1 to entry: The component is applicable for both analogue and digital circuitry.

3.1.7

IB

Immunity Behaviour
block that describes the internal immunity behaviour of the IC

3.1.8

FB

Failure Behaviour
block that describes the internal failure behaviour of the IC

3.1.9

PDN

Passive Distribution Network
component of an IC model that represents the characteristics of propagation path of electromagnetic noises such as power distribution network

Note 1 to entry: The propagation path can be represented either as an electrical network or as an equivalent network of electromagnetic sources such as electric and magnetic dipoles.

3.1.10

NLB

Non-Linear Block
component of the IC model that represents the non-linear characteristics of the propagation path of the electromagnetic noises such as power distribution network

EXAMPLE ESD diodes, clamping diodes, back-to-back diodes.

3.1.11

IBC

Inter-Block Coupling
network of passive elements that presents a coupling effect between circuit blocks within an IC

3.1.12**DI**

Disturbance Input

input terminal for the injection of RF and transient disturbances

Note 1 to entry: It could be any pin of IC, an input, supply or an output.

3.1.13**DO**

Disturbance Output

terminal whose load influences the impedance of DI terminal, and/or the transfer characteristics of PDN, and that outputs a part of the disturbance received on the DI terminals

3.1.14**OO**

Observable Output

output terminal where the immunity criteria are monitored during the test

3.1.15**section**

XML element placed one level below the root element or within another section and that contains one or more XML elements, but no value

3.1.16**parent**

keyword which is one level above another keyword

3.1.17**child**

keyword which is one level below another keyword

3.1.18**parser**

tool for syntactic analysis of data that is encoded in a specified format

3.1.19**S-parameter**

scattering parameter

S_{ij}

element of the S-matrix expressing the transmission and reflection coefficients of a device

Note 1 to entry: As most commonly used, each S-parameter relates the complex electric field strength of a reflected or transmitted wave to that of an incident wave; the subscripts of a typical S-parameter S_{ij} refer to the output and input ports related by the S-parameter, which may vary with frequency.

[SOURCE: CISPR 17:2011, 3.1.13, modified – The example has been removed.]

3.1.20**IC EMCML**

Integrated Circuit ElectroMagnetic Compatibility Markup Language
data exchange format for EMC IC model description

3.1.21**CEML**

Conducted Emissions Markup Language
data exchange format for conducted emissions macro-model

3.1.22

REML

Radiated Emissions Markup Language

data exchange format for radiated emissions macro-model

3.1.23

CIML

Conducted Immunity Markup Language

data exchange format for conducted immunity macro-model

3.1.24

RIML

Radiated Immunity Markup Language

data exchange format for radiated immunity emissions macro-model

3.1.25

CPIML

Conducted Pulse Immunity Markup Language

data exchange format for conducted pulse immunity macro-model

3.1.26

CEMLBase

Conducted Emissions Markup Language Base

abstract type from which all CEML model components are directly or indirectly derived in the conducted emissions macro-model definition

3.1.27

REMLBase

Radiated Emissions Markup Language Base

abstract type from which all REML model components are directly or indirectly derived in the radiated emissions macro-model definition

3.1.28

CIMLBase

Conducted Immunity Markup Language Base

abstract type from which all CIML model components are directly or indirectly derived in the conducted immunity macro-model definition

3.1.29

RIMLBase

Radiated Immunity Markup Language Base

abstract type from which all RIML model components are directly or indirectly derived in the radiated immunity macro-model definition

3.1.30

CPIMLBase

Conducted Pulse Immunity Markup Language Base

abstract type from which all CPIML model components are directly or indirectly derived in the conducted pulse immunity macro-model definition

3.2 Abbreviated terms

3.2.1

XML

eXtensible Markup Language

markup language that defines a set of rules for encoding data or files in a format that is both human-readable and machine-readable

3.2.2

SPICE

Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis

general purpose analogue and mixed signal circuit simulator

3.3 Conventions

For the sake of clarity, but with some exceptions, the writing conventions of XML have been used within the text and tables. The following print types are used throughout this standard:

- XML keywords are defined in *Italics*
- The symbol "μ" is used in the text part to define micro = 1e-6. The symbol "u" is used in the XML parts to define the micro = 1e-6.

4 Definition of models

4.1 General

Different categories of EMC IC models are defined in IEC 62433 (all parts). IC models that are built in conformity with these guidelines can be applied to simulations for EMC. The models can be used for EMI (Electromagnetic Interference) and/or EMS (Electromagnetic Susceptibility) evaluation of electronic systems.

Each model is presented in a separate part of the IEC 62433 series and classified in one of the following categories (see 4.2 to 4.6 included).

4.2 Conducted emission model

A conducted emission (CE) model is a macro-model which describes an Integrated Circuit (IC) or multiple dies in a package or module (System in Package, SiP) as a source of conducted RF disturbances.

A CE model shall be described as a multi-terminal or a multi-port circuit which can be linear or nonlinear. Each CE model consists of internal activities (IAs) as noise sources and passive distribution networks (PDNs) which express characteristics of internal circuits in the form of a black box and/or an equivalent circuit. The model can also include sub-models of inter-block coupling (IBC).

The model describes RF disturbances at external terminals of an IC as voltage and/or current which are generated by its internal operations.

The model is described in CEML format.

4.3 Radiated emission model

A radiated emission (RE) model is a macro-model which describes radiated RF disturbances generated by an integrated circuit (IC) or multiple dies in a package or module (System in Package, SiP).

A RE model shall be described as equivalent sources of electric or magnetic fields, which cause near-field coupling or far-field radiation, or an equivalent circuit which express electric or magnetic coupling between the IC or dies and external circuits or enclosures. Each RE model consists of internal activities (IAs) as noise sources and passive distribution network (PDNs) that define the radiating elements (as equivalent antennas) of the internal circuits in the form of a black box.

The model is described in REML format.

4.4 Conducted immunity model

A conducted immunity (CI) model is a macro-model which describes an Integrated Circuit (IC) or multiple dies in a package or module (System in Package, SiP) as a victim of conducted RF disturbances applied from outside.

A CI model shall be described as a multi-terminal or a multi-port circuit in a form of a black box and/or an equivalent circuit which can be linear or nonlinear. Each CI model consists of immunity behavior (IBs) blocks that define the susceptibility of the IC and passive distribution networks (PDNs) that define the characteristics of the noise propagation path. The model can also include sub-models of inter-block coupling (IBC).

A CI model provides measures or criteria of malfunctions caused by RF disturbances injected at external terminals as voltage, current, or RF power.

The model is described in CIML format.

4.5 Radiated immunity model

A radiated immunity (RI) model is a macro-model which describes an Integrated Circuit (IC) or multiple dies in a package or module (System in Package, SiP) as a victim of radiated RF disturbances from outside.

An RI model provides measures or criteria of malfunctions caused by RF disturbances applied as electric or magnetic fields in near-field or electromagnetic field.

An RI model is described as equivalent circuits which can express electric or magnetic coupling between the IC or dies and external circuits or enclosures caused due to external field coupling. A description of the different components of the model will be elaborated in the future.

The model is described in RIML format.

4.6 Conducted pulse immunity model

A conducted pulse immunity (CPI) model is a macro-model which describes an Integrated Circuit (IC) or multiple dies in a package or module (System in Package, SiP) as a victim of conducted pulse or transient disturbances from outside.

A CPI model provides measures or criteria of malfunctions caused by pulse or transient disturbances applied on IC pins. Each CPI model consists of failure behavior (FBs) blocks that define the susceptibility of the IC and pulse propagation networks (PPNs) that define the characteristics of the noise propagation path. The PPNs consist of the linear passive distribution networks (PDNs) and the non-linear blocks (NLBs). The model can also include sub-models of inter-block coupling (IBC).

The model is described in CPIML format.

5 Modelling approaches

5.1 General

Description of an EMC IC model, such as equivalent circuit parameters, can be derived from design data of the device, or extracted from data obtained by measurement. Each of the models shall contain information of an internal integrated circuit (IC) or multiple dies as well as that of a package.

A conducted emission (CE) or conducted immunity (CI) or conducted pulse immunity (CPI) model can be expressed in either a form of a black box model, or an equivalent circuit model. A model shall be expressed with a circuit concept including terminals and/or nodes.

A radiated emission (RE) or radiated immunity (RI) model can be expressed with either an electromagnetic model or an equivalent circuit model. An electromagnetic RE model expresses near field or far field which causes electromagnetic interference (EMI). An electromagnetic RI model expresses electromagnetic coupling induced in the device. An equivalent circuit model for RE/RI describes electric or magnetic coupling with capacitive or inductive circuit elements. The equivalent circuit model for RE/RI can include a black box model as a sub-model.

Clauses 5.2 to 5.4 describe modelling approaches for each possible expression of a model. Some of the expressions can be combined and used in one model.

5.2 Black box modelling approach

The expression of a black box model is essentially an N -port circuit, whose characteristics are expressed in a matrix form or with some circuit equations. When a black box model is used to express a CE or RE model, some voltage and/or current sources are connected to the black box as noise sources to express the internal activity (IA). The following expressions are possible for black box models.

For a linear circuit, or a circuit which can be approximated as linear, the following parameters can be used; these parameters are expressed as functions of frequency, and time-variant or non-linear elements are not considered.

- impedance (Z) parameter;
- admittance (Y) parameter;
- fundamental (F) parameter;
- scattering (S) parameter.

Elements of a matrix can be expressed with formulas with some parameters, or tables which express frequency characteristics of the circuit.

In the definition of a model, internal terminals/ports and external terminals/ports shall be distinguished and defined clearly in the matrix expression.

Characteristics of a distributed constant circuit, such as transmission lines, can be expressed with a scattering (S) matrix as a multi-port circuit. For these circuits, definition of ports and their locations shall be described with port impedance for each. Particularly when a differential port is used, it is desirable to define a common-mode port as a counterpart of a differential signal port.

5.3 Equivalent circuit modelling approach

Equivalent circuit models, both lumped element circuits and distributed constant circuits, can be used to express electrical characteristics of CE/CI and RE/RI models. In the circuit expression, non-linear circuits can be included as well as linear circuits.

A linear circuit which is described with a black box model, or a matrix model, may be converted to an equivalent circuit model. Particularly when a model is constructed by measurement, characteristics of the circuit are first expressed in a matrix form, and then converted to an equivalent circuit.

Some of non-linear characteristics of a device can be obtained by measurement and can be included in an equivalent circuit model. Additionally, model simplification is possible using a complex circuit model and generating information of the circuit by simulation.

In the description of a model which can be determined by measurement or simulation, the method of model parameter extraction shall be described in each part of IEC 62433 (all parts). An equivalent circuit model of a particular device shall contain all the information of the circuit structure, values of circuit parameters, and its applicable conditions.

5.4 Other modelling approaches

5.4.1 General

Other modelling approaches are possible to obtain an EMC IC macro-model. Possible approaches are described in 5.4.2 and 5.4.3.

5.4.2 Electromagnetic modelling approach

Distribution of sources of electromagnetic fields can be used as a radiated emission (RE) model. Possible sources include, but not limited to:

- electric current distribution;
- (virtual) magnetic current distribution;
- electric charge distribution;
- electrical and/or magnetic scalar and/or vector potentials.

5.4.3 Statistical modelling approach

Some of the electromagnetic interferences in digital systems are evaluated statistically. Particularly, performance degradation of wireless digital communication systems has strong correlation to statistical characteristics of radiated emission. A statistical model such as below is one possible model.

- amplitude probability distribution (APD).

6 Requirements of model description

It is necessary to provide the following information with IC model (see Annex A):

- IC information for modelling IC name, package, pin arrangement, etc.;
- model specification;
- modelling condition;
- applicable range and applicable operational mode.

It is recommended to represent the IC model in an exchange format as described in Clause 7.

7 Model data exchange format

7.1 General

Data of the IC model are arranged in an exchange format called integrated circuit electromagnetic compatibility markup language (IC EMCML). IC EMCML use eXtensible Markup Language (XML) 1.0 (Fourth Edition) to structure the information [1]¹. XML is derived from the Standard Generalized Markup Language (SGML) (ISO 8879:1986). The XML encoding rules discussed in Annex B ensure that the XML file can be correctly parsed by an IC EMCML model parser. The various valid IC EMCML keywords, their description and usage example are provided in Annex C.

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

The IC model is represented using several sections; each section is dedicated to describe the different components (and/or sub-components) of the IC model. The top level of an IC model definition consists of (but not limited to) these IC EMCML components:

```
beginning of model definition
  model header definition
  DUT lead definitions
  model validity conditions
  model PDN
  model IBC
  model IA or IB
end of model definition
```

Five categories of IC EMCML are defined for IC EMC model exchange:

- a) conducted emission markup language (CEML);
- b) radiated emission markup language (REML);
- c) conducted immunity markup language (CIML);
- d) radiated immunity markup language (RIML);
- e) conducted pulse immunity markup language (CPIML).

The user shall refer to the other parts of IEC 62433 for specific details pertaining to IC EMCML representation corresponding to the specific IC EMC model, if not specified within this document.

7.2 IC EMCML structure

Considering all the preliminary XML rules defined in Annex B, a typical IC model in IC EMCML format is represented as shown below:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<root element>
  <!-- HEADER -->
  <Header>
    ...
  </Header>
  <!-- DUT LEAD DEFINITIONS-->
  <Lead_definitions>
    ...
  </Lead_definitions>
  <!-- MODEL VALIDITY CONDITIONS -->
  <Validity>
    ...
  </Validity>
  <!-- MODEL PDN DATA -->
  <Pdn>
    ...
  </Pdn>
  <!-- MODEL IBC DATA -->
  <Ibc>
    ...
  </Ibc>
  <!-- MODEL IA DATA -->
  <Ia>
    ...
  </Ia>
  <!-- MODEL IB DATA -->
  <Ib>
    ...
  </Ib>
  <!-- MODEL Documentation -->
```

```
<Documentation>
    ...
</Documentation>
</root element>
```

The structure for each IC model shall follow the format requirements defined in the other parts of the IEC 62433 series.

7.3 IC EMCML components

7.3.1 Root element

The IC EMCML file shall contain one, and only one, root element. It encloses all the other elements and is therefore the sole parent element to all the other elements (sections). The following are the recognized root elements:

- a) <CEmodel> in CEML format (conducted emission model);
- b) <REmodel> in REML format (radiated emission model);
- c) <CImodel> in CIML format (conducted immunity model);
- d) <RImodel> in RIML format (radiated immunity model);
- e) <CPImodel> in CPIML format (conducted pulse immunity model).

7.3.2 Global element

An IC EMCML file accepts the following elements as global elements: *Documentation*, *Notes* and *Unit*. These elements can be placed anywhere in the file except within an element containing a value. See Clause C.2 for more information on their usage.

7.3.3 Header section

The general information of the IC model shall be defined within the *Header* tag. The minimum details are the model version number, filename and the file version number. Other header contents are freely dimensioned, giving information such as:

- DUT reference;
- authors' name;
- date;
- measurement method;
- copyright;
- disclaimer;
- documentation.

This section is mandatory and shall be defined under the *Root* element.

A *Header* section is represented as shown below:

```
<Header>
    ...
    <Filename>Examplexml_file.xml</Filename>
    <File_ver>1.0</File_ver>
    ...
</Header>
```

Refer to Clause C.2 for more usage examples.

7.3.4 Lead element

The different pins of the IC that are involved in the IC model definition shall be represented using a *Lead* element. A *Lead* element can be a child to any of the following sections: *Lead_definitions*, *Pdn*, *Nlb*, *Ibc*, *Ia*, *Ib* and *Fb*.

It shall not be permitted to define a *Lead* element within the following sections: *Root*, *Header*, *Macromodels*, *Validity*, *Documentation* and *Notes*.

See Clause C.4 for more information on the various recognized attributes of the *Lead* element across different sections of the IC EMCML file.

7.3.5 Lead_definitions section

This section specifies the various leads or terminals of the IC under test. Each lead in the *Lead_definitions* section shall be made using the *Lead* tag. Several *Lead* elements are listed one after another to form the *Lead_definitions* structure (see Example).

EXAMPLE An example of the *Lead_definitions* section is shown below.

```
<Lead_definitions>
  <Lead Id="1" Name="Vdd"/>
  <Lead Id="4" Name="Vss"/>
  ...
</Lead_definitions>
```

This section is mandatory for some IC models. When used, it shall be defined under the *Root* element.

The valid attributes of the *Lead* element in the *Lead_definitions* section are shown in Table 1.

Table 1 – Attributes of *Lead* keyword in the *Lead_definitions* section

<i>Lead</i>
Id: pin identity as a valid string Name: Name of the pin as designated in the datasheet as a valid string Mode: Mode in which the pin is used in the IC model Type: Type in which the pin is used in the IC model

See Clause C.7 for more information on these attributes. Refer to the other parts of IEC 62433 series for more information on the usage conditions and specification for each of these attributes.

7.3.6 Macromodels section

This section described the various SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) macro-models in netlist format [2].

This section is optional and shall be defined under the *Root* element.

Each SPICE macro-model in the *Macromodels* section is defined using the *Subckt* tag, whose definition is shown in Table 2. This section is optional for the IC model definition.

Table 2 – General definition of the *Subckt* attributes

<i>Subckt</i>
Name: Name of the macro-model Nodes: External Nodes connecting to the main circuit Kind: SPICE netlist format (optional) default: "SPICE3" Data_files: Macro-model defined in an external file

See Clause C.9 for more information on these attributes.

An example *Subckt* element is shown in Example 1.

EXAMPLE 1 An example of a SPICE-like *Subckt* element.

```
<Subckt Name="PDN_pin1" Nodes="Node1,Node2" Kind="SPICE3">
  L1 Node1 int1 2.2e-9
  R1 int1 int2 10e-3
  C1 int2 int3 800e-12
  L1 int3 Node2 2.2e-9
</Subckt>
```

The different sub-circuit elements are listed one after another to form the *Macromodels* section (see Example 2).

EXAMPLE 2 An example of a *Macromodels* section with several *Subckt* elements.

```
<Macromodels>
  <Subckt Name="PDN_example1" Nodes="Node1,Node2">
    ...
  </Subckt>
  <Subckt Name="PDN_example2" Nodes="Node1,Node2,Node3">
    ...
  </Subckt>
  ...
</Macromodels>
```

If one or more sub-circuit models is (are) defined in an external library file, then the file(s) shall be referenced using the *Data_files* tag as shown in Example 3.

EXAMPLE 3 An example of a *Macromodels* section with several *Subckt* elements defined in external data files.

```
<Macromodels>
  <Subckt Kind="SPICE3">
    <Data_files>
      subckt_example1.lib
      subckt_example2.lib
      ...
    </Data_files>
  </Subckt>
</Macromodels>
```

NOTE While using external data files containing the SPICE model libraries, to avoid ambiguity, the XML parser parses only the data statements defined within the SPICE keywords: ".SUBCKT" and ".ENDS". These keywords are not case sensitive [2]. If multiple ".SUBCKT" sections are found, then they are parsed as independent sub-circuit elements.

7.3.7 Frequency section

When the IC model is represented in the frequency-domain, the frequency terms and units involved in the model shall be defined within the *Frequency* and *Unit* tags respectively. The *Unit* tag is a unique child to the *Frequency* element.

The *Frequency* section is directly defined under the *Root* element.

A minimum of one frequency shall be entered in this section. For cases when only one frequency value is to be entered, it is possible to use the numerical value with unit string together as explained in B.2.5.3 (see Example 1). Nevertheless, the unit can also be optionally described within the *Unit* section as shown in Example 2. It is not possible to create a list of unit definitions under a *Unit* section. A *List* element shall be used to define more than one frequency values as shown in Example 3.

EXAMPLE 1 An example of the *Frequency* section in a radiated emission model with numerical value and unit string together.

```
<Remodel>
...
  <Frequency>100MHz</Frequency>
...
</Remodel>
```

EXAMPLE 2 An example of the *Frequency* section with a *Unit* section, in a radiated emission model.

```
<Remodel>
...
  <Frequency>
    <Unit>MHz</Unit>
    100
  </Frequency>
...
</Remodel>
```

EXAMPLE 3 An example of the *Frequency* section with a *Unit* section and a *List* section for defining more than one frequency values in a conducted immunity model.

```
<Cimodel>
...
  <Frequency>
    <Unit>MHz</Unit>
    <List>
      0.15  0.16  0.17  0.17  0.18  0.19  0.20  0.21  0.22  0.23
      0.24  0.26  0.27  0.28  0.30  0.31  0.33  0.34  0.36  0.38
      0.40  0.42  0.44  0.46  0.48  0.51  0.53  0.56  0.59  0.62
      0.65  0.68  0.71  0.75  0.79  0.83  0.87  0.91  0.96  1.00
    </List>
  </Frequency>
...
</Cimodel>
```

7.3.8 Validity section

The *Validity* section shall be used to represent the conditions in which the IC macro-model is defined. This section is strictly informative to the user and independent of all other sections in the IC EMCML file. The information in this section are the common to the entire IC EMCML file.

This section is mandatory and defined directly under the *Root* element. The valid attributes of this section are defined in Table 3.

Table 3 – Definition of the *Validity* section

<i>Validity</i>
Power_supply: Power supply range as a string
Temperature_range: Temperature range in which the model is extracted with units
Frequency_range: Frequency range as a string with units (for frequency-domain model data)
Phase_origin: Origin of phase for frequency-domain IA (for frequency-domain model data)
Time_range: Time range as a string with units (for time-domain model data)
Time_origin: Origin of time for time-domain IA (for time-domain model data)

There is no particular format for defining the value for each of these attributes; it shall be easily comprehensible for proper model usage. The value shall be a data string containing valid text string and/or numerical values with units. See B.2.5.5 for valid units.

See Clause C.8 for more information on the various recognized attributes and usage examples of the *Validity* keyword. An example *Validity* section is shown in Example 1.

EXAMPLE 1 An example of the *Validity* section.

