

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE
COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

Vehicles, boats and internal combustion engines – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement for the protection of on-board receivers

Véhicules, bateaux et moteurs à combustion interne – Caractéristiques des perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure pour la protection des récepteurs embarqués



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2021 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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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.

IEC online collection - oc.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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.

IEC online collection - oc.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

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.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE
COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

Vehicles, boats and internal combustion engines – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement for the protection of on-board receivers

Véhicules, bateaux et moteurs à combustion interne – Caractéristiques des perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure pour la protection des récepteurs embarqués

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.100.10; 33.100.20

ISBN 978-2-8322-1061-6

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.....	9
INTRODUCTION.....	11
1 Scope.....	12
2 Normative references	12
3 Terms and definitions	13
4 Requirements common to vehicle and component/module emissions measurement.....	19
4.1 General test requirements.....	19
4.1.1 Categories of disturbance sources (as defined in the test plan)	19
4.1.2 Test plan	19
4.1.3 Determination of conformance of equipment under test (EUT) with limits	19
4.1.4 Operating conditions.....	20
4.1.5 Test report.....	21
4.2 Shielded enclosure	21
4.3 Absorber-lined shielded enclosure (ALSE)	21
4.3.1 General	21
4.3.2 Size	21
4.3.3 Objects in ALSE	21
4.3.4 ALSE performance validation.....	22
4.4 Measuring instrument	22
4.4.1 General	22
4.4.2 Spectrum analyser parameters	22
4.4.3 Scanning receiver parameters	25
4.5 Power supply	27
4.5.1 General	27
4.5.2 Internal combustion engine vehicle – ignition on, engine off.....	27
4.5.3 Internal combustion engine vehicle – engine running	27
4.5.4 Plug-in hybrid electric or electric vehicle in charging mode	28
4.5.5 Hybrid electric or electric vehicle in running mode	28
4.5.6 Component/module tests	28
5 Measurement of emissions received by an antenna on the same vehicle	29
5.1 General.....	29
5.2 Antenna measuring system	29
5.2.1 Type of antenna.....	29
5.2.2 Measuring system requirements	29
5.3 Method of measurement	31
5.4 Test setup for vehicle in charging mode	32
5.4.1 General	32
5.4.2 Vehicle in charging mode 1 or mode 2 (AC power charging without communication)	33
5.4.3 Vehicle in charging mode 3 (AC power charging with communication) or mode 4 (DC power charging with communication).....	35
5.5 Examples of limits for vehicle radiated disturbances	40
6 Measurement of components and modules	46
6.1 General.....	46
6.2 Test equipment	46
6.2.1 Reference ground plane	46
6.2.2 Power supply and AN	47

6.2.3	Load simulator	47
6.3	Conducted emissions from components/modules – Voltage method	47
6.3.1	General	47
6.3.2	Test setup	47
6.3.3	Test procedure	48
6.3.4	Limits for conducted disturbances from components/modules – Voltage method	54
6.4	Conducted emissions from components/modules – current probe method	54
6.4.1	General	54
6.4.2	Test setup	54
6.4.3	Test procedure	55
6.4.4	Limits for conducted disturbances from components/modules – Current probe method	57
6.5	Radiated emissions from components/modules – ALSE method	57
6.5.1	General	57
6.5.2	Test setup	58
6.5.3	Test procedure	60
6.5.4	Limits for radiated disturbances from components/modules – ALSE method	65
6.6	Radiated emissions from components/modules – Stripline method	72
Annex A (informative)	Flow chart for checking the applicability of CISPR 25 to vehicles and boats	73
Annex B (normative)	Antenna matching unit – Vehicle test	74
B.1	Antenna matching unit parameters (150 kHz to 6,2 MHz)	74
B.2	Antenna matching unit – verification	74
B.2.1	General	74
B.2.2	Gain measurement	74
B.2.3	Test procedure	74
B.3	Impedance measurement	74
Annex C (informative)	Sheath-current suppressor	76
C.1	General information	76
C.2	Suppressor construction	76
Annex D (informative)	Guidance for the determination of the noise floor of active vehicle antennas	77
Annex E (normative)	Artificial Network (AN), High Voltage Artificial Network (HV-AN), Direct Current charging Artificial Network (DC-charging-AN), Artificial Mains Network (AMN) and Asymmetric Artificial Network (AAN)	80
E.1	General	80
E.2	Artificial networks (AN)	80
E.2.1	Component powered by LV	80
E.2.2	Component powered by HV	82
E.2.3	Direct Current charging Artificial Networks (DC-charging-AN)	85
E.3	Artificial Mains Networks (AMN)	86
E.4	Asymmetric Artificial Network (AAN)	86
E.4.1	General	86
E.4.2	Signal/control port with symmetric lines	86
E.4.3	Wired network port with PLC on power lines	87
E.4.4	Signal/control port with PLC (technology) on control pilot line	88
E.4.5	Signal/control port with control pilot line	89

Annex F (informative) Radiated emissions from components/modules – Stripline method	91
F.1 General.....	91
F.2 Test setup.....	91
F.2.1 General	91
F.2.2 Stripline impedance matching	92
F.2.3 Location of the EUT	92
F.2.4 Location and length of the test harness	92
F.2.5 Location of the load simulator	92
F.3 Test procedure.....	92
F.4 Limits for radiated emissions from components/modules – Stripline method.....	94
F.5 Stripline design.....	96
Annex G (informative) Interference to mobile radio communication in the presence of impulsive noise – Methods of judging degradation	99
G.1 General.....	99
G.2 Survey of methods of judging degradation to radio channel.....	99
G.2.1 General	99
G.2.2 Subjective tests	99
G.2.3 Objective tests.....	101
G.2.4 Conclusions relating to judgement of degradation.....	101
Annex H (normative) Test methods for power supply systems for high voltages in electric and hybrid vehicles.....	102
H.1 General.....	102
H.2 Test equipment.....	102
H.2.1 Reference ground plane	102
H.2.2 Power supply, AN, HV-AN, AMN and AAN	103
H.2.3 Load simulator.....	103
H.3 Conducted emission from components/modules on HV power lines – Voltage method	103
H.3.1 General	103
H.3.2 Test setup	104
H.3.3 Limits for conducted emission – Voltage method	110
H.4 Conducted emission from components/modules on HV power lines – current probe method.....	111
H.4.1 General	111
H.4.2 Test setup	111
H.4.3 Limits for conducted emission – current probe method	117
H.5 Radiated emissions from components/modules – ALSE method.....	117
H.5.1 General	117
H.5.2 Test setup	117
H.5.3 Limits for radiated emissions – ALSE method	123
H.6 Coupling between HV and LV systems.....	123
H.6.1 General	123
H.6.2 Measurement based on test setups defined in Clause 6.....	123
H.6.3 Measurement of the HV-LV coupling attenuation	130
Annex I (Informative) ALSE performance validation 150 kHz to 1 GHz	133
I.1 General.....	133
I.2 Validation method	135
I.2.1 Overview	135

I.2.2	Equipment	135
I.2.3	Procedure.....	138
I.2.4	Requirements	147
Annex J (informative) Measurement instrumentation uncertainty – measurement of emissions received by an antenna on the same vehicle		148
J.1	General.....	148
J.2	Uncertainty sources	148
J.3	Measurand.....	150
J.4	Input quantities to be considered	150
J.4.1	General	150
J.4.2	AM band with OEM passive vehicle antenna (high impedance).....	150
J.4.3	AM band with OEM active vehicle antenna (“matched 50 Ω ” impedance)	150
J.4.4	Others bands (e.g FM, DAB III, ...) with OEM active vehicle antenna (“matched 50 Ω ” impedance)	150
J.4.5	Others bands with reference antenna	151
Annex K (informative) Uncertainty budgets for measurement of emissions received by an antenna on the same vehicle		156
K.1	General.....	156
K.2	Typical CISPR 25 uncertainty budgets	156
K.3	Receiver’s frequency step.....	163
Annex L (informative) Measurement instrumentation uncertainty – Emissions from components/modules – Test methods		164
L.1	General.....	164
L.2	Uncertainty sources	164
L.3	Measurand.....	168
L.4	Input quantities to be considered.....	168
Annex M (informative) Uncertainty budgets for emissions from components/modules		175
M.1	General.....	175
M.2	Typical uncertainty budgets	175
Annex N (informative) Items under consideration		181
N.1	General.....	181
N.2	Measurement techniques and limits	181
N.3	ALSE performance validation method above 1 GHz	181
N.4	Reconsideration of the scope of the document.....	181
N.5	Reorganizing the document into separate parts similar to CISPR-16 document series	181
N.6	Inclusion of test setups for WPT charging	181
Bibliography.....		182
Figure 1 – Method of determination of conformance for all frequency bands		20
Figure 2 – Example of gain curve.....		30
Figure 3 – Example of test setup – Vehicle-radiated emissions (front view with monopole antenna)		32
Figure 4 – Example of test setup for vehicle with the inlet located on vehicle side (charging mode 1 or 2, AC powered, without communication)		34
Figure 5 – Example of test setup for vehicle with the inlet located front / rear of vehicle (charging mode 1 or 2, AC powered, without communication)		35
Figure 6 – Example of test setup for vehicle with the inlet located on vehicle side (charging mode 3 or mode 4, with communication)		38

Figure 7 – Example of test setup for vehicle with the inlet located front /rear of vehicle (charging mode 3 or mode 4, with communication)	39
Figure 8 – Details of average limits for GPS, BDS, B1I and GLONASS bands – Complete vehicle	45
Figure 9 – Conducted emissions – Example of test setup for EUT with power return line remotely grounded	50
Figure 10 – Conducted emissions – Example of test setup for EUT with power return line locally grounded	51
Figure 11 – Conducted emissions – Example of test setup for alternators and generators	52
Figure 12 – Conducted emissions – Example of test setup for ignition system components	53
Figure 13 – Conducted emissions – Example of test setup for current probe measurements	56
Figure 14 – Test harness bending requirements	59
Figure 15 – Example of test setup – rod antenna	61
Figure 16 – Example of test setup – biconical antenna	62
Figure 17 – Example of test setup – log-periodic antenna	63
Figure 18 – Example of test setup – above 1 GHz – Horn antenna	64
Figure 19 – Details of average limit for GPS, BDS, B1I and GLONASS bands – Components	72
Figure A.1 – Flow chart for checking the applicability of this document	73
Figure B.1 – Verification setup	75
Figure C.1 – Characteristic S_{21} of the sheath-current suppressor	76
Figure D.1 – Example of vehicle test setup for equipment noise	78
Figure D.2 – Example of vehicle test setup for antenna noise measurement	79
Figure E.1 – Example of 5 μ H AN schematic	81
Figure E.2 – Characteristics of the AN impedance Z_{PB}	81
Figure E.3 – Example of 5 μ H HV-AN schematic	83
Figure E.4 – Example of 5 μ H HV-AN combination in a single shielded box	84
Figure E.5 – Impedance matching network attached between HV-ANs and EUT	85
Figure E.6 – Example of 5 μ H DC-charging-AN schematic	86
Figure E.7 – Example of an AAN for signal/control port with symmetric lines (e.g. CAN)	87
Figure E.8 – Example of AAN with wired network port with PLC on AC or DC power lines	88
Figure E.9 – Example of AAN circuit for signal/control port with PLC on control pilot	89
Figure E.10 – Example of AAN circuit for pilot line	90
Figure F.1 – Example of a basic stripline test setup in a shielded enclosure	93
Figure F.2 – Example for a 50 Ω stripline	97
Figure F.3 – Example for a 90 Ω stripline	98
Figure H.1 – Conducted emission – example for test setup for EUTs with shielded power supply systems	106
Figure H.2 – Conducted emission – example of test setup for EUTs with shielded power supply systems with electric motor attached to the bench	107
Figure H.3 – Conducted emission – Example of test setup for EUTs with shielded power supply systems and inverter	108

Figure H.4 – Conducted emission – Example of test setup for EUTs with shielded power supply systems and charger device	109
Figure H.5 – Conducted emission – Example of test setup current probe measurement on HV lines for EUTs with shielded power supply systems	113
Figure H.6 – Conducted emission – Example of test setup current probe measurement on HV lines for EUTs with shielded power supply systems with electric motor attached to the bench.....	114
Figure H.7 – Conducted emission – Example of test setup current probe measurement on HV lines for EUTs with shielded power supply systems and inverter	115
Figure H.8 – Conducted emission – Example of test setup current probe measurement on HV lines for EUTs with shielded power supply systems and charger device	116
Figure H.9 – Radiated emission – Example of test setup measurement with biconical antenna for EUTs with shielded power supply systems and with LV lines facing the antenna	119
Figure H.10 – Radiated emission – Example of test setup measurement with biconical antenna for EUTs with shielded power supply systems with electric motor attached to the bench and with LV lines facing the antenna	120
Figure H.11 – Radiated emission – Example of test setup measurement with biconical antenna for EUTs with shielded power supply systems and inverter and with LV lines facing the antenna	121
Figure H.12 – Radiated emission – Example of test setup measurement with biconical antenna for EUTs with shielded power supply systems and charger device and with LV lines facing the antenna	122
Figure H.13 – Test setup for calibration of the test signal.....	124
Figure H.14 – Example of test setup for conducted emissions – voltage method – measurement on LV ports with injection on HV supply ports	125
Figure H.15 – Example of test setup for conducted emissions – current probe method – measurement on LV ports with injection on HV supply ports	127
Figure H.16 – Example of test setup for radiated emissions – ALSE method – measurement with biconical antenna with injection on HV supply ports	129
Figure H.17 – Test setup for EUT S_{21} measurements	131
Figure H.18 – Examples of requirements for coupling attenuation, a_c	132
Figure I.1 – Examples of typical ALSE influence parameters over the 10 MHz to 100 MHz frequency range	134
Figure I.2 – Visual representation of ALSE performance validation process	135
Figure I.3 – Metallic sheet angles used as support for the rod.....	137
Figure I.4 – Radiator side view 50 Ω terminations	137
Figure I.5 – Photo of the radiator mounted on the ground reference plane	137
Figure I.6 – Example VSWR measured from four radiation sources (without 10 dB attenuator).....	138
Figure I.7 – Example setup for ALSE equivalent field strength measurement (rod antenna shown for the frequency range from 150 kHz to 30 MHz).....	140
Figure I.8 – MoM-Model for the frequency range 30 MHz to 200 MHz	142
Figure J.1 – Sources of measurement instrumentation uncertainty.....	149
Figure K.1 – Example of measurement for frequency step uncertainty evaluation	163
Figure L.1 – Sources of measurement instrumentation uncertainty – conducted emissions from components/modules – Voltage method	165
Figure L.2 – Sources of measurement instrumentation uncertainty – conducted emissions from components/modules – Current probe method.....	166

Figure L.3 – Sources of measurement instrumentation uncertainty – radiated emissions from components/modules – ALSE method	167
Table 1 – Spectrum analyser parameters	24
Table 2 – Scanning receiver parameters	26
Table 3 – Antenna types	29
Table 4 – Example for limits of disturbance – Complete vehicle – General	40
Table 5 – Example for limits of disturbance – Complete vehicle – Digital mobile phone	42
Table 6 – Examples of limits for conducted disturbances – Voltage method	54
Table 7 – Examples of limits for conducted disturbances – Current probe method	57
Table 8 – Examples of limits for radiated disturbances – ALSE method – General	65
Table 9 – Examples of limits for radiated disturbances – ALSE method – Digital mobile phone	67
Table E.1 – Magnitude of the AN impedance Z_{PB}	82
Table F.1 – Examples of limits for radiated disturbances – Stripline method	94
Table H.1 – Example for HV limits for conducted voltage measurements at shielded power supply devices (HV-LV coupling attenuation class A1)	110
Table H.2 – Example of configurations for equipment without negative LV line	131
Table H.3 – Example of configurations for equipment with negative LV line	131
Table H.4 – Examples of requirements for minimum coupling attenuation, a_C	132
Table I.1 – Reference data to be used for chamber validation	142
Table J.1 – Input quantities to be considered for voltage at antenna terminal measurements	151
Table K.1 – Typical uncertainty budget – Voltage at antenna terminal – AM band with OEM passive vehicle antenna (high impedance)	156
Table K.2 – Typical uncertainty budget – Voltage at antenna terminal – AM band with OEM active vehicle antenna (“matched 50 Ω ” impedance)	159
Table K.3 – Typical uncertainty budget – Voltage at antenna terminal – Others bands with reference antenna	161
Table L.1 – Input quantities to be considered for emissions from components/modules	169
Table M.1 – Typical uncertainty budget – Conducted emissions from components/modules – Voltage method and current probe method	175
Table M.2 – Typical uncertainty budget – Radiated emissions from components/modules – ALSE method	177

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

**VEHICLES, BOATS AND INTERNAL COMBUSTION ENGINES –
RADIO DISTURBANCE CHARACTERISTICS –
LIMITS AND METHODS OF MEASUREMENT FOR
THE PROTECTION OF ON-BOARD RECEIVERS**

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.

CISPR 25 has been prepared by CISPR subcommittee D: Electromagnetic disturbances related to electric/electronic equipment on vehicles and internal combustion engine powered devices. It is an International Standard.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition published in 2016. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) inclusion of new frequency bands,
- b) deletion of the annex on TEM cells,
- c) inclusion of annexes on measurement uncertainty,
- d) overall improvement.