```
<Validity>
  <Power_supply>5V</Power_supply>
  <Temperature_range>[20Celsius-40Celsius]</Temperature_range>
  <Frequency_range>[1MHz - 1GHz]</Frequency_range>
  <Notes>Only PLL is activated</Notes>
  <Documentation>
    test_report.pdf
    Icdatasheet.pdf
  </Documentation>
</Validity>
```

Refer to the other parts of IEC 62433 series for more information on the different attributes defined in this section.

Documentation pertaining to the IC such as datasheets, test-reports and IC extraction report shall be specified with the global keyword *Documentation* in the form of a valid string that specifies the path to the corresponding documentation. Many file paths can be listed one below another. See Clause C.2 for more information on the usage of the *Documentation* keyword.

Any other specific details pertaining to the complete IC macro-model definition, that may be needed to understand the model, shall be defined with the *Notes* section in the form of a valid string. See Clause C.2 for more information on the usage of the *Notes* keyword.

7.3.9 Pdn section

The *Pdn* section of the IC macro-model contains the PDN data that describes the model. The data shall be defined within the *Pdn* keyword as follows:

```
<Pdn>
  PDN data
</Pdn>
```

This is a mandatory section and shall be defined under the *Root* element. See Clause C.11 for more information on attributes of the *Pdn* section and their usage examples. The PDN data is model specific. Refer to the other parts of IEC 62433 for additional details on the keywords and attributes defined under this section.

The frequency range or time range of the PDN information shall be specified in the *Validity* section under the *Frequency_range* tag or the *Time_range* tag respectively.

NOTE The frequency range (or time range) of validity of the IC macro-model is the common frequency range (or time range) of the PDN (and IBC) and IA (or IB) components.

Any other relevant information required for correct understanding (and usage) of the PDN shall be optionally defined within the *Notes* and *Documentation* tags. Details such as IC's operating mode, decoupling capacitors on supply lines, power-supply ranges, activated functions, load conditions, grounding details, datasheets and test-reports can be defined. See Clause C.2 for more information on the usage of the *Documentation* and *Notes* keywords.

7.3.10 Nlb section

The *Nlb* section of the IC macro-model contains the data describing the NLB of the model. The data shall be defined within the *Nlb* keyword as follows:

```
<Nlb>
    NLB data
</Nlb>
```

This is a mandatory section and shall be defined under the *Root* element. The NLB data is model specific. Refer to the other parts of IEC 62433 for additional details on the keywords and attributes defined under this section.

An NLB data shall be defined under a *Lead* section, using a *List* tag. See Clause C.14 for more information on attributes of the *Nlb* section and their usage examples.

Any other relevant information required for correct understanding (and usage) of the PDN shall be optionally defined within the *Notes* and *Documentation* tags. Details such as IC's operating mode, decoupling capacitors on supply lines, power-supply ranges, activated functions, load conditions, grounding details, datasheets and test-reports can be defined. See Clause C.2 for more information on the usage of the *Documentation* and *Notes* keywords.

7.3.11 Ibc section

The *Ibc* section of the IC macro-model contains the IBC data. The data shall be defined within the *Ibc* keyword as follows:

```
<Ibc>
    IBC data
</Ibc>
```

This is an optional section. When used, it shall be defined under the *Root* element.

An IBC data shall be defined under a *List* tag or shall be defined under the *Data_files* tag when using external data files.

All relevant information required for correct understanding (and usage) of the IBC shall be optionally defined within the *Notes* and *Documentation* tags. Details such as IC's operating mode, decoupling capacitors on supply lines, power-supply ranges, activated functions, load conditions, grounding details, datasheets and test-reports can be defined. See Clause C.2 for more information on the usage of the *Documentation* and *Notes* keywords.

Refer to the other parts of IEC 62433 for details on the keywords and attributes defined under this section.

7.3.12 Ia section

The *Ia* section of the IC emission macro-models (conducted and radiated) contains the IA data that describes the emission characteristics of the IC. The data shall be defined within the *Ia* keyword as follows:

```
<Ia>
    IA data
</Ia>
```

This is a mandatory section for emission models and shall be defined under the *Root* element. See C.11.3 for more information on the recognized keywords in the *Ia* section. The main IA data shall be defined either within a *Voltage* tag for a voltage source or within a *Current* tag for a current source. See 7.3.15 for more information on the *Voltage* and *Current* sections.

The frequency range or time range of the IA information shall be the same as defined in the *Validity* section.

NOTE The frequency range (or time range) of validity of the IC macro-model is the common frequency range (or time range) of the PDN (and IBC) and IA components.

Any other relevant information required for correct understanding (and usage) of the IA shall be optionally defined within the *Notes* and *Documentation* tags. Details such as IC's operating mode, decoupling capacitors on supply lines, power-supply ranges, activated functions, load conditions, grounding details, datasheets and test-reports can be defined. See Clause C.2 for more information on the usage of the *Documentation* and *Notes* keywords.

The user shall refer to the specific part of IEC 62433 for details on the keywords and attributes defined under this section.

7.3.13 Ib section

The *Ib* section of the IC immunity macro-models (conducted and radiated) contains the IB data that describes the immunity characteristics of the IC. The data shall be defined within the *Ib* keyword as follows:

```
<Ib>
    IB data
</Ib>
```

This is a mandatory section for immunity models and shall be defined under the *Root* element.

The data shall be defined within a *Voltage* or *Current* or *Power* tag (see 7.3.15).

The frequency range or time range of the IB information shall be the same as specified in the *Validity* section.

NOTE The frequency range (or time range) of validity of the IC macro-model is the common frequency range (or time range) of the PDN (and IBC) and IB components.

Any other relevant information required for correct understanding (and usage) of the IB shall be optionally defined within the *Notes* and *Documentation* tags. Details such as IC's operating mode, decoupling capacitors on supply lines, power-supply ranges, activated functions, load conditions, grounding details, datasheets and test-reports can be defined. See Clause C.2 for more information on the usage of the *Documentation* and *Notes* keywords.

The user shall refer to the specific part of IEC 62433 for details on the keywords and attributes defined under this section.

7.3.14 Fb section

The *Fb* section of the IC macro-model contains the FB data that describes the failure model. The data shall be defined within the *Fb* keyword as follows:

```
<Fb>
    FB data
</Fb>
```

This is a mandatory section for conducted pulse immunity model and shall be defined under the *Root* element.

The data shall be defined within a *Table* tag. See C.15.2 for more information on different attributes and usage examples.

The frequency range or time range of the FB information shall be specified in the *Validity* section under the *Frequency_range* tag or the *Time_range* tag respectively.

Any other relevant information required for correct understanding (and usage) of the IB shall be optionally defined within the *Notes* and *Documentation* tags. Details such as IC's operating mode, decoupling capacitors on supply lines, power-supply ranges, activated functions, load conditions, grounding details, datasheets and test-reports can be defined. See Clause C.2 for more information on the usage of the *Documentation* and *Notes* keywords.

The user shall refer to the specific part of IEC 62433 for details on the keywords and attributes defined under this section.

7.3.15 Voltage, Current and Power sections

The main voltage, current and power data shall be defined within the *Voltage*, *Current* or *Power* section. The *Voltage* or *Current* or *Power* section shall be a child to the parent element (example: *Ia* or *Ib*).

For a given model, only one of these sections shall be used. The data shall be defined either under a *List* tag for inline data or within a *Data_files* tag when using external data files as shown in Example 1 and Example 2.

EXAMPLE 1 The following syntaxes specify that the *Ia* component of the model is defined using a *Current* section under the *List* tag

```
<Ia>
  <Current>
    <List>
      ...
    </List>
  </Current>
</Ia>
```

EXAMPLE 2 The following syntax specifies the *IB* data using power quantity using external data files.

```
<Ib>
  <Power>
    <Data_files>
      ...
    </Data_files>
  </Power>
</Ib>
```

The user shall refer to the specific part of IEC 62433 for details on the keywords and attributes defined under each section.

7.3.16 Table section

The main data shall be defined within the *Table* section. The *Table* section shall be a child to the *Lead* element.

```
<Lead Id=...>
  <Table>
    ...
  </Table>
</Lead>
```

The data shall be defined either under a *List* tag for inline data or within a *Data_files* tag when using external data files.

The user shall refer to the specific part of IEC 62433 for details on the keywords and attributes defined under the *Table* section.

7.3.17 Coordinate_system section

The coordinate system for geometrical model representation is defined using this section as shown below.

```
<Coordinate_system>
...
</Coordinate_system>
```

This is an optional section and it is defined directly under the *Root* element.

The user shall refer to the specific part of IEC 62433 for applicability and usage of the *Coordinate_system* section.

7.3.18 Reference section

The *Reference* section is used to represent the reference point (coordinates) for the geometrical information of the model.

```
<Reference>
...
</Reference>
```

This is an optional section and it is defined directly under the *Root* element.

The user shall refer to the specific part of IEC 62433 for applicability and usage of the *Reference* section.

Annex A (normative)

Requirements for EMC IC models

Annex A shows requisite information with the model provision and provides information described in Table A.1. The supplier and the user shall confer when there is a necessary parameter excluding Table A.1.

Table A.1 – Requirements for model description

Element	Description		Model category				
			CE	CI	RE	RI	CPI
Header	Model name and model version		●	●	●	●	●
	Release date		●	●	●	●	●
	Model supplier		●	●	●	●	●
	IC name		●	●		●	●
	Package information	Package type	○	○		○	○
		Number of pins	○	○	○	○	○
Pin arrangement		○	○	○	○	○	
Model specification	Model category (CE, CI, RE, RI or CPI)		●	●	●	●	●
	Modelling approach		●	●	●	●	●
	Modelling domain ("time" or "frequency")		●	●	●	●	●
	Model hierarchy structure		○	○	○	○	○
	IC external terminals	Names of pins	●	●	NA	NA	●
		Positions of pins	●	●	NA	NA	○
	Names of internal terminals		○	○	NA	NA	○
Position of EM sources		NA	NA	●	●	NA	
Modelling condition	Modelling procedure ("using design data" or "from measurements")		●	●	●	●	●
	Operational mode or test vector		●	●	●	●	●
	PCB design (from measurements) and circuit diagram		○	○	○	○	○
	Temperature		●	●	●	●	●
	Power supply voltages		●	●	●	●	●
	Measured data		●	●	●	●	●
Applicable range	Frequency range		●	●	●	●	●
	Power supply voltage range		●	●	●	●	●
	Temperature range		●	●	●	●	●
	Operating frequency range		○	○	○	○	○
	Output loads range		○	○	○	○	○
	Worst case in applicable ranges		○	○	○	○	○
Applicable operational mode	Operational mode		●	●	●	●	●
Restriction	Restrictions of application, if any (I/O port setting, etc.)		○	○	○	○	○
●: Mandatory information							
○: Optional information							
NA: Not applicable							

Annex B (normative)

Preliminary definitions for XML representation

B.1 XML basics

B.1.1 XML declaration

Although the XML declaration is optional in an XML file, each EMC IC model file shall include an XML declaration, dedicated to basic XML parsers.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
```

The XML declaration shall be the first line of the file.

B.1.2 Basic elements

All information is saved in the form of XML elements. Each element starts with a start-tag and ends with an end-tag. The start-tag consists of a keyword enclosed in triangular brackets, <Keyword>. The end-tag consists of the same keyword prefixed by the character "/" and enclosed in brackets, </Keyword>. Content in the form of text is enclosed by a start-tag and an end-tag.

An example of an element is given below:

```
<Keyword>           <!--start-tag -->
      text          <!--content -->
</Keyword>          <!--end-tag -->
```

It is also allowed to write an element on the same line, for example, to include short content:

```
<Keyword>text</Keyword>
```

The contents of an element may consist of one or more other elements or a value (numerical, or alphanumerical). For clarity, tab characters may be used for indenting. Except when used for surrounding keywords, triangular brackets "<" and ">" shall not be part of content.

The text shall use characters from the UTF-8 set (space, " ", "<", ">", "&" are not included).

An empty element may be included to indicate that a particular keyword exists, but has no content:

```
<empty_element/>
```

B.1.3 Root element

The XML file shall contain one, and only one, root element. It encloses all the other elements and is therefore the sole parent element to all the other elements. The start-tag of the root element is placed at the beginning of the file or after the XML declaration when present. The end-tag of the root element is at the last entry of the file.

The root element keyword shall not be used for any other purposes in the XML file.

B.1.4 Comments

Comments may be inserted into the file between "<!--" and "-->". An example is given below:

```
<!--this line is a comment -->
```

Comments can be inserted anywhere in the file, except inside start- and end-tags, and written on a single line or on several lines. All text enclosed by comment brackets is considered as a comment and may be ignored.

B.1.5 Line terminations

To facilitate readability, it is usual to organise the file into lines. The line termination sequence shall be either a linefeed character or a carriage return character followed by a linefeed character.

B.1.6 Element hierarchy

The order of the elements is not important, but their hierarchy shall be respected. A layout example is shown below:

```
<Keyword1> ... </Keyword1>
<Keyword2>
  <Keyword21> ... </Keyword21>
  <Keyword22> ... </Keyword22>
</Keyword2>
<Keyword3> ... </Keyword3>
```

B.1.7 Element attributes

XML keyword elements can have attributes. Attributes provide additional information about elements that are not a part of the data. Attribute values shall always be quoted. Either single or double quotes can be used. Multiple attributes are either separated by a space or by a semi-colon (";") character. In contrast to elements, attributes usually cannot contain multiple values and tree structures, except for certain exceptions in the XML. An example of attribute definition is shown below:

```
<Parent Type="example"; Format="string"/>
```

In the above syntax *Type* and *Format* are attributes to the keyword *Parent*. The same terms can be defined as elements as shown below:

```
<Parent>
  <Type>example</Type>
  <Format>string</Format>
</Parent>
```

B.2 Keyword requirements

B.2.1 General

Keywords, placed in start- and end-tags, are used to introduce descriptions, values and sections that are specific to the file. Some keywords, such as *Unit*, *List*, etc., may be present in several sections. A parent keyword is required whenever a child keyword is present. The rules below ensure that the file can be correctly parsed by a specific XML parser.

B.2.2 Keyword characters

Only ASCII characters, as defined in ANSI INCITS 4:1986, may be used in the files. The use of characters with codes greater than hexadecimal 07E is not allowed. Also, ASCII control characters (those numerically less than hexadecimal 20) are not allowed, except for tabs or in a line termination sequence.

Only alphabetical or numerical characters can be used to write keywords. Spaces are not permitted. If needed, the underscore "_" character can separate the parts of a multi-word keyword.

B.2.3 Keyword syntax

The content of the files is case sensitive. All keywords shall be written in lower case starting with an upper-case letter.

B.2.4 File structure

B.2.4.1 General

The information to be exchanged may be stored in a single XML file or in several XML and data files. The following rules and guidelines ensure that the files can be correctly located by an XML parser.

B.2.4.2 File names

To facilitate portability between operating systems, file names should have a base name of no more than forty characters followed by a period ".", followed by a filename extension of no more than four characters. The file name and extension shall use characters from the set (space, " ", 0x20 is not included) seen previously in B.1.2. File name shall be defined within the "Filename" keyword as shown below:

```
<Filename>ExampleXML_file.xml</Filename>
```

B.2.4.3 File paths

In order to ensure portability and compressibility, only relative paths can be used to define a path name. An absolute path is not exportable and is not permitted. The relative path shall start with "./" to indicate that the path name of the picture file will be appended to the path of the current XML file. It is not permitted to browse to a higher level from the current XML path (e.g. by using "../"). A file name without "./" is assumed to be located in the same directory as the current XML file.

B.2.4.4 Single XML file

When the information is contained in a single XML file, it shall conform to the rules and guidelines applicable to XML files as described previously.

Data is included within the XML element using the keyword *List* whenever required.

B.2.4.5 Multiple XML files

The XML document is divided into several sections having the root element as parent. The model's information is then defined under the root section using keywords such as *Pdn*, *la* etc. Each XML file may contain one or more sections and shall conform to the rules and guidelines applicable to XML files as described previously. A section shall be present in only one of the XML files.

In order to ensure portability and compressibility, all the XML files shall be placed in the same directory, as shown in Figure B.1. The XML parser shall parse all the files that are in the main directory.

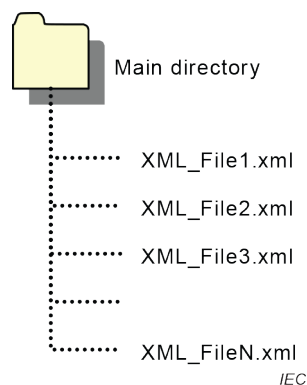
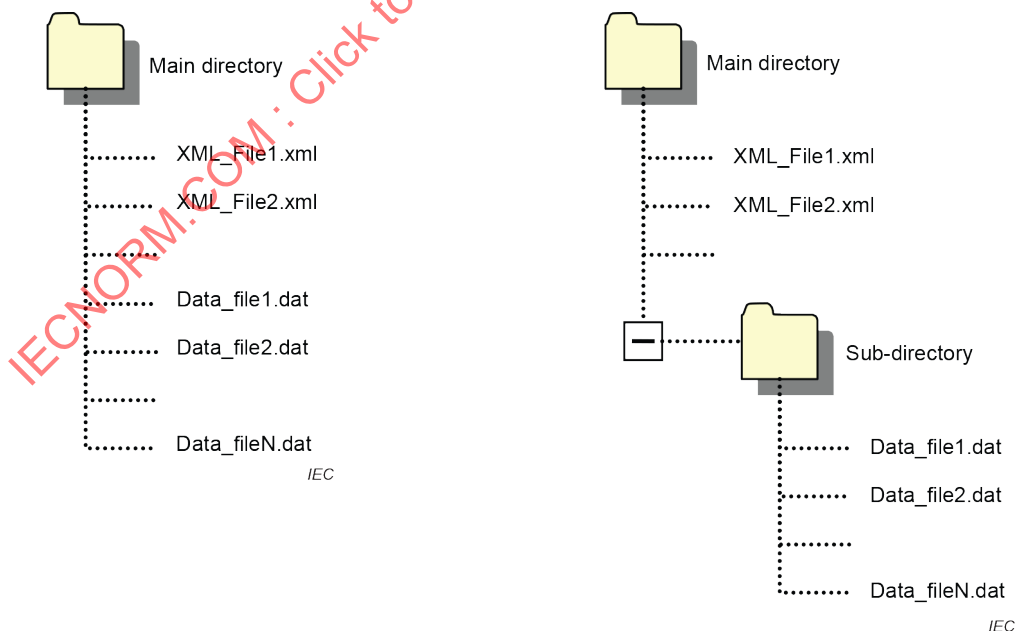


Figure B.1 – Multiple XML files

B.2.4.6 Separate data files

The information may be contained a single or multiple XML files and the data contained in one or more additional data files. The XML files shall conform to the rules and guidelines applicable to XML files as described above. The data files can contain lines of data and header information shall be specified with exclamation character ("!") as the first character of each header line (non-data line). As an exception, for data files with a touchstone extension (*.snp, n = 1,2,...) used for PDN definition, the lines starting with an hash character("#") is treated as the "option line" that specifies data format and units pertaining to touchstone data. Only one "option line" is allowed per touchstone data file. The names and paths of the data files are defined by the keyword *Data_files* and shall conform to B.2.4.2 and B.2.4.3.

In order to ensure portability and compressibility, the data files shall be placed either in the same directory as the XML files or in a sub-directory located at the same level or a lower level as the XML files, as shown in Figure B.2. It is not permitted to locate the additional files at a higher level than the XML files.



a) Data files in the same directory

b) Data files in a sub-directory

Figure B.2 – XML files with data files (*.dat)

B.2.4.7 Additional files

An XML file may contain references to other files such as document files (Keyword: *Documentation*). In order to ensure portability and compressibility, these additional files shall be placed either in the same directory as the single XML file or in a sub-directory located at the same level or a lower level as the XML files, as shown in Figure B.3. It is not permitted to locate the additional files at a higher level than the XML files.

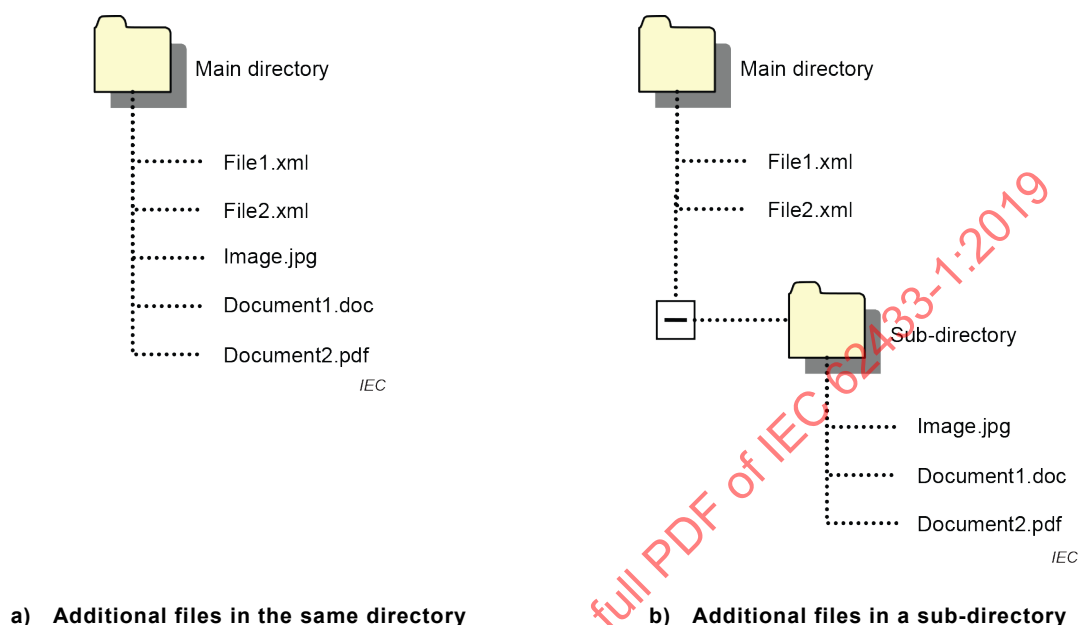


Figure B.3 – XML files with additional files

B.2.4.8 File compression

When compressing the file system, care shall be taken to include the paths of the various XML and data files in the compressed file. This ensures that, when decompressed, the file structure is conserved. The paths are not required when all files are stored in the same directory.

B.2.5 Values

B.2.5.1 General

When an element contains a value, this may be a numerical value (e.g. 123.45), or a numerical value with units (e.g. 123.45MHz).

B.2.5.2 Numerical syntax

Numerical values may be expressed in decimal form with the period (".") as the decimal separator (e.g. 123.45) or in scientific form (e.g. 1.2345e2). Spaces " " and commas ",", which are often used as thousand separators, and other characters are not allowed.

In cases where several numerical values are required, they shall be separated by spaces " " or tab characters.

B.2.5.3 Numerical with units syntax

The numerical value (see B.2.5.2) is followed by valid units, as described in B.2.5.5 (e.g. 123.45MHz). Spaces are not allowed between the numerical value and the units.

B.2.5.4 Text string

A text string may represent a word recognized by the XML parser or it may be a file name, a description, etc. A text string may contain any of the alphanumerical characters given in B.1.2.

B.2.5.5 Valid units

Units shall be expressed in SI or derived SI units. Valid units are:

V for Volt	ohm for Ohm	S for Siemens = 1/Ohm
A for Ampere	Hz for Hertz	m for metre
W for Watt	s for second	H for Henry
F for Farad	ohm.m for resistivity	Celsius for degree Celsius
K for Kelvin	1 for dimensionless quantity	

Units are case sensitive.

Angles are expressed in degrees. The symbol "°" is not required. Percentage is expressed as "%".

Valid scaling factors are:

T = tera: 1e12	c = centi: 1e-2	p = pico: 1e-12
G = giga: 1e9	m = milli: 1e-3	f = femto: 1e-15
M = mega: 1e6	u = micro: 1e-6	a = atto: 1e-18
k = kilo: 1e3	n = nano: 1e-9	

When no scaling factors are specified, the appropriate base units are assumed. These are Volt, Ampere, Watt, Ohm, Siemens, Hertz, metre, seconds, Henry, Farad, ohm.m, Celsius and Kelvin. Abbreviations for the units (e.g., pV, nA, ms, MHz) shall be used, except ohm, which shall be written in full. A list of valid logarithmic units is shown in Table B.1.