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

Draft	Report on voting
CIS/D/477/FDIS	CIS/D/480/RVD

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

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

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

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

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

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

INTRODUCTION

This document is designed to protect on-board receivers from disturbances produced by conducted and radiated emissions arising in a vehicle.

Test procedures and limits given are intended to provide provisional control of vehicle radiated emissions, as well as component/module conducted/radiated emissions of long and short duration.

Vehicle test limits are provided for guidance and are based on a typical radio receiver using the antenna provided as part of the vehicle, or a test antenna if a unique antenna is not specified. The frequency bands that are defined are not applicable to all regions or countries of the world. For economic reasons, the vehicle manufacturer is free to identify what frequency bands are applicable in the countries in which a vehicle will be marketed and which radio services are likely to be used in that vehicle.

As an example, many vehicle models will probably not have a television receiver installed; yet the television bands occupy a significant portion of the radio spectrum. Testing and mitigating noise sources in such vehicles is not economically justified.

The vehicle manufacturer should define the countries in which the vehicle is to be marketed, then choose the applicable frequency bands and limits. Component test parameters can then be selected from this document to support the chosen marketing plan.

The World Administrative Radio communications Conference (WARC) lower frequency limit in region 1 was reduced to 148,5 kHz in 1979. For vehicular purposes, tests at 150 kHz are considered adequate. For the purposes of this document, test frequency ranges have been generalized to cover radio services in various parts of the world. Protection of radio reception at adjacent frequencies can be expected in most cases.

Radio technology developed for use by government agencies, emergency services (police forces, fire departments, ambulance/health services, etc) are not detailed and the protection limits provided are not necessarily applicable. For these technologies, limits and/or measurement parameters are generally agreed upon by the manufacturer and the service providers.

Mobile services up to 4G technologies have been considered in this edition. 5G technology and/or all mobile services under development have not been considered due to lack of established information in regards to frequency bands and limits.

To accomplish this end, this document:

- establishes a test method for measuring the electromagnetic emissions from the electrical system of a vehicle;
- sets limits for the electromagnetic emissions from the electrical system of a vehicle;
- establishes test methods for testing on-board components and modules independent from the vehicle;
- sets limits for electromagnetic emissions from components to prevent objectionable disturbance to on-board receivers;
- classifies automotive components by disturbance duration to establish a range of limits.

NOTE Component tests are not intended to replace vehicle tests. Exact correlation between component and vehicle test performance is dependent on component mounting location, harness length, routing and grounding, as well as antenna location. Components can be evaluated with component testing prior to actual vehicle availability.

VEHICLES, BOATS AND INTERNAL COMBUSTION ENGINES – RADIO DISTURBANCE CHARACTERISTICS – LIMITS AND METHODS OF MEASUREMENT FOR THE PROTECTION OF ON-BOARD RECEIVERS

1 Scope

This document contains limits and procedures for the measurement of radio disturbances in the frequency range of 150 kHz to 5 925 MHz. This document applies to vehicles, boats, internal combustion engines, trailers, devices and any electronic/electrical component intended for use in vehicles, boats, trailers and devices. Refer to International Telecommunications Union (ITU) publications for details of frequency allocations. The limits are intended to provide protection for on-board receivers installed (per the manufacturer's guidelines) in a vehicle from disturbances produced by components/modules in the same vehicle.

The receiver types to be protected are, for example, broadcast receivers (sound and television), land mobile radio, radio telephone, amateur, citizens' radio, Satellite Navigation (GPS etc.), Wi-Fi, V2X, and Bluetooth.

This document does not include protection of electronic control systems from radio frequency (RF) emissions or from transient or pulse-type voltage fluctuations. These subjects are included in ISO publications.

The limits in this document are recommended and subject to modification as agreed between the customer (e.g. vehicle manufacturer) and the supplier (e.g. component manufacturer). This document is also intended to be applied by vehicle manufacturers and suppliers which are to be added and connected to the vehicle harness or to an on-board power connector after delivery of the vehicle.

This document defines test methods for use by vehicle manufacturers and suppliers, to assist in the design of vehicles and components and ensure controlled levels of on-board radio frequency emissions.

The emission requirements in this document are not intended to be applicable to the intentional transmissions from a radio transmitter as defined by the ITU including their spurious emissions.

NOTE 1 This exclusion is limited to those intended transmitter emissions, which leave the EUT as radiated emissions and are coupled onto the wire line in the measurement setup. For conducted transmissions on frequencies intentionally produced by the radio part of an EUT, this exclusion does not apply.

NOTE 2 It is usual for customers and suppliers to use radio regulation standards to manage the effect of spurious emissions from a radio transmitter unless limits of spurious emission are agreed in the test plan.

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 61851-1:2017, *Electric vehicle conductive charging system – Part 1: General requirements*

CISPR 16-1-1:2019, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Measuring apparatus*

CISPR 16-1-2:2014, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Coupling devices for conducted disturbance measurements*
CISPR 16-1-2:2014/AMD1:2017

CISPR 16-1-6:2014, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-6: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – EMC antenna calibration*
CISPR 16-1-6:2014/AMD1:2017

ISO 7637-3:2016, *Road vehicles – Electrical disturbances from conduction and coupling – Part 3: Electrical transient transmission by capacitive and inductive coupling via lines other than supply lines*

ISO 11452-4:2020, *Road vehicles – Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy – Part 4: Harness excitation methods*

SAE ARP 958.1 Rev D:2003-02, *Electromagnetic Interference Measurement Antennas; Standard Calibration Method*

3 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

absorber lined shielded enclosure

ALSE

shielded enclosure/screened room with radio frequency-absorbing material on its internal ceiling and walls

3.2

antenna factor

factor which is applied to the voltage measured at the input connector of the measuring instrument to give the field strength at the antenna

3.3

antenna matching unit

unit for matching the impedance of an antenna to that of the 50 Ω measuring instrument over the antenna measuring frequency range

3.4

artificial mains network

AMN

network that provides a defined impedance to the EUT at radio frequencies, couples the disturbance voltage to the measuring receiver and decouples the test circuit from the supply mains

Note 1 to entry: There are two basic types of AMN, the V-network (V-AMN) which couples the unsymmetrical voltages, and the delta-network which couples the symmetric and the asymmetric voltages separately. The terms line impedance stabilization network (LISN) and V-AMN are used interchangeably.

Note 2 to entry: Network inserted in the power mains of the vehicle in charging mode or of a component (e.g. charger) which provides, in a given frequency range, a specified load impedance and which isolates the vehicle / component from the power mains in that frequency range.

3.5 **artificial network** **AN**

network inserted in the supply lead or signal/load lead of apparatus to be tested which provides, in a given frequency range, a specified load impedance for the measurement of disturbance voltages and which can isolate the apparatus from the supply or signal sources/loads in that frequency range

Note 1 to entry: Network inserted in the DC power lines of the vehicle in charging mode which provides, in a given frequency range, a specified load impedance and which isolates the vehicle from the DC power supply in that frequency range.

3.6 **asymmetric artificial network** **AAN**

network used to measure (or inject) asymmetric (common mode) voltages on unshielded symmetric signal (e.g. telecommunication) lines while rejecting the symmetric (differential mode) signal

Note 1 to entry: This network is inserted in the communication/signal lines of the vehicle in charging mode or of a component (e.g. charger) to provide a specific load impedance and/or a decoupling (e.g. between communication/signal lines and power mains). The AAN is also used in this document for symmetric lines.

3.7 **bandwidth**

3.7.1 **bandwidth**

<equipment> width of a frequency band over which a given characteristic of an equipment or transmission channel does not differ from its reference value by more than a specified amount or ratio

Note 1 to entry: The given characteristic may be, for example, the amplitude/frequency characteristic, the phase/frequency characteristic or the delay/frequency characteristic.

[SOURCE: IEC 60050-161:2018, 161-06-09, modified – Addition of "an equipment or" in the definition.] [5]

3.7.2 **bandwidth**

<emission or signal> the width of the frequency band outside which the level of any spectral component does not exceed a specified percentage of a reference level

[SOURCE: IEC 60050-161:2018, 161-06-10] [5]

3.8 **boat**

vessel intended to be used on the surface of water, its length being no greater than 15 m intended to carry persons or goods and equipped with either an inboard or outboard engine

3.9 **bonded**

<ground connection and DC resistance> grounding connection with a DC resistance not exceeding 2,5 mΩ and that provides the lowest possible impedance (resistance and inductance) connection between two metallic parts (see 5.3 of CISPR 16-2-1:2014/AMD1:2017)

Note 1 to entry: A low current (≤100 mA) 4-wire milliohm meter is recommended for this measurement.

3.10**broadband emission**

emission which has a bandwidth greater than that of a particular measuring apparatus or receiver

Note 1 to entry: An emission which has a pulse repetition rate (in Hz) less than the bandwidth of a particular measuring instrument can also be considered as a broadband emission.

3.11**charging mode**

mode that is intended to charge the traction battery with one of the following four categories described from 3.11.1 to 3.11.4

3.11.1**charging mode 1**

charging mode as defined in IEC 61851-1:2017, 6.2.1

Note 1 to entry: In some countries, mode 1 charging is prohibited or requires special precautions.

3.11.2**charging mode 2**

charging mode as defined in IEC 61851-1:2017, 6.2.2 where the vehicle is connected to AC mains using a charging cable including an Electric Vehicle Supply Equipment (EVSE) box providing control pilot signalling between the vehicle and the EVSE box and personal protection against electric shock

Note 1 to entry: In some countries, special restrictions are applied for mode 2 charging.

Note 2 to entry: There is no communication between the vehicle and the AC supply network (mains).

3.11.3**charging mode 3**

charging mode as defined in IEC 61851-1:2017, 6.2.3 where the vehicle is connected to an EVSE (e.g. charging station, wall box) providing AC power to the vehicle with communication between the vehicle and the charging station (through signal/control lines and/or through wired network lines)

3.11.4**charging mode 4**

charging mode as defined in IEC 61851-1:2017, 6.2.4 where the vehicle is connected to an EVSE providing DC power to the vehicle (with an off-board charger) with communication between the vehicle and the charging station (through signal/control lines and/or through wired network lines)

3.12**class**

performance level agreed upon by the customer and the supplier and documented in the test plan

3.13**compression point**

input signal level at which the gain of the measuring system becomes non-linear such that the indicated output deviates from an ideal linear receiving system's output by the specified increment in dB

3.14**controller area network****CAN**

network documented in ISO 11898-1 that connects devices, sensors and actuators in systems

3.15

device

machine driven by an internal combustion engine which is not primarily intended to carry persons or goods

Note 1 to entry: Devices include, but are not limited to, chainsaws, irrigation pumps, snow blowers, air compressors, and landscaping equipment.

3.16

disturbance voltage

interference voltage (deprecated in this sense)

voltage produced between two points on two separate conductors by an electromagnetic disturbance, measured under specified conditions

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-04-01][5]

3.17

electric vehicle

vehicle propelled exclusively by electric motor(s) powered by on-board traction battery or batteries

Note 1 to entry: Vehicles equipped with an additional power source (e.g. auxiliary combustion engine, fuel cell) used to provide electric power to the electric motor/traction battery only, without contributing to the mechanical propulsion of the vehicle, are considered as an electric vehicle.

3.18

equipment under test

EUT

vehicle, boat, device, component, module or internal combustion engine within this document

3.19

hybrid electric vehicle

vehicle propelled by electric motor(s) and internal combustion engine

Note 1 to entry: The two propulsion systems can operate individually or in a combined mode depending on the hybrid system.

Note 2 to entry: Vehicle where the electric motor is used to start the internal combustion engine are not considered as a hybrid vehicle.

3.20

high voltage

HV

operating DC voltage between 60 V to 1 000 V

Note 1 to entry: The term high voltage can be defined with a different voltage range in other standards.

3.21

high voltage artificial network

HV-AN

network inserted in the high voltage DC lead of apparatus to be tested which provides, in a given frequency range, a specified load impedance for the measurement of disturbance voltages and which can isolate the apparatus from the supply in that frequency range

3.22

direct current charging artificial network

DC-charging-AN

network inserted in the high voltage DC lead of vehicle in charging mode which provides, in a given frequency range, a specified load impedance and which can isolate the vehicle from the HV DC charging station in that frequency range

3.23**low voltage****LV**

operating DC voltage below 60 V, e.g. nominal voltages of 12 V, 24 V or 48 V

Note 1 to entry: The term low voltage can be defined with a different voltage range in other standards.

3.24**measurement time**

effective, coherent time for a measurement result at a single frequency

- for the peak detector, the effective time to detect the maximum of the signal envelope,
- for the quasi-peak detector, the effective time to measure the maximum of the weighted envelope,
- for the average detector, the effective time to average the signal envelope

3.25**narrowband emission**

emission which has a bandwidth less than that of a particular measuring apparatus or receiver

Note 1 to entry: An emission which has a pulse repetition rate (in Hz) greater than the bandwidth of a particular measuring instrument can also be considered as a narrowband emission.

3.26**open area test site****OATS**

facility used for measurements of electromagnetic fields the intention for which is to simulate a semi-free-space environment over a specified frequency range that is used for radiated emission testing of products

Note 1 to entry: An OATS typically is located outdoors in an open area and has an electrically-conducting ground plane. This is defined in CISPR 16-2-3.

3.27**powerline communications****PLC**

communication technique based on error tolerant modulation schemes which transmits information superimposed to electrical power over lines or cables

3.28**reference ground plane**

flat conductive surface whose potential is used as a common reference

Note 1 to entry: For the purpose of this document, the reference ground plane is defined as the top metallic surface of the test bench/table.

3.29**RF boundary**

element of an EMC test setup that determines what part of the harness and/or peripherals are included in the RF environment and what is excluded

Note 1 to entry: A RF boundary can consist of, for example, ANs, filter feed-through pins, RF absorber coated wire, and/or RF shielding.

3.30**shielded enclosure**

mesh or sheet metallic housing designed expressly for the purpose of electromagnetically separating the internal and the external environment

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-04-37, modified – The second preferred term “screened room” has been omitted.][5]

3.31

signal/control port

port intended for the interconnection of components of an EUT, or between an EUT and local auxiliary equipment (AE) and used in accordance with relevant functional specifications (for example for the maximum length of cable connected to it)

Note 1 to entry: Examples include RS-232, Universal Serial Bus (USB), High-Definition Multimedia Interface (HDMI), IEEE Std 1394 ("FireWire").

Note 2 to entry: For vehicles in charging mode, this includes Control Pilot signal, PLC technology used on Control Pilot signal line and CAN.

3.32

traction battery

high voltage (HV) battery used for the propulsion of electric or hybrid electric vehicle

3.33

validation reference ground plane

elevated reference ground plane with the dimensions of 2,5 m × 1 m which is used as the standard for modelling in Annex I

Note 1 to entry: The validation reference ground plane size and grounding used during the modelling can be different from what a laboratory would use during EUT measurements.

3.34

wired network port

port for the connection of voice, data and signalling transfers intended to interconnect widely dispersed systems by direct connection to a single-user or multi-user communication network

Note 1 to entry: Examples of these include CATV, PSTN, ISDN, xDSL, LAN and similar networks.

Note 2 to entry: Wired network ports can support screened or unscreened cables and can also carry AC or DC power where this is an integral part of the telecommunication specification.

3.35

vehicle

machine operating on land which is intended to carry persons or goods or that is operated by a person

Note 1 to entry: Vehicles include, but are not limited to cars, trucks, buses, mopeds, agricultural machinery, earth-moving machinery, trailers, material-handling equipment, mining equipment, floor treatment machines, walk-behind floor treatment machines and snowmobiles.

3.36

vehicle inlet electric vehicle inlet

part of a vehicle coupler incorporated in, or fixed to, the electric vehicle or hybrid vehicle (if equipped)

[SOURCE: IEC 62196-1:2014, 3.3.2, modified – Addition of "or hybrid vehicle (if equipped)".]

4 Requirements common to vehicle and component/module emissions measurement

4.1 General test requirements

4.1.1 Categories of disturbance sources (as defined in the test plan)

Electromagnetic disturbance sources can be divided into two main types:

- narrowband sources (examples of narrowband disturbance sources are vehicle electronic components which include clocks, oscillators, digital logic from microprocessors and displays);
- broadband sources (examples of broadband disturbance sources are electrical motors and ignition system).

NOTE 1 While most vehicle or electrical/electronic components are a source of both narrowband and broadband disturbances, some can be a source of only one type of disturbance.

NOTE 2 Broadband sources can be classified in short-duration broadband (examples are washer pump, door mirror, electrical windows) and long-duration broadband (examples are front wiper motor, heater blower, engine cooling).

For the purposes of this document, categorization of the disturbance type is used only in simplifying the testing demands by potentially reducing the number of detectors that shall be used (i.e. eliminating the average detector if the device is known to be broadband-type of source, such as a DC brush commutated motor). Otherwise, this document requires that sources comply with limits based upon both types of measurement detectors and not the type of disturbance.

4.1.2 Test plan

A test plan shall be established for each item to be tested. The test plan shall specify the

- frequency range to be tested,
- the emissions limits,
- antenna types and locations,
- test report requirements,
- supply voltage and other relevant parameters, including EUT operating conditions as described in 4.1.4.

The test plan shall define for each frequency band whether the conformance can be obtained with average and peak limits or with average and quasi-peak limits.

4.1.3 Determination of conformance of equipment under test (EUT) with limits

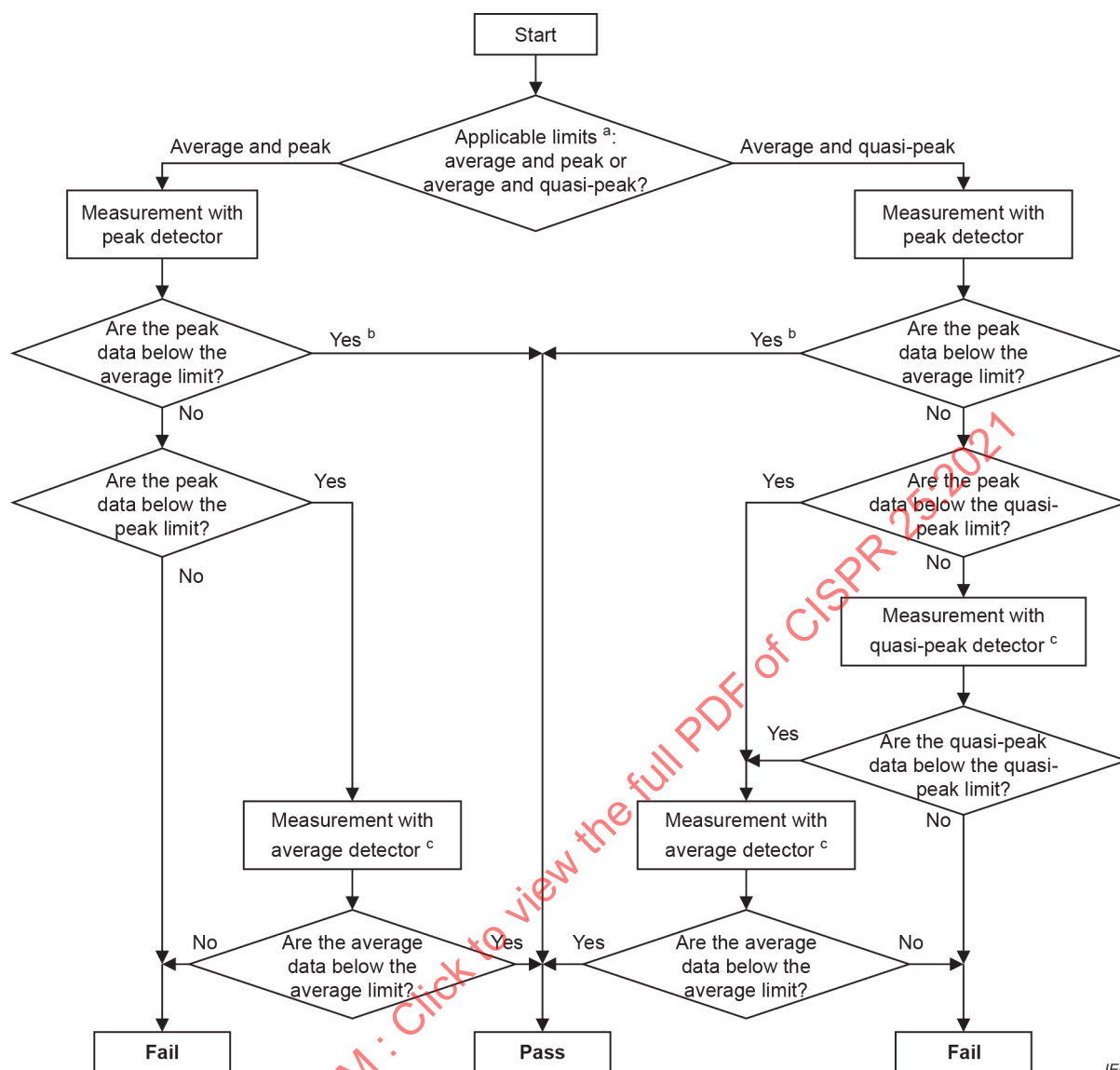
In all cases the EUT shall conform to the average limit.

The EUT shall also conform to either peak or quasi-peaks limits as follows.

- for frequencies where both peak and quasi-peak limits are defined, the EUT shall conform to either the peak or the quasi-peak limits (as defined in the test plan);
- for frequencies where only peak limits are defined, the EUT shall conform to the peak limit.

The general procedure applicable for all frequency bands is described in Figure 1.

The limits given in this document take uncertainties into account.



IEC

^a The conformance can normally be obtained by compliance to both average and peak limits or both average and quasi-peak limits, unless the test plan defines that conformance can be obtained by compliance to the single appropriate limit (depending on the case, peak, or average, or quasi-peak).

^b Because measurements with a peak detector are always higher than or equal to measurements with an average detector and the applicable peak limit is always higher than or equal to the applicable average limit, this single detector measurement can lead to a simplified and quicker conformance process.

^c This flow-chart is applicable for each individual frequency, e.g. only frequencies that are above the applicable limit shall be remeasured with average or quasi-peak detector.

Figure 1 – Method of determination of conformance for all frequency bands

4.1.4 Operating conditions

Different operating conditions of the EUT can influence emission measurement results.

When performing component/module tests, the EUT shall be made to operate under typical loading and other conditions as in the vehicle such that the maximum emission state occurs. The operating conditions shall be specified in the test plan.

To ensure correct operation of components/modules during test, a peripheral interface unit shall be used which simulates the vehicle installation. Depending on the intended operating modes, all significant sensor and actuator leads of the EUT shall be connected to a peripheral interface unit. The peripheral interface unit shall be capable of controlling the EUT in accordance with the test plan.

The peripheral interface unit can be located internal or external to the shielded enclosure. If located in the shielded enclosure, the disturbance levels generated by the peripheral interface unit shall be at least 6 dB below the test limits specified in the test plan.

4.1.5 Test report

The report shall contain the information agreed upon by the customer and the supplier, e.g.

- sample identification,
- date and time of test,
- bandwidth,
- step size,
- required test limit,
- ambient data and test data.

4.2 Shielded enclosure

The ambient electromagnetic noise levels shall be at least 6 dB below the limits specified in the test plan for each test to be performed. The shielding effectiveness of the shielded enclosure shall be sufficient to assure that the required ambient electromagnetic noise level requirement is met.

NOTE Although there will be reflected energy from the interior surfaces of the shielded enclosure, this is of minimal concern for the measurement of conducted disturbances because of the direct coupling of the measuring instrument to the leads of the EUT. The shielded enclosure can be as simple as a suitably grounded bench-top screened cage.

4.3 Absorber-lined shielded enclosure (ALSE)

4.3.1 General

For radiated emission measurements the reflected energy can cause errors of as much as 20 dB. Therefore, it is necessary to apply RF absorber material to the walls and ceiling of a shielded enclosure that is to be used for radiated emission measurements.

The following ALSE requirements shall also be made when performing radiated RF emissions measurements.

4.3.2 Size

For radiated emissions tests, the shielded enclosure shall be of sufficient size to ensure that neither the vehicle/EUT nor the test antenna (except the rear part of the horn antenna) shall be closer than 1 m from the walls or ceiling, or to the nearest surface of the absorber material used thereon.

4.3.3 Objects in ALSE

For radiated emissions measurements in particular, the ALSE shall be cleared of all items not pertinent to the tests. This is required in order to reduce any effect they may have on the measurement. Included are unnecessary equipment, cable racks, storage cabinets, desks, chairs, etc. Personnel not actively involved in the test shall be excluded from the ALSE.

4.3.4 ALSE performance validation

4.3.4.1 Vehicle ALSE

The performance of the absorption material shall be greater than or equal to 6 dB in the 70 MHz to 5 925 MHz frequency range.

No absorber shall be placed on the floor for vehicle tests.

NOTE A test method is described in IEEE STD 1128-1998 [4].¹

4.3.4.2 Component ALSE

The performance of the absorption material shall be greater than or equal to 6 dB in the 70 MHz to 5 925 MHz frequency range.

For component testing, no absorber shall be placed on the floor, however, flat ferrite tiles with a maximum thickness of 25 mm can be utilised on the floor for component level testing if the chamber performance in this configuration meets the requirements of Annex I.

NOTE A test method is described in IEEE STD 1128-1998 [4].

The ALSE performance validation procedure described in Annex I shall be used to evaluate the performance of the ALSE as configured for 6.5 component radiated emissions testing. This performance verification procedure will evaluate the influences of the chamber, absorber, reference ground plane, reference ground plane grounding, and any other possible cause for measurement variation

4.4 Measuring instrument

4.4.1 General

The measuring instrument (including FFT-based instruments) shall comply with the requirements of CISPR 16-1-1. Either manual or automatic frequency scanning can be used. For the limits given in this document, the appropriate average detector is the linear detector with meter time constants defined in CISPR 16-1-1.

NOTE 1 Spectrum analysers and scanning receivers are particularly useful for disturbance measurements. The peak detection mode of spectrum analysers and scanning receivers provides a display indication which is never less than the quasi-peak indication for the same bandwidth. It can be convenient to measure emissions using peak detection because of the faster scan possible than with quasi-peak detection.

NOTE 2 A preamplifier can be used between the antenna and measuring instrument in order to achieve the 6 dB ambient noise requirements (see 4.2). If a preamplifier is used to achieve the 6 dB ambient noise requirement, the laboratory establishes a procedure to avoid overload of the preamplifier, such as using a step attenuator.

4.4.2 Spectrum analyser parameters

The scan rate of the spectrum analyser shall be adjusted for the CISPR frequency band and detection mode used.

Spectrum analysers can be used for performing compliance measurements to this document providing the precautions cited in CISPR 16-1-1 on the use of spectrum analysers are adhered to and that the broadband emissions from the product being tested have a repetition frequency greater than 20 Hz.

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

The minimum scan time in Table 1 is applicable only for the measurement of emissions where the pulse repetition interval of the signal is shorter than the minimum observation time at each frequency based on a step size equal to half of the resolution bandwidth B_{res} . For the measurement of signals with a pulse repetition interval longer than the minimum observation time and for the measurement of intermittent signals the minimum scan time shall be increased.

If the pulse repetition interval of the signal is known the scan shall be performed with a scan time that allows an observation time at each frequency that is longer than the reciprocal of the pulse repetition frequency of the signal.

As alternative multiple faster scans with the use of a maximum hold function can be used if the total scanning time is equal to or greater than the time that would have been spent using the minimum scan time defined in Table 1. The following equation can be used to calculate the minimum scan time for multiple scans.

$$T_{\text{s,min}} = 2 \times \frac{\Delta f}{B_{\text{res}}} \quad (1)$$

where

$T_{\text{s,min}}$ is the minimum scan time for multiple scans,

Δf is the frequency span,

B_{res} is the resolution bandwidth (RBW).

For further guidance on the measurement of the duration of disturbance and the determination of the minimum scan time, see CISPR 16-2-1 and CISPR 16-2-3 [7].

Table 1 – Spectrum analyser parameters

[illegible]

Service / Band	Frequency range MHz	Peak detection		Quasi-peak detection		Average detection	
		RBW at -3 dB	Minimum scan time	RBW at -6 dB	Minimum scan time	RBW at -3 dB	Minimum scan time
Digital mobile phone services							
2G	a)	100/120 kHz	100 ms / MHz	Does not apply		100 / 120 kHz	100 ms / MHz
3G		1 MHz	100 ms / MHz	Does not apply		1 MHz	100 ms / MHz
4G							
5G							
a) Frequency bands associated with these technologies are detailed in limits tables.							

When a spectrum analyser is used for measurements, the video bandwidth shall be at least three times the resolution bandwidth (RBW).

4.4.3 Scanning receiver parameters

The measurement time of the scanning receiver shall be adjusted for the CISPR frequency band and detection mode used. The minimum measurement time, maximum step size and recommended bandwidth (BW) are listed in Table 2.

The minimum measurement time in Table 2 is applicable only for the measurement of emissions where the pulse repetition interval of the signal is shorter than the minimum measurement time in Table 2. For the measurement of signals with a pulse repetition interval longer than the minimum measurement time in Table 2 and for the measurement of intermittent signals the minimum measurement time shall be increased.

If the pulse repetition interval of the signal is known the scan shall be performed with a measurement time that is longer than the reciprocal of the pulse repetition frequency of the signal.

If using FFT-based instruments, the minimum measurement time should be 1 s.

For further guidance on the measurement of the duration of disturbance and the determination of the minimum measurement time see CISPR 16-2-1 and CISPR 16-2-3 [7].

Table 2 – Scanning receiver parameters

[illegible]

Service / Band	Frequency range MHz	Peak detection			Quasi-peak detection			Average detection		
		RBW at -6 dB	Max step size	Min mea- sure- ment time	RBW at -6 dB	Max step size	Min mea- sure- ment time	RBW at -6 dB	Max step size	Min mea- sure- ment time
Digital mobile phone services										
2G	a)	120 kHz	50 kHz	5 ms	Does not apply			120 kHz	50 kHz	5 ms
3G		1 MHz	500 kHz	50 ms	Does not apply			1 MHz	500 kHz	50 ms
4G										
5G										
a) Frequency bands associated with these technologies are detailed in limits tables.										

4.5 Power supply

4.5.1 General

The power supply shall have adequate regulation to maintain the supply voltage U_s within the ranges specified in 4.5.2, 4.5.3, 4.5.4, 4.5.5 and 4.5.6.

4.5.2 Internal combustion engine vehicle – ignition on, engine off

The vehicle battery voltage shall be recorded before and after the measurement with ignition off and battery disconnected from the vehicle electrical network. The values shall be within the following values:

$$U_s = \begin{pmatrix} 12 \\ -1 \end{pmatrix}^{+2} \text{ V for systems with 12 V nominal supply voltage}$$

$$U_s = \begin{pmatrix} 24 \\ -2 \end{pmatrix}^{+4} \text{ V for systems with 24 V nominal supply voltage}$$

$$U_s = \begin{pmatrix} 48 \\ -4 \end{pmatrix}^{+8} \text{ V for systems with 48 V nominal supply voltage}$$

4.5.3 Internal combustion engine vehicle – engine running

The vehicle battery voltage shall be recorded before and after the measurement with engine running in idle mode and battery connected to the vehicle electrical network. The values shall be within the following values:

$$U_s = \begin{pmatrix} 13 \\ -0 \end{pmatrix}^{+3} \text{ V for systems with 12 V nominal supply voltage}$$

$$U_s = \begin{pmatrix} 26 \\ -0 \end{pmatrix}^{+6} \text{ V for systems with 24 V nominal supply voltage}$$

$$U_s = \begin{pmatrix} 48 \\ -0 \end{pmatrix}^{+8} \text{ V for systems with 48 V nominal supply voltage}$$

NOTE Most of the vehicle tests will be performed without the engine running, but with the ignition switched on, therefore ensure that the battery is sufficiently well charged. A permanent recording of the battery voltage can be installed during the measurements as a complementary information.

4.5.4 Plug-in hybrid electric or electric vehicle in charging mode

In case of AC charging the AC power supply voltage during the test shall be nominal –15 % / +10 %. The rated value of the frequency shall be nominal ± 1 %.

The state of charge (SOC) of the traction battery shall be kept between 20 % and 80 % of the maximum SOC during the whole frequency range measurement (this can lead to splitting the measurement in different sub-bands with the need to discharge the vehicle's traction battery before starting the next sub-bands).

If the current consumption can be adjusted in the case of conductive charging, then the current shall be set to at least 80 % of its maximum rated value for AC charging.

If the current consumption can be adjusted in the case of conductive charging, then the current shall be set to at least 80 % of its maximum rated value for DC charging unless another value is agreed in the test plan.

In case of multiple batteries, the average of SOC should be considered.

The vehicle battery voltage shall be recorded before and after the measurement in charging mode and battery connected to the vehicle electrical network. The values shall be within the following values:

$$U_s = \begin{pmatrix} 14 \\ +1 \\ -1 \end{pmatrix} \text{ V for systems with 12 V nominal supply voltage}$$

$$U_s = \begin{pmatrix} 24 \\ +4 \\ -2 \end{pmatrix} \text{ V for systems with 24 V nominal supply voltage}$$

4.5.5 Hybrid electric or electric vehicle in running mode

The vehicle battery voltage shall be recorded before and after the measurement in running mode and battery connected to the vehicle electrical network. The values shall be within the following values:

$$U_s = \begin{pmatrix} 14 \\ +1 \\ -1 \end{pmatrix} \text{ V for systems with 12 V nominal supply voltage}$$

$$U_s = \begin{pmatrix} 24 \\ +4 \\ -2 \end{pmatrix} \text{ V for systems with 24 V nominal supply voltage}$$

4.5.6 Component/module tests

The DC power supply voltage during the test shall be nominal ± 10 %.

The AC power supply voltage during the test shall be nominal –15 % / +10 %. The rated value of the frequency shall be nominal ± 1 %.

Unless otherwise stated in the test plan, the values below shall be used.

$$U_s = \begin{pmatrix} 13 \\ +1 \\ -1 \end{pmatrix} \text{ V for systems with 12 V nominal supply voltage}$$

$$U_s = \begin{pmatrix} 26 \\ +2 \\ -2 \end{pmatrix} \text{ V for systems with 24 V nominal supply voltage}$$

$$U_s = \begin{pmatrix} 48 \\ +4 \\ -4 \end{pmatrix} \text{ V for systems with 48 V nominal supply voltage}$$

The power supply shall also be adequately filtered such that the RF noise produced by the power supply is at least 6 dB lower than the limits specified in the test plan.