Table B.1 – Valid logarithmic units

Usage	Symbol	Unit	Reference
Ratio	dB	Decibel	1
Power	dBW	Decibel Watt	1W
Power	dBmW	Decibel milli-Watt	1mW
Power	dBuW	Decibel micro-Watt	1μW
Voltage	dBV	Decibel Volt	1V
Voltage	dBmV	Decibel milli-Volt	1mV
Voltage	dBuV	Decibel micro-Volt	1μV
Ampere	dBA	Decibel Ampere	1A
Ampere	dBmA	Decibel milli-Ampere	1mA
Ampere	dBuA	Decibel micro-Ampere	1μA
Impedance	dBohm	Decibel Ohm	1Ohm
Admittance	dBs	Decibel Siemens	1S

Unit definitions can be made in any section and with the *Unit* keyword. A typical unit description is shown below:

```
<Unit>
    kHz
</Unit>
```

Annex C (normative)

IC_EMCML valid keywords and usage

C.1 Root element keywords

The keywords as shown in Table C.1 below are placed at the beginning of the file after the XML definition:

Table C.1 – Root element keywords

Keyword	Description	Example
Header	Specifies a header section	<Header> </Header>
Lead_definitions	Specifies a lead definitions section. The details defined in this section is used for in all other sections	<Lead_definitions> </Lead_definitions>
Validity	Specifies the validity conditions of the model	<Validity> ... </Validity>
Frequency	Specifies frequency values for which the model is defined and valid	<Frequency> </Frequency>
Pdn	Specifies the PDN data	<Pdn> </Pdn>
Ia	Specifies the IA data	<Ia> </Ia>
Ib	Specifies the IB data	<Ib> </Ib>
Fb	Specifies the FB data	<Ib> </Ib>
Ibc	Specifies the IBC data	<Ibc> </Ibc>
Reference	Specifies the origin or reference coordinates of the model data	<Reference> ... </Reference>
Coordinate_system	Specifies the system in which the global coordinates are represented	<Coordinate_system> </Coordinate_system>
Macromodels	Specifies spice macro-models that are common to other sections in the model	<Macromodels> </Macromodels>

C.2 Global keywords

The keywords as shown in Table C.2 below may be placed anywhere in the file, except within an XML element containing a value:

Table C.2 – Global keywords

Keyword	Parent	Description	Example
Notes	Any element except those containing a value	Optionally adds information about the setup, data, etc. The value can contain blanks, and be of any format. A notes section can be inserted anywhere in the file and the number of notes sections in the file is not limited. The parser considers this information as a data string and it does not interpret it.	<pre><Notes> Use this section for any special notes </Notes></pre>
Documentation	Any element except those containing a value	Optionally adds the paths to files containing documentation on the project.	<pre><Documentation> Project doc.pdf Model_descr.doc </Documentation></pre>
Unit	Any element except those containing a value	Specifies the unit of the defined parameter in the parent element. See B.2.5.5 for valid units.	<pre><Unit>mm</Unit></pre>

C.3 File header keywords

The keywords as shown in Table C.3 below are placed at the beginning of the file under the *Header* start-tag:

Table C.3 – Header element keywords

Keyword	Description	Example
Cem_ver	Specifies the version of CEML file format. Should follow the header element. Informs parsers of the version of XML exchange format used and allows them to know what keywords to expect. This is a required field in CEML	<Cem_ver>1.0</Cem_ver>
Rem_ver	Specifies the version of REML file format. Should follow the header element. Informs parsers of the version of XML exchange format used and allows them to know what keywords to expect. This is a required field in REML	<Rem_ver>1.0</Rem_ver>
Cim_ver	Specifies the version of CIML file format. Should follow the header element. Informs parsers of the version of XML exchange format used and allows them to know what keywords to expect. This is a required field in CIML	<Cim_ver>1.0</Cim_ver>
Rim_ver	Specifies the version of RIML file format. Should follow the header element. Informs parsers of the version of XML exchange format used and allows them to know what keywords to expect. This is a required field in RIML	<Rim_ver>1.0</Rim_ver>
Pim_ver	Specifies the version of CPIML file format. Should follow the header element. Informs parsers of the version of XML exchange format used and allows them to know what keywords to expect. This is a required field in CPIML	<Pim_ver>1.0</Pim_ver>
Filename	Specifies the file name, with one of the following extensions: ceml, reml, ciml, riml or cpiml. This is a required field	<Filename> My_file.ceml </Filename>
File_ver	Tracks the revision level of a particular .xml file. Revision level is set at the discretion of the originator of the file. This is a required field	<File_ver>1.0</File_ver>
Date	The value can contain blanks, be of any format, but should be limited to a maximum of 20 characters. The month should be spelled out for clarity. The parser considers this information as a data string and does not interpret it. This is an optional field	<Date> January 1, 2013 </Date>
Author	The value can contain blanks and be of any format. The parser considers this information as a data string and does not interpret it. This is an optional field	<Author> Name1 Name2 </Author>
Dut	The value can contain blanks and be of any format. The parser considers this information as a data string and does not interpret it. This is an optional field	<Dut> 32-bit microcontroller </Dut>
Meas_method	The value can contain blanks and be of any format. The parser considers this information as a data string and does not interpret it. This is an optional field	<Meas_method> Near-field scan method for field extraction </Meas_method>
Disclaimer	The value can contain blanks and be of any format. The parser considers this information as a data string and does not interpret it. This is an optional field	<Disclaimer> This file contains results of model extraction. Other use is not guaranteed </Disclaimer>

Keyword	Description	Example
Copyright	The value can contain blanks and be of any format. The parser considers this information as a data string and does not interpret it. This is an optional field	<Copyright> Copyright 2013, XYZ Corp., All Rights Reserved </Copyright>

C.4 Lead keyword attributes

The attributes as shown in Table C.4 below are defined for the *Lead* keyword:

Table C.4 – Lead element keywords

Keyword	Description
Id	Specifies the identity or number of the <i>Lead</i> element. One or more values are allowed, depending on the section under which the <i>Lead</i> element is defined.
Name	Specifies the name of the <i>Lead</i> element. Can be any valid string. Valid only in the <i>Lead_definitions</i> section. See Clause C.7
Mode	Specifies the mode in which a particular lead is used. Valid only in the <i>Lead_definitions</i> section. See Clause C.7
Type	Specifies the type in which a particular lead is used or the type of data used to define the lead.
Ground_id	Specifies the identity or number of the <i>Lead</i> element used as reference pin. Only one Id is allowed
Blockname	Specifies the name of the sub-block when using block based modelling. Shares the same namespace with the <i>Blockname</i> attribute of the <i>Ia</i> element. Value shall be a valid string conforming to B.2.5.4
Param_order	Specifies the order in which the data is defined
Format	Specifies the data format. Value shall be one of the following strings: "RI": real/imaginary format (default) "DB": Magnitude in decibel scale with phase angle in degrees "MA": Magnitude in linear scale with phase angle in degrees "DBMAG": magnitude in decibel scale without phase data "MAG": Magnitude data in linear scale without phase data
Meas_type	Specifies the method implemented for performing data measurements for data extraction using a vector network analyzer. Value shall be one of the following strings: "0" for standard or conventional measurement configuration (default) "1" when the DUT is in parallel to the measurement ports (shunt connection) "2" when the DUT is in series to the measurement ports (series connection). This is an optional field
Reference_impedance	Specifies the reference impedance used in performing PDN measurements using a vector network analyzer. The value shall conform to B.2.5.3 and should carry both the value and units together. If no units are found, SI units are assumed.
Use	Specifies one of the parameters defined in <i>Param_order</i> , except the frequency term that is to be specifically used. Value shall be a valid string.
Netlist	Specifies the electrical connectivity of the circuit elements in a SPICE like format. See C.9 for more information on the child elements of <i>Netlist</i> .
Unit_freq	Specifies the units of the frequencies used for specifying the model data. The value shall conform to B.2.5.5. If this keyword is omitted, the units are assumed to be SI units.
Unit_param	Specifies the units of the parameters used for specifying the model data. The value shall conform to B.2.5.5. If this keyword is omitted, the units are assumed to be SI units.

Keyword	Description
Power_level	Specifies the power level used for obtaining the PDN data. The value shall conform to B.2.5.3 and should carry both the value and units together. If no units are found, SI units are assumed.
Data_files	Specifies the path names of the files containing a data values. The path names are separated by a space character (" ") or a line termination. The file names and paths shall conform to B.2.4.2 and B.2.4.3. Only one <i>Data_files</i> keyword or one <i>List</i> keyword shall be included in a given section.
List	Specifies a list of data entries defining the different components of the model. Only one <i>Data_files</i> keyword or one <i>List</i> keyword shall be included in a given section.
Table	Specifies a list of data entries defining the different components of the model in the form of a table

The *Lead* tag is a child element to several sections in IC_EMCMML. Depending on the parent section, one or more attributes are defined and valid.

C.5 Submodel element attributes

The *Submodel* keyword has the valid attributes as shown in Table C.5 below:

Table C.5 – Submodel element keywords

Keyword	Description	Example
Frequency_value	Specifies the frequency term of the sub-model. A valid numerical value with or without units is allowed. See B.2.5.2 and B.2.5.3 for more information. The value shall be one of the values defined in the <i>Frequency</i> section This is a required field	<Submodel Frequency_value="10MHz"> ... </Submodel>
Frequency_unit	Specifies the units of the frequency term of the sub-model. Value shall conform to B.2.5.5. This is an optional field. Defaults to "Hz" when absent	<Submodel Frequency_value="10" Frequency_unit="MHz"> ... </Submodel>
Vector	Specifies the coordinates of the vector used in the sub-model. See Clause C.5	<Submodel Frequency_value="10MHz"> <List> <Vector Type="Electric" Name="Dipole1"> ... </Vector> </List> </Submodel>
List	Specifies the list of vectors to define the sub-model. Each data line within the <i>List</i> tag shall be expressed using a Vector tag. Only one <i>Data_files</i> keyword or one <i>List</i> keyword shall be included in the <i>Submodel</i> section.	<Submodel Frequency_value="10MHz"> <List> <Vector Type="Electric" Name="Dipole1"> ... </Vector> </List> </Submodel>

Keyword	Description	Example
Data_files	Specifies the path to the files that define the vectors of the sub-model. The path names are separated by a space character (" ") or a line termination. The file names and paths shall conform to B.2.4.2 and B.2.4.3 Only one <i>Data_files</i> keyword or one <i>List</i> keyword shall be included in the <i>Submodel</i> section.	<pre><Submodel Frequency_value="10MHz"> <Data_files> PDN_test1.txt </Data_files> </Submodel></pre>

C.6 Vector element keywords

The *Vector* keyword section has the valid attributes as shown in Table C.6 below:

Table C.6 – Vector element keywords

Keyword	Parent	Description	Example
Type	Submodel within Pdn	Specifies the type of the vector source. Value shall be "Electric" or "Magnetic". No other values are allowed for this field This is a required field	<pre><Vector Type="Electric";...> ... </Vector></pre>
Name	Submodel within Pdn	Specifies the name of the vector source. Value shall be a valid string conforming to B.2.5.4. Shares the same namespace with the other sections of the XML file This is a required field	<pre><Vector Type="Electric"; Name="Dip1"> ... </Vector></pre>
Start	Submodel within Pdn	Specifies the start-coordinates of the vector. The coordinates shall be represented in the coordinate system defined in the <i>Coordinate_system</i> tag. The coordinates shall always be defined in three-dimensional space in an ordered triplet of axis written in parentheses and separated by commas without any spaces. This is a required field	<pre><Vector Type="Electric"; Name="Dip1"> <Start> (1.25,0,0) </Start> ... </Vector></pre>
End	Submodel within Pdn	Specifies the end-coordinates of the vector. The coordinates shall be represented in the coordinate system defined in the <i>Coordinate_system</i> tag. The coordinates shall always be defined in three-dimensional space in an ordered triplet of axis written in parentheses and separated by commas without any spaces. This is a required field	<pre><Vector Type="Electric"; Name="Dip1"> <Start> (1.25,0,0) </Start> <End> (2.25,0,0) </End> </Vector></pre>
Amplitude	Submodel within Ia	Specifies the magnitude of the current flowing through the dipole vector. A unique valid numerical value with or without units can be represented in this field (see B.2.5.2 and B.2.5.3). Valid units for this field is "Ampere" or "A", with all valid scaling factors (see B.2.5.5) This is a required field	<pre><Vector Type="Electric"; Name="Dip1"> <Amplitude> 120mA </Amplitude> </Vector></pre>
Phase	Submodel within Ia	Specifies the phase quantity of the current flowing through the dipole. A unique valid numerical value with or without can be represented in this field (see B.2.5.2 and B.2.5.3). Valid units for this field is "degree". This is an optional field. Defaults to "0" if undefined	<pre><Vector Type="Electric"; Name="Dip1"> <Amplitude> 120mA </Amplitude> <Phase>42</Phase> </Vector></pre>

C.7 *Lead_definitions* section attributes

C.7.1 General

The *Lead_definitions* section has the child elements (keywords) as shown in Table C.7 below:

Table C.7 – Valid elements in the *Lead_definitions* section

Keyword	Description	Example
Lead	Specifies the description of the modelled IC pin or lead. See C.7.2 for valid <i>Lead</i> element attributes in the <i>Lead_definitions</i> section. Several <i>Lead</i> elements are listed one after another	<Lead_definitions> <Lead> ... </Lead> <Lead> ... </Lead> </Lead_definitions>

C.7.2 *Lead* element attributes

The *Lead* keyword in the *Lead_definitions* section has the valid attributes as shown in Table C.8 below:

Table C.8 – Attributes of the *Lead* element in the *Lead_definitions* section

Keyword	Description	Example
Id	Specifies the identity or number of the <i>Lead</i> element. Only one value is allowed, conforming to B.2.5.4. This is a required field	<Lead Id="1"> ... </Lead>
Name	Specifies the name of the <i>Lead</i> element. Can be any valid string conforming to B.2.5.4. This is a required field	<Lead Id="1" Name="ET1"> ... </Lead>
Mode	Specifies the mode in which a particular lead is used. Refer to other parts of IEC 62433 for valid values for this field. This is an optional field.	<Lead Id="1" Name="ET1" Mode="GND"> ... </Lead>
Type	Specifies the type in which a particular lead is used. Refer to other parts of IEC 62433 for valid values for this field. This is an optional field.	<Lead Id="1" Name="ET1" Mode="GND" Type="external"> ... </Lead>

C.8 *Validity* section keywords

The keywords as shown in Table C.9 below are placed in the *Validity* element start-tag:

Table C.9 – Validity element keywords

Keyword	Description	Example
Power_supply	Specifies the power supply conditions in which the IC macro-model is extracted and defined. Should follow the validity element. Informs the user of the model's validity criteria. A valid numerical value with or without units is allowed. See B.2.5 for more information.	<Power_supply> 9V </Power_supply>
Frequency_range	Specifies the valid frequency range in which the frequency-domain IC macro-model is extracted and defined. Should follow the validity element. Informs the user of the model's validity criteria. A valid numerical value with or without units is allowed. See B.2.5 for more information.	<Frequency_range> [10kHz-100MHz] </Frequency_range>
Time_range	Specifies the valid time range in which the time-domain IC macro-model is extracted and defined. Should follow the validity element. Informs the user of the model's validity criteria. A valid numerical value with or without units is allowed. See B.2.5 for more information.	<Time_range> [0ms-1ms] </Time_range>
Temperature_range	Specifies the valid temperature range in which IC macro-model is extracted and defined. Should follow the validity element. Informs the user of the model's validity criteria. A valid numerical value with units is allowed. See B.2.5 for more information.	<Temperature_range> [25Celsius-55Celsius] </Temperature_range>

C.9 Subckt section attributes

The *Subckt* keyword is the only unique child of the *Macromodels* keyword and has the valid attributes as shown in Table C.10 below:

Table C.10 – Subckt element keywords

Keyword	Description	Example
Name	Specifies the name of the macro-model. This field consists of letters and numbers defined in B.2.5.4. It shares the same namespace within the XML file. Every sub-circuit shall carry a unique name. This is a required field	<Subckt Name="MD1" ...> ... </Subckt>
Nodes	Specifies the external nodes of the macro-model through which the sub-circuit connects to the main circuit. The different external nodes are defined in sequence separated by a comma (",") and these nodes are strictly local to the definition. These can either be numbers and/or characters [2]. The number "0" shall not be allowed as a value. This is a required field	<Subckt Name="MD1" Nodes="N1,N2,N3"> ... </Subckt>
Kind	Specifies the kind of netlist used for defining the sub-circuit. This field consists of letters and numbers defined in B.2.5.4. It informs the user that a specific kind of SPICE-like netlist syntax is used. This is an optional field. Default: "SPICE3"	< Subckt Name="MD1" Nodes="N1,N2,N3" Kind="SPICE3"> ... </Subckt>
Data_files	Specifies the path names of the files containing a sub-circuit netlist. The path names are separated by a space character (" ") or a line termination. The file names and paths shall conform to B.2.4.2 and B.2.4.3. This is an optional field.	< Subckt Kind="SPICE3"> ... <Data_files> subckt_macro.lib </Data_files> ... </Subckt>

C.10 Netlist section keywords

The keywords as shown in Table C.11 below may be placed in the *Netlist* section:

Table C.11 – Netlist element keywords

Keyword	Description	Example
Kind	Specifies the kind of netlist used for defining the circuit elements in the model. This field consists of letters and numbers defined in B.2.5.4. It informs the user that a specific kind of SPICE-like netlist syntax is used. This is an optional field. Default: "SPICE3"	<Netlist Kind="SPICE3"> R1 1 10 1e3 ... </Netlist>
Data_files	Specifies the path names of the files containing a circuit definition in SPICE format [2]. The path names are separated by a space character (" ") or a line termination. The file names and paths shall conform to B.2.4.2 and B.2.4.3. This is an optional field.	< Netlist Kind="SPICE3"> ... <Data_files> PDN_Pin1.net </Data_files> ... </Netlist>

C.11 Pdn and lbc section keywords

C.11.1 General

The *Pdn* and *lbc* sections has the child elements (keywords) as shown in Table C.12 below:

Table C.12 – Pdn element keywords

Keyword	Parent element	Description	Example
Lead	Pdn lbc	Specifies the PDN or IBC data of each modelled lead. See C.11.2	<Lead> ... </Lead>
Submodel	Pdn	Specifies the PDN data pertaining to a given frequency. See Clause C.5	<Submodel> ... </Submodel>

C.11.2 Lead element attributes in the Pdn section

The *Lead* keyword in the *Pdn* section has the valid attributes as shown in Table C.13 below:

Table C.13 – Attributes of the *Lead* element in the *Pdn* section

Keyword	Description	Example
Id	Specifies the identity or number of the <i>Lead</i> element. One or more values are allowed. This is a required field	<Lead Id="1" .../>
Ground_id	Specifies the identity or number of the <i>Lead</i> element used as reference pin. Only one value is allowed This is a required field	<Lead Id="1" Ground_id="10" .../>
Blockname	Specifies the name of the sub-block when using block based PDN modelling. Shares the same namespace with the <i>Blockname</i> attribute of the <i>Ia</i> element. Value shall be a valid string conforming to B.2.5.4 This is an optional field	<Lead Id="1" Type="Ckt"> ... <Blockname> Analog_Block </Blockname> ... </Lead>
Type	Specifies the type of PDN data. Valid values are: "S" for S-parameters "Z" for Z-parameters "Y" for Y-parameters "Ckt" for circuit definition. This is a required field	<Lead Id="1" Type="Z"> ... </Lead>
Param_order	Specifies the order in which the data is defined This is an optional field	<Lead Id="1" Type="Z" Param_order="Freq,Z11"/>
Format	Specifies the data format. Value shall be one of the following strings: "RI": real/imaginary format (default) "DB": Magnitude in decibel scale with phase angle in degrees "MA": Magnitude in linear scale with phase angle in degrees "DBMAG": magnitude in decibel scale without phase data "MAG": Magnitude data in linear scale without phase data This is an optional field	<Lead Id="1" Type="Z" Param_order="Freq,Z11" Format="MA"/>
Meas_type	Specifies the method implemented for performing data measurements for data extraction using a vector network analyzer. Value shall be one of the following strings: "0" for standard or conventional measurement configuration (default) "1" when the DUT is in parallel to the measurement ports (shunt connection) "2" when the DUT is in series to the measurement ports (series connection). This is an optional field	<Lead Id="1" Type="S" Param_order="Freq,S21" Format="MA" Meas_type="1"/>
Reference_impedance	Specifies the reference impedance used in performing PDN measurements using a vector network analyzer. The value shall conform to B.2.5.3 and should carry both the value and units together. If no units are found, SI units are assumed. This is an optional field	<Lead Id="1" Type="S" Param_order="Freq,S11" Format="MA" Reference_impedance="50ohm"/>
Use	Specifies one of the parameters defined in <i>Param_order</i> , except the frequency term that is to be specifically used. Value shall be a valid string. This is an optional field	<Lead Id="1" Type="S" Param_order="Freq,S21" Format="MA" Meas_type="1" Use="S21"/>

Keyword	Description	Example
Netlist	Specifies the electrical connectivity of the circuit elements in a SPICE like format. See C.9 for more information on the child elements of <i>Netlist</i> . This is an optional field	<Lead Id="1" Type="Ckt"> ... <Netlist> ... </Netlist> ... </Lead>
Unit_freq	Specifies the units of the frequencies used for specifying the model data. The value shall conform to B.2.5.5. If this keyword is omitted, the units are assumed to be SI units. This is an optional field	<Lead Id="1" Type="S"> <Unit_freq> MHz </Unit_freq> ... </Lead>
Unit_param	Specifies the units of the parameters used for specifying the model data. The value shall conform to B.2.5.5. If this keyword is omitted, the units are assumed to be SI units. This is an optional field	<Lead Id="1" Type="S"> <Unit_param> dB </Unit_param> ... </Lead>
Power_level	Specifies the power level used for obtaining the PDN data. The value shall conform to B.2.5.3 and should carry both the value and units together. If no units are found, SI units are assumed. This is an optional field	<Lead Id="1" Type="S"> <Power_level> -10dBm </Power_level> ... </Lead>
Data_files	Specifies the path names of the files containing a data values. The path names are separated by a space character (" ") or a line termination. The file names and paths shall conform to B.2.4.2 and B.2.4.3. This is a required field if <i>List</i> tag is unused. Only one <i>Data_files</i> keyword or one <i>List</i> keyword shall be included in the <i>Pdn</i> section.	<Lead Id="1" Type="S"> ... <Data_files> Pdn_pin1_S11.txt </Data_files> ... </Lead>
List	Specifies a list of data entries defining the different components of the model. This is a required field if <i>Data_files</i> tag is unused. Only one <i>Data_files</i> keyword or one <i>List</i> keyword shall be included in the <i>Pdn</i> section.	<Lead Id="1" Type="S"> ... <List> ... </List> ... </Lead>

C.11.3 Lead element attributes in the *lbc* section

The *Lead* keyword in the *lbc* section has the valid attributes as shown in Table C.14 below:

Table C.14 – Attributes of the *Lead* element in the *Ibc* section

Keyword	Description	Presence	Example
Id	Specifies the identity or number of the <i>Lead</i> element. One or many Ids are allowed for differentiating between single, differential or multi-ended pins. For differential or multi-ended pins, Ids shall be separated by a ", " character.	Required	<pre><Lead Id="1 2"...> ... </Lead> <Lead Id="1,2,3"...> ... </Lead></pre>
Blockname	Specifies the name of the IBC block	Optional	<pre><Blockname> Block1_IBC </Blockname></pre>
Type	Specifies the type of IBC data: "S" for S-parameters, "Z" for Z-parameters, "Y" for Y-parameters, "Ckt" for circuit definition	Optional	<pre><Lead Id="1 2" Type="Z"> ... </Lead></pre>
Param_order	Specifies the order in which the IBC parameters are defined. Undefined if using <i>Data_files</i> in touchstone format and <i>Netlist</i> .	Optional	<pre><Lead Id="1 2" Type="Z" Param_order="Freq,Z11"> ... </Lead></pre>
Format	Specifies the IBC data format. Undefined if using <i>Data_files</i> in touchstone format and <i>Netlist</i> .	Optional	<pre><Lead Id="1 2" Type="Z" Param_order="Freq,Z11" Format="MA"> ... </Lead></pre>
Meas_type	Specifies the method implemented for performing IBC measurements. Undefined if using <i>Netlist</i> .	Optional	<pre><Lead Id="1 2" Type="S" Param_order="Freq,S21" Format="MA" Meas_type="1"> ... </Lead></pre>
Reference_impedance	Specifies the reference impedance used in performing PDN measurements. Undefined if using <i>Netlist</i> .	Optional	<pre><Lead Id="1 2" Type="S" Param_order="Freq,S11" Format="MA" Reference_impedance="50 ohm"> ... </Lead></pre>
Use	Specifies one of the parameters defined in <i>Param_order</i> , except the frequency term that is to be specifically used. Undefined if using <i>Netlist</i> .	Optional	<pre><Lead Id="1 2" Type="S" Param_order="Freq,S21" Format="MA" Meas_type="1" Use="S21"> ... </Lead></pre>
Netlist	Specifies the electrical connectivity of the IBC elements in circuit form using SPICE like data statements.	Required if Type="Ckt"	<pre><Lead Id="1 2" Type="Ckt"> ... <Netlist> ... </Netlist> ... </Lead></pre>
Unit_freq	Specifies the units of the frequencies used for specifying the IBC. The value shall conform to B.2.5.5. If this keyword is omitted, the units are assumed to be SI units. Undefined if using <i>Netlist</i> and <i>Data_files</i> in touchstone format	Optional	<pre><Lead Id="1 2" Type="S"> <Unit_freq> MHz </Unit_freq> ... </Lead></pre>
Unit_param	Specifies the units of the parameters used for specifying the IBC. The value shall conform to B.2.5.5. If this keyword is omitted, the units are assumed to be SI units. Undefined if using <i>Netlist</i> and <i>Data_files</i> in touchstone format	Optional	<pre><Lead Id="1 2" Type="S"> <Unit_param> dB </Unit_param> ... </Lead></pre>
Power_level	Specifies the power level used for obtaining the IBC data. The value shall conform to B.2.5.5 and should carry both the value and units together. If no units are found, SI units are assumed. Undefined if using <i>Netlist</i> and <i>Data_files</i> .	Optional	<pre><Lead Id="1 2" Type="S"> <Power_level> -10dBm </Power_level> ... </Lead></pre>

Keyword	Description	Presence	Example
Data_files	Specifies the path names of the files containing a list of IBC data corresponding to the IBC section. The path names are separated by a space character (" ") or a line termination. The file names and paths shall conform to B.2.4.2 and B.2.4.3. Only one <i>Data_files</i> keyword or one <i>List</i> keyword shall be included in the <i>Pdn</i> section.	Required if not <i>List</i>	<pre><Lead Id="1 2" Type="S"> ... <Data_files> Pdn_pin1_S11.txt </Data_files> ... </Lead></pre>
List	Specifies a list of IBC data entries in the model.	Required if not <i>Data_files</i>	<pre><Lead Id="1 2" Type="S"> ... <List> ... </List> ... </Lead></pre>