When specified in the test plan, a vehicle battery shall be connected in parallel with the power supply.

5 Measurement of emissions received by an antenna on the same vehicle

5.1 General

The test shall be performed in an ALSE.

5.2 Antenna measuring system

5.2.1 Type of antenna

An antenna of the type to be supplied with the vehicle shall be used as the measurement antenna for the bands for which it is designed to be used for radio reception.

If no antenna is to be furnished with the vehicle the antenna types in Table 3 shall be used for the test. The antenna type and location shall be included in the test plan.

If an active antenna is used, the noise floor of the measured signal at the radio antenna connector can increase (see also the note in 5.5).

Table 3 – Antenna types

Frequency MHz	Antenna type
0,15 to 6,2	1 m monopole
26 to 54	Loaded quarter-wave monopole
68 to 1 000	Quarter-wave monopole
1 000 to 5 925	As recommended by the vehicle manufacturer

5.2.2 Measuring system requirements

5.2.2.1 Broadcast bands

5.2.2.1.1 General

For each band, the measurement shall be made with instrumentation which has the following specified characteristics.

5.2.2.1.2 AM analog broadcast

Long wave (0,15 MHz to 0,3 MHz)

Medium wave (0,53 MHz to 1,8 MHz)

Short wave (5,9 MHz to 6,2 MHz)

The measuring system consisting of antenna element, antenna matching unit, coaxial cable(s) and preamplifier, if used, shall have the following characteristics:

- noise floor of the measurement system shall be at least 6 dB lower than the applicable limits.

Antenna matching unit

- The input impedance shall have a resistance of at least 100 k Ω in parallel with a maximum capacitance of 10 pF;
- Output impedance: 50 Ω resistive;
- Gain: The gain (or attenuation) shall be known with an accuracy of $\pm 0,5$ dB. The gain shall remain within a 6 dB envelope for each frequency band as shown in Figure 2. Verification shall be performed in accordance with Annex B;

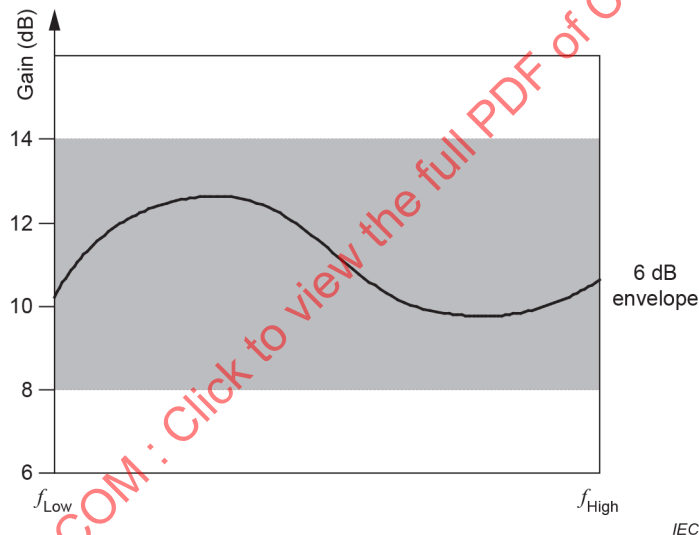


Figure 2 – Example of gain curve

- Compression point: The 1 dB compression point shall occur at a sine wave voltage level (generator output level) greater than 60 dB(μ V). Verification shall be performed in accordance with Annex B.

5.2.2.1.3 FM and TV analog broadcast and DAB digital broadcast

Measurements shall be taken with a measuring instrument which has an input impedance of 50 Ω . If the voltage standing wave ratio (VSWR) of the antenna is greater than 2:1 an input matching network shall be used. Appropriate correction shall be made for any attenuation/gain of the matching unit.

5.2.2.2 Mobile services (26 MHz to 5 925 MHz) and digital mobile phone services (2G, 3G, 4G, 5G)

Measurements shall be taken with a measuring instrument which has an input impedance of 50 Ω . If the voltage standing wave ratio (VSWR) of the antenna is greater than 2:1 an input matching network shall be used. Appropriate correction shall be made for any attenuation/gain of the matching unit.

5.3 Method of measurement

The disturbance voltage shall be measured at the receiver end of the antenna coaxial cable using the ground contact of the antenna coaxial cable connector as a reference. The antenna coaxial cable connector shall be grounded to the housing of the on-board radio. The radio housing shall be grounded to the vehicle body using the production harness. A coaxial bulkhead connector shall be used for connection to the measuring instrument outside the shielded room. In the case of an active vehicle antenna, which is fed by the radio via the antenna cable (phantom network), a decoupling network similar to that used in the radio shall be installed at the antenna connector to feed the active antenna from the vehicle supply voltage.

When making measurements in the AM broadcast bands (LW, MW, SW), the vehicle/matching unit ground and ground of the ALSE shall be electrically isolated from each other by means such as an isolation transformer, sheath-current suppressor, battery-powered measurement instrumentation, fibre optics, etc. Appropriate correction shall be made for the insertion loss of any isolation network. (See Annex C for an example of a sheath-current suppressor).

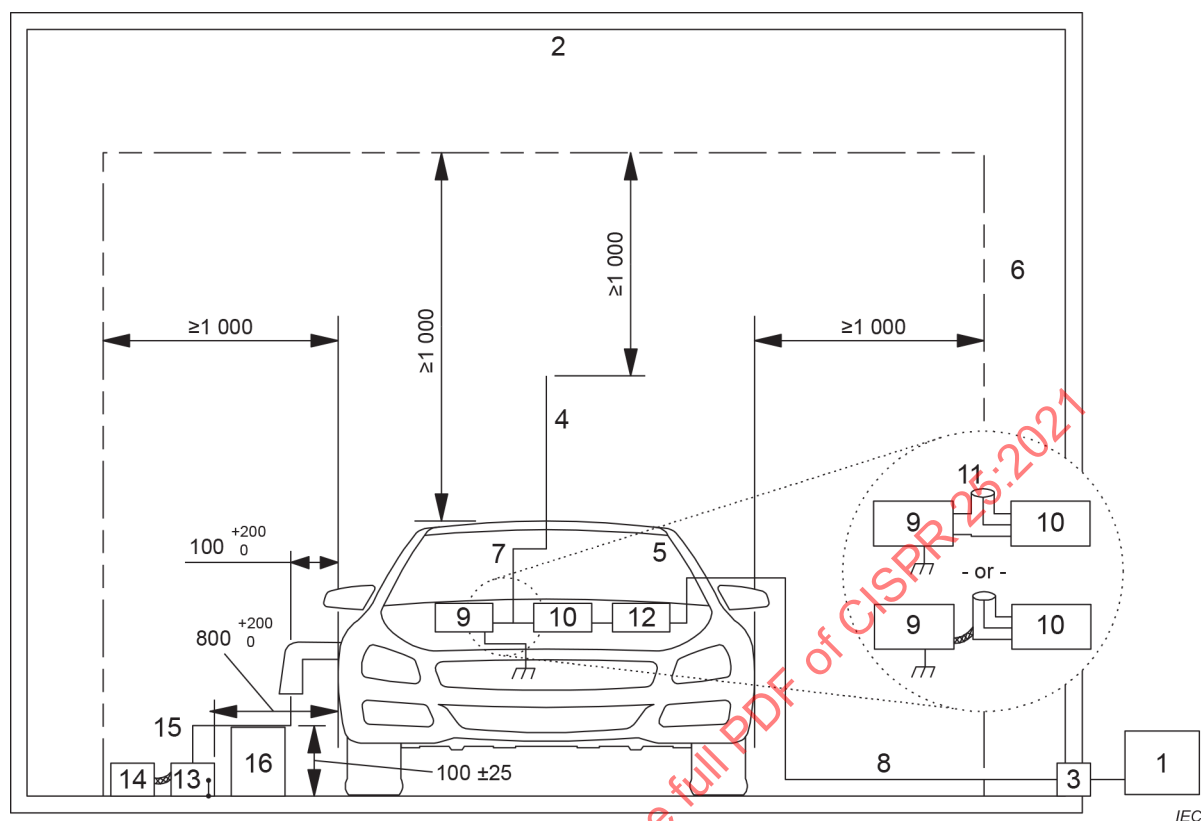
The use of a high-quality coaxial cable e.g. double-shielded cable for connection to the measuring instrument is recommended as well as the use of ferrite rings on the cable for suppression of surface currents.

Some vehicles can allow a receiver to be mounted in several locations (e.g. under the instrument panel, under the seat, etc.). In these cases a test shall be carried out as specified in the test plan for each receiver location.

The test setup is described in Figure 3.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of CISPR 25:2021

Dimensions in millimetres



Key

- 1 Measuring instrument
- 2 ALSE
- 3 Bulkhead connector
- 4 Antenna (see 5.2)
- 5 Vehicle
- 6 Typical absorber material
- 7 Antenna coaxial cable
- 8 High-quality coaxial cable e.g. double-shielded (50 Ω)
- 9 Housing of on-board radio
- 10 Impedance matching unit (when required)
- 11 Modified coaxial "T" connector
- 12 AM broadcast band ground isolation network (when required)
- 13 Artificial Mains Network (only for charging mode configuration)
- 14 Power mains (only for charging mode configuration)
- 15 Charging harness (only for charging mode configuration)
- 16 Insulating support (only for charging mode configuration)

**Figure 3 – Example of test setup – Vehicle-radiated emissions
(front view with monopole antenna)**

5.4 Test setup for vehicle in charging mode

5.4.1 General

The test setup characteristics described in this clause are specific for charging mode operating conditions.

5.4.2 Vehicle in charging mode 1 or mode 2 (AC power charging without communication)

5.4.2.1 General

This configuration concerns only charging mode 1 and mode 2.

Examples of test setups are shown in Figure 4 and Figure 5.

5.4.2.2 Power mains

The power mains socket can be placed anywhere in the test location with the following conditions:

- It shall be placed on the ground plane.
- The length of the harness between the power mains socket and the AMN(s) shall be kept as short as possible but not necessarily aligned with the charging harness.
- The harness shall be placed as close as possible to the ground plane.

5.4.2.3 Artificial mains network

Power mains shall be applied to the vehicle through $50\ \mu\text{H}/50\ \Omega$ AMN(s) (see Clause E.3).

The AMN(s) shall be mounted directly on the ground plane. The case of the AMN(s) shall be bonded to the ground plane. The DC resistance between the ground of the AMN measurement port and the ground plane shall not exceed $2,5\ \text{m}\Omega$.

The measuring port of each AMN shall be terminated with a $50\ \Omega$ load.

For vehicles with the inlet located front/rear of the vehicle, the AMN should be placed on one side of the vehicle and perpendicularly to the vehicle power charging inlet and should be aligned with the vehicle charging harness. For vehicles with the inlet located side of the vehicle, the AMN should be placed on one side of the vehicle and aligned with the vehicle power charging inlet and should be aligned with the vehicle charging harness.

5.4.2.4 Power charging harness

The power charging harness shall be laid out in a straight line between the AMN(s) and the vehicle charging inlet and shall be routed perpendicularly to the vehicle's longitudinal axis as shown in Figure 4 and Figure 5. The projected harness length from the side of the AMN(s) to the side of the vehicle shall be $800^{+200}_0\ \text{mm}$.

For a longer harness, the extraneous length shall be "Z-folded" in a less than 0,5 m width approximately around the middle of the AMN to vehicle distance. If it is impractical to do so because of harness bulk or stiffness, or because the testing is being done at a user's installation, the disposition of the excess harness shall be precisely noted in the test report.

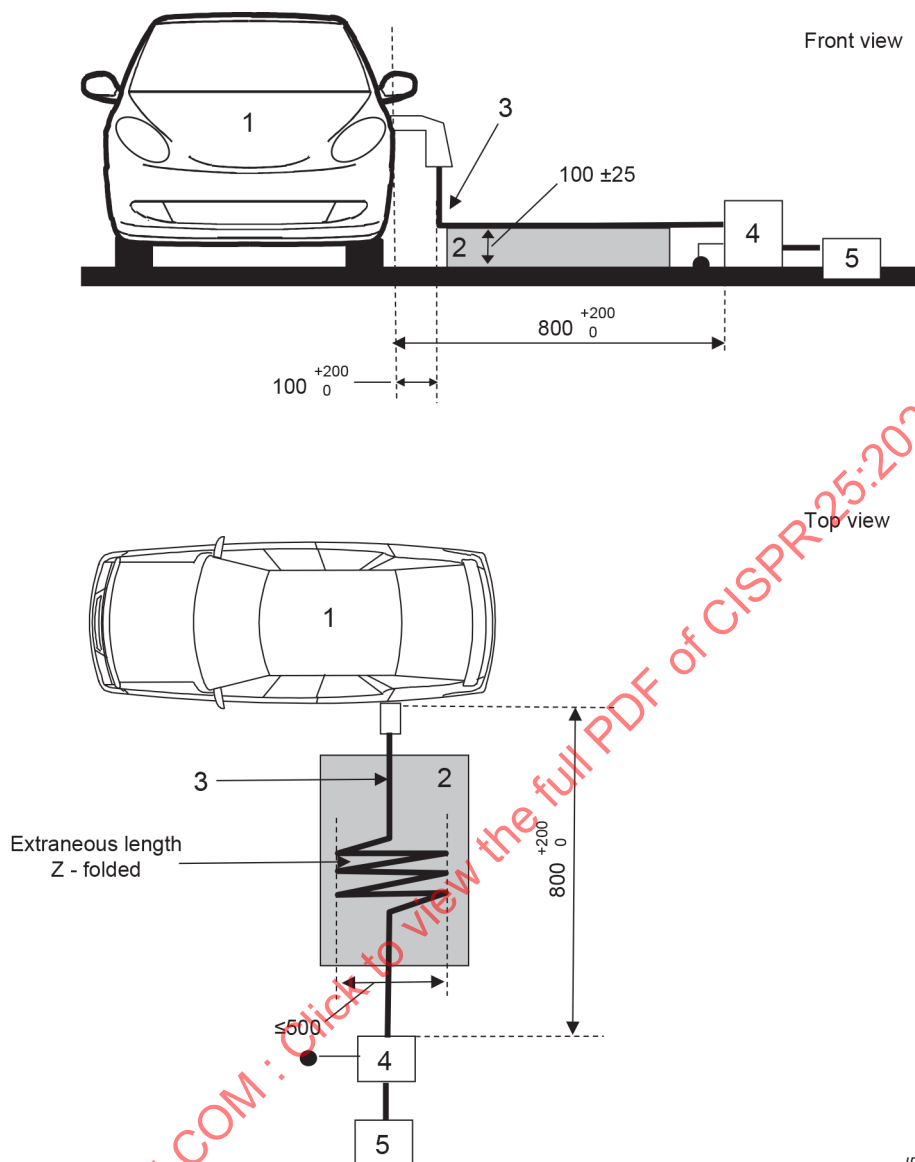
The charging harness at the vehicle side shall hang vertically at a distance of $100^{+200}_0\ \text{mm}$ from the vehicle body.

The whole harness shall be placed on a non-conductive, low relative permittivity (dielectric-constant) material ($\epsilon_r \leq 1,4$), at $(100 \pm 25)\ \text{mm}$ above the ground plane.

5.4.2.5 Measuring system

The measuring system (receiver, impedance matching unit, cable...) shall be placed as defined in Figure 3.