C.12 *Ia* section keywords

C.12.1 General

The *Ia* section has the child elements (keywords) as shown in Table C.15 below:

Table C.15 – Valid keywords in the *Ia* section

Keyword	Description	Example
Lead	Specifies the <i>IA</i> data of each modelled lead. See C.12.2	<pre><Lead> ... </Lead></pre>
Submodel	Specifies the <i>IA</i> data pertaining to a given frequency	<pre><Submodel> ... </Submodel></pre>

C.12.2 *Lead* element attributes

The *Lead* keyword in the *Ia* section has the valid attributes as shown in Table C.16 below:

Table C.16 – Attributes of the *Lead* element in the *Ia* section

Keyword	Description	Example
Id	Specifies the identity or number of the <i>Lead</i> element. Only two Ids are permitted per <i>Lead</i> definition since the <i>IA</i> source is always connected between two nodes. Ids shall be separated by a "," character. The first Id terminal is assumed to be the positive node and the second Id terminal is the negative node. Current flows from the positive node to the negative node. This is a required field	<pre><Lead Id="1,2"...> ... </Lead></pre>
Type	Specifies the type of <i>IA</i> data. Valid values are "freq" for frequency domain data; "time" for time domain data; This is a required field.	<pre><Lead Id="1,2" Type="freq"> ... </Lead></pre>

Keyword	Description	Example
Blockname	Specifies the name of the sub-block when using block based IA modelling. Shares the same namespace with the <i>Blockname</i> attribute of the <i>Pdn</i> element. Value shall be a valid string conforming to B.2.5.4 This is an optional field	<Lead Id="1,2" Type="freq" > <Blockname> Block1 </Blockname> ... </Lead>
Voltage	Specifies the IA data as a voltage quantity. See C.12.3. This is a required field if <i>Current</i> section is not defined. Only one <i>Voltage</i> keyword or one <i>Current</i> keyword shall be included in the <i>Ia</i> section.	<Lead Id="1,2" Type="freq" > <Voltage...> ... </Voltage> ... </Lead>
Current	Specifies the IA data as a current quantity. See C.12.4. This is a required field if <i>Voltage</i> section is not defined. Only one <i>Voltage</i> keyword or one <i>Current</i> keyword shall be included in the <i>Ia</i> section.	<Lead Id="1,2" Type="freq" > <Current...> ... </Current> ... </Lead>

C.12.3 Voltage section keywords

The keywords in Table C.17 may be placed in the *Voltage* section under the *Lead* tag as the parent element:

Table C.17 – Voltage element keywords

Keyword	Description	Example
Param_order	Specifies the order in which the voltage quantity is defined. The following strings are dedicated for specifying the parameter order: "Freq" and "Frequency": Frequency quantity used for parameters' definition "Time": Time quantity used for parameters' definition "Volt" and "Voltage": Voltage quantity used for parameters' definition This is an optional field. Defaults to "Frequency,Voltage" if undefined	<Voltage Param_order="Freq,Voltage"> ... </Voltage>
Format	Specifies the data format for the voltage parameter. Valid data formats are: "RI": real/imaginary format. This is valid for frequency-domain "DB": Magnitude in decibel scale with phase angle in degrees. This is valid for frequency-domain "MA": Magnitude in linear scale with phase angle in degrees. This is valid for frequency-domain "DBMAG": Magnitude in decibels without phase information. This is valid for frequency-domain and time-domain "MAG": Magnitude in linear scale without phase information. This is valid for frequency-domain and time-domain This is an optional field. Defaults to "MAG" if undefined	<Voltage Param_order="Freq,Voltage" Format="MAG"> ... </Voltage>

Keyword	Description	Example
Unit_freq	Specifies the units of the frequencies used for specifying the voltage quantity. The value shall conform to B.2.5.5. This is an optional field. If this keyword is omitted, the units are assumed to be SI units.	<Voltage Param_order="Freq,Voltage" Format="MAG"> <Unit_freq> kHz </Unit_freq> ... </Voltage>
Unit_time	Specifies the units of the time quantity. The value shall conform to B.2.5.5. This is an optional field. If this keyword is omitted, the units are assumed to be SI units.	<Voltage Param_order="Freq,Voltage" Format="MAG"> <Unit_time> us </Unit_time> ... </Voltage>
Unit_voltage	Specifies the units of voltage quantity. The value and scaling factors shall conform to B.2.5.5. This is an optional field. If this keyword is omitted, the units are assumed to be SI units ("V").	<Voltage Param_order="Freq,Voltage" Format="MAG"> <Unit_voltage> mV </Unit_voltage> ... </Voltage>
Data_files	Specifies the path names of the files containing a list of data as a voltage quantity. The path names are separated by a space character (" ") or a line termination. The file names and paths shall conform to B.2.4.2 and B.2.4.3. Only one <i>Data_files</i> keyword or one <i>List</i> keyword or one <i>Pulse</i> keyword shall be included in the <i>Voltage</i> section	<Voltage Param_order="Freq,Voltage" Format="MA"> ... <Data_files> la_current_pin1_2.dat </Data_files> ... </Voltage>
List	Specifies the list of data expressed as a voltage quantity. Each data line within the <i>List</i> tag shall be expressed as two or three values depending on the data format. First value shall be the time or frequency term, the second (and the third if present) shall be the current data Only one <i>Data_files</i> keyword or one <i>List</i> keyword or one <i>Pulse</i> keyword shall be included in the <i>Voltage</i> section	<Voltage Param_order="Freq,Voltage" Format="MA"> ... <List> ... </List> ... </Voltage>
Pulse	Specifies a simulated waveform for defining the voltage data. Allowed only for time-domain data representation. See C.12.5 Only one <i>Data_files</i> keyword or one <i>List</i> keyword or one <i>Pulse</i> keyword shall be included in the <i>Voltage</i> section	<Voltage> ... <Pulse> ... </Pulse> </Voltage>

C.12.4 Current section keywords

The keywords in Table C.18 may be placed in the *Current* section under the *Lead* tag as the parent element.

Table C.18 – Current element keywords

Keyword	Description	Example
Param_order	Specifies the order in which the current quantity is defined. The following strings are dedicated for specifying the parameter order: "Freq" and "Frequency": Frequency quantity used for parameters' definition "Time": Time quantity used for parameters' definition "Curr" and "Current": Current quantity used for parameters' definition This is an optional field. Defaults to "Frequency,Current" if undefined	<Current Param_order="Freq,Curr"> ... </Current>
Format	Specifies the data format for the current parameter. Valid data formats for are: "RI": real/imaginary format. This is valid for frequency-domain "DB": Magnitude in decibel scale with phase angle in degrees. This is valid for frequency-domain "MA": Magnitude in linear scale with phase angle in degrees. This is valid for frequency-domain "DBMAG": Magnitude in decibels without phase information. This is valid for frequency-domain and time-domain "MAG": Magnitude in linear scale without phase information. This is valid for frequency-domain and time-domain This is an optional field. Defaults to "MAG" if undefined	<Current Param_order="Freq,Curr" Format="MAG"> ... </Current>
Unit_freq	Specifies the units of the frequencies used for specifying the current quantity. The value shall conform to B.2.5.5. This is an optional field. If this keyword is omitted, the units are assumed to be SI units.	<Current Param_order="Freq,Curr" Format="MAG"> <Unit_freq> kHz </Unit_freq> ... </Current>
Unit_time	Specifies the units of the time quantity. The value shall conform to B.2.5.5. This is an optional field. If this keyword is omitted, the units are assumed to be SI units.	<Current Param_order="Freq,Curr" Format="MAG"> <Unit_time> us </Unit_time> ... </Current>
Unit_current	Specifies the units of current quantity. The value and scaling factors shall conform to B.2.5.5. This is an optional field. If this keyword is omitted, the units are assumed to be SI units.	<Current Param_order="Freq,Curr" Format="MAG"> <Unit_current> uA </Unit_current> ... </Current>

Keyword	Description	Example
Data_files	Specifies the path names of the files containing a list of data as a current quantity. The path names are separated by a space character (" ") or a line termination. The file names and paths shall conform to B.2.4.2 and B.2.4.3. Only one <i>Data_files</i> keyword or one <i>List</i> keyword or one <i>Pulse</i> keyword shall be included in the <i>Current</i> section	<Current Param_order="Freq,Curr" Format="MA"> ... <Data_files> la_current_pin1_2.dat </Data_files> ... </Current>
List	Specifies the list of data expressed as a current quantity. Each data line within the <i>List</i> tag shall be expressed as two or three values depending on the data format. First value shall be the time or frequency term, the second (and the third if present) shall be the current data Only one <i>Data_files</i> keyword or one <i>List</i> keyword or one <i>Pulse</i> keyword shall be included in the <i>Current</i> section	<Current Param_order="Freq,Curr" Format="MA"> ... <List> ... </List> ... </Current>
Pulse	Specifies a simulated waveform for defining the current data. Allowed only for time-domain data representation. See C.12.5 Only one <i>Data_files</i> keyword or one <i>List</i> keyword or one <i>Pulse</i> keyword shall be included in the <i>Current</i> section	<Current> ... <Pulse> ... </Pulse> </Current>

C.12.5 Pulse element keywords

Table C.19 shows the valid attributes of the *Pulse* element, used within the *Voltage* or *Current* section:

Table C.19 – Attributes of the *Pulse* element

Keyword	Description	Example
Initial_value	Specifies the initial magnitude (low-level) of the pulse. A valid numerical value with or without units is allowed. See B.2.5.2 and B.2.5.3 for more information. When units are absent, default SI units ("V" in <i>Voltage</i> section or "A" in <i>Current</i> section) are applied. See B.2.5.5 for valid scaling factors. This is a required field	<Pulse> <Initial_value> 0V </Initial_value> ... </Pulse>
Final_value	Specifies the final magnitude (high-level) of the pulse. A valid numerical value with or without units is allowed. See B.2.5.2 and B.2.5.3 for more information. When units are absent, default SI units ("V" in <i>Voltage</i> section or "A" in <i>Current</i> section) are applied. See B.2.5.5 for valid scaling factors. This is a required field	<Pulse> <Initial_value> 0V</Initial_value> <Final_value> 0V</Final_value> ... </Pulse>
Period	Specifies the period (inverse of frequency) of the pulse. A valid numerical value with or without units is allowed. See B.2.5.2 and B.2.5.3 for more information. When units are absent, default SI unit ("s") is applied. See B.2.5.5 for valid scaling factors. This is a required field if <i>Frequency</i> attribute is not defined. Only one <i>Period</i> keyword or one <i>Frequency</i> keyword shall be included in the <i>Pulse</i> section	<Pulse> ... <Period> 1u </Period> ... </Pulse>

Keyword	Description	Example
Frequency	Specifies the frequency (inverse of period) of the pulse. A valid numerical value with or without units is allowed. See B.2.5.2 and B.2.5.3 for more information. When units are absent, default SI unit ("Hz") is applied. See B.2.5.5 for valid scaling factors. This is a required field if <i>Frequency</i> attribute is not defined. Only one <i>Period</i> keyword or one <i>Frequency</i> keyword shall be included in the <i>Pulse</i> section	<Pulse> ... <Frequency> 1M </Frequency> ... </Pulse>
Time_delay	Specifies the initial time-delay of the pulse. A valid numerical value with or without units is allowed. See B.2.5.2 and B.2.5.3 for more information. When units are absent, default SI unit ("s") is applied. See B.2.5.5 for valid scaling factors. This is an optional field. Defaults to "0" when absent	<Pulse> ... <Time_delay> 1u </Time_delay> ... </Pulse>
Rise_time	Specifies the time taken by the signal to rise from initial value to the final value of the pulse. A valid numerical value with or without units is allowed. See B.2.5.2 and B.2.5.3 for more information. When units are absent, default SI unit ("s") is applied. See B.2.5.5 for valid scaling factors. This is a required field	<Pulse> ... <Rise_time> 1ns </Rise_time> ... </Pulse>
Fall_time	Specifies the time taken by the signal to fall from final value to the initial value of the pulse. A valid numerical value with or without units is allowed. See B.2.5.2 and B.2.5.3 for more information. When units are absent, default SI unit ("s") is applied. See B.2.5.5 for valid scaling factors. This is a required field	<Pulse> ... <Fall_time> 1ns </Fall_time> ... </Pulse>
On_time	Specifies the time duration for which the pulse signal maintains its final value. A valid numerical value with or without units is allowed. See B.2.5.2 and B.2.5.3 for more information. When units are absent, default SI unit ("s") is applied. See B.2.5.5 for valid scaling factors. This is a required field	<Pulse> ... <On_time> 998ns </On_time> ... </Pulse>
Ncycles	Specifies the number of repetition cycles of the pulse. A valid numerical value without units is allowed. See B.2.5.2 for more information. This is an optional field. Default to "1" when absent	<Pulse> ... <Ncycles> 998ns </Ncycles> ... </Pulse>

A typical waveform defined by the *Pulse* keyword, with the corresponding fields, is shown in Figure C.1.

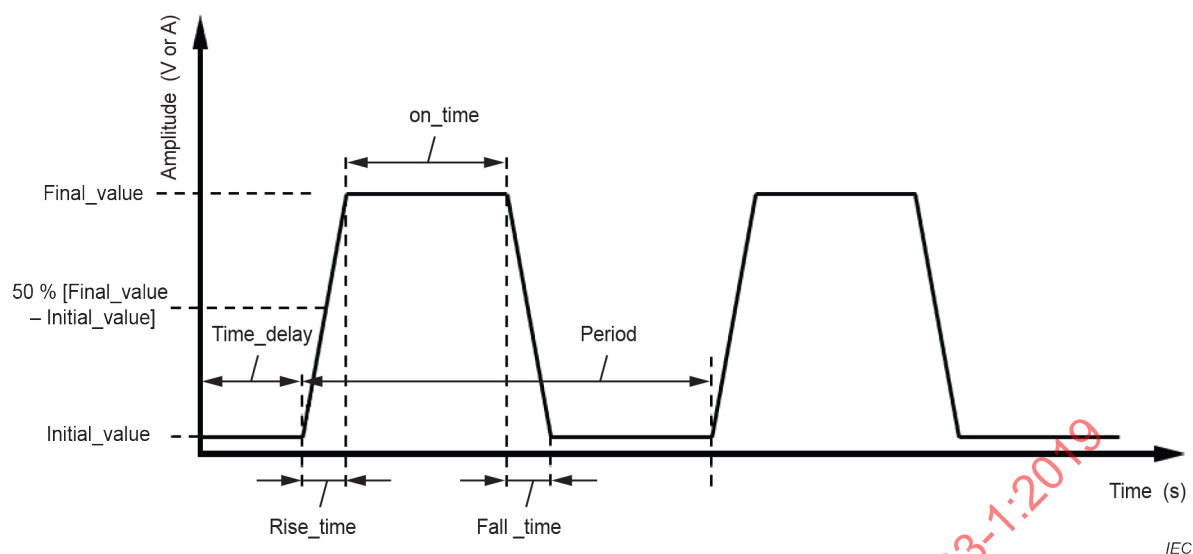


Figure C.1 – Pulse signal as defined using the Pulse element

C.13 *lb* section keywords

C.13.1 *Lead* element keywords

The IB data of each modelled lead defined within the *Lead* tag. The *Lead* keyword in the *lb* section has the following valid attributes (see Table C.20):

Table C.20 – *Lead* element keywords in the *lb* section

Keyword	Description	Example
Id	Specifies the identity or number of the <i>Lead</i> element. One or many Ids are allowed for differentiating between single, differential or multi-ended pins. For differential or multi-ended pins, Ids shall be separated by a "," character. This is a required field.	<pre><Lead Id="1"...> ... </Lead> <Lead Id="1,2,3"...> ... </Lead></pre>
Ground_id	Specifies the identity or number of the return signal lead. Only one id is allowed. This is a required field.	<pre><Lead Id="1" Ground_id="7" ...> ... </Lead> <Lead Id="1,2,3" Ground_id="7" ...> ... </Lead></pre>
Blockname	Specifies the name of the IB block. This is an optional field	<pre><Blockname> Block1 </Blockname></pre>
Type	Specifies the type of IB data: "DPI" for DPI based measurements. This is a required field	<pre><Lead Id="1" Type="DPI"> ... </Lead></pre>
Max_power_level	Specifies the maximum injected power on to the lead id of interest. See C.13.2 for more details. This is an optional field	<pre><Lead Id="1" Type="DPI" > <Max_power_level> ... </Max_power_level> ... </Lead></pre>
Voltage	Specifies the IB data as a voltage quantity. See C.13.3. This is a required field if not <i>Current</i> or <i>Power</i>	<pre><Lead Id="1" Type="DPI" > <Voltage...> ... </Voltage> ... </Lead></pre>

Keyword	Description	Example
Current	Specifies the IB data as a current quantity. See C.13.4. This is a required field if not <i>Voltage</i> or <i>Power</i>	<Lead Id="1" Type="DPI" > <Current...> ... </Current> ... </Lead>
Power	Specifies the IB data as a transmission power quantity. See C.13.5. This is a required field if not <i>Voltage</i> or <i>Current</i>	<Lead Id="1" Type="DPI" > <Power...> ... </Power> ... </Lead>

C.13.2 *Max_power_level* section keywords

The keywords shown in Table C.21 may be placed in the *Max_power_level* section under the *Lead* tag as the parent element (within the *lb* section).

Table C.21 – *Max_power_level* section keywords

Keyword	Description	Example
Value	Specifies the power level used for obtaining the PDN data. The value shall conform to B.2.5.3 and should carry both the value and units together. This is a required field. If no units are found, SI units are assumed.	<Max_power_level> <Value>35dBm</Value> </Max_power_level> or <Max_power_level Value="35dBm"/>
Start_freq	Specifies the start frequency of the band in which the maximum power level is defined. The value shall conform to B.2.5.3 and should carry both the value and units together. This is an optional field. If no units are found, SI units are assumed.	<Max_power_level Value="35dBm" Start_freq="1MHz" ... />
Stop_freq	Specifies the stop frequency of the band in which the maximum power level is defined. The value shall conform to B.2.5.3 and should carry both the value and units together. This is an optional field. If no units are found, SI units are assumed.	<Max_power_level Value="35dBm" Start_freq="1MHz" Stop_freq="10MHz" ... /> <Max_power_level Value="25dBm" Start_freq="11MHz" Stop_freq="100MHz" ... />

C.13.3 *Voltage* section keywords

The keywords shown in Table C.22 may be placed in the *Voltage* section under the *Lead* tag as the parent element (within the *lb* section).

Table C.22 – Voltage section keywords

Keyword	Description	Example
Test_criteria	Specifies the test conditions for obtaining the IB data. See C.13.6 This is a required field.	<Voltage> <Test_criteria .../> </Voltage>
Param_order	Specifies the order in which the IB voltage quantity is defined. This is an optional field.	<Voltage Param_order="Freq,voltage"> ... </Voltage>
Format	Specifies the data format for the voltage parameter This is an optional field. If absent, it defaults to "MAG"	<Voltage Param_order="Freq,voltage" Format="MAG"> ... </Voltage>
Unit_freq	Specifies the units of the frequencies used for specifying the IB voltage quantity. The value shall conform to B.2.5.3. This is an optional field. If omitted, the units are assumed to be "Hz".	<Voltage Param_order="Freq,voltage" Format="MAG"> <Unit_freq> kHz </Unit_freq> ... </Voltage>
Unit_voltage	Specifies the voltage units of IB data. The value shall conform to B.2.5.5. This is an optional field. If omitted, the units are assumed to be "V".	<Voltage Param_order="Freq,voltage" Format="MAG"> <Unit_voltage> dB </Unit_voltage> ... </Voltage>
Data_files	Specifies the path names of the files containing a list of IB data as a voltage quantity. The path names are separated by a space character (" ") or a line termination. The file names and paths shall conform to B.2.4.3. Only one Data_files keyword shall be included in the Voltage section. This is a required field if not List	<Voltage Param_order="Freq,voltage" Format="MA"> ... <Data_files> lb_voltage_pin1.dat </Data_files> ... </Voltage>
List	Specifies a list of IB voltage data entries in the model. Only one List keyword shall be used. This is a required field if not Data_files	<Voltage Param_order="Freq,voltage" Format="MA"> ... <List> ... </List> ... </Voltage>

C.13.4 Current section keywords

The keywords shown in Table C.23 may be placed in the *Current* section under the *Lead* tag as the parent element (within the *lb* section).

Table C.23 – Current section keywords

Keyword	Description	Example
Test_criteria	Specifies the test conditions for obtaining the IB data. See C.13.6. This is a required field	<Current> <Test_criteria .../> </Current>
Param_order	Specifies the order in which the IB current quantity is defined This is an optional field	<Current Param_order="Freq,voltage"> ... </Current>
Format	Specifies the data format for the current parameter This is an optional field. If absent, it defaults to "MAG"	<Current Param_order="Freq,Current" Format="MAG"> ... </Current>
Unit_freq	Specifies the units of the frequencies used for specifying the IB Current quantity. The value shall conform to B.2.5.5. This is an optional field. If omitted, the units are assumed to be "Hz".	<Current Param_order="Freq,Current" Format="MAG"> <Unit_freq> kHz </Unit_freq> ... </Current>
Unit_current	Specifies the current units of IB data. The value shall conform to B.2.5.5. This is an optional field. If undefined, the units are assumed to be "A".	<Current Param_order="Freq,Current" Format="MAG"> <Unit_current> dB </Unit_current> ... </Current>
Data_files	Specifies the path names of the files containing a list of IB data as a current quantity. The path names are separated by a space character (" ") or a line termination. The file names and paths shall conform B.2.4.3. Only one <i>Data_files</i> keyword shall be included in the Current section. This is a required field if not <i>List</i>	<Current Param_order="Freq,Current" Format="MA"> ... <Data_files> lb_current_pin1.dat </Data_files> ... </Current>
List	Specifies a list of IB current data entries in the model. Only one <i>List</i> keyword shall be used. This is a required field if not <i>Data_files</i>	<Current Param_order="Freq,Current" Format="MA"> <List> ... </List> ... </Current>

C.13.5 Power section keywords

The keywords shown in Table C.24 may be placed in the *Power* section under the *Lead* tag as the parent element (within the *Ib* section).

Table C.24 – Power section keywords

Keyword	Description	Example
Test_criteria	Specifies the test conditions for obtaining the IB data. See C.13.6. This is a required field	<Power> <Test_criteria .../> </Power>
Param_order	Specifies the order in which the IB power quantity is defined This is an optional field	<Power Param_order="Freq,voltage"> ... </Power>
Format	Specifies the data format for the power parameter This is an optional field. If absent, it defaults to "DBMAG"	<Power Param_order="Freq,Power" Format="MAG"> ... </Power>
Unit_freq	Specifies the units of the frequencies used for specifying the IB Power quantity. The value shall conform to B.2.5.5. This is an optional field. If undefined, the units are assumed to be "Hz".	<Power Param_order="Freq,Power" Format="MAG"> <Unit_freq> kHz </Unit_freq> ... </Power>
Unit_power	Specifies the power units of IB data. The value shall conform to B.2.5.5. This is an optional field. If absent, the units are assumed to be "W".	<Power Param_order="Freq,Power" Format="DBMAG"> <Unit_power> dBm </Unit_power> ... </Power>
Data_files	Specifies the path names of the files containing a list of IB data as a power quantity. The path names are separated by a space character (" ") or a line termination. The file names and paths shall conform to B.2.4.3. Only one Data_files keyword shall be included in the Power section. This is a required field if not List	<Power Param_order="Freq,Power" Format="MA"> ... <Data_files> Ib_power_pin1.dat </Data_files> ... </Power>
List	Specifies a list of IB power data entries in the model. Only one List keyword shall be used. This is a required field if not Data_files	<Power Param_order="Freq,Power" Format="MA"> ... <List> ... </List> ... </Power>

C.13.6 Test_criteria section keywords

The keywords shown in Table C.25 may be placed in the *Voltage*, *Current* and *Power* sections under the *Lead* tag as the parent element, within the *Ib* section.