Dimensions in millimetres



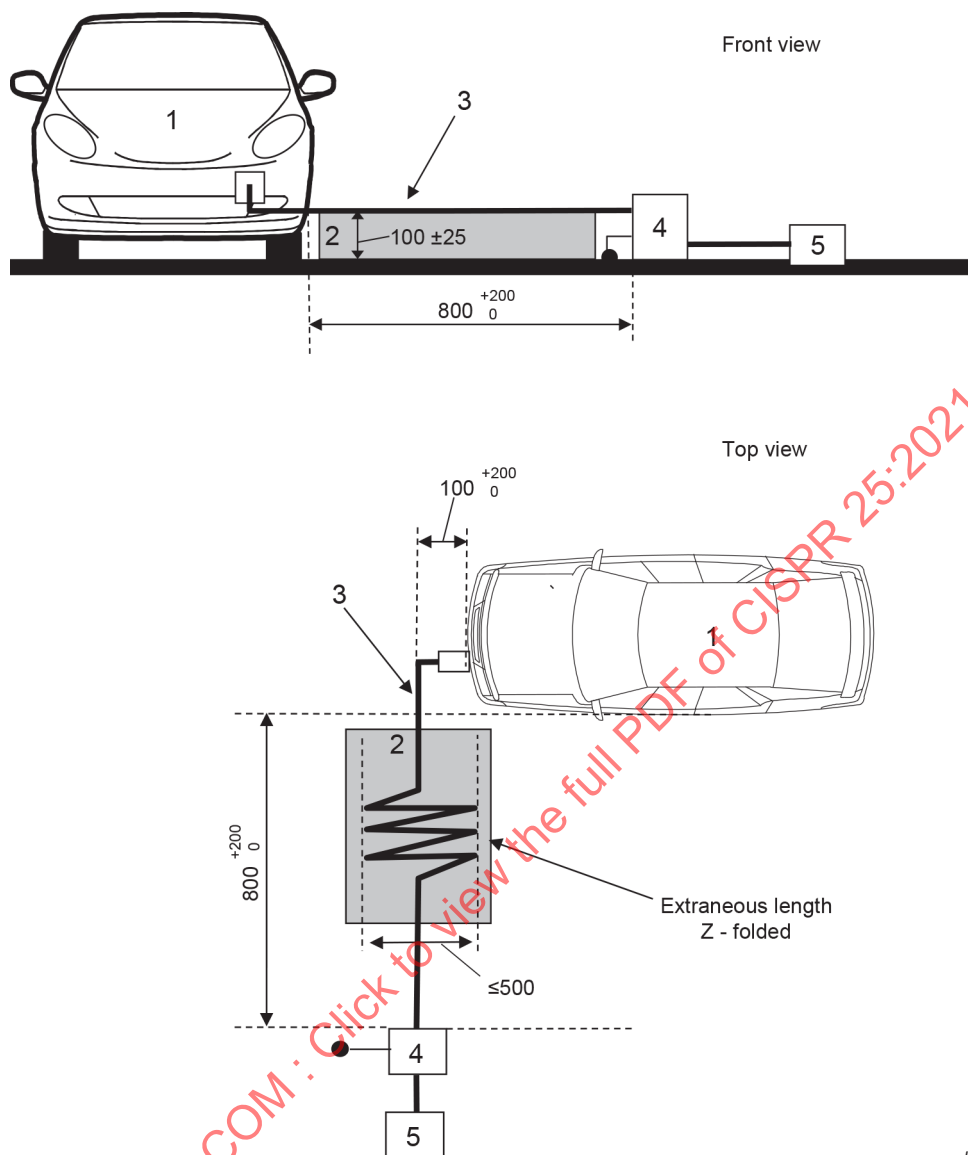
IEC

Key

- 1 Vehicle under test
- 2 Insulating support
- 3 Charging harness
- 4 AMN(s) grounded
- 5 Power mains socket (see 5.4.2.2)

Figure 4 – Example of test setup for vehicle with the inlet located on vehicle side (charging mode 1 or 2, AC powered, without communication)

Dimensions in millimetres



IEC

Key

- 1 Vehicle under test
- 2 Insulating support
- 3 Charging harness
- 4 AMN(s) grounded
- 5 Power mains socket (see 5.4.2.2)

Figure 5 – Example of test setup for vehicle with the inlet located front / rear of vehicle (charging mode 1 or 2, AC powered, without communication)

5.4.3 Vehicle in charging mode 3 (AC power charging with communication) or mode 4 (DC power charging with communication)

5.4.3.1 General

This configuration concerns charging mode 3 and mode 4.

Examples of test setups are shown in Figure 6 and Figure 7.

5.4.3.2 Charging station / power mains

The charging station can be placed either in the test location or outside the test location.

If the local/private communication between the vehicle and the charging station can be simulated, the charging station can be replaced by a supply from the AC power mains network.

In both cases power mains and communication or signal lines socket(s) shall be placed in the test location with the following conditions:

- It shall be placed on the ground plane.
- The length of the harness between the power mains / local/ private communication socket and the AMN(s) / DC-charging-AN(s) / AAN(s) shall be kept as short as possible but not necessarily aligned with the charging harness.
- The harness between the power mains / local/private communication socket and the AMN(s) / DC-charging-AN(s) / AAN(s) shall be placed on the ground plane.

If the charging station is placed inside the test location then the harness between the charging station and the power mains / local/private communication socket shall satisfy the following conditions:

- The harness on the charging station side shall hang vertically down to the ground plane.
- The extraneous length shall be placed as close as possible to the ground plane and “Z-folded” if necessary. If it is impractical to do so because of cable bulk or stiffness, or because the testing is being done at a user’s installation, the disposition of the excess cable shall be precisely noted in the test report.

5.4.3.3 Artificial mains networks / artificial networks

The AC mains shall be applied to the vehicle through 50 μ H/50 Ω AMN(s) (see Clause E.3).

The DC power mains shall be applied to the vehicle through 5 μ H/50 Ω DC-charging-AN(s) (see E.2.3).

The AMN(s) / DC-charging-AN(s) shall be mounted directly on the ground plane. The cases of the AMN(s) / DC-charging-AN(s) shall be bonded to the ground plane. The DC resistance between the ground of the AMN / DC-charging-AN measurement port and the ground plane shall not exceed 2,5 m Ω .

The measuring port of each AMN / DC-charging-AN shall be terminated with a 50 Ω load.

The AMN / HV-AN should be placed in front, aligned and on the same side of the vehicle power charging inlet. For vehicles with inlet located side of the vehicle, the AMN/AN should be placed on one side of the vehicle and aligned with the vehicle power charging inlet and should be aligned with the vehicle charging cable.

5.4.3.4 Asymmetric artificial network

Local/private communication lines connected to signal/control ports and lines connected to wired network ports shall be applied to the vehicle through AAN(s).

The various AAN(s) to be used are defined in Annex E:

- E.4.2 for signal/control port with symmetric lines,
- E.4.3 for wired network port with PLC on power lines,
- E.4.4 for signal/control port with PLC on control pilot line and
- E.4.5 for signal/control port with control pilot line.

The AAN(s) shall be mounted directly on the ground plane. The case of the AAN(s) shall be bonded to the ground plane.

The measuring port of each AAN shall be terminated with a 50 Ω load.

For vehicles with the inlet located front/rear of the vehicle, the AAN should be placed on one side of the vehicle and perpendicularly to the vehicle power charging inlet and should be aligned with the vehicle charging harness. For vehicles with the inlet located side of the vehicle, the AAN should be placed on one side of the vehicle and aligned with the vehicle power charging inlet and should be aligned with the vehicle charging harness.

If a charging station is used, AAN(s) are not required for the signal/control ports and/or for the wired network ports. The local/private communication lines between the vehicle and the charging station shall be connected to the associated equipment on the charging station side to work as designed.

5.4.3.5 Power charging with local/private communication harness

The power charging with local/private communication harness shall be laid out in a straight line between the AMN(s) / DC-charging-AN(s) / AAN(s) and the vehicle charging inlet and shall be routed perpendicularly to the vehicle's longitudinal axis as shown in Figure 6 and Figure 7. The projected harness length from the side of the AMN(s) to the side of the vehicle shall be 800^{+200}_0 mm.

For a longer harness, the extraneous length shall be "Z-folded" in a less than 0,5 m width. If it is impractical to do so because of harness bulk or stiffness, or because the testing is being done at a user's installation, the disposition of the excess harness shall be precisely noted in the test report.

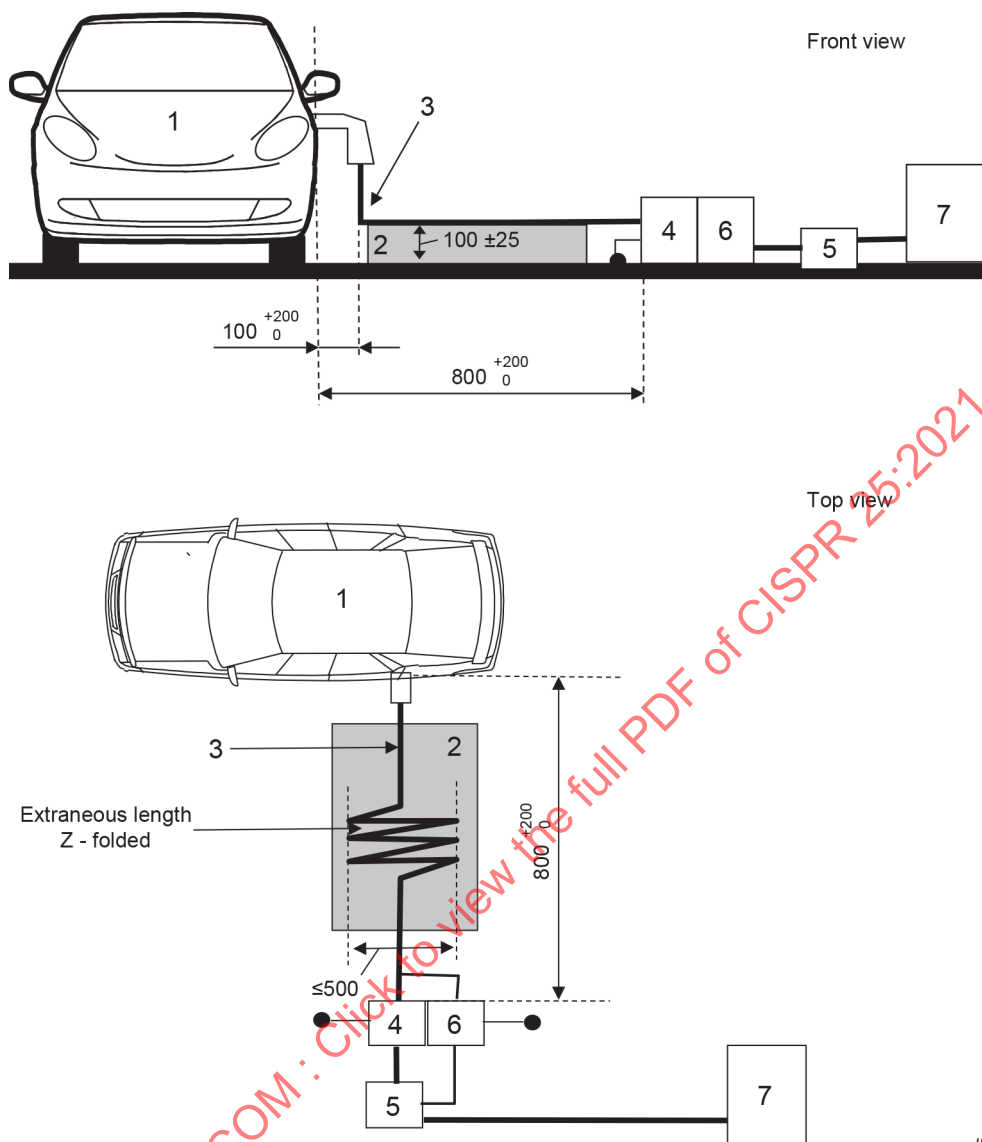
The power charging with local/private communication harness at the vehicle side shall hang vertically at a distance of 100^{+200}_0 mm from the vehicle body.

The whole harness shall be placed on a non-conductive, low relative permittivity (dielectric-constant) material ($\epsilon_r \leq 1,4$), at (100 ± 25) mm above the ground plane.

5.4.3.6 Measuring system

The measuring system (receiver, impedance matching unit, cable...) shall be placed as defined in Figure 3.

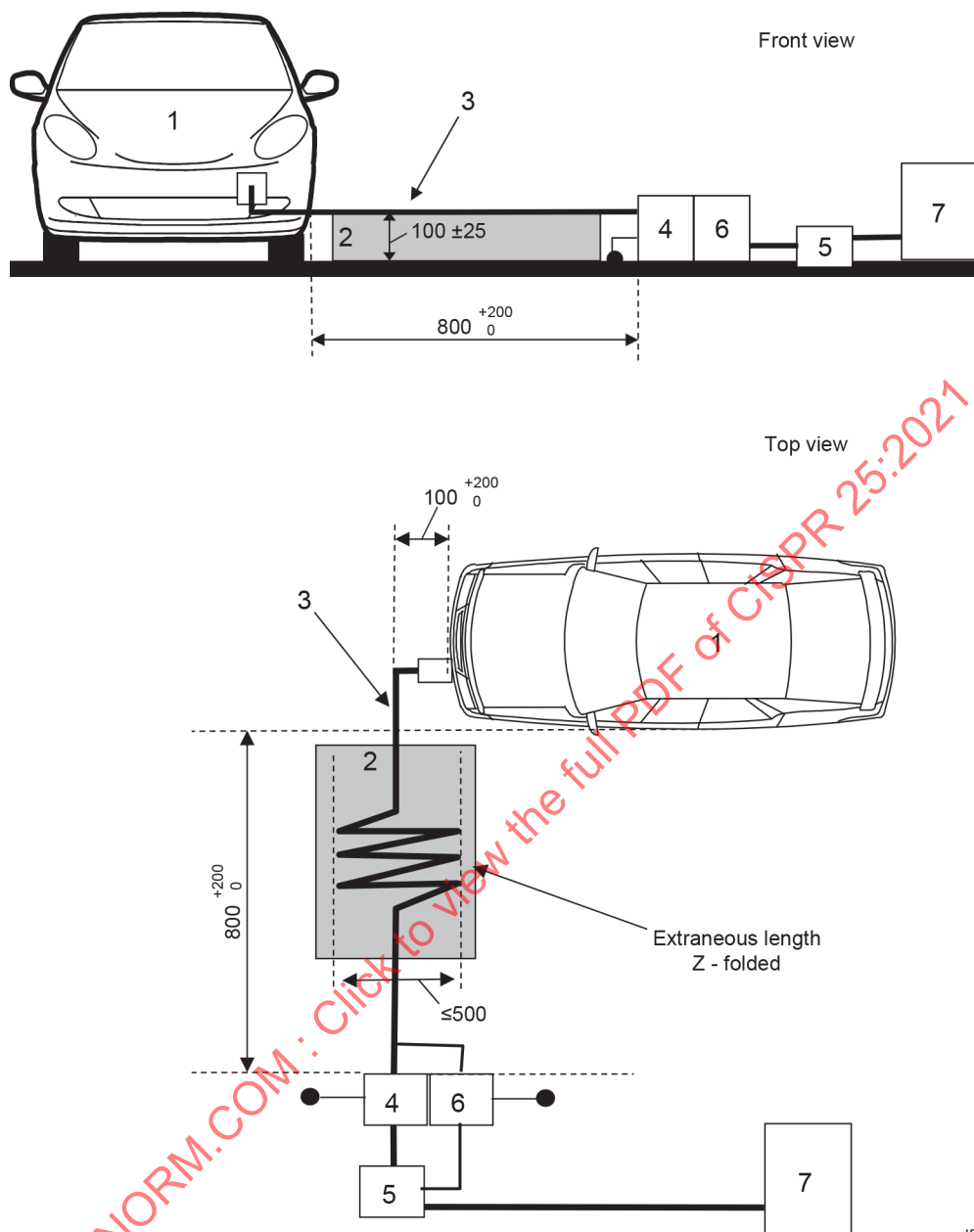
Dimensions in millimetres



IEC

Figure 6 – Example of test setup for vehicle with the inlet located on vehicle side (charging mode 3 or mode 4, with communication)

Dimensions in millimetres

**Key**

- 1 Vehicle under test
- 2 Insulating support
- 3 Charging harness with local/private communication lines
- 4 AMN(s) or DC-charging-AN(s) grounded
- 5 Power mains socket
- 6 AAN grounded
- 7 Charging station

Figure 7 – Example of test setup for vehicle with the inlet located front /rear of vehicle (charging mode 3 or mode 4, with communication)

5.5 Examples of limits for vehicle radiated disturbances

It is recommended for acceptable radio reception in a vehicle using typical radio receivers, that the disturbance voltage at the end of the antenna cable should not exceed the values shown in Table 4 and Table 5. Where different receivers are used or different coupling models for the propagation of disturbances are valid, the limits can be changed and detailed in the vehicle manufacturer's own specification.

Table 4 – Example for limits of disturbance – Complete vehicle – General

Service / Band ^a	Frequency MHz	Limit of disturbance voltage at antenna terminal of receiver in dB (µV)			RBW
		Peak	Quasi-Peak	Average	
Analogue broadcast services					
LW ^b	0,15 to 0,3	26	13	6	9 kHz
MW ^b	0,53 to 1,8	20	7	0	
SW ^b	5,9 to 6,2	20	7	0	
FM ^b	76 to 108	26	13	0	120 kHz
TV Band I ^c	41 to 88	16	-	6	
TV Band III ^c	174 to 230	16	-	6	
TV Band IV ^c	470 to 944	16	-	6	
Digital broadcast services					
DAB III	171 to 245	26	-	16	1 MHz
TV Band III ^c	174 to 230	26	-	16	
DTTV	470 to 770	32 ^d	-	22 ^d	
DAB L Band	1 447 to 1 494	32	-	22	
SDARS	2 320 to 2 345	32	-	22	
Mobile services					
CB ^b	26 to 28	20	7	0	9 kHz
VHF ^b	30 to 54	20	7	0	120 kHz
VHF ^b	68 to 87	20	7	0	
VHF ^b	142 to 175	20	7	0	
Analogue UHF ^b	380 to 512	20	7	0	
RKE & TPMS 1 ^e	300 to 330	20	-	6	
RKE & TPMS 2 ^e	420 to 450	20	-	6	
Analogue UHF ^b	820 to 960	20	7	0	
GPS L5 ^f	1 156,45 to 1 196,45	-	-	10	9 kHz
BDS, B1I ^g	1 553,098 to 1 569,098	-	-	-4,5	
GPS L1 ^h	1 567,42 to 1 583,42	-	-	0	
GLONASS L1 ⁱ	1 590,781 to 1 616,594	-	-	0	
Wi-Fi / Bluetooth	2 402 to 2 494	26	-	6	1 MHz
Wi-Fi	5 150 to 5 350	26	-	6	
Wi-Fi	5 470 to 5 725	26	-	6	
V2X (Wi-Fi)	5 850 to 5 925	50	-	30	

- ^a LW: Long wave, MW: Medium wave, SW: Short wave (amplitude modulation, AM)
VHF: Very high frequency, UHF: Ultra high frequency (frequency modulation, FM)
DAB: Digital audio broadcasting, TV: Television, DTTV: Digital terrestrial television
RKE: Remote keyless entry, GPS: Global positioning system, GSM: Global system mobile,
BDS: BeiDou navigation System, GLONASS: Global navigation satellite system, V2X: Vehicle to X
- ^b In this analogue service the peak and quasi-peak limits can be relaxed by 6 dB for short duration disturbances (e.g. short duration PK (or QPK) limit = PK (or QPK) limit + 6 dB).
- ^c Analogue TV only.
- ^d This limit is less stringent than the analogue limit and should only be applied where analogue TV is no longer in use.
- ^e RKE limits are defined over a large frequency band. Any modification of the average limit around the operating frequency due to sensitivity of RKE systems should be defined in the test plan.
- ^f The values given in the table apply to the 1 156,45 MHz to 1 196,45 MHz frequency range. The limits for the whole GPS L5 frequency range are given in Figure 8a.
- ^g The values given in the table apply for the 1 553,098 MHz to 1 569,098 MHz frequency range. The limits for the whole BDS, B1I frequency range are given in Figure 8b.
- ^h The values given in the table apply to the 1 567,42 MHz to 1 616,42 MHz frequency range. The limits for the whole GPS L1 frequency range are given in Figure 8c.
- ⁱ The values given in the table apply to the 1 590,781 MHz to 1 616,594 MHz frequency range. The limits for the whole GLONASS L1 frequency range are given in Figure 8d.

NOTE 1 Stereo signals can be more susceptible to disturbance than monaural signals in the FM broadcast band. This phenomenon has been factored into the FM (76 MHz to 108 MHz) limits.

NOTE 2 All values listed in this table are valid for the bandwidths in Table 1 and Table 2. If measurements are performed with different bandwidths than those specified in Table 1 and Table 2 because of ambient noise requirements, then applicable limits are defined in the test plan and the applied limits and bandwidths are documented in the test report.

Table 5 – Example for limits of disturbance – Complete vehicle – Digital mobile phone

Service / Band	Frequency MHz	Limit of disturbance voltage at antenna terminal of receiver in dB (µV)		RBW
		Peak	Average	
Digital mobile phone services ^{c d}				
4G	460 to 467,5	32	12	1 MHz
5G n71 (617 MHz to 652 MHz) 4G (617 MHz to 652 MHz)	617 to 652	32	12	
5G n12 (729 MHz to 746 MHz) 5G n14 (758 MHz to 768 MHz) 5G n28 (758 MHz to 803 MHz) 5G n29 (717 MHz to 728 MHz) 4G (703 MHz to 803 MHz)	703 to 803	32	12	
3G (729 MHz to 756 MHz) 3G (758 MHz to 768 MHz)		26 ^a	6 ^a	
5G n20 (791 MHz to 821 MHz)	791 to 821	32	12	1 MHz
3G (791 MHz to 821 MHz)		26	6	
5G n5 (869 MHz to 894 MHz) 5G n18 (860 MHz to 875 MHz) 5G n26 (859 MHz to 894 MHz) 4G (852 MHz to 894 MHz)	852 to 894	32	12	1 MHz
3G (859 MHz to 894 MHz)		26 ^a	6 ^a	
2G (869 MHz to 894 MHz)		26 ^b	6 ^b	120 kHz
5G n8 (925 MHz to 960 MHz) 4G (925 MHz to 960 MHz)	925 to 960	32	12	1 MHz
3G (925 MHz to 960 MHz)		26 ^a	6 ^a	
2G (925 MHz to 960 MHz)		26 ^b	6 ^b	120 kHz
5G n50 (1 432 MHz to 1 517 MHz) 5G n51 (1 427 MHz to 1 432 MHz) 5G n74 (1 475 MHz to 1 518 MHz) 5G n75 (1 432 MHz to 1 517 MHz) 5G n76 (1 427 MHz to 1 432 MHz) 5G n91 (1 427 MHz to 1 432 MHz) 5G n92 (1 432 MHz to 1 517 MHz) 5G n93 (1 427 MHz to 1 432 MHz) 5G n94 (1 432 MHz to 1 517 MHz) 4G (1 427 MHz to 1 518 MHz)	1 427 to 1 518	32	12	1 MHz
3G (1 452 MHz to 1 496 MHz)		26 ^a	6 ^a	
4G	1 525 to 1 559	32	12	1 MHz
5G n3 (1 805 MHz to 1 880 MHz) 4G (1 805 MHz to 1 880 MHz)	1 805 to 1 880	32	12	1 MHz
3G (1 805 MHz to 1 880 MHz)		26 ^a	6 ^a	
2G (1 805 MHz to 1 880 MHz)		26 ^b	6 ^b	120 kHz
5G n2 (1 930 MHz to 1 990 MHz) 5G n25 (1 930 MHz to 1 995 MHz) 5G n34 (2 010 MHz to 2 025 MHz) 5G n39 (1 880 MHz to 1 920 MHz) 5G n70 (1 995 MHz to 2 020 MHz) 4G (1 850 MHz to 2 025 MHz)	1 850 to 2 025	32	12	1 MHz
3G (1 850 MHz to 1 995 MHz) 3G (2 010 MHz to 2 025 MHz)		26 ^a	6 ^a	
2G (1 930 MHz to 1 990 MHz)		26 ^b	6 ^b	120 kHz

Service / Band	Frequency MHz	Limit of disturbance voltage at antenna terminal of receiver in dB (μ V)		RBW
		Peak	Average	
5G n1 (2 110 MHz to 2 170 MHz) 5G n65 (2 110 MHz to 2 200 MHz) 5G n66 (2 110 MHz to 2 200 MHz) 4G (2 110 MHz to 2 200 MHz)	2 110 to 2 200	32	12	1 MHz
3G (2 110 MHz to 2 170 MHz)		26 ^a	6 ^a	
5G n30 (2 350 MHz to 2 360 MHz) 5G n40 (2 300 MHz to 2 400 MHz) 4G (2 300 MHz to 2 400 MHz)	2 300 to 2 400	32	12	1 MHz
3G (2 300 MHz to 2 400 MHz)		26 ^a	6 ^a	
5G n53 (2 483,5 MHz to 2 495 MHz)	2 483,5 to 2 495	32	12	1 MHz
5G n7 (2 620 MHz to 2 690 MHz) 5G n38 (2 570 MHz to 2 620 MHz) V2X 5G n41 (2 496 MHz to 2 690 MHz) 5G n90 (2 496 MHz to 2 690 MHz) 4G (2 496 MHz to 2 690 MHz)	2 496 to 2 690	32	12	1 MHz
3G (2 570 MHz to 2 690 MHz)		26 ^a	6 ^a	
5G n48 (3 550 MHz to 3 700 MHz) 5G n77 (3 300 MHz to 4 200 MHz) 5G n78 (3 300 MHz to 3 800 MHz) 4G (3 300 MHz to 3 800 MHz)	3 300 to 4 200	32	12	1 MHz
3G (3 510 MHz to 3 590 MHz)		26 ^a	6 ^a	
5G n79 (4 400 MHz to 5 000 MHz)	4 400 to 5 000	32	12	1 MHz
4G	5 150 to 5 925	32	12	1 MHz
5G n47 (5 855 MHz to 5 925 MHz) V2X V2X (4G)	5 855 to 5 925	32	12	1 MHz
^a values if 3G protocol is implemented in the vehicle. ^b values if 2G protocol is implemented in the vehicle. ^c details on 2G, 3G and 4G frequency bands are available on ETSI TS 136 101 [14]. ^d details on 5G frequency bands are available on ETSI TS 138 101-1 V16.4 [20].				
NOTE 1 All values listed in this table are valid for the bandwidths in Table 1 and Table 2. If measurements are performed with different bandwidths than those specified in Table 1 and Table 2 because of ambient noise requirements, then applicable limits are defined in the test plan and the applied limits and bandwidths are documented in the test report.				
NOTE 2 The frequency bands specified in "Frequency" merge different mobile phone services frequency bands (e.g the frequency band 2 300 MHz to 2 400 MHz merges "Band 40 – TD 2300" and "Band 30- 2300 WCS", "5G n30" and "5G n40".				

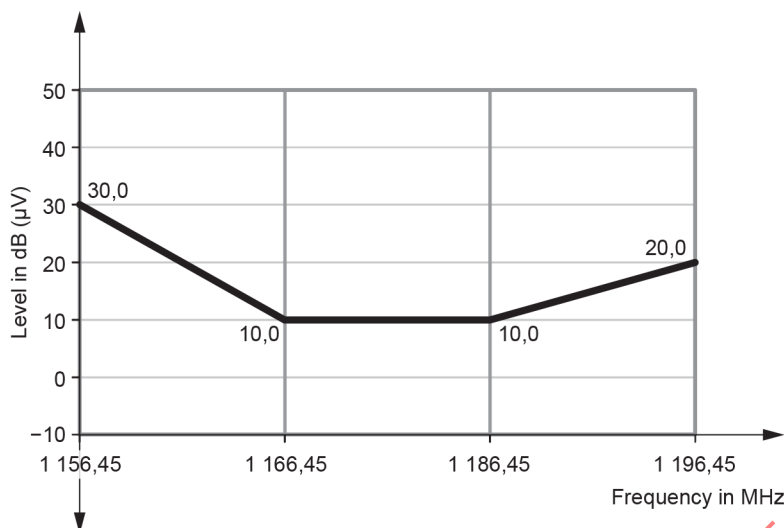


Figure 8a – GPS band L5 1 156,45 MHz to 1 196,45 MHz

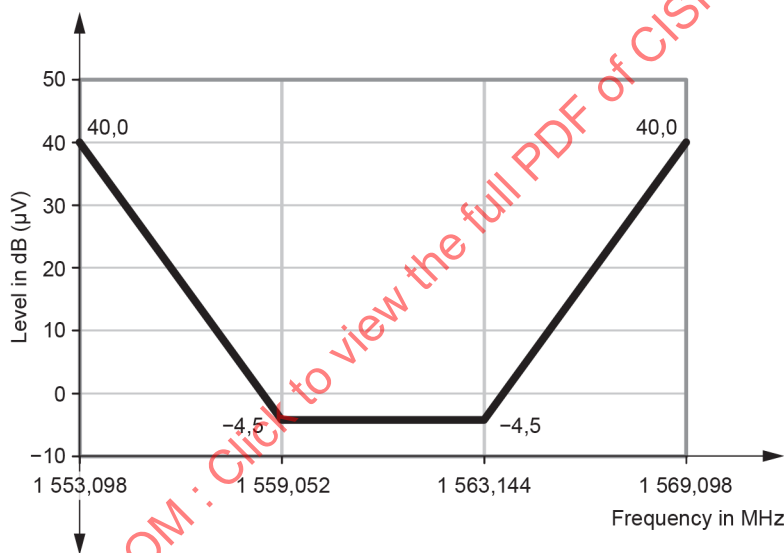


Figure 8b – BDS, B1I band 1 553,098 MHz to 1 569,098 MHz

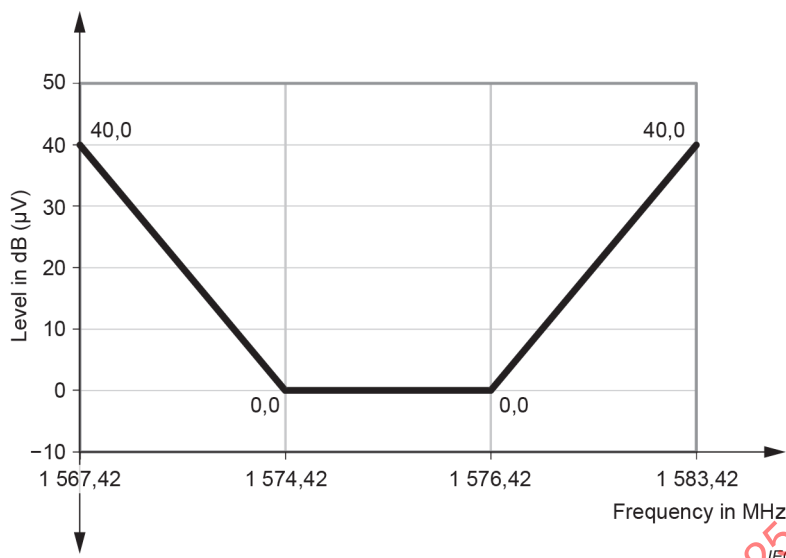


Figure 8c – GPS band 1 567,42 MHz to 1 583,42 MHz

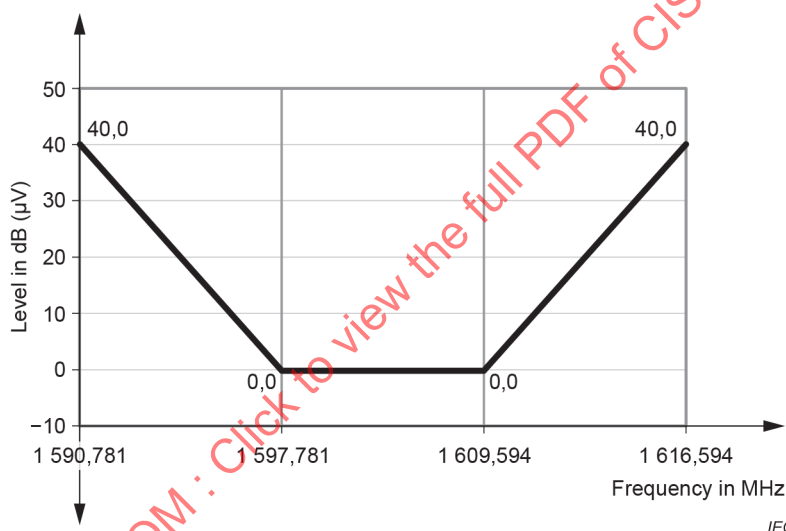


Figure 8d – GLONASS band 1 590,781 MHz to 1 616,594 MHz

Figure 8 – Details of average limits for GPS, BDS,B1I and GLONASS bands – Complete vehicle

NOTE If an active antenna is used, the noise floor can increase. The additional noise floor depends on the type of antenna and is subtracted from the measured value to determine the real value of the disturbance using the following formula (all terms in μV):

$$U_{\text{real Disturbance}} = \sqrt{U_{\text{Measured}}^2 - U_{\text{Antenna noise}}^2} \quad (2)$$

A relaxation of the limit because of the active antenna noise floor does not guarantee compliance. Subsequent changes to the active antenna design can result in non-compliance. This topic remains under study. Annex D describes a method to determine the noise floor of an active antenna.

6 Measurement of components and modules

6.1 General

Since the mounting location, vehicle body construction and harness design can affect the coupling of radio disturbances to the on-board radio, this clause defines multiple limit levels. The level class to be used (as a function of frequency band) is agreed upon between the customer and the supplier.

For LV components test methods and requirements are defined in this clause.

For LV/HV components additional test methods and limits are defined in Annex H.

For LV/HV components:

- conducted emission (voltage method) on LV lines shall be performed according to setup defined in H.3.2 and requirement in 6.3.4;
- conducted emission (voltage method) on HV lines shall be performed according to setup defined in H.3.2 and requirement in H.3;
- conducted emission (current method) on LV/HV lines shall be performed according to setup defined in H.4.2 and requirement in 6.4.

6.2 Test equipment

6.2.1 Reference ground plane

The reference ground plane shall be defined as the top metallic surface of the test bench/table.

The reference ground plane shall be made of 0,5 mm thick (minimum) copper, brass, bronze or galvanized steel.

The minimum size of the reference ground plane for conducted emissions (voltage method) shall be 1 000 mm × 400 mm.

The minimum size of the reference ground plane for conducted emissions (current probe method) shall be 2 500 mm × 400 mm.

The minimum dimensions of the reference ground plane for radiated emissions shall be 1 000 mm (width) × 2 000 mm (length), or the dimension of the entire underneath of the test setup (EUT and associated equipment (e.g. harness including supply lines, load simulator located on the test bench and AN(s)), excluding battery and/or power supply) plus 200 mm, whichever is the larger.

The height of the reference ground plane (test bench) shall be (900 ± 100) mm above the floor.

The reference ground plane shall be bonded to the shielded enclosure.

The distance from the edge of the ground strap to the edge of the next strap shall not be greater than 300 mm.

For radiated emission, to reduce resonances around 10 MHz to 30 MHz as detailed in Annex I, additional ground straps for both the front edge of reference ground plane and rear side of counterpoise can be installed if agreed upon between the customer and supplier.

The maximum length to width ratio for the ground straps for the rear side of reference ground plane shall be 7:1.

NOTE Because of resonances of the reference ground plane the location, width and length of the bond straps can influence the measurement results. A sufficient number of low inductive bond straps are used to ensure a low impedance connection to the shielded room / ALSE.

6.2.2 Power supply and AN

For the tests defined in 6.3, 6.4, 6.5 and 6.6, each positive EUT power supply lead shall be connected to the power supply through an artificial network. The AN shall have a nominal 5 μH inductance. The impedance characteristics and a suggested schematic are shown in Annex E.