Table C.25 – Test_criteria section keywords

Keyword	Description	Example
Id	Specifies the identity or number of the monitored <i>Lead</i> element (OO). Only one Id is allowed per definition. This is a required field.	<Test_criteria Id="10"/>
Ground_id	Specifies the identity or number of the return signal lead used for referencing the OO. Only one Id is allowed per definition. This is an optional field. If absent, the top-level Ground_id is used.	< Test_criteria Id="10" Ground_id="7"/>
Type	Specifies the type of test conducted: either pass/fail or non-pass/pail. This is a required field.	<Test_criteria Id="10" Type="PF"/>
Level	Specifies the tolerance level set on the monitored lead during the tests. The value shall conform to B.2.5.3 and should carry both the value and units together. This is an optional field. If no units are found, SI units are used. For more than one levels, the values shall be separated by a comma ",".	<Test_criteria Id="10" Type="PF" Level="100mV"/> or <Test_criteria Id="10" Type="PF" Level="+100mV, -100mV"/>
Parameter	Specifies the parameter on which the test condition is set. This is an optional field.	<Test_criteria Id="10" Type="PF" Level="100mV" Parameter="Amplitude"/>

C.14 N/b section keywords

The NLB data is defined within the *Lead* tag. The Lead keyword in the *N/b* section has the following valid attributes (see Table C.26).

Table C.26 – Lead element keywords in the N/b section

Keyword	Description	Example
Id	Specifies the identity or number of the <i>Lead</i> element. One unique Id is allowed This is a required field	<Lead Id="1"...> ... </Lead>
Ground_id	Specifies the identity or number of the return signal lead. Only one id is allowed. This is a required field	<Lead Id="1" Ground_id="7" ...> ... </Lead>
Blockname	Specifies the name of the NLB block. This is an optional field	<Blockname> Block1 </Blockname>
Type	Specifies the type of NLB data Example: "I-V" for current-voltage based measurements. This is a required field	<Lead Id="1" Type="I-V"> ... </Lead>
Param_order	Specifies the order in which the NLB data elements are defined. The following strings are dedicated for specifying the parameter order: "Volt" or "Voltage" for voltage terms "Curr" and "Current" for current terms This is an optional field. Defaults to "Voltage, Current" if undefined.	<Lead Id="1" Type="I-V"> <Param_order> Voltage,Current </Param_order> ... </Lead>

Keyword	Description	Example
Format	Specifies the data format. Value shall be one of the following strings: "DBMAG": magnitude in decibel scale without phase data "MAG": Magnitude data in linear scale without phase data This is an optional field. Defaults to "MAG" if undefined.	<Lead Id="1" Type="I-V"> <Format> DBMAG </Format> ... </Lead>
Unit_voltage	Specifies the units of the voltage quantity contained in the NLB data. The value shall conform to B.2.5.5. This is an optional field. If omitted, the units are assumed to be "V".	<Lead Id="1" Type="I-V"> <Unit_voltage> V </Unit_voltage> ... </Lead>
Unit_current	Specifies the units of the current quantity contained in the NLB data. The value shall conform to B.2.5.5. This is an optional field. If omitted, the units are assumed to be "A".	<Lead Id="1" Type="I-V"> <Unit_current> V </Unit_current> ... </Lead>
List	Specifies the NLB data as a list of data values. This is a required field if not <i>Data_files</i>	<Lead Id="1" Type="I-V"> <List> ... </List> ... </Lead>
Data_files	Specifies the NLB data as an external file. The file path and name shall conform to B.2.4.2 and B.2.4.3. This is a required field if not <i>List</i>	<Lead Id="1" Type="I-V"> <Data_files> ... </Data_files> ... </Lead>

C.15 Fb section keywords

C.15.1 Lead element keywords

The FB data is defined within the *Lead* tag. The *Lead* keyword in the *Fb* section has the following valid attributes (see Table C.27).

Table C.27 – Lead element keywords in the Fb section

Keyword	Description	Example
Id	Specifies the identity or number of the <i>Lead</i> element. One unique Id is allowed This is a required field.	<Lead Id="1" ...> ... </Lead>
Ground_id	Specifies the identity or number of the return signal lead. Only one id is allowed This is a required field.	<Lead Id="1" Ground_id="7" ...> ... </Lead>
Blockname	Specifies the name of the FB block. This is an optional field	<Blockname> Block1 </Blockname>
Type	Specifies the type of FB data: "TLP" for TLP based measurements. This is a required field.	<Lead Id="1" Type="TLP"> ... </Lead>
Table	Specifies the FB data as a table structure This is a required field	<Lead Id="1" Type="TLP" > <Table...> ... </Table> ... </Lead>

C.15.2 Table element keywords

The valid attributes of the *Table* element are shown in Table C.28.

Table C.28 – Table element keywords in the *Fb* section

Keyword	Description	Example
Test_characteristics	Specifies the characteristics of the test pulse for obtaining the FB data. See C.15.3 This is a required field.	<pre> <Lead Id="1"...> <Table> <Test_characteristics> ... </Test_characteristics> </Table> </Lead> </pre>
Test_criteria	Specifies the test conditions for obtaining the FB data. See C.13.6 This is a required field	<pre> <Lead Id="1"...> <Table> <Test_criteria> ... </Test_criteria> </Table> </Lead> </pre>
Param_order	Specifies the order in which the FB parameters are defined. Value can be strings separated by a comma (",") character. This is an optional field. It defaults to "PW,Vmax,VQS,IQS" if absent. Refer to the other parts of IEC 62433 series for detailed definitions	<pre> <Lead Id="1"...> <Table> <Param_order> PW,Vmax,VQS,IQS </Param_order> </Table> </Lead> </pre>
Unit_voltage	Specifies the unit of the voltage quantity contained in the FB data. The value shall conform to B.2.5.5. This is an optional field. If omitted, the units are assumed to be "V".	<pre> <Lead Id="1"...> <Table> <Unit_voltage> ... </Unit_voltage> </Table> </Lead> </pre>
Unit_current	Specifies the unit of the current quantity contained in the FB data. The value shall conform to B.2.5.5. This is an optional field. If omitted, the units are assumed to be "A".	<pre> <Lead Id="1"...> <Table> <Unit_current> ... </Unit_current> </Table> </Lead> </pre>
Unit_time	Specifies the unit of the time quantity contained in the FB data. The value shall conform to B.2.5.5. This is an optional field. If omitted, the units are assumed to be "s".	<pre> <Lead Id="1"...> <Table> <Unit_time> ... </Unit_time> </Table> </Lead> </pre>
List	Specifies a list of FB data entries in the model This is a required field if not <i>Data_files</i>	<pre> <Lead Id="1"...> <Table> <List> ... </List> </Table> </Lead> </pre>
Data_files	Specifies the path to the file containing FB data entries in the model. The file path and name shall conform to B.2.4.2 and B.2.4.3 This is a required field if not <i>List</i>	<pre> <Lead Id="1"...> <Table> <Data_files> ... </Data_files> </Table> </Lead> </pre>

C.15.3 *Test_characteristics* element attributes

The valid attributes of the *Test_characteristics* element are shown in Table C.29.

Table C.29 – *Test_characteristics* element keywords in the *Fb* section

Keyword	Description	Example
Max_value	Specifies the maximum magnitude of the injected disturbance (voltage or current). The value shall conform to B.2.5.3 and should carry both the value and units together. This is a required field. If no units are found, SI units are assumed	<pre><Lead Id="1"...> <Table> <Test_characteristics> <Max_value="1kV" /> </Test_characteristics> </Table> </Lead></pre>
Pulse_width	Specifies the width of the injected disturbance (voltage or current). The value shall conform to B.2.5.3 and should carry both the value and units together. This is a required field. If no units are found, SI units are assumed	<pre><Lead Id="1"...> <Table> <Test_characteristics> <Pulse_width="100ns" /> </Test_characteristics> </Table> </Lead></pre>
Rise_time	Specifies the rise-time of the injected disturbance (voltage or current). The value shall conform to B.2.5.3 and should carry both the value and units together. This is a required field. If no units are found, SI units are assumed	<pre><Lead Id="1"...> <Table> <Test_characteristics> <Rise_time="1ns" /> </Test_characteristics> </Table> </Lead></pre>
Fall_time	Specifies the fall-time of the injected disturbance (voltage or current). The value shall conform to B.2.5.3 and should carry both the value and units together. This is an optional field. If no units are found, SI units are assumed. If the attribute is undefined, it defaults to the value of the <i>Rise_time</i> attribute	<pre><Lead Id="1"...> <Table> <Test_characteristics> <Fall_time="1ns" /> </Test_characteristics> </Table> </Lead></pre>

Bibliography

CISPR 17

- [1] Paoli, J, Maler, E, Yergeau, F, Sperberg- McQueen, C, and T. Bray, *Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fourth Edition)*, World Wide Web Consortium Recommendation REC-xml- 20060816, August 2006
- [2] T. Quarles, A.R.Newton, D.O.Pederson, A.Sangiovanni-Vincentelli, *SPICE3 Version 3f3 User's Manual*, Departement Electrical Engineering Computer Sciences University of California, 1994

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62433-1:2019

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	63
1 Domaine d'application	65
2 Références normatives	65
3 Termes, définitions, termes abrégés et conventions	65
3.1 Termes et définitions	65
3.2 Termes abrégés	69
3.3 Conventions	69
4 Définition des modèles	69
4.1 Généralités	69
4.2 Modèle d'émissions conduites	69
4.3 Modèle d'émissions rayonnées	70
4.4 Modèle d'immunité conduite	70
4.5 Modèle d'immunité rayonnée	70
4.6 Modèle d'immunité d'impulsion conduite	71
5 Approches pour la modélisation	71
5.1 Généralités	71
5.2 Approche par le modèle de la boîte noire	72
5.3 Approche par le modèle du circuit équivalent	72
5.4 Autres approches pour la modélisation	73
5.4.1 Généralités	73
5.4.2 Approche par le modèle électromagnétique	73
5.4.3 Approche par le modèle statistique	73
6 Exigences relatives à la description des modèles	73
7 Format d'échange des données du modèle	73
7.1 Généralités	73
7.2 Structure du langage IC EMCML	74
7.3 Composants IC EMCML	75
7.3.1 Élément Root (racine)	75
7.3.2 Élément global	75
7.3.3 Section Header (en-tête)	75
7.3.4 Élément Lead (connexion)	76
7.3.5 Section Lead_definitions	76
7.3.6 Section Macromodels (Macromodèles)	76
7.3.7 Section Frequency (fréquence)	78
7.3.8 Section Validity (validité)	78
7.3.9 Section Pdn	79
7.3.10 Section Nlb	80
7.3.11 Section lbc	80
7.3.12 Section Ia	81
7.3.13 Section Ib	81
7.3.14 Section Fb	82
7.3.15 Sections Voltage, Current et Power (tension, courant et puissance)	82
7.3.16 Section Table	83
7.3.17 Section Coordinate_system	83
7.3.18 Section Reference	84
Annexe A (normative) Exigences relatives aux modèles de circuits intégrés pour la CEM	85

Annexe B (normative) Définitions préliminaires pour la représentation XML	87
B.1 Éléments de base XML	87
B.1.1 Déclaration XML	87
B.1.2 Éléments de base	87
B.1.3 Élément Root (racine)	87
B.1.4 Commentaires	88
B.1.5 Terminaisons de ligne	88
B.1.6 Hiérarchie des éléments	88
B.1.7 Attributs d'élément	88
B.2 Exigences relatives aux mots clés	88
B.2.1 Généralités	88
B.2.2 Caractères de mots clés	89
B.2.3 Syntaxe de mots clés	89
B.2.4 Structure de fichier	89
B.2.5 Valeurs	92
Annexe C (normative) Mots clés IC EMCML valides et utilisation	94
C.1 Mots clés de l'élément <i>Root</i>	94
C.2 Mots clés globaux	95
C.3 Mots clés de fichier <i>header</i>	95
C.4 Attributs du mot clé <i>Lead</i>	97
C.5 Attributs de l'élément <i>Submodel</i>	98
C.6 Mots clés de l'élément <i>Vector</i>	99
C.7 Attributs de la section <i>Lead_definitions</i>	100
C.7.1 Généralités	100
C.7.2 Attributs de l'élément <i>Lead</i>	100
C.8 Mots clés de la section <i>Validity</i>	101
C.9 Attributs de la section <i>Subckt</i>	101
C.10 Mots clés de la section <i>Netlist</i>	102
C.11 Mots clés des sections <i>Pdn</i> et <i>Ibc</i>	102
C.11.1 Généralités	102
C.11.2 Attributs de l'élément <i>Lead</i> dans la section <i>Pdn</i>	103
C.11.3 Attributs de l'élément <i>Lead</i> dans la section <i>Ibc</i>	105
C.12 Mots clés de la section <i>Ia</i>	106
C.12.1 Généralités	106
C.12.2 Attributs de l'élément <i>Lead</i>	107
C.12.3 Mots clés de la section <i>Voltage</i>	107
C.12.4 Mots clés de la section <i>Current</i>	109
C.12.5 Mots clés de l'élément <i>Pulse</i>	111
C.13 Mots clés de la section <i>Ib</i>	113
C.13.1 Mots clés de l'élément <i>Lead</i>	113
C.13.2 Mots clés de la section <i>Max_power_level</i>	113
C.13.3 Mots clés de la section <i>Voltage</i>	114
C.13.4 Mots clés de la section <i>Current</i>	115
C.13.5 Mots clés de la section <i>Power</i>	116
C.13.6 Mots clés de la section <i>Test_criteria</i>	117
C.14 Mots clés de la section <i>Nlb</i>	117
C.15 Mots clés de la section <i>Fb</i>	118
C.15.1 Mots clés de l'élément <i>Lead</i>	118
C.15.2 Mots clés de l'élément <i>Table</i>	119

C.15.3 Attributs de l'élément <i>Test_characteristics</i>	120
Bibliographie.....	122
Figure B.1 – Fichiers XML multiples.....	90
Figure B.2 – Fichiers XML avec fichiers de données (*.dat)	91
Figure B.3 – Fichiers XML avec fichiers supplémentaires.....	91
Figure C.1 – Signal d'impulsion tel que défini au moyen de l'élément <i>Pulse</i>	112
Tableau 1 – Attributs du mot clé <i>Lead</i> dans la section <i>Lead_definitions</i>	76
Tableau 2 – Définition générale des attributs <i>Subckt</i>	77
Tableau 3 – Définition de la section <i>Validity</i>	79
Tableau A.1– Exigences relatives à la description des modèles	85
Tableau B.1 – Unités logarithmiques valides.....	93
Tableau C.1 – Mots clés d'élément <i>Root</i>	94
Tableau C.2 – Mots clés globaux	95
Tableau C.3 – Mots clés d'élément <i>Header</i>	96
Tableau C.4 – Mots clés d'élément <i>Lead</i>	97
Tableau C.5 – Mots clés d'élément <i>Submodel</i>	98
Tableau C.6 – Mots clés de l'élément <i>Vector</i>	99
Tableau C.7 – Éléments valides dans la section <i>Lead_definitions</i>	100
Tableau C.8 – Attributs de l'élément <i>Lead</i> dans la section <i>Lead_definitions</i>	100
Tableau C.9 – Mots clés de l'élément <i>Validity</i>	101
Tableau C.10 – Mots clés de l'élément <i>Subckt</i>	102
Tableau C.11 – Mots clés de l'élément <i>Netlist</i>	102
Tableau C.12 – Mots clés de l'élément <i>Pdn</i>	103
Tableau C.13 – Attributs de l'élément <i>Lead</i> dans la section <i>Pdn</i>	103
Tableau C.14 – Attributs de l'élément <i>Lead</i> dans la section <i>lbc</i>	105
Tableau C.15 – Mots clés valides dans la section <i>la</i>	107
Tableau C.16 – Attributs de l'élément <i>Lead</i> dans la section <i>la</i>	107
Tableau C.17 – Mots clés de l'élément <i>Voltage</i>	108
Tableau C.18 – Mots clés de l'élément <i>Current</i>	109
Tableau C.19 – Attributs de l'élément <i>Pulse</i>	111
Tableau C.20 – Mots clés de l'élément <i>Lead</i> de la section <i>lb</i>	113
Tableau C.21 – Mots clés de la section <i>Max_power_level</i>	114
Tableau C.22 – Mots clés de la section <i>Voltage</i>	114
Tableau C.23 – Mots clés de la section <i>Current</i>	115
Tableau C.24 – Mots clés de la section <i>Power</i>	116
Tableau C.25 – Mots clés de la section <i>Test_criteria</i>	117
Tableau C.26 – Mots clés de l'élément <i>Lead</i> de la section <i>Nlb</i>	117
Tableau C.27 – Mots clés de l'élément <i>Lead</i> de la section <i>Fb</i>	119
Tableau C.28 – Mots clés de l'élément <i>Table</i> de la section <i>Fb</i>	119
Tableau C.29 – Mots clés de l'élément <i>Test_characteristics</i> de la section <i>Fb</i>	120

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MODÈLES DE CIRCUITS INTÉGRÉS POUR LA CEM –

Partie 1: Cadre de modèle général

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

La Norme internationale IEC 62433-1 a été établie par le sous-comité 47A: Circuits intégrés, du comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs.

La présente version bilingue (2020-07) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2019-03.

L'IEC 62433-1 annule et remplace l'IEC TS 62433-1 parue en 2011. Cette édition constitue une révision technique.

L'IEC 62433-1 inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'IEC TS 62433-1:2011:

- Introduction d'un format d'échange de données pour la représentation d'un modèle de circuit intégré.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 47A/1042/CDV et 47A/1055/RVC.

Le rapport de vote 47A/1055/RVC donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62433, sous le titre général *Modèles de circuits intégrés pour la CEM*, peut être consultée 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. À 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.

MODÈLES DE CIRCUITS INTÉGRÉS POUR LA CEM –

Partie 1: Cadre de modèle général

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62433 spécifie le cadre et la méthodologie pour des macromodèles de circuits intégrés pour la CEM (EMC IC). Les termes couramment utilisés dans l'IEC 62433 (toutes les parties), différentes approches pour la modélisation, des exigences et un format d'échange de données pour chaque catégorie de modèle normalisée dans cette série sont définis dans le présent document.

2 Références normatives

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

IEC 62433 (toutes les parties), *Modèles de circuits intégrés pour la CEM*

ISO 8879, *Traitement de l'information – Systèmes bureautiques – Langage normalisé de balisage généralisé (SGML)*

ANSI INCITS 4:1986, *Information Systems – Coded Character Sets – 7-Bit American National Standard Code for Information Interchange (7-Bit ASCII)* (disponible en anglais seulement)

3 Termes, définitions, termes abrégés et conventions

3.1 Termes et définitions

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>

3.1.1

ICEM-CE

Integrated Circuit Emission Model – Conducted Emissions (modèle d'émissions de circuit intégré – émissions conduites)

macromodèle d'un circuit intégré (IC – *integrated circuit*) destiné à simuler les émissions électromagnétiques conduites

Note 1 à l'article: Un macromodèle ICEM-CE peut être utilisé pour modéliser une puce IC, un bloc fonctionnel et un bloc de propriété intellectuelle (PI).

3.1.2

ICEM-RE

Integrated Circuit Emission Model – Radiated Emissions (modèle d'émissions de circuit intégré – émissions rayonnées)

macromodèle d'un circuit intégré (IC) destiné à simuler les émissions électromagnétiques rayonnées

3.1.3

ICIM-CI

Integrated Circuit Immunity Model – Conducted Immunity (modèle d'immunité de circuit intégré – immunité conduite)

macromodèle d'un circuit intégré (IC) destiné à simuler les niveaux de susceptibilité de l'IC aux perturbations conduites appliquées sur les broches IC

3.1.4

ICIM-RI

Integrated Circuit Immunity Model – Radiated Immunity (modèle d'immunité de circuit intégré – immunité rayonnée)

macromodèle d'un circuit intégré (IC) destiné à simuler les niveaux de susceptibilité de l'IC aux perturbations rayonnées externes

3.1.5

ICIM-CPI

Integrated Circuit Immunity Model – Conducted Pulse Immunity (modèle d'immunité de circuit intégré – immunité d'impulsion conduite)

macromodèle d'un circuit intégré (IC) destiné à simuler les niveaux de susceptibilité de l'IC aux perturbations d'impulsions conduites appliquées sur les broches IC

3.1.6

IA

Internal Activity (activité interne)

composant d'un modèle de circuit intégré représenté par une source de courant ou de tension, provenant de l'activité des dispositifs actifs dans un circuit intégré ou dans une partie du circuit intégré

Note 1 à l'article: Le composant est applicable à la fois aux circuits analogiques et numériques.

3.1.7

IB

Immunity Behaviour (comportement d'immunité)

bloc qui décrit le comportement d'immunité interne du circuit intégré

3.1.8

FB

Failure Behaviour (comportement de défaillance)

bloc qui décrit le comportement de défaillance interne du circuit intégré

3.1.9

PDN

Passive Distribution Network (réseau de distribution passif)

composant d'un modèle de circuit intégré représentant les caractéristiques du trajet de propagation des bruits électromagnétiques, par exemple un réseau de distribution de puissance

Note 1 à l'article: Le trajet de propagation peut être représenté soit comme un réseau électrique, soit comme un réseau équivalent de sources électromagnétiques telles que des dipôles électriques et magnétiques.

3.1.10**NLB**

Non-Linear Block (bloc non linéaire)

composant du modèle de circuit intégré représentant les caractéristiques non linéaires du trajet de propagation des bruits électromagnétiques, par exemple un réseau de distribution de puissance

EXEMPLE Diodes DES, diodes de niveau, diodes dos à dos.

3.1.11**IBC**

Inter Block Coupling (couplage interblochs)

réseau d'éléments passifs qui présente un effet de couplage entre les blocs de circuits dans un circuit intégré

3.1.12**DI**

Disturbance Input (entrée de perturbation)

borne d'entrée pour l'injection de perturbations radioélectriques et transitoires

Note 1 à l'article: Il peut s'agir d'une broche de circuit intégré, d'une entrée, d'une alimentation ou d'une sortie.

3.1.13**DO**

Disturbance Output (sortie de perturbation)

borne dont la charge influence l'impédance de la borne DI et/ou les caractéristiques de transfert de PDN et qui génère une partie des perturbations reçues sur les bornes DI

3.1.14**OO**

Observable Output (sortie observable)

borne de sortie dans laquelle les critères d'immunité sont surveillés pendant l'essai

3.1.15**section**

élément XML situé un niveau en dessous de l'élément racine ou à l'intérieur d'une autre section, et qui contient un ou plusieurs éléments XML, mais aucune valeur

3.1.16**parent**

mot clé situé un niveau au-dessus d'un autre mot clé

3.1.17**enfant**

mot clé situé un niveau en dessous d'un autre mot clé

3.1.18**analyseur syntaxique**

outil d'analyse syntaxique des données codées dans un format spécifique

3.1.19**paramètre S**

paramètre de diffusion

S_{ij}

élément de la matrice S qui exprime les coefficients de transmission et de réflexion d'un dispositif

Note 1 à l'article: Chaque paramètre S qui est le plus couramment utilisé associe le champ électrique complexe d'une onde réfléchie ou transmise à celui d'une onde incidente; les indices d'un paramètre S typique S_{ij} se rapportent aux ports de sortie et d'entrée liés par le paramètre S qui peut varier avec la fréquence.

[SOURCE: CISPR 17:2011, 3.1.13, modifiée – L'exemple a été enlevé.]