The power supply is assumed to be negative ground. If the EUT utilizes a positive ground then the test setups shown in the figures shall be adapted accordingly. Depending on the intended EUT installation in the vehicle:

- EUT remotely grounded (vehicle power return line longer than 200 mm): two artificial networks are required, one for the positive supply line and one for the power return line.
- EUT locally grounded (vehicle power return line 200 mm or shorter): one artificial network is required, for the positive supply.

The AN(s) shall be mounted directly on the reference ground plane. The case(s) of the AN(s) shall be bonded to the reference ground plane. The DC resistance between the ground of the AN measurement port and the reference ground plane shall not exceed 2,5 m Ω .

The power supply return shall be connected to the reference ground plane (between the power supply and the AN(s)).

The measuring port of the AN not connected to the measuring instrument shall be terminated with a 50 Ω load.

6.2.3 Load simulator

The load simulator includes sensors and actuators, and terminates the test harness connected to the EUT.

To ensure sufficient reproducibility the same termination shall be used for each measurement either by using special termination equipment (e.g. artificial networks, filters) – located at the RF boundary – or by using the same load simulator.

6.3 Conducted emissions from components/modules – Voltage method

6.3.1 General

The test shall be performed in an ALSE or in a shielded enclosure.

Voltage measurements are able to characterize the emissions on single leads only. The test method cannot be used to characterize the radiated emission transmitted e.g. by different antenna structures on the printed board of electronic components or to characterize the efficiency of shielding. Therefore, voltage measurements are not able to characterize the complete EUT emission. At lower frequencies (e.g. in the AM-bands) voltage measurements usually ensure more dynamic range than radiated measurements.

6.3.2 Test setup

6.3.2.1 Location of EUT

The EUT shall be placed on a non-conductive, low relative permittivity material ($\epsilon_r \leq 1,4$), at (50 ± 5) mm above the reference ground plane.

The case of the EUT shall not be grounded to the reference ground plane unless, it is intended to simulate the actual vehicle configuration.

All sides of the EUT shall be at least 100 mm from the edge of the reference ground plane. In the case of a grounded EUT, the ground connection point shall also have a minimum distance of 100 mm from the edge of the reference ground plane.

The EUT shall be at least 500 mm from the chamber wall.

6.3.2.2 Location of the test harness

The power supply lines shall be placed in a straight line on a non-conductive, low relative permittivity material ($\epsilon_r \leq 1,4$), at (50 ± 5) mm above the reference ground plane.

The power supply line(s) between the connector of the AN(s) and the connector(s) of the EUT shall have a standard length $l_p = \left(200^{+200}_0\right)$ mm.

For ignition system, the power supply line(s) between the connector of the AN(s) and the pencil coil shall have a standard length $l_p = \left(200^{+200}_0\right)$ mm.

To minimize the coupling between power supply lines and input/output leads (which includes any dedicated input/output signal return leads), the space between those lead types shall be maximized (≥ 200 mm from or perpendicular to the power supply lines connecting the AN(s) and the EUT). Unless otherwise specified in the test plan the test harness (excluding power lines) should be placed on a low relative permittivity material ($\epsilon_r \leq 1,4$), at (50 ± 5) mm above the reference ground plane.

The total length of the test harness (excluding power lines) shall not exceed 2 m. The wiring type is defined by the actual EUT application and requirement.

All leads and cables shall be located at a minimum distance of 100 mm from the edge of the reference ground plane.

6.3.2.3 Location of the load simulator

Preferably, the load simulator should be placed directly on the reference ground plane. If the load simulator has a metallic case, this case shall be bonded to the reference ground plane.

NOTE Alternatively, the load simulator can be located adjacent to the reference ground plane (with the case of the load simulator bonded to the reference ground plane) or outside of the test chamber, provided the test harness from the EUT passes through an **RF boundary** bonded to the reference ground plane.

When the load simulator is located on the reference ground plane, the DC power supply lines of the load simulator shall be connected directly to the power supply and not through the AN(s).

6.3.3 Test procedure

The general arrangement of the disturbance source (EUT), connecting harnesses, etc. represents a standardised test condition. Any deviations from the standard test setup (e.g. test harness length) shall be agreed upon prior to testing and recorded in the test report.

The conducted emissions on power lines are measured successively on positive power supply and power return by connecting the measuring instrument on the measuring port of the related AN, with the measuring port of the AN in the other supply lines being terminated with a 50 Ω load.

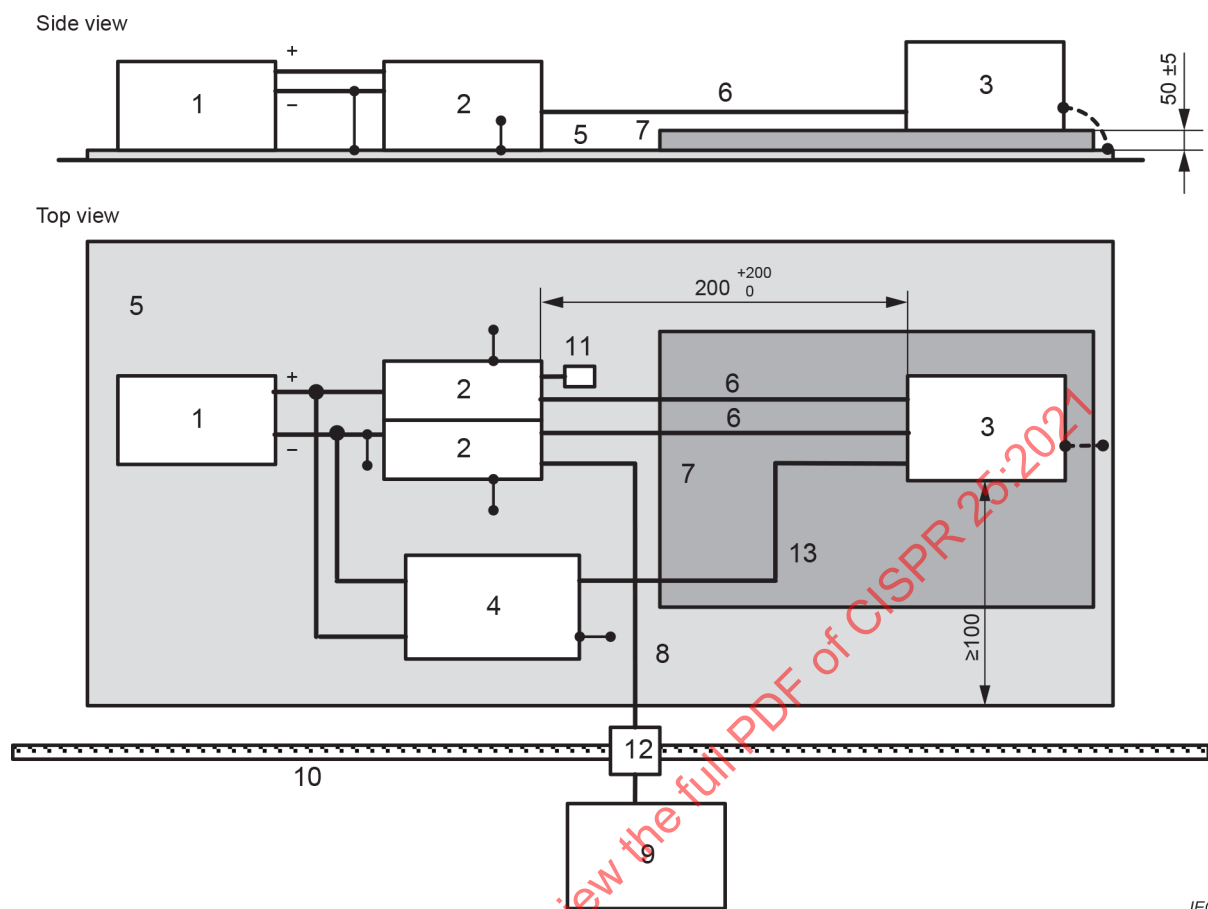
For voltage measurements the following apply:

- For EUT remotely grounded (vehicle power return line longer than 200 mm), the voltage measurements shall be made on each lead (supply and return) relative to the reference ground plane (see Figure 9).
- For EUT locally grounded (vehicle power return line 200 mm or shorter), voltage measurements on power supply leads shall be made relative to the reference ground plane (see Figure 10).
- Generators/alternators shall be loaded with a battery and parallel resistor combination, and connected to the artificial network in the manner shown in Figure 11. The load current, operating speed, harness length and other conditions shall be defined in the test plan.
- For the tests of ignition systems refer to Figure 12.

NOTE For EUT's with multiple positive power supply connections and/or multiple power return connections, the measurements (on power supply and on power return) can be performed with all power supply connections tied together at the AN and all power return connections tied together at the other AN. The details of the AN connection are defined in the test plan.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of CISPR 25:2021

Dimensions in millimetres – not to scale



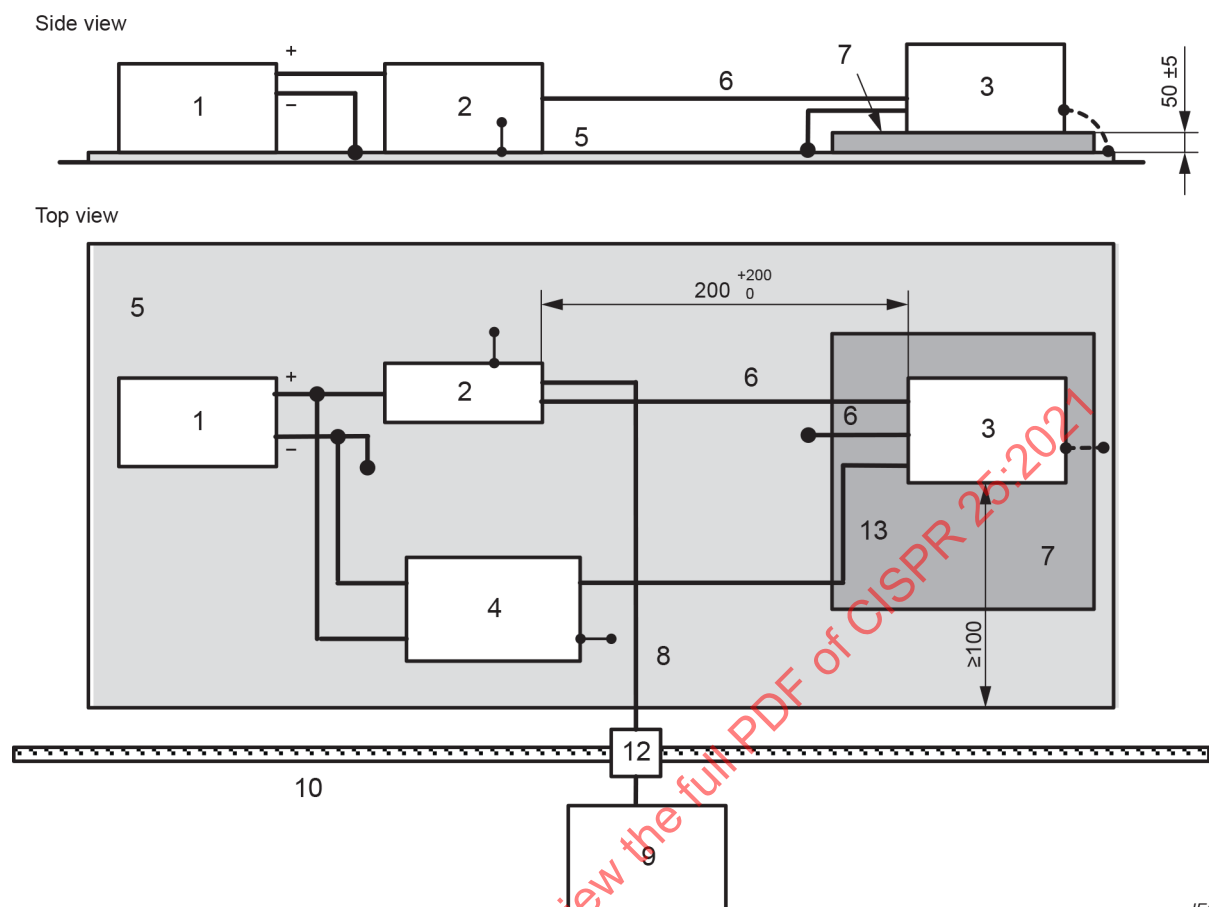
Key

- 1 Power supply (location optional)
- 2 Artificial network
- 3 EUT (housing connected to reference ground plane if required in test plan)
- 4 Load simulator (metallic casing grounded if required in test plan)
- 5 Reference ground plane
- 6 Power supply lines
- 7 Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1,4$)
- 8 High-quality coaxial cable e.g. double-shielded (50 Ω)
- 9 Measuring instrument
- 10 Shielded enclosure
- 11 50 Ω load
- 12 Bulkhead connector
- 13 Test harness (excluding power lines)

The EUT housing ground lead, when required in the test plan, should not be longer than 150 mm.

Figure 9 – Conducted emissions – Example of test setup for EUT with power return line remotely grounded

Dimensions in millimetres – not to scale



IEC

Key

- 1 Power supply (location optional)
- 2 Artificial network
- 3 EUT (housing connected to reference ground plane if required in test plan)
- 4 Load simulator (metallic casing grounded if required in test plan)
- 5 Reference ground plane
- 6 Power supply line
- 7 Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1,4$)
- 8 High-quality coaxial cable e.g. double-shielded (50 Ω)
- 9 Measuring instrument
- 10 Shielded enclosure
- 12 Bulkhead connector
- 13 Test harness (excluding power lines)

The EUT housing ground lead, when required in the test plan, should not be longer than 150 mm.

Figure 10 – Conducted emissions – Example of test setup for EUT with power return line locally grounded

The drawing consists of two views: a side view and a top view.

Side view: Shows a horizontal assembly. Component 1 is a rectangular block on the left. Component 16 is a small rectangular block mounted on top of component 1. Component 2 is a rectangular block to the right of component 1. Component 5 is a horizontal bar connecting component 2 to component 3. Component 7 is a small rectangular block mounted on top of component 5. Component 3 is a rectangular block on the right. Component 15 is a vertical rod passing through component 3. Component 14 is a horizontal bar at the end of component 15.

Top view: Shows the layout of the components from above. Component 1 is a rectangular block on the left. Component 16 is a small rectangular block mounted on top of component 1. Component 2 is a rectangular block to the right of component 1. Component 4 is a rectangular block below component 2. Component 5 is a large rectangular area surrounding the other components. Component 6 is a rectangular block in the center. Component 7 is a rectangular block inside component 6. Component 13 is a rectangular block inside component 7. Component 8 is a rectangular block below component 7. Component 3 is a rectangular block on the right. Component 15 is a vertical rod passing through component 3. Component 14 is a horizontal bar at the end of component 15. Component 12 is a rectangular block below component 8. Component 9 is a rectangular block below component 12. Component 10 is a horizontal bar at the bottom. Component 17 is a circular feature with a crosshair, located above component 2. Dimensions are indicated: a horizontal distance of 200^{+200}_0 between the center of component 2 and the center of component 3, and a vertical distance of ≥ 100 between the center of component 3 and the center of component 12.

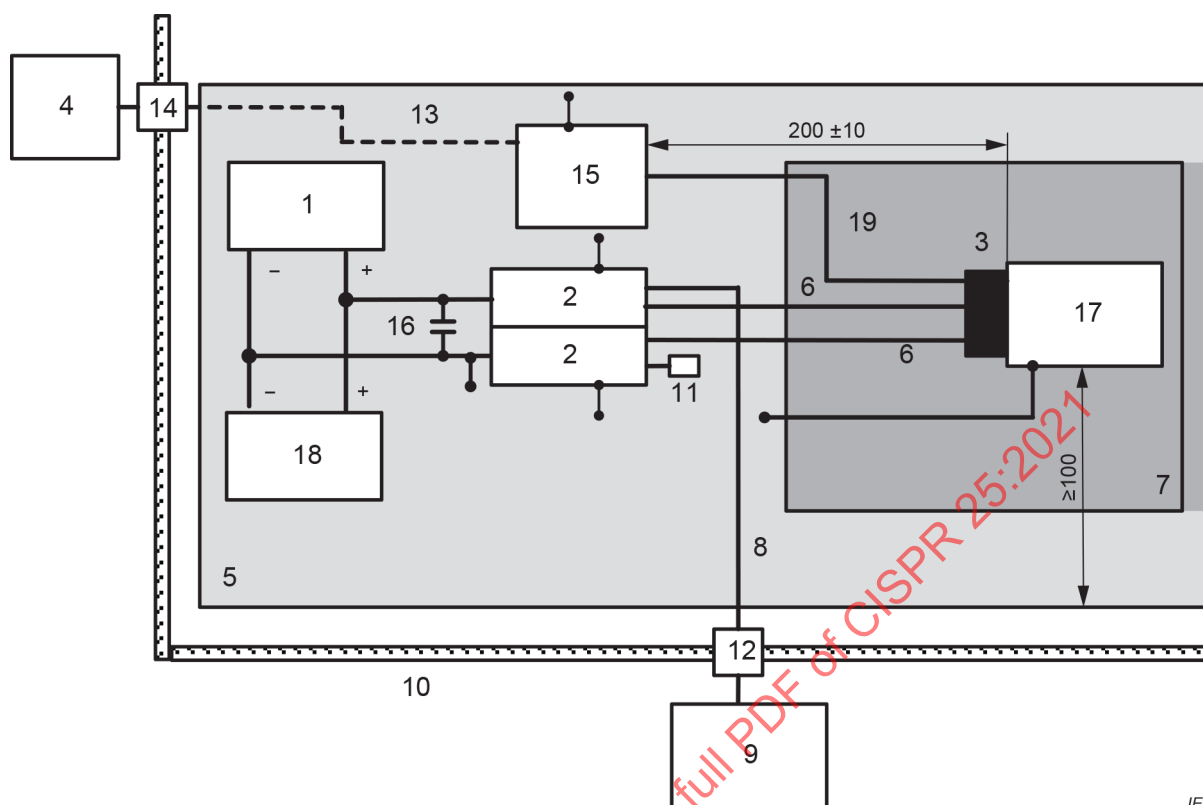
IEC

- 1 Battery (location optional)
- 2 Artificial network
- 3 EUT (housing connected to reference ground plane if required in test plan)
- 4 Load simulator (metallic casing grounded if required in test plan)
- 5 Reference ground plane
- 6 Power supply lines
- 7 Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1,4$)
- 8 High-quality coaxial cable e.g. double-shielded (50 Ω)
- 9 Measuring instrument
- 10 Shielded enclosure
- 12 Bulkhead connector
- 13 Test harness (excluding power lines)
- 14 Motor (air/low emissions)
- 15 Non-conductive belt/coupler
- 16 Load resistor
- 17 Indicator lamp/control resistor (if applicable)

The EUT housing ground lead, when required in the test plan, should not be longer than 150 mm.