3.1.20

IC EMCML

Integrated Circuit ElectroMagnetic Compatibility Markup Language (langage de balisage de compatibilité électromagnétique des circuits intégrés)

format d'échange de données pour la description du modèle de circuit intégré pour la CEM

3.1.21

CEML

Conducted Emissions Markup Language (langage de balisage des émissions conduites)

format d'échange de données pour le macromodèle des émissions conduites

3.1.22

REML

Radiated Emissions Markup Language (langage de balisage des émissions rayonnées)

format d'échange de données pour le macromodèle des émissions rayonnées

3.1.23

CIML

Conducted Immunity Markup Language (langage de balisage de l'immunité conduite)

format d'échange de données pour le macromodèle de l'immunité conduite

3.1.24

RIML

Radiated Immunity Markup Language (langage de balisage de l'immunité rayonnée)

format d'échange de données pour le macromodèle des émissions d'immunité rayonnée

3.1.25

CPIML

Conducted Immunity Markup Language (langage de balisage de l'immunité d'impulsion conduite)

format d'échange de données pour le macromodèle de l'immunité d'impulsion conduite

3.1.26

CEMLBase

Conducted Emissions Markup Language Base (base du langage de balisage des émissions conduites)

type abstrait à partir duquel tous les composants du modèle CEML sont directement ou indirectement déduits dans la définition du macromodèle des émissions conduites

3.1.27

REMLBase

Radiated Emissions Markup Language Base (base du langage de balisage des émissions rayonnées)

type abstrait à partir duquel tous les composants du modèle REML sont directement ou indirectement déduits dans la définition du macromodèle des émissions rayonnées

3.1.28

CIMLBase

Conducted Immunity Markup Language Base (base du langage de balisage de l'immunité conduite)

type abstrait à partir duquel tous les composants du modèle CIML sont directement ou indirectement déduits dans la définition du macromodèle de l'immunité conduite

3.1.29**RIMLBase**

Radiated Immunity Markup Language Base (base du langage de balisage de l'immunité rayonnée)

type abstrait à partir duquel tous les composants du modèle RIML sont directement ou indirectement déduits dans la définition du macromodèle de l'immunité rayonnée

3.1.30**CPIMLBase**

Conducted Pulse Immunity Markup Language Base (base du langage de balisage de l'immunité d'impulsion conduite)

type abstrait à partir duquel tous les composants du modèle CPIML sont directement ou indirectement déduits dans la définition du macromodèle de l'immunité d'impulsion conduite

3.2 Termes abrégés**3.2.1****XML**

eXtensible Markup Language (langage de balisage extensible)

langage de marquage qui définit un ensemble de règles pour le codage des données ou des fichiers dans un format lisible à la fois par l'homme et la machine

3.2.2**SPICE**

Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis (programme de simulation orienté circuits intégrés)

simulateur de circuits de signaux analogiques et mixtes d'usage général

3.3 Conventions

Par souci de clarté, mais avec certaines exceptions, les conventions d'écriture XML ont été utilisées dans le texte et les tableaux. La présente norme utilise les caractères d'imprimerie suivants:

- les mots clés XML sont définis en *italique*
- Le symbole "μ" est utilisé dans la partie texte pour définir micro = 1e-6. Le symbole "u" est utilisé dans les parties XML pour définir micro = 1e-6.

4 Définition des modèles**4.1 Généralités**

Différentes catégories de modèles de circuits intégrés pour la CEM sont définies dans l'IEC 62433 (toutes les parties). Les modèles de circuits intégrés qui sont construits conformément à ces lignes directrices peuvent être appliqués aux simulations de CEM. Les modèles peuvent être utilisés pour l'évaluation des brouillages électromagnétiques (EMI – *Electromagnetic Interference*) et/ou de la susceptibilité électromagnétique (EMS – *Electromagnetic Susceptibility*) des systèmes électroniques.

Chaque modèle est présenté dans une partie distincte de la série IEC 62433 et classé dans l'une des catégories suivantes (voir 4.2 à 4.6 inclus).

4.2 Modèle d'émissions conduites

Un modèle d'émissions conduites (CE – *onducted emission*) est un macromodèle qui décrit un circuit intégré (IC – *Integrated Circuit*) ou des puces multiples dans un boîtier ou un module (système dans un boîtier, SiP – (*System in Package*)) comme une source de perturbations radioélectriques conduites.

Un modèle CE doit être décrit comme un circuit à plusieurs bornes ou à plusieurs ports qui peut être linéaire ou non linéaire. Chaque modèle CE se compose d'activités internes (IA) comme des sources de bruit, et de réseaux de distribution passifs (PDN), qui expriment les caractéristiques des circuits internes sous la forme d'une boîte noire et/ou d'un circuit équivalent. Le modèle peut comprendre également des sous-modèles de couplage inter-blocs (IBC – *inter-block coupling*).

Le modèle décrit les perturbations radioélectriques au niveau des bornes externes d'un circuit intégré comme la tension et/ou le courant qui sont générés par son fonctionnement interne.

Le modèle est décrit au format CEML.

4.3 Modèle d'émissions rayonnées

Un modèle d'émissions rayonnées (RE – *radiated emission*) est un macromodèle qui décrit les perturbations radioélectriques rayonnées générées par un circuit intégré (IC) ou par des puces multiples dans un boîtier ou un module (système dans un boîtier, SiP).

Un modèle RE doit être décrit comme des sources équivalentes de champs électriques ou magnétiques, qui provoquent un couplage en champ proche ou un rayonnement en champ lointain, voire un circuit équivalent qui exprime un couplage électrique ou magnétique entre le circuit intégré ou les puces et les circuits ou enveloppes externes. Chaque modèle RE se compose d'activités internes (IA) comme des sources de bruit, et de réseaux de distribution passifs (PDN), qui définissent les éléments radiants (comme antennes équivalentes) des circuits internes sous la forme d'une boîte noire.

Le modèle est décrit au format REML.

4.4 Modèle d'immunité conduite

Un modèle d'immunité conduite (CI – *conducted immunity*) est un macromodèle qui décrit un circuit intégré (IC) ou des puces multiples dans un boîtier ou un module (système dans un boîtier, SiP) comme une victime des perturbations radioélectriques conduites appliquées depuis l'extérieur.

Un modèle CI doit être décrit comme un circuit à plusieurs bornes ou à plusieurs ports sous la forme d'une boîte noire et/ou d'un circuit équivalent, qui peut être linéaire ou non linéaire. Chaque modèle CI se compose de blocs de comportement d'immunité (IB – *immunity behavior*) qui définissent la susceptibilité du circuit intégré et des réseaux de distribution passifs (PDN) qui définissent les caractéristiques du trajet de propagation du bruit. Le modèle peut comprendre également des sous-modèles de couplage inter-blocs (IBC).

Un modèle CI fournit des mesures ou des critères de dysfonctionnements provoqués par les perturbations radioélectriques injectées au niveau des bornes externes, comme la tension, le courant ou la puissance radioélectrique.

Le modèle est décrit au format CIML.

4.5 Modèle d'immunité rayonnée

Un modèle d'immunité rayonnée (RI – *radiated immunity*) est un macromodèle qui décrit un circuit intégré (IC) ou des puces multiples dans un boîtier ou un module (système dans un boîtier, SiP) comme une victime des perturbations radioélectriques rayonnées appliquées depuis l'extérieur.

Un modèle RI fournit des mesures ou des critères de dysfonctionnements provoqués par les perturbations radioélectriques appliquées comme des champs électriques ou magnétiques dans un champ proche ou un champ électromagnétique.

Un modèle RI est décrit comme des circuits équivalents qui peuvent exprimer un couplage électrique ou magnétique entre le circuit intégré ou les puces et les circuits ou enveloppes externes, dont l'origine est un couplage de champs externes. Les différents composants du modèle feront l'objet d'une description ultérieurement.

Le modèle est décrit au format RIML.

4.6 Modèle d'immunité d'impulsion conduite

Un modèle d'immunité d'impulsion conduite (CPI) est un macromodèle qui décrit un circuit intégré (IC) ou des puces multiples dans un boîtier ou un module (système dans un boîtier, SiP) comme une victime des perturbations d'impulsions ou transitoires conduites appliquées depuis l'extérieur.

Un modèle CPI fournit des mesures ou des critères de dysfonctionnements provoqués par les perturbations d'impulsions ou transitoires appliquées sur les broches IC. Chaque modèle CPI se compose de blocs de comportement de défaillance (FB – *failure behavior*) qui définissent la susceptibilité du circuit intégré et des réseaux de propagation d'impulsions (PPN – *pulse propagation networks*) qui définissent les caractéristiques du trajet de propagation du bruit. Les réseaux PPN se composent des réseaux de distribution passifs linéaires et des blocs non linéaires (NLB). Le modèle peut comprendre également des sous-modèles de couplage inter-blocs (IBC).

Le modèle est décrit au format CPIML.

5 Approches pour la modélisation

5.1 Généralités

La description d'un modèle de circuit intégré pour la CEM, par exemple des paramètres de circuit équivalent, peut être déduite à partir des données de conception du dispositif, ou extraite des données obtenues par mesurage. Chacun des modèles doit contenir des informations sur un circuit intégré (IC) interne ou des puces multiples, ainsi que sur un boîtier.

Un modèle d'émissions conduites (CE), d'immunité conduite (CI) ou d'immunité d'impulsion conduite (CPI) peut être exprimé soit sous la forme d'un modèle de boîte noire, soit sous la forme d'un modèle de circuit équivalent. Un modèle doit être exprimé par un concept de circuit comprenant des bornes et/ou des nœuds.

Un modèle d'émissions rayonnées (RE) ou d'immunité rayonnée (RI) peut être exprimé soit par un modèle électromagnétique, soit par un modèle de circuit équivalent. Un modèle électromagnétique RE exprime un champ proche ou un champ lointain qui provoque des brouillages électromagnétiques (EMI). Un modèle électromagnétique RI exprime un couplage électromagnétique induit dans le dispositif. Un modèle de circuit équivalent pour les émissions rayonnées / l'immunité rayonnée décrit un couplage électrique ou magnétique avec des éléments de circuit capacitif ou inductif. Le modèle de circuit équivalent pour les émissions rayonnées / l'immunité rayonnée peut inclure un modèle de boîte noire comme sous-modèle.

Les descriptions de 5.2 à 5.4 concernent une approche pour la modélisation pour chaque expression possible d'un modèle. Certaines des expressions peuvent être combinées et utilisées dans un seul modèle.

5.2 Approche par le modèle de la boîte noire

L'expression d'un modèle de boîte noire est essentiellement un circuit à N ports, dont les caractéristiques sont exprimées sous forme de matrice ou avec certaines équations de circuit. Lorsqu'un modèle de boîte noire est utilisé pour exprimer un modèle d'émissions conduites (CE) ou d'émissions rayonnées (RE), certaines sources de tension et/ou de courant sont reliées à la boîte noire comme des sources de bruit, afin d'exprimer l'activité interne (IA). Les expressions suivantes sont possibles pour les modèles de boîtes noires.

Pour un circuit linéaire, ou un circuit qui peut être approché comme linéaire, les paramètres suivants peuvent être utilisés. Ces paramètres sont exprimés en fonction de la fréquence, sans tenir compte des éléments variables en fonction du temps ou des éléments non linéaires.

- paramètre d'impédance (Z)
- paramètre d'admittance (Y)
- paramètre fondamental (F)
- paramètre de diffusion (S)

Les éléments d'une matrice peuvent être exprimés par des formules avec certains paramètres, ou des tableaux qui expriment les caractéristiques de fréquence du circuit.

Dans la définition d'un modèle, les bornes/ports internes et les bornes/ports externes doivent être différenciés et clairement définis dans l'expression de la matrice.

Les caractéristiques d'un circuit à constantes distribuées, par exemple les lignes de transmission, peuvent être exprimées par une matrice de paramètres de diffusion (S) comme un circuit à plusieurs ports. Pour ces circuits, la définition de chaque port et de son emplacement doit être décrite en intégrant l'impédance. En particulier lorsqu'un port différentiel est utilisé, il est souhaitable de définir un port de mode commun comme équivalent d'un port différentiel pour le signal.

5.3 Approche par le modèle du circuit équivalent

Les modèles de circuits équivalents, à la fois les circuits à constantes localisées et les circuits à constantes distribuées, peuvent être utilisés pour exprimer les caractéristiques électriques des modèles d'émissions conduites/d'immunité conduite et d'émissions rayonnées / d'immunité rayonnée. Dans l'expression du circuit, les circuits non linéaires peuvent être inclus, ainsi que les circuits linéaires.

Un circuit linéaire qui est décrit avec un modèle de boîte noire, ou un modèle de matrice, peut être converti en un modèle de circuit équivalent. En particulier lorsqu'un modèle est construit par mesurage, les caractéristiques du circuit sont d'abord exprimées sous forme de matrice, puis converties en un circuit équivalent.

Certaines des caractéristiques non linéaires d'un dispositif peuvent être obtenues par mesurage, et peuvent être incluses dans un modèle de circuit équivalent. De plus, une simplification du modèle est possible en utilisant un modèle de circuit complexe et en générant les informations du circuit par simulation.

Lors de la description d'un modèle qui peut être déterminé par mesurage ou par simulation, la méthode d'extraction des paramètres du modèle doit être décrite dans chaque partie de l'IEC 62433 (toutes les parties). Un modèle de circuit équivalent d'un dispositif particulier doit contenir toutes les informations sur la structure du circuit, les valeurs des paramètres du circuit, et ses conditions applicables.

5.4 Autres approches pour la modélisation

5.4.1 Généralités

D'autres approches pour la modélisation sont possibles pour obtenir un macromodèle de circuit intégré pour la CEM. Les approches possibles sont décrites en 5.4.2 et 5.4.3.

5.4.2 Approche par le modèle électromagnétique

La distribution des sources de champs électromagnétiques peut être utilisée comme un modèle d'émissions rayonnées (RE). Les sources possibles incluent, entre autres:

- distribution de courant électrique;
- distribution de courant magnétique (virtuel);
- distribution de charges électriques;
- potentiels électriques et/ou potentiels magnétiques scalaires et/ou potentiels vecteurs.

5.4.3 Approche par le modèle statistique

Certains brouillages électromagnétiques dans les systèmes numériques sont évalués statistiquement. En particulier, la dégradation des performances des systèmes de communication numériques sans fil a une forte corrélation avec les caractéristiques statistiques des émissions rayonnées. Un modèle statistique tel que celui présenté ci-dessous est un modèle possible.

- distribution de probabilité d'amplitude (APD – *amplitude probability distribution*).

6 Exigences relatives à la description des modèles

Il est nécessaire de fournir les informations suivantes avec le modèle de circuit intégré (voir Annexe A):

- informations relatives au circuit intégré pour la modélisation du nom du circuit intégré, du boîtier, de la disposition des broches, etc.;
- spécification du modèle;
- condition de modélisation;
- gamme applicable et mode de fonctionnement applicable.

Il est recommandé de représenter le modèle de circuit intégré sous un format d'échange tel que décrit à l'Article 7.

7 Format d'échange des données du modèle

7.1 Généralités

Les données du modèle de circuit intégré sont présentées sous un format d'échange appelé langage de balisage de compatibilité électromagnétique des circuits intégrés (IC EMCML). Le format IC EMCML utilise le langage de balisage extensible (XML) 1.0 (quatrième édition) pour structurer les informations [1]¹. XML est dérivé du langage normalisé de balisage généralisé (SGML – *Standard Generalized Markup Language*) (ISO 8879:1986). Les règles de codage XML présentées à l'Annexe B assurent que le fichier XML peut être correctement analysé par un analyseur syntaxique de modèle IC EMCML. Les différents mots clés IC EMCML valides, leur description ainsi que des exemples d'utilisation sont fournis à l'Annexe C.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

Le modèle IC est représenté au moyen de plusieurs sections; chaque section permet de décrire les différents composants (et/ou sous-composants) du modèle de circuit intégré. Le niveau supérieur d'une définition de modèle de circuit intégré est constitué (entre autres) de ces composants IC_EMCML:

```
début de la définition de modèle
  définition d'en-tête du modèle
  définitions de connexion du DUT
  conditions de validité du modèle
  modèle PDN
  modèle IBC
  modèle IA ou IB
fin de la définition de modèle
```

Cinq catégories de langage IC_EMCML sont définies pour l'échange de modèles IC EMC:

- a) langage de balisage des émissions conduites (CEML);
- b) langage de balisage des émissions rayonnées (REML);
- c) langage de balisage des immunités conduites (CIML);
- d) langage de balisage des immunités rayonnées (RIML);
- e) langage de balisage des immunités d'impulsions conduites (CPIML).

L'utilisateur doit se reporter aux autres parties de l'IEC 62433 pour des informations détaillées spécifiques relatives à la représentation IC_EMCML correspondant au modèle IC EMC spécifique, en l'absence de spécification dans le présent document.

7.2 Structure du langage IC_EMCML

Compte tenu de toutes les règles XML préliminaires définies à l'Annexe B, un modèle IC typique au format IC_EMCML est représenté ci-dessous:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<root element>
  <!-- HEADER -->
  <Header>
    ...
  </Header>
  <!-- DUT LEAD DEFINITIONS-->
  <Lead_definitions>
    ...
  </Lead_definitions>
  <!-- MODEL VALIDITY CONDITIONS -->
  <Validity>
    ...
  </Validity>
  <!-- MODEL PDN DATA -->
  <Pdn>
    ...
  </Pdn>
  <!-- MODEL IBC DATA -->
  <Ibc>
    ...
  </Ibc>
  <!-- MODEL IA DATA -->
  <Ia>
    ...
  </Ia>
  <!-- MODEL IB DATA -->
  <Ib>
    ...
  </Ib>
```

```

    <!-- MODEL Documentation -->
    <Documentation>
        ...
    </Documentation>
</root element>

```

La structure de chaque modèle IC doit suivre les exigences relatives au format définies dans les autres parties de la série IEC 62433.

7.3 Composants IC EMCML

7.3.1 Élément Root (racine)

Le fichier IC EMCML doit contenir un seul et unique élément racine. Il encadre tous les autres éléments et est donc le seul élément parent de tous les autres éléments (sections). Les éléments racines reconnus sont les suivants:

- a) <CEmodel> au format CEML (modèle d'émissions conduites);
- b) <REmodel> au format REML (modèle d'émissions rayonnées);
- c) <CImodel> au format CIML (modèle d'immunité conduite);
- d) <RImodel> au format RIML (modèle d'immunité rayonnée);
- e) <CPImodel> au format CPIML (modèle d'immunité d'impulsion conduite).

7.3.2 Élément global

Un fichier IC EMCML accepte les éléments suivants comme éléments globaux: *Documentation*, *Notes* et *Unit (unité)*. Ces éléments peuvent être placés n'importe où dans le fichier, sauf à l'intérieur d'un élément contenant une valeur. Voir l'Article C.2 pour de plus amples informations concernant leur utilisation.

7.3.3 Section Header (en-tête)

Les informations générales du modèle de circuit intégré doivent être définies dans la balise *Header*. Le numéro de version du modèle, le nom de fichier et le numéro de version du fichier constituent les informations détaillées minimales. Les autres contenus d'en-tête sont librement dimensionnés, donnant des informations telles que:

- la référence du DUT;
- le nom de l'auteur;
- la date;
- la méthode de mesure;
- les droits d'auteur;
- l'avis de non-responsabilité;
- la documentation.

Cette section est obligatoire et doit être définie sous l'élément *Root*.

Une section *Header* est représentée ci-dessous:

```

<Header>
    ...
    <Filename>Examplexml_file.xml</Filename>
    <File_ver>1.0</File_ver>
    ...
</Header>

```

Se reporter à l'Article C.2 pour des exemples d'utilisation complémentaires.

7.3.4 Élément Lead (connexion)

Les différentes broches du circuit intégré impliquées dans la définition du modèle de circuit intégré doivent être représentées au moyen d'un élément *Lead* (*Connexion*). Un élément *Lead* peut être un mot clé enfant de l'une quelconque des sections suivantes: *Lead_definitions*, *Pdn*, *Nlb*, *Ibc*, *Ia*, *Ib* et *Fb*.

La définition d'un élément *Lead* dans les sections suivantes ne doit pas être admise: *Root* (*Racine*), *Header* (*En-tête*), *Macromodels* (*Macromodèles*), *Validity* (*Validité*), *Documentation* et *Notes*.

Voir l'Article C.4 pour de plus amples informations concernant les divers attributs reconnus de l'élément *Lead* dans les différentes sections du fichier IC_EMCML.

7.3.5 Section Lead_definitions

Cette section spécifie les différentes connexions ou bornes du circuit intégré en essai. Chaque connexion dans la section *Lead_definitions* doit être créée à l'aide de la balise *Lead*. Plusieurs éléments *Lead* sont répertoriés l'un après l'autre pour former la structure *Lead_definitions* (voir Exemple).

EXEMPLE Un exemple de la section *Lead_definitions* est présenté ci-dessous.

```
<Lead_definitions>
  <Lead Id="1" Name="Vdd"/>
  <Lead Id="4" Name="Vss"/>
  ...
</Lead_definitions>
```

Cette section est obligatoire pour certains modèles de circuit intégré. Lorsqu'elle est utilisée, elle doit être définie sous l'élément *Root*.

Les attributs valides de l'élément *Lead* dans la section *Lead_definitions* sont présentés dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Attributs du mot clé *Lead* dans la section *Lead_definitions*

<i>Lead</i>
Id: identité de la broche sous forme d'une chaîne valide
Name: Nom de la broche tel que désigné dans la fiche technique sous forme d'une chaîne valide
Mode: Mode d'utilisation de la broche dans le modèle de circuit intégré
Type: Type d'utilisation de la broche dans le modèle de circuit intégré

Voir l'Article C.7 pour de plus amples informations concernant ces attributs. Se reporter aux autres parties de la série IEC 62433 pour de plus amples informations concernant les conditions d'utilisation et la spécification de chacun de ces attributs.

7.3.6 Section Macromodels (Macromodèles)

Cette section décrit les différents macromodèles SPICE (Programme de simulation orienté circuits intégrés) au format netlist (liste d'interconnexions) [2].

Cette section est facultative et doit être définie sous l'élément *Root*.

Chaque macromodèle SPICE dans la section *Macromodels* est défini à l'aide de la balise *Subckt*, dont la définition est présentée dans le Tableau 2. Cette section est facultative pour la définition du modèle de circuit intégré.

Tableau 2 – Définition générale des attributs *Subckt*

<i>Subckt</i>
Name: Nom du macro-modèle
Nodes: Nœuds externes de connexion au circuit principal
Kind: Format netlist SPICE (facultatif) par défaut: "SPICE3"
Data_files: Macromodèle défini dans un fichier externe

Voir l'Article C.9 pour de plus amples informations concernant ces attributs.

Un exemple d'élément *Subckt* est présenté dans l'Exemple 1.

EXEMPLE 1 Exemple d'élément *Subckt* de type SPICE.

```
<Subckt Name="PDN_pin1" Nodes="Node1,Node2" Kind="SPICE3">
  L1 Node1 int1 2.2e-9
  R1 int1 int2 10e-3
  C1 int2 int3 800e-12
  L1 int3 Node2 2.2e-9
</Subckt>
```

Les différents éléments de sous-circuit sont répertoriés les uns après les autres pour former la section *Macromodels* (voir Exemple 2).

EXEMPLE 2 Exemple de section *Macromodels* avec plusieurs éléments *Subckt*.

```
<Macromodels>
  </Subckt Name="PDN_example1" Nodes="Node1,Node2">
  ...
</Subckt>
  </Subckt Name="PDN_example2" Nodes="Node1,Node2,Node3">
  ...
</Subckt>
  ...
</Macromodels>
```

Si un ou plusieurs modèles de sous-circuit sont définis dans un fichier de bibliothèque externe, le ou les fichiers doivent alors être référencés à l'aide de la balise *Data_files* comme cela est présenté dans l'Exemple 3.

EXEMPLE 3 Exemple de section *Macromodels* avec plusieurs éléments *Subckt* définis dans des fichiers de données externes.

```
<Macromodels>
  <Subckt Kind="SPICE3">
    <Data_files>
      subckt_example1.lib
      subckt_example2.lib
      ...
    </Data_files>
  </Subckt>
</Macromodels>
```

NOTE Lorsqu'il utilise des fichiers de données externes contenant les bibliothèques de modèles SPICE, l'analyseur syntaxique CEM analyse, afin d'éviter toute ambiguïté, uniquement les instructions de données définies avec les mots clés SPICE suivants: ".SUBCKT" et ".ENDS". Ces mots clés ne sont pas sensibles à la casse [2]. Lorsque plusieurs sections ".SUBCKT" sont détectées, elles sont alors analysées comme des éléments de sous-circuit indépendants.

7.3.7 Section Frequency (fréquence)

Lorsque le modèle de circuit intégré est représenté dans le domaine fréquentiel, les termes et unités de fréquence impliqués dans le modèle doivent être définis dans les balises *Frequency* et *Unit* respectivement. La balise *Unit* est un mot clé enfant unique de l'élément *Frequency*.

La section *Frequency* est directement définie sous l'élément *Root*.

Une fréquence au minimum doit être saisie dans cette section. Pour les cas dans lesquels une seule valeur de fréquence doit être saisie, il est possible d'utiliser la valeur numérique associée à la chaîne unitaire comme cela est expliqué en B.2.5.3 (voir Exemple 1). Néanmoins, l'unité peut également être décrite de manière facultative dans la section *Unit* comme cela est présenté dans l'Exemple 2. La création d'une liste de définitions d'unités sous une section *Unit* n'est pas possible. Un élément *List* doit être utilisé pour définir deux valeurs de fréquence ou plus comme cela est présenté dans l'Exemple 3.

EXEMPLE 1 Exemple de la section *Frequency* dans un modèle d'émissions rayonnées avec association de la valeur numérique et de la chaîne unitaire.