Figure 11 – Conducted emissions – Example of test setup for alternators and generators

Dimensions in millimetres – not to scale



IEC

Key

- 1 Power supply (location optional)
- 2 Artificial network
- 3 Pencil coil
- 4 ECU simulator
- 5 Reference ground plane
- 6 Power supply lines
- 7 Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1,4$)
- 8 High-quality coaxial cable e.g. double-shielded (50Ω)
- 9 Measuring instrument
- 10 Shielded enclosure
- 11 50Ω load
- 12 Bulkhead connector
- 13 Optical fibres
- 14 Fibre optic feed through
- 15 Optical fibre converter
- 16 $1\,000 \mu\text{F}$ capacitor
- 17 Engine simulator (metallic casing connected to reference ground with the wire length as defined in the test plan)
- 18 Battery
- 19 Signal line

The pencil coil housing ground lead, when required in the test plan, should not be longer than 150 mm.

Figure 12 – Conducted emissions – Example of test setup for ignition system components

6.3.4 Limits for conducted disturbances from components/modules – Voltage method

The level class to be used (as a function of the frequency band) shall be agreed upon between the customer and the supplier.

NOTE The method to be used for characterisation of the Voltage Division Factor of the AN, sometimes referred to as insertion loss, is given in A.8 of CISPR 16-1-2:2014.

Table 6 shows the example of limits for conducted disturbances from components/modules – voltage method. Since the mounting location, vehicle body construction and harness design can affect the coupling of radio disturbances to the on-board radio, multiple limit levels are defined.

Table 6 – Examples of limits for conducted disturbances – Voltage method

Service / Band	Frequency MHz	Levels in dB(μV)															RBW
		Class 5			Class 4			Class 3			Class 2			Class 1			
		Peak	Quasi-peak	Average	Peak	Quasi-peak	Average	Peak	Quasi-peak	Average	Peak	Quasi-peak	Average	Peak	Quasi-peak	Average	
Analogue broadcast services																	
LW	0,15 to 0,30	70	57	50	80	67	60	90	77	70	100	87	80	110	97	90	9 kHz
MW	0,53 to 1,8	54	41	34	62	49	42	70	57	50	78	65	58	86	73	66	
SW	5,9 to 6,2	53	40	33	59	46	39	65	52	45	71	58	51	77	64	57	
FM	76 to 108	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42	120 kHz
TV Band I	41 to 88	34	–	24	40	–	30	46	–	36	52	–	42	58	–	48	
Mobile services																	
CB	26 to 28	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42	68	55	48	9 kHz
VHF	30 to 54	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42	68	55	48	120 kHz
VHF	68 to 87	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42	
NOTE 1 All values listed in this table are valid for the bandwidths in Table 1 and Table 2. If measurements are performed with different bandwidths than those specified in Table 1 and Table 2 because of noise floor requirements, then applicable limits are defined in the test plan.																	
NOTE 2 Where multiple bands use the same limits the user selects the appropriate bands over which to test. When the test plan includes bands that overlap the test plan defines the applicable limit.																	
NOTE 3 Although the limits for peak, quasi-peak and average detectors are shown, measurements with all three detectors are not required. See Figure 1.																	

6.4 Conducted emissions from components/modules – current probe method

6.4.1 General

The test shall be performed in an ALSE or in a shielded enclosure.

6.4.2 Test setup

6.4.2.1 Location of the EUT

The EUT shall be placed on a non-conductive, low relative permittivity material ($\epsilon_r \leq 1,4$), at (50 ± 5) mm above the reference ground plane.

The case of the EUT shall not be grounded to the reference ground plane unless it is intended to simulate the actual vehicle configuration.

All sides of the EUT shall be at least 100 mm from the edge of the reference ground plane and at least 500 mm from the chamber wall. The test setup shall simulate the actual vehicle configuration and shall specify:

- remote versus local grounding,
- the use of an insulating spacer,
- and the electrical connection of the EUT case to the reference ground plane.

The test setup is shown in Figure 13.

6.4.2.2 Location of the test harness

The test harness between the EUT and the load simulator (or the RF boundary) shall be $(1\,700^{+300}_0)$ mm long (or as agreed upon in the test plan), and shall be placed on a non-conductive, low relative permittivity material ($\epsilon_r \leq 1,4$), positioned (50 ± 5) mm above the reference ground plane. The test harness wires shall be nominally parallel and adjacent unless otherwise defined in the test plan.

6.4.3 Test procedure

The current probe to be used shall meet the requirements of CISPR 16-1-2 at frequencies below 200 MHz.

The current probe shall be mounted around the complete harness (including all wires). If the EUT has multiple connectors on the unit resulting in multiple wire bundles, the test plan shall define which wires shall be included in the probe for measurement. In the absence of any definition, measurements shall be made for each bundle (connector) separately as well as combined (i.e. all together).

The shielded harnesses used for this test shall be representative of the vehicle application in terms of cable construction and connector termination as defined in the test plan.

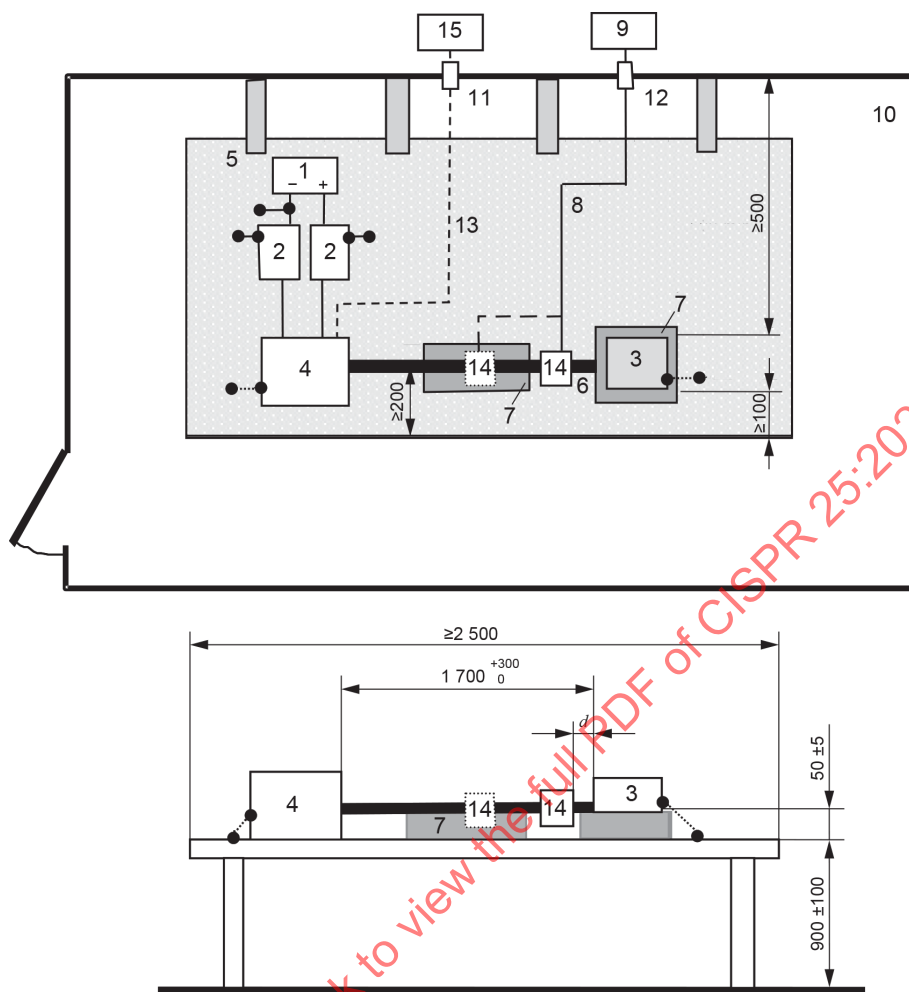
If the EUT wiring has too many wires to be accommodated in the measurement probe, the test plan can define the wires to be measured and this shall be included in the test report.

Measure the emissions with the probe positioned 50 mm and 750 mm from the EUT.

Where the EUT is equipped with a metal shell connector, the probe shall be clamped to the cable immediately adjacent to the connector shell, but not around the connector shell itself.

NOTE Some additional measurements can be defined in the test plan with only the positive supply wire in the probe and/or only the negative supply wire in the probe. For these test configurations limits are defined in the test plan.

Dimensions in millimetres – not to scale



IEC

Key

- 1 Power supply (location optional)
 - 2 Artificial network
 - 3 EUT (connected to reference ground plane if specified in the test plan)
 - 4 Load simulator (metallic casing connected to reference ground plane if required in test plan)
 - 5 Reference ground plane
 - 6 Wiring harness
 - 7 Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1,4$)
 - 8 High-quality coaxial cable e.g. double-shielded (50 Ω)
 - 9 Measuring instrument
 - 10 Shielded enclosure
 - 11 Fibre optic feed through
 - 12 Bulkhead connector
 - 13 Optical fibres
 - 14 Current probe (represented at 2 positions)
 - 15 Stimulation and monitoring system
- d* The distance from the EUT to the closest probe position

Figure 13 – Conducted emissions – Example of test setup for current probe measurements

6.4.4 Limits for conducted disturbances from components/modules – Current probe method

The level class to be used (as a function of the frequency band) shall be agreed upon between the customer and the supplier.

Table 7 shows the example of limits for conducted disturbances from components/modules – current probe method. Since the mounting location, vehicle body construction and harness design can affect the coupling of radio disturbances to the on-board radio, multiple limit levels are defined.

Table 7 – Examples of limits for conducted disturbances – Current probe method

Service / Band	Frequency MHz	Limit of disturbance in dB (μA)															RB W
		Class 5			Class 4			Class 3			Class 2			Class 1			
		Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	
Analogue broadcast services																	
LW	0,15 to 0,3	50	37	30	60	47	40	70	57	50	80	67	60	90	77	70	9 kHz
MW	0,53 to 1,8	26	13	6	34	21	14	42	29	22	50	37	30	58	45	38	
SW	5,9 to 6,2	19	6	-1	25	12	5	31	18	11	37	24	17	43	30	23	
FM	76 to 108	4	-9	-16	10	-3	-10	16	3	-4	22	9	2	28	15	8	120 kHz
TV Band I	41 to 88	0	-	-10	6	-	-4	12	-	2	18	-	8	24	-	14	
Digital broadcast services																	
DAB III	171 to 245	4	-	-6	10	-	0	16	-	6	22	-	12	28	-	18	1 MHz
TV Band III	174 to 230	4	-	-6	10	-	0	16	-	6	22	-	12	28	-	18	
Mobile services																	
CB	26 to 28	10	-3	-10	16	3	-4	22	9	2	28	15	8	34	21	14	9 kHz
VHF	30 to 54	10	-3	-10	16	3	-4	22	9	2	28	15	8	34	21	14	120 kHz
VHF	68 to 87	4	-9	-16	10	-3	-10	16	3	-4	22	9	2	28	15	8	
VHF	142 to 175	4	-9	-16	10	-3	-10	16	3	-4	22	9	2	28	15	8	
NOTE 1 All values listed in this table are valid for the bandwidths in Table 1 and Table 2. If measurements are performed with different bandwidths than those specified in Table 1 and Table 2 because of noise floor requirements, then applicable limits are defined in the test plan.																	
NOTE 2 Where multiple bands use the same limits the user selects the appropriate bands over which to test. When the test plan includes bands that overlap the test plan defines the applicable limit.																	
NOTE 3 Although the limits for peak, quasi-peak and average detectors are shown, measurements with all three detectors are not required. See Figure 1.																	

6.5 Radiated emissions from components/modules – ALSE method

6.5.1 General

Measurements of radiated field strength shall be made in an ALSE to eliminate the high levels of extraneous disturbance from electrical equipment and broadcasting stations.

NOTE 1 Conducted emissions will contribute to the radiated emissions measurements because of radiation from the wiring in the test setup. Therefore, conformance with the conducted emissions requirements can be established before performing the radiated emissions test.

NOTE 2 Disturbance to the vehicle on-board receiver can be caused by direct radiation from one or more leads in the vehicle wiring harness. This coupling mode to the vehicle receiver affects both the type of testing and the means of reducing the disturbance at the source.

NOTE 3 Vehicle components which are not effectively grounded to the vehicle by short ground leads, or which have several harness leads carrying the disturbance voltage, will have radiated emissions that do not correlate well with its conducted emissions. This radiated emission method has been shown to give better correlation with the complete vehicle test for components installed in this way.

6.5.2 Test setup

6.5.2.1 General

For radiated emissions measurements, the arrangement of the EUT, test harness, load simulator and measuring equipment shall be equivalent to the examples shown in Figure 15, Figure 16, Figure 17 and Figure 18. Any deviations from the standard test harness length, etc. shall be agreed upon prior to testing and recorded in the test report.

6.5.2.2 Antenna systems

Measurements shall be made using linearly polarised electric field antennas that have a nominal 50 Ω output impedance.

To improve consistency of results between laboratories, the following antennas are recommended:

- | | |
|---------------------------|---|
| a) 0,15 MHz to 30 MHz | 1 m vertical monopole (where this is not 50 Ω , a suitable antenna matching unit shall be used); |
| b) 30 MHz to 300 MHz | a biconical antenna; |
| c) 200 MHz to 1 000 MHz | a log-periodic antenna; |
| d) 1 000 MHz to 5 925 MHz | a horn or log periodic antenna. |

The method that shall be used for characterization of the vertical monopole (rod) antenna is given in CISPR 16-1-6:2014 and CISPR 16-1-6:2014/AMD1:2017, Clause 5.

Use the 1 m method in SAE ARP 958.1 Rev D February 2003 for determining biconical, log periodic and horn antenna factors.

NOTE Biconical antennas usually have a VSWR of up to 10:1 in the frequency range of 30 MHz to 80 MHz. Therefore an additional measurement error can occur when the receiver input impedance differs from 50 Ω . The use of an attenuator (3 dB minimum) at the antenna output or the receiver's input or the input of an additional preamplifier (if possible) will keep this additional error low.

6.5.2.3 Antenna matching unit for monopole antenna

Correct impedance matching between the antenna and the measuring instrument of 50 Ω shall be maintained in the frequency ranges selected for the test. There shall be a maximum VSWR of 2:1 at the output port of the matching unit. Appropriate correction shall be made for any attenuation/gain of the antenna system from the antenna to the receiver.

NOTE Ensure that input voltages do not exceed the pulse input rating of the unit or overloading can occur. This is particularly important when active matching units are used.

6.5.2.4 Location of the EUT

The EUT shall be placed on a non-conductive, low relative permittivity material ($\epsilon_r \leq 1,4$), at (50 ± 5) mm above the reference ground plane.

The case of the EUT shall not be grounded to the reference ground plane unless it is intended to simulate the actual vehicle configuration.

The side of the EUT, which is nearest to the front edge of the reference ground plane, shall be located at a distance of (200 ± 10) mm from the front edge of the reference ground plane.

6.5.2.5 Location of the test harness

The total length of the test harness between the EUT and the load simulator (or the RF boundary) shall not exceed 2 000 mm (or as defined in the test plan). The wiring type is defined by the actual system application and requirement.

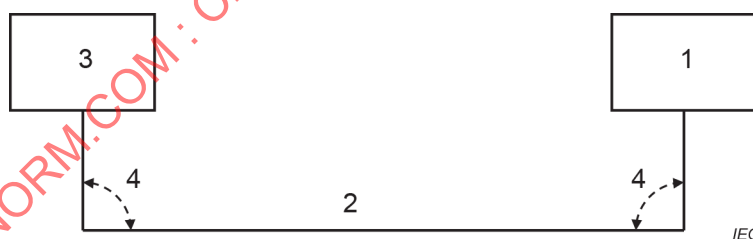
Care shall be taken with the power lines that these are also not exceeding 2 000 mm. Where the power is taken separately from the load box, the AN shall be located such that the power lines can be maintained at less than 2 000 mm. If the power is derived from the load box, the