```
<Remodel>
...
  <Frequency>100MHz</Frequency>
...
</Remodel>
```

EXEMPLE 2 Exemple de section *Frequency* avec une section *Unit*, dans un modèle d'émissions rayonnées.

```
<Remodel>
...
  <Frequency>
    <Unit>MHz</Unit>
    100
  </Frequency>
...
</Remodel>
```

EXEMPLE 3 Exemple de section *Frequency* avec une section *Unit* et une section *List* (liste) pour la définition de deux valeurs de fréquence ou plus dans un modèle d'immunité conduite.

```
<Cimodel>
...
  <Frequency>
    <Unit>MHz</Unit>
    <List>
      0.15  0.16  0.17  0.17  0.18  0.19  0.20  0.21  0.22  0.23
      0.24  0.26  0.27  0.28  0.30  0.31  0.33  0.34  0.36  0.38
      0.40  0.42  0.44  0.46  0.48  0.51  0.53  0.56  0.59  0.62
      0.65  0.68  0.71  0.75  0.79  0.83  0.87  0.91  0.96  1.00
    </List>
  </Frequency>
...
</Cimodel>
```

7.3.8 Section Validity (validité)

La section *Validity* doit être utilisée pour représenter les conditions dans lesquelles le macromodèle de circuit intégré est défini. Cette section est donnée à l'utilisateur à titre strictement informatif et est indépendante de toutes les autres sections du fichier IC_EMCML. Les informations contenues dans cette section sont communes au fichier IC_EMCML complet.

Cette section est obligatoire et est définie directement sous l'élément *Root*. Les attributs valides de cette section sont définis dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Définition de la section *Validity*

<i>Validity</i>
Power_supply: Plage d'alimentations électriques sous forme de chaîne
Temperature_range: Plage de température dans laquelle le modèle est extrait avec des unités
Frequency_range: Plage de fréquences sous forme de chaîne avec des unités (pour les données de modèle de domaine fréquentiel)
Phase_origin: Origine de phase pour le domaine fréquentiel IA (pour les données de modèle de domaine fréquentiel)
Time_range: Plage de temporisation sous forme de chaîne avec des unités (pour les données de modèle de domaine temporel)
Time_origin: Origine de temps pour le domaine temporel IA (pour les données de modèle de domaine temporel)

La définition de la valeur de chacun de ces attributs ne fait l'objet d'aucun format particulier. Cette valeur doit être aisément compréhensible pour la bonne utilisation du modèle. La valeur doit être une chaîne de données contenant une chaîne de texte valide et/ou des valeurs numériques avec des unités. Voir B.2.5.5 pour les unités valides.

Voir l'Article C.8 pour de plus amples informations concernant les différents attributs reconnus et les exemples d'utilisation du mot clé *Validity*. Un exemple de section *Validity* est présenté dans l'Exemple 1.

EXEMPLE 1 Exemple de section *Validity*.

```
<Validity>
  <Power_supply>5V</Power_supply>
  <Temperature_range>[20Celsius-40Celsius]</Temperature_range>
  <Frequency_range>[1MHz - 1GHz]</Frequency_range>
  <Notes>Only PLL is activated</Notes>
  <Documentation>
    test_report.pdf
    Icdatasheet.pdf
  </Documentation>
</Validity>
```

Se reporter aux autres parties de la série IEC 62433 pour de plus amples informations concernant les différents attributs définis dans cette section.

La documentation relative au circuit intégré (les fiches techniques, les rapports d'essai et le rapport d'extraction IC, par exemple) doit être spécifiée avec le mot clé global *Documentation* sous la forme d'une chaîne valide qui spécifie le chemin vers la documentation correspondante. De nombreux chemins de fichier peuvent être présentés les uns sous les autres. Voir l'Article C.2 pour de plus amples informations concernant l'utilisation du mot clé *Documentation*.

D'autres informations détaillées spécifiques relatives à la définition complète de macromodèle de circuit intégré, qui peuvent s'avérer nécessaires pour comprendre le modèle, doivent être définies avec la section *Notes* sous la forme d'une chaîne valide. Voir l'Article C.2 pour de plus amples informations concernant l'utilisation du mot clé *Notes*.

7.3.9 Section *Pdn*

La section *Pdn* du macromodèle de circuit intégré contient les données PDN qui décrivent le modèle. Les données doivent être définies dans le mot clé *Pdn* comme suit:

```
<Pdn>
  Données PDN
</Pdn>
```

Cette section est obligatoire et doit être définie sous l'élément *Root*. Voir l'Article C.11 pour de plus amples informations concernant les attributs de la section *Pdn* et leurs exemples d'utilisation. Les données PDN sont spécifiques au modèle. Se reporter aux autres parties de l'IEC 62433 pour des informations détaillées complémentaires concernant les mots clés et les attributs définis sous cette section.

La plage de fréquences ou la plage de temporisation des informations PDN doit être spécifiée dans la section *Validity* sous la balise *Frequency_range* ou la balise *Time_range* respectivement.

NOTE La plage de fréquences (ou la plage de temporisation) de validité du macromodèle de circuit intégré est la plage de fréquences (ou la plage de temporisation) commune des composants PDN (et IBC) et IA (ou IB).

D'autres informations pertinentes exigées pour la bonne compréhension (et utilisation) du PDN doivent éventuellement être définies dans les balises *Notes* et *Documentation*. Les informations détaillées (le mode de fonctionnement du circuit intégré, les condensateurs de découplage sur les lignes d'alimentation, les plages d'alimentations électriques, les fonctions activées, les conditions de charge, les détails de mise à la terre, les fiches techniques et les rapports d'essai, par exemple) peuvent être définies. Voir l'Article C.2 pour de plus amples informations concernant l'utilisation des mots clés *Documentation* et *Notes*.

7.3.10 Section *Nlb*

La section *Nlb* du macromodèle de circuit intégré contient les données qui décrivent le NLB du modèle. Les données doivent être définies dans le mot clé *Nlb* comme suit:

```
<Nlb>
    Données NLB
</Nlb>
```

Cette section est obligatoire et doit être définie sous l'élément *Root*. Les données NLB sont spécifiques au modèle. Se reporter aux autres parties de l'IEC 62433 pour des informations détaillées complémentaires concernant les mots clés et les attributs définis sous cette section.

Une donnée NLB doit être définie sous une section *Lead* au moyen d'une balise *List*. Voir l'Article C.14 pour de plus amples informations concernant les attributs de la section *Nlb* et leurs exemples d'utilisation.

D'autres informations pertinentes exigées pour la bonne compréhension (et utilisation) du PDN doivent éventuellement être définies dans les balises *Notes* et *Documentation*. Les informations détaillées (le mode de fonctionnement du circuit intégré, les condensateurs de découplage sur les lignes d'alimentation, les plages d'alimentations électriques, les fonctions activées, les conditions de charge, les détails de mise à la terre, les fiches techniques et les rapports d'essai, par exemple) peuvent être définies. Voir l'Article C.2 pour de plus amples informations concernant l'utilisation des mots clés *Documentation* et *Notes*.

7.3.11 Section *Ibc*

La section *Ibc* du macromodèle de circuit intégré contient les données IBC. Les données doivent être définies dans le mot clé *Ibc* comme suit:

```
<Ibc>
    Données IBC
</Ibc>
```

Cette section est facultative. Lorsqu'elle est utilisée, elle doit être définie sous l'élément *Root*.

Une donnée IBC doit être définie sous une balise *List* ou sous la balise *Data_files* lors de l'utilisation de fichiers de données externes.

Toutes les informations pertinentes exigées pour la bonne compréhension (et utilisation) de l'IBC doivent éventuellement être définies dans les balises *Notes* et *Documentation*. Les informations détaillées (le mode de fonctionnement du circuit intégré, les condensateurs de découplage sur les lignes d'alimentation, les plages d'alimentations électriques, les fonctions activées, les conditions de charge, les détails de mise à la terre, les fiches techniques et les rapports d'essai, par exemple) peuvent être définies. Voir l'Article C.2 pour de plus amples informations concernant l'utilisation des mots clés *Documentation* et *Notes*.

Se reporter aux autres parties de l'IEC 62433 pour des informations détaillées concernant les mots clés et les attributs définis sous cette section.

7.3.12 Section Ia

La section *Ia* des macromodèles d'émissions (conduites et rayonnées) de circuit intégré contient les données IA qui décrivent les caractéristiques d'émission du circuit intégré. Les données doivent être définies dans le mot clé *Ia* comme suit:

```
<Ia>  
    Données IA  
</Ia>
```

Cette section est obligatoire pour les modèles d'émissions et doit être définie sous l'élément *Root*. Voir C.11.3 pour de plus amples informations concernant les mots clés reconnus dans la section *Ia*. Les principales données IA doivent être définies soit dans une balise *Voltage* pour une source de tension, soit dans une balise *Current* pour une source de courant. Voir 7.3.15 pour de plus amples informations concernant les sections *Voltage* et *Current*.

La plage de fréquences ou la plage de temporisation des informations IA doit être identique à celle définie dans la section *Validity*.

NOTE La plage de fréquences (ou la plage de temporisation) de validité du macromodèle de circuit intégré est la plage de fréquences (ou la plage de temporisation) commune des composants PDN (et IBC) et IA.

D'autres informations pertinentes exigées pour la bonne compréhension (et utilisation) de l'IA doivent éventuellement être définies dans les balises *Notes* et *Documentation*. Les informations détaillées (le mode de fonctionnement du circuit intégré, les condensateurs de découplage sur les lignes d'alimentation, les plages d'alimentations électriques, les fonctions activées, les conditions de charge, les détails de mise à la terre, les fiches techniques et les rapports d'essai, par exemple) peuvent être définies. Voir l'Article C.2 pour de plus amples informations concernant l'utilisation des mots clés *Documentation* et *Notes*.

L'utilisateur doit se reporter à la partie spécifique de l'IEC 62433 pour des informations détaillées concernant les mots clés et les attributs définis sous cette section.

7.3.13 Section Ib

La section *Ib* des macromodèles d'immunité (conduite et rayonnée) de circuit intégré contient les données IB qui décrivent les caractéristiques d'immunité du circuit intégré. Les données doivent être définies dans le mot clé *Ib* comme suit:

```
<Ib>  
    Données IB  
</Ib>
```

Cette section est obligatoire pour les modèles d'immunité et doit être définie sous l'élément *Root*.

Les données doivent être définies dans une balise *Voltage*, *Current* ou *Power* (voir 7.3.15).

La plage de fréquences ou la plage de temporisation des informations IB doit être identique à celle spécifiée dans la section *Validity*.

NOTE La plage de fréquences (ou la plage de temporisation) de validité du macromodèle de circuit intégré est la plage de fréquences (ou la plage de temporisation) commune des composants PDN (et IBC) et IB.

D'autres informations pertinentes exigées pour la bonne compréhension (et utilisation) de l'IB doivent éventuellement être définies dans les balises *Notes* et *Documentation*. Les informations détaillées (le mode de fonctionnement du circuit intégré, les condensateurs de découplage sur les lignes d'alimentation, les plages d'alimentations électriques, les fonctions activées, les conditions de charge, les détails de mise à la terre, les fiches techniques et les rapports d'essai, par exemple) peuvent être définies. Voir l'Article C.2 pour de plus amples informations concernant l'utilisation des mots clés *Documentation* et *Notes*.

L'utilisateur doit se reporter à la partie spécifique de l'IEC 62433 pour des informations détaillées concernant les mots clés et les attributs définis sous cette section.

7.3.14 Section Fb

La section *Fb* du macromodèle de circuit intégré contient les données FB qui décrivent le modèle de défaillance. Les données doivent être définies dans le mot clé *Fb* comme suit:

```
<Fb>
  Données FB
</Fb>
```

Cette section est obligatoire pour le modèle d'immunité d'impulsion conduite et doit être définie sous l'élément *Root*.

Les données doivent être définies dans une balise *Table*. Voir C.15.2 pour de plus amples informations concernant les différents attributs et les exemples d'utilisation.

La plage de fréquences ou la plage de temporisation des informations FB doit être spécifiée dans la section *Validity* sous la balise *Frequency_range* ou la balise *Time_range* respectivement.

D'autres informations pertinentes exigées pour la bonne compréhension (et utilisation) de l'IB doivent éventuellement être définies dans les balises *Notes* et *Documentation*. Les informations détaillées (le mode de fonctionnement du circuit intégré, les condensateurs de découplage sur les lignes d'alimentation, les plages d'alimentations électriques, les fonctions activées, les conditions de charge, les détails de mise à la terre, les fiches techniques et les rapports d'essai, par exemple) peuvent être définies. Voir l'Article C.2 pour de plus amples informations concernant l'utilisation des mots clés *Documentation* et *Notes*.

L'utilisateur doit se reporter à la partie spécifique de l'IEC 62433 pour des informations détaillées concernant les mots clés et les attributs définis sous cette section.

7.3.15 Sections Voltage, Current et Power (tension, courant et puissance)

Les données principales de tension, courant et puissance doivent être définies dans la section *Voltage*, *Current* ou *Power*. La section *Voltage*, *Current* ou *Power* doit être un mot clé enfant pour l'élément parent (exemple: *Ia* ou *Ib*).

Pour un modèle donné, une seule de ces sections doit être utilisée. Les données doivent être définies soit sous une balise *List* pour les données en ligne, soit dans une balise *Data_files* lors de l'utilisation de fichiers de données externes comme cela est présenté dans l'Exemple 1 et l'Exemple 2.

EXEMPLE 1 Les syntaxes suivantes précisent que la définition du composant IA du modèle utilise une section *Current* sous la balise *List*

```
<Ia>
  <Current>
    <List>
      ...
    </List>
  </Current>
</Ia>
```

EXEMPLE 2 La syntaxe suivante spécifie les données IB utilisant la grandeur de puissance avec des fichiers de données externes.

```
<Ib>
  <Power>
    <Data_files>
      ...
    </Data_files>
  </Power>
</Ib>
```

L'utilisateur doit se reporter à la partie spécifique de l'IEC 62433 pour des informations détaillées concernant les mots clés et les attributs définis sous chaque section.

7.3.16 Section Table

Les données principales doivent être définies dans la section *Table*. La section *Table* doit être un mot clé enfant de l'élément *Lead*.

```
<Lead Id=...>
  <Table>
    ...
  </Table>
</Lead>
```

Les données doivent être définies soit sous une balise *List* pour les données en ligne, soit dans une balise *Data_files* lors de l'utilisation de fichiers de données externes.

L'utilisateur doit se reporter à la partie spécifique de l'IEC 62433 pour des informations détaillées concernant les mots clés et les attributs définis sous la section *Table*.

7.3.17 Section Coordinate_system

Le système de coordonnées pour la représentation d'un modèle géométrique est défini au moyen de cette section comme cela est présenté ci-dessous.

```
<Coordinate_system>
  ...
</Coordinate_system>
```

Cette section est facultative et est définie directement sous l'élément *Root*.

L'utilisateur doit se reporter à la partie spécifique de l'IEC 62433 pour l'applicabilité et l'utilisation de la section *Coordinate_system*.

7.3.18 Section Reference

La section *Reference* permet de représenter le point de référence (coordonnées) des informations géométriques du modèle.

```
<Reference>  
...  
</Reference>
```

Cette section est facultative et est définie directement sous l'élément *Root*.

L'utilisateur doit se reporter à la partie spécifique de l'IEC 62433 pour l'applicabilité et l'utilisation de la section *Reference*.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62433-1:2019

Annexe A (normative)

Exigences relatives aux modèles de circuits intégrés pour la CEM

L'Annexe A présente les informations exigées avec la fourniture du modèle et donne les informations décrites dans le Tableau A.1. Le fournisseur et l'utilisateur doivent délibérer lorsqu'il y a un paramètre nécessaire ne figurant pas dans le Tableau A.1.

Tableau A.1 – Exigences relatives à la description des modèles

Élément	Description		Catégorie de modèle				
			CE	CI	RE	RI	CPI
En-tête	Nom du modèle et version du modèle		•	•	•	•	•
	Date de livraison		•	•	•	•	•
	Fournisseur du modèle		•	•	•	•	•
	Nom du circuit intégré		•	•	•	•	•
	Informations relatives au boîtier	Type de boîtier	○	○	○	○	○
		Nombre de broches	○	○	○	○	○
		Disposition des broches	○	○	○	○	○
Spécification du modèle	Catégorie de modèle (CE, CI, RE, RI ou CPI)		•	•	•	•	•
	Approche pour la modélisation		•	•	•	•	•
	Domaine de modélisation ("temporel" ou "fréquentiel")		•	•	•	•	•
	Structure hiérarchique du modèle		○	○	○	○	○
	Bornes externes du circuit intégré	Noms des broches	•	•	NA	NA	•
		Emplacements des broches	•	•	NA	NA	○
	Noms des bornes internes		○	○	NA	NA	○
	Emplacement des sources EM		NA	NA	•	•	NA
Condition de modélisation	Procédure de modélisation ("en utilisant des données de conception" ou "à partir des mesurages")		•	•	•	•	•
	Mode de fonctionnement ou vecteur d'essai		•	•	•	•	•
	Conception (à partir des mesurages) et schéma de la carte de circuits imprimés		○	○	○	○	○
	Température		•	•	•	•	•
	Tensions d'alimentation		•	•	•	•	•
	Données mesurées		•	•	•	•	•
Plage applicable	Plage de fréquences		•	•	•	•	•
	Plage de tensions d'alimentation		•	•	•	•	•
	Plage de température		•	•	•	•	•
	Plage de fréquences de fonctionnement		○	○	○	○	○
	Amplitude de charges de sortie		○	○	○	○	○
	Cas le plus défavorable dans les plages applicables		○	○	○	○	○
Mode de fonctionnement applicable	Mode de fonctionnement		•	•	•	•	•

Élément	Description	Catégorie de modèle				
		CE	CI	RE	RI	CPI
Restriction	Restrictions d'application, le cas échéant (réglage des ports d'entrée/sortie, etc.)	○	○	○	○	○
●: Informations obligatoires ○: Informations facultatives NA: Non applicable						

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62433-1:2019

Annexe B (normative)

Définitions préliminaires pour la représentation XML

B.1 Éléments de base XML

B.1.1 Déclaration XML

Même si la déclaration XML est facultative dans un fichier XML, chaque fichier de modèle de circuit intégré pour la CEM doit en contenir une, dédiée aux analyseurs syntaxiques XML de base.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
```

La déclaration XML doit être la première ligne du fichier.

B.1.2 Éléments de base

Toutes les informations sont sauvegardées sous la forme d'éléments XML. Chaque élément commence par une balise de début et se termine par une balise de fin. La balise de début est composée d'un mot clé placé entre des chevrons <Keyword>. La balise de fin est composée du même mot clé précédé du caractère "/", l'ensemble étant placé entre les chevrons, </Keyword>. Le contenu sous forme de texte est placé entre une balise de début et une balise de fin.

Un exemple d'élément est donné ci-dessous:

```
<Keyword>                <!--start-tag -->
    text                  <!--content -->
</Keyword>               <!--end-tag -->
```

Il est également admis d'écrire un élément sur la même ligne, par exemple pour inclure un court contenu:

```
<Keyword>text</Keyword>
```

Le contenu d'un élément peut être composé d'un ou de plusieurs autres éléments ou d'une valeur (numérique ou alphanumérique). Par souci de clarté, des caractères de tabulation peuvent être utilisés pour l'indentation. Sauf s'ils sont utilisés pour encadrer des mots clés, les chevrons "<" et ">" ne doivent pas faire partie du contenu.

Le texte doit utiliser les caractères du jeu UTF-8 (l'espace, " ", "<", ">", "&" ne sont pas inclus).

Un élément vide peut être inclus pour indiquer qu'il existe un mot clé particulier, mais il n'a pas de contenu:

```
<empty_element/>
```

B.1.3 Élément Root (racine)

Le fichier XML doit contenir un seul et unique élément racine. Il encadre tous les autres éléments et est donc le seul élément parent de tous les autres éléments. La balise de début de l'élément racine est placée au début du fichier ou après la déclaration XML, le cas échéant. La balise de fin de l'élément racine est la dernière entrée du fichier.

Le mot clé de l'élément racine ne doit pas être utilisé à d'autres fins dans le fichier XML.

B.1.4 Commentaires

Les commentaires peuvent être insérés dans le fichier, entre "<!--" et "->". Un exemple est donné ci-dessous:

```
<!--this line is a comment -->
```

Les commentaires peuvent être insérés n'importe où dans le fichier (sauf à l'intérieur des balises de début et de fin) et écrits sur une seule ligne ou sur plusieurs lignes. Le texte encadré par des chevrons de commentaire est considéré comme tel et peut être ignoré.

B.1.5 Terminaisons de ligne

Pour faciliter la lisibilité, il est d'usage d'organiser le fichier en lignes. La séquence de terminaison de ligne doit être un caractère de saut de ligne ou un caractère de retour chariot suivi d'un saut de ligne.

B.1.6 Hiérarchie des éléments

L'ordre des éléments n'a pas d'importance, mais leur hiérarchie doit être respectée. Un exemple de disposition est présenté ci-dessous:

```
<Keyword1> ... </Keyword1>
<Keyword2>
  <Keyword21> ... </Keyword21>
  <Keyword22> ... </Keyword22>
</Keyword2>
<Keyword3> ... </Keyword3>
```

B.1.7 Attributs d'élément

Les éléments de mot clé XML peuvent comporter des attributs. Les attributs fournissent des informations complémentaires concernant les éléments qui ne font pas partie intégrante des données. Les valeurs d'attribut doivent toujours être placées entre guillemets. Des guillemets simples ou doubles peuvent être utilisés. Plusieurs attributs sont séparés par une espace ou par un point-virgule (";"). En règle générale, et contrairement aux éléments, les attributs ne peuvent pas contenir plusieurs valeurs et arborescences, sauf pour certaines exceptions en langage XML. Un exemple de définition d'attribut est présenté ci-dessous:

```
<Parent Type="example" Format="string"/>
```

Dans la syntaxe ci-dessus, *Type* et *Format* sont les attributs du mot clé *Parent*. Les mêmes termes peuvent être définis en tant qu'éléments comme cela est présenté ci-dessous:

```
<Parent>
  <Type>example</Type>
  <Format>string</Format>
</Parent>
```

B.2 Exigences relatives aux mots clés

B.2.1 Généralités

Les mots clés, placés dans les balises de début et de fin, sont utilisés pour introduire des descriptions, des valeurs et des sections spécifiques au fichier. Certains mots clés (*Unit*, *List*, etc.) peuvent être présents dans plusieurs sections. Un mot clé parent est exigé à chaque fois qu'un mot clé enfant est présent. Les règles ci-dessous permettent de garantir qu'un analyseur syntaxique XML spécifique peut correctement analyser le fichier.

B.2.2 Caractères de mots clés

Seuls les caractères ASCII définis dans la norme ANSI INCITS 4:1986 peuvent être utilisés dans les fichiers. L'utilisation des caractères avec des codes supérieurs au code hexadécimal 07E n'est pas admise. De même, les caractères de contrôle ASCII (ceux numériquement inférieurs à l'hexadécimale 20) ne sont pas admis, sauf pour les tabulations ou dans une séquence de terminaison de ligne.

Les mots clés peuvent uniquement être écrits avec des caractères alphabétiques ou numériques. Les espaces sont interdites. Si nécessaire, le caractère de soulignement (ou trait bas) "_" peut séparer les parties d'un mot clé à plusieurs mots.

B.2.3 Syntaxe de mots clés

Le contenu des fichiers est sensible à la casse. Tous les mots clés doivent être écrits en minuscules et commencer par une majuscule.

B.2.4 Structure de fichier

B.2.4.1 Généralités

Les informations à échanger peuvent être stockées dans un seul fichier XML ou dans plusieurs fichiers XML et fichiers de données. Les règles et lignes directrices suivantes permettent de garantir qu'un analyseur syntaxique XML peut correctement identifier les fichiers.

B.2.4.2 Noms de fichier

Pour faciliter la portabilité entre les systèmes d'exploitation, il convient que les noms de fichier soient composés d'un nom de base de quarante caractères au maximum, suivi d'un point ".", puis d'une extension de nom de fichier de quatre caractères au maximum. Le nom de fichier et l'extension doivent utiliser des caractères issus du jeu (l'espace, " ", 0x20 en étant exclue) présentés précédemment en B.1.2. Le nom de fichier doit être défini dans le mot clé "Filename" tel que présenté ci-dessous:

```
<Filename>ExampleXML_file.xml</Filename>
```

B.2.4.3 Chemins de fichier

Pour assurer la portabilité et la compressibilité, seuls les chemins relatifs peuvent être utilisés pour définir un nom de chemin d'accès. Un chemin absolu n'est pas exportable et n'est pas admis. Le chemin relatif doit commencer par "./" pour indiquer que le nom du chemin d'accès du fichier image sera ajouté au chemin du fichier XML en cours. Il n'est pas admis d'accéder à un niveau supérieur à partir du chemin XML en cours (à l'aide de "../", par exemple). Par hypothèse, un nom de fichier sans "./" se trouve dans le même répertoire que le fichier XML en cours.

B.2.4.4 Fichier XML unique

Lorsque les informations sont contenues dans un seul fichier XML, ce dernier doit satisfaire aux règles et lignes directrices applicables aux fichiers XML comme cela est décrit précédemment.

Les données sont incluses dans l'élément XML à l'aide du mot clé *List*, à chaque fois que cela est exigé.

B.2.4.5 Fichiers XML multiples

Le document XML est divisé en plusieurs sections dont l'élément racine est le parent. Les informations du modèle sont alors définies sous la section racine à l'aide de mots clés tels que *Pdn*, *la*, etc. Chaque fichier XML peut contenir une ou plusieurs sections et doit satisfaire aux règles et lignes directrices applicables aux fichiers XML comme cela est décrit précédemment. Une section doit être présente dans un seul des fichiers XML.

Pour assurer la portabilité et la compressibilité, tous les fichiers XML doivent être placés dans le même répertoire tel que présenté à la Figure B.1. L'analyseur syntaxique XML doit analyser tous les fichiers du répertoire principal.

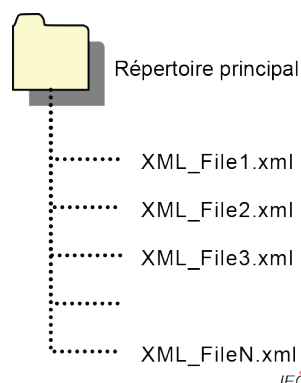


Figure B.1 – Fichiers XML multiples

B.2.4.6 Fichiers de données séparés

Les informations peuvent être contenues dans un seul ou dans plusieurs fichiers XML, et les données contenues dans un ou plusieurs fichiers de données supplémentaires. Les fichiers XML doivent satisfaire aux règles et lignes directrices applicables aux fichiers XML, comme cela est décrit ci-dessus. Les fichiers de données peuvent contenir des lignes de données, et les informations d'en-tête doivent être spécifiées avec un point d'exclamation ("!") placé au début de chaque ligne d'en-tête (pas ligne de données). Par exception à cette règle, pour les fichiers de données comportant une extension touchstone (*.snp, n = 1,2,...) utilisés pour la définition PDN, les lignes commençant par un dièse("#") sont traitées comme la "ligne d'option" qui spécifie le format de données et les unités relatives aux données touchstone. Une seule "ligne d'option" est admise par fichier de données touchstone. Les noms et chemins des fichiers de données sont définis par le mot clé *Data_files* et doivent satisfaire à B.2.4.2 et à B.2.4.3.

Pour assurer la portabilité et la compressibilité, les fichiers de données doivent être placés dans le même répertoire que les fichiers XML ou dans un sous-répertoire situé au même niveau que les fichiers XML ou à un niveau inférieur, tel que présenté à la Figure B.2. Il n'est pas admis de placer les fichiers supplémentaires à un niveau supérieur à celui des fichiers XML.

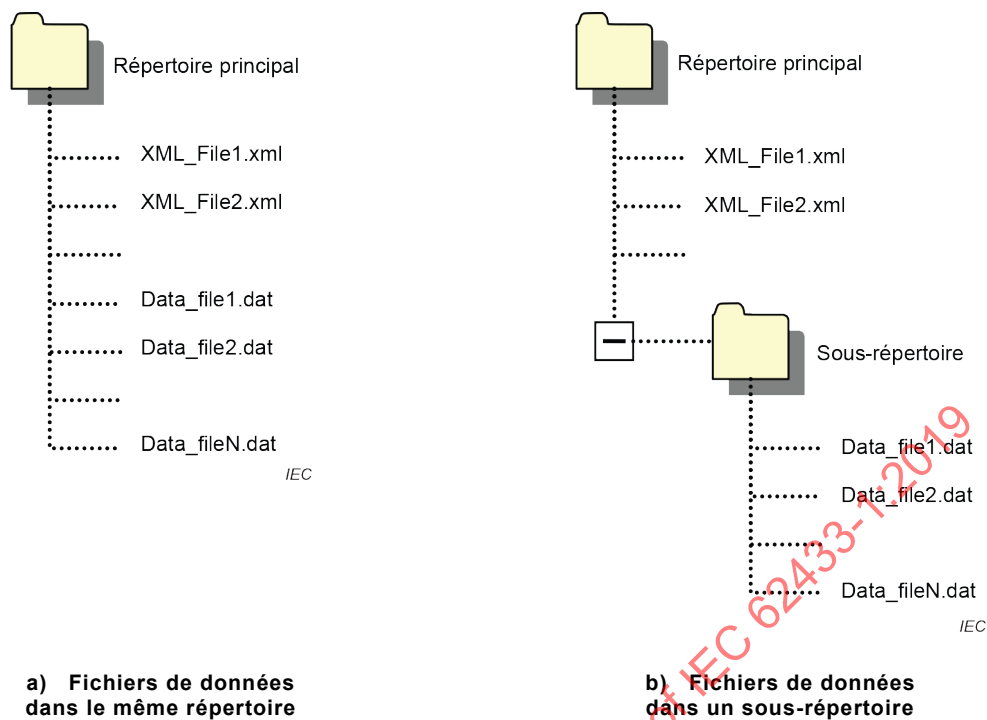


Figure B.2 – Fichiers XML avec fichiers de données (*.dat)

B.2.4.7 Fichiers supplémentaires

Un fichier XML peut contenir des références à d'autres fichiers tels que des fichiers de document (mot clé: *Documentation*). Pour assurer la portabilité et la compressibilité, ces fichiers supplémentaires doivent être placés dans le même répertoire que le fichier XML unique ou dans un sous-répertoire situé au même niveau que les fichiers XML ou à un niveau inférieur, tel que présenté à la Figure B.3. Il n'est pas admis de placer les fichiers supplémentaires à un niveau supérieur à celui des fichiers XML.

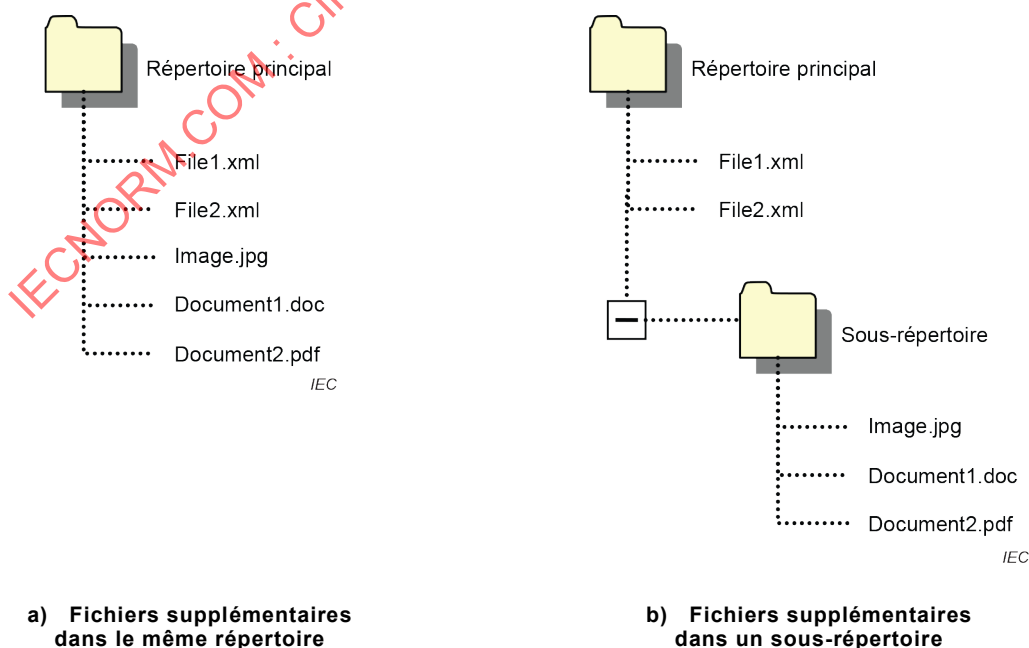


Figure B.3 – Fichiers XML avec fichiers supplémentaires

B.2.4.8 Compression de fichier

Lors de la compression du système de fichiers, l'inclusion des chemins des différents fichiers XML et fichiers de données dans le fichier compressé doit faire l'objet d'une attention particulière. Cela permet d'assurer la conservation de la structure de fichiers lors de la décompression. Les chemins ne sont pas exigés lorsque tous les fichiers sont stockés dans le même répertoire.

B.2.5 Valeurs

B.2.5.1 Généralités

Lorsqu'un élément contient une valeur, il peut s'agir d'une valeur numérique (par exemple 123.45) ou d'une valeur numérique avec des unités (123.45 MHz, par exemple).

B.2.5.2 Syntaxe numérique

Les valeurs numériques peuvent être exprimées sous forme décimale, le point (". ") faisant office de séparateur décimal (par exemple 123.45) ou sous forme scientifique (1.2345e2, par exemple). Les espaces " " et les virgules ",", souvent utilisées comme séparateurs de milliers, et les autres caractères ne sont pas admis.

Dans les cas où plusieurs valeurs numériques sont exigées, elles doivent être séparées par des espaces " " ou des caractères de tabulation.

B.2.5.3 Syntaxe numérique avec unités

La valeur numérique (voir B.2.5.2) est suivie d'unités valides, comme cela est décrit en B.2.5.5 (123.45MHz, par exemple). Les espaces ne sont pas admises entre la valeur numérique et les unités.

B.2.5.4 Chaîne de texte

Une chaîne de texte peut représenter un mot reconnu par l'analyseur syntaxique XML ou peut être un nom de fichier, une description, etc. Une chaîne de texte peut contenir les caractères alphanumériques donnés en B.1.2.

B.2.5.5 Unités valides

Les unités doivent être exprimées en unités SI ou en unités SI dérivées. Les unités valides sont:

V pour Volt	ohm pour Ohm	S pour Siemens = 1/Ohm
A pour Ampère	Hz pour Hertz	m pour mètre
W pour Watt	s pour seconde	H pour Henry
F pour Farad	Ohm.m pour résistivité	Celsius pour degré Celsius
K pour Kelvin	1 pour grandeur adimensionnelle	

Les unités sont sensibles à la casse.

Les angles sont exprimés en degrés. Le symbole "°" n'est pas exigé. Les pourcentages sont exprimés avec "%".

Les facteurs d'échelle valides sont:

T = téra: 1e12	c = centi: 1e-2	p = pico: 1e-12
G = giga: 1e9	m = milli: 1e-3	f = femto: 1e-15
M = méga: 1e6	u = micro: 1e-6	a = atto: 1e-18
k = kilo: 1e3	n = nano: 1e-9	

Si aucun facteur d'échelle n'est spécifié, les unités de base appropriées sont admises par hypothèse. Il s'agit des Volts, Ampères, Watts, Ohms, Siemens, Hertz, mètres, secondes, Henry, Farads, ohm.m, Celsius et Kelvin. Les abréviations des unités (pV, nA, ms ou MHz, par exemple) doivent être utilisées, sauf l'unité Ohm, qui doit être écrite dans son intégralité. Une liste d'unités logarithmiques valides est présentée dans le Tableau B.1.

Tableau B.1 – Unités logarithmiques valides

Utilisation	Symbole	Unité	Référence
Rapport	dB	Décibel	1
Puissance	dBW	Décibel watt	1W
Puissance	dBmW	Décibel milliwatt	1mW
Puissance	dBuW	Décibel microwatt	1µW
Tension	dBV	Décibel volt	1V
Tension	dBmV	Décibel millivolt	1mV
Tension	dBuV	Décibel microvolt	1µV
Ampère	dBA	Décibel ampère	1A
Ampère	dBmA	Décibel milliampère	1mA
Ampère	dBuA	Décibel microampère	1µA
Impédance	dBohm	Décibel Ohm	1Ohm
Admittance	dBS	Décibel siemens	1S

Les unités peuvent être définies dans n'importe quelle section et avec le mot clé *Unit*. Une description d'unité typique est présentée ci-dessous:

```
<Unit>
    kHz
</Unit>
```

Annexe C (normative)

Mots clés IC_EMCML valides et utilisation

C.1 Mots clés de l'élément Root

Les mots clés présentés dans le Tableau C.1 ci-dessous sont placés au début du fichier, après la définition XML:

Tableau C.1 – Mots clés de l'élément Root

Mot clé	Description	Exemple
Header	Spécifie une section d'en-tête	<Header> </Header>
Lead_definitions	Spécifie une section de définitions de connexion. Les informations détaillées définies dans cette section sont utilisées dans toutes les autres sections	<Lead_definitions> </Lead_definitions>
Validity	Spécifie les conditions de validité du modèle	<Validity> ... </Validity>
Frequency	Spécifie les valeurs de fréquence pour lesquelles le modèle est défini et valide	<Frequency> </Frequency>
Pdn	Spécifie les données PDN	<Pdn> </Pdn>
Ia	Spécifie les données IA	<Ia> </Ia>
Ib	Spécifie les données IB	<Ib> </Ib>
Fb	Spécifie les données FB	<Ib> </Ib>
Ibc	Spécifie les données IBC	<Ibc> </Ibc>
Reference	Spécifie les coordonnées d'origine ou de référence des données du modèle	<Reference> ... </Reference>
Coordinate_system	Spécifie le système dans lequel les coordonnées globales sont représentées	<Coordinate_system> </Coordinate_system>

Mot clé	Description	Exemple
Macromodels	Spécifie les macromodèles SPICE communs à d'autres sections du modèle	<Macromodels> </Macromodels>

C.2 Mots clés globaux

Les mots clés présentés dans le Tableau C.2 ci-dessous peuvent être placés n'importe où dans le fichier, sauf à l'intérieur d'un élément XML contenant une valeur:

Tableau C.2 – Mots clés globaux

Mot clé	Parent	Description	Exemple
Notes	Tous les éléments sauf ceux contenant une valeur	Ajoute éventuellement des informations relatives à la configuration, aux données, etc. La valeur peut contenir des blancs et être de n'importe quel format. Une section de notes peut être insérée n'importe où dans le fichier et le nombre de sections de notes dans le fichier est illimité. L'analyseur syntaxique considère ces informations comme une chaîne de données et ne les interprète pas.	<Notes> Utiliser cette section pour les notes spéciales </Notes>
Documentation	Tous les éléments sauf ceux contenant une valeur	Ajoute éventuellement les chemins d'accès aux fichiers contenant la documentation relative au projet.	<Documentation> Project doc.pdf Model_descr.doc </Documentation>
Unit	Tous les éléments sauf ceux contenant une valeur	Spécifie l'unité du paramètre défini dans l'élément parent. Voir B.2.5.5 pour les unités valides	<Unit>mm</Unit>

C.3 Mots clés de fichier *header*

Les mots clés présentés dans le Tableau C.3 ci-dessous sont placés au début du fichier, sous la balise de début *Header*:

Tableau C.3 – Mots clés de l'élément *Header*

Mot clé	Description	Exemple
Cem_ver	Spécifie la version du format de fichier CEML. Il convient de suivre l'élément d'en-tête. Informe les analyseurs syntaxiques de la version du format d'échange XML utilisée et leur permet de savoir quels mots clés prévoir. Ce champ est exigé au format CEML	<Cem_ver>1.0</Cem_ver>
Rem_ver	Spécifie la version du format de fichier REML. Il convient de suivre l'élément d'en-tête. Informe les analyseurs syntaxiques de la version du format d'échange XML utilisée et leur permet de savoir quels mots clés prévoir. Ce champ est exigé au format REML	<Rem_ver>1.0</Rem_ver>
Cim_ver	Spécifie la version du format de fichier CIML. Il convient de suivre l'élément d'en-tête. Informe les analyseurs syntaxiques de la version du format d'échange XML utilisée et leur permet de savoir quels mots clés prévoir. Ce champ est exigé au format CIML	<Cim_ver>1.0</Cim_ver>
Rim_ver	Spécifie la version du format de fichier RIML. Il convient de suivre l'élément d'en-tête. Informe les analyseurs syntaxiques de la version du format d'échange XML utilisée et leur permet de savoir quels mots clés prévoir. Ce champ est exigé au format RIML	<Rim_ver>1.0</Rim_ver>
Pim_ver	Spécifie la version du format de fichier CPIML. Il convient de suivre l'élément d'en-tête. Informe les analyseurs syntaxiques de la version du format d'échange XML utilisée et leur permet de savoir quels mots clés prévoir. Ce champ est exigé au format CPIML	<Pim_ver>1.0</Pim_ver>
Filename	Spécifie le nom de fichier, avec l'une des extensions suivantes: ceml, reml, ciml, riml ou cpiml. Ce champ est exigé	<Filename> My_file.ceml </Filename>
File_ver	Suit le niveau de révision d'un fichier .xml particulier. Le niveau de révision est défini à la discrétion de l'auteur du fichier. Ce champ est exigé	<File_ver>1.0</File_ver>
Date	La valeur peut contenir des blancs et être de n'importe quel format, mais il convient de la limiter à 20 caractères au maximum. Par souci de clarté, il convient d'écrire le mois en toutes lettres. L'analyseur syntaxique considère ces informations comme une chaîne de données et ne les interprète pas. Ce champ est facultatif	<Date> 1 janvier 2013 </Date>
Author	La valeur peut contenir des blancs et être de n'importe quel format. L'analyseur syntaxique considère ces informations comme une chaîne de données et ne les interprète pas. Ce champ est facultatif	<Author> Name1 Name2 </Author>
Dut	La valeur peut contenir des blancs et être de n'importe quel format. L'analyseur syntaxique considère ces informations comme une chaîne de données et ne les interprète pas. Ce champ est facultatif	<Dut> Microcontrôleur 32 bits </Dut>
Meas_method	La valeur peut contenir des blancs et être de n'importe quel format. L'analyseur syntaxique considère ces informations comme une chaîne de données et ne les interprète pas. Ce champ est facultatif	<Meas_method> Méthode de balayage en champ proche pour extraction de champs </Meas_method>

Mot clé	Description	Exemple
Disclaimer	La valeur peut contenir des blancs et être de n'importe quel format. L'analyseur syntaxique considère ces informations comme une chaîne de données et ne les interprète pas. Ce champ est facultatif	<Disclaimer> Ce fichier contient les résultats de l'extraction de modèle. Une autre utilisation n'est pas garantie </Disclaimer>
Copyright	La valeur peut contenir des blancs et être de n'importe quel format. L'analyseur syntaxique considère ces informations comme une chaîne de données et ne les interprète pas. Ce champ est facultatif	<Copyright> Copyright 2013, XYZ Corp., All Rights Reserved </Copyright>

C.4 Attributs du mot clé *Lead*

Les attributs présentés dans le Tableau C.4 ci-dessous sont définis pour le mot clé *Lead*:

Tableau C.4 – Mots clés de l'élément *Lead*

Mot clé	Description
Id	Spécifie l'identité ou le numéro de l'élément <i>Lead</i> . Une ou plusieurs valeurs sont admises, selon la section sous laquelle l'élément <i>Lead</i> est défini.
Name	Spécifie le nom de l'élément <i>Lead</i> . Peut être n'importe quelle chaîne valide. Valide uniquement dans la section <i>Lead_definitions</i> . Voir l'Article C.7
Mode	Spécifie le mode d'utilisation d'une connexion particulière. Valide uniquement dans la section <i>Lead_definitions</i> . Voir l'Article C.7
Type	Spécifie le type d'utilisation d'une connexion particulière ou le type de données utilisées pour définir la connexion.
Ground_id	Spécifie l'identité ou le numéro de l'élément <i>Lead</i> utilisé comme broche de référence. Une seule Id est admise
Blockname	Spécifie le nom du sous-bloc lors de l'application d'une modélisation par blocs. Partage le même espace de nom avec l'attribut <i>Blockname</i> de l'élément <i>Ia</i> . La valeur doit être une chaîne valide conforme à B.2.5.4
Param_order	Spécifie l'ordre dans lequel les données sont définies
Format	Spécifie le format de données. La valeur doit être l'une des chaînes suivantes: "RI": format réel/imaginaire (par défaut) "DB": Amplitude en échelle de décibels avec déphasage en degrés "MA": Amplitude en échelle linéaire avec déphasage en degrés "DBMAG": Amplitude en échelle de décibels sans données de phase "MAG": Données d'amplitude en échelle linéaire sans données de phase
Meas_type	Spécifie la méthode mise en œuvre pour mesurer les données en vue de leur extraction au moyen d'un analyseur de réseau vectoriel. La valeur doit être l'une des chaînes suivantes: "0" pour la configuration de mesure normalisée ou conventionnelle (par défaut) "1" lorsque le DUT est parallèle aux accès de mesure (connexion de shuntage) "2" lorsque le DUT est en série par rapport aux accès de mesure (connexion de série). Ce champ est facultatif
Reference_impedance	Spécifie l'impédance de référence utilisée pour les mesurages PDN au moyen d'un analyseur de réseau vectoriel. La valeur doit être conforme à B.2.5.3 et il convient que l'élément contienne la valeur et ses unités. Si aucune unité n'est détectée, les unités SI sont par hypothèse utilisées.

Mot clé	Description
Use	Spécifie l'un des paramètres définis dans <i>Param_order</i> , sauf le terme "frequency", qui doit être utilisé de manière spécifique. La valeur doit être une chaîne valide.
Netlist	Spécifie la connectivité électrique des éléments de circuit au format de type SPICE. Voir C.9 pour de plus amples informations sur les éléments enfants de <i>Netlist</i> .
Unit_freq	Spécifie les unités des fréquences utilisées pour la spécification des données du modèle. La valeur doit être conforme à B.2.5.5. Si ce mot clé est omis, les unités sont par hypothèse des unités SI.
Unit_param	Spécifie les unités des paramètres utilisés pour la spécification des données du modèle. La valeur doit être conforme à B.2.5.5. Si ce mot clé est omis, les unités sont par hypothèse des unités SI.
Power_level	Spécifie le niveau de puissance utilisé pour obtenir les données PDN. La valeur doit être conforme à B.2.5.3 et il convient que l'élément contienne la valeur et ses unités. Si aucune unité n'est détectée, les unités SI sont par hypothèse utilisées.
Data_files	Spécifie les noms de chemin d'accès des fichiers contenant une valeur de données. Les noms de chemin d'accès sont séparés par une espace (" ") ou une terminaison de ligne; Les noms et chemins d'accès des fichiers doivent être conformes à B.2.4.2 et B.2.4.3. Un seul mot clé <i>Data_files</i> ou <i>List</i> doit être inclus dans une section donnée.
List	Spécifie une liste des entrées de données définissant les différents composants du modèle. Un seul mot clé <i>Data_files</i> ou <i>List</i> doit être inclus dans une section donnée.
Table	Spécifie une liste des entrées de données définissant les différents composants du modèle sous la forme d'un tableau.

La balise *Lead* est un élément enfant de plusieurs sections au format IC_EMCMML. Selon la section parent, un ou plusieurs attributs sont définis et valides.

C.5 Attributs de l'élément *Submodel*

Le mot clé *Submodel* contient les attributs valides présentés dans le Tableau C.5 ci-dessous:

Tableau C.5 – Mots clés de l'élément *Submodel*

Mot clé	Description	Exemple
Frequency_value	Spécifie le terme "fréquence" du sous-modèle. Une valeur numérique valide avec ou sans unités est admise. Voir B.2.5.2 et B.2.5.3 pour de plus amples informations. La valeur doit être une des valeurs définies dans la section <i>Frequency</i> Ce champ est exigé	<Submodel Frequency_value="10MHz"> ... </Submodel>
Frequency_unit	Spécifie les unités du terme "fréquence" du sous-modèle. La valeur doit être conforme à B.2.5.5. Ce champ est facultatif. "Hz" est la valeur par défaut en l'absence de ce champ	<Submodel Frequency_value="10" Frequency_unit="MHz"> ... </Submodel>
Vector	Spécifie les coordonnées du vecteur utilisé dans le sous-modèle. Voir l'Article C.5	<Submodel Frequency_value="10MHz"> <List> <Vector Type="Electric" Name="Dipole1"> ... </Vector> </List> </Submodel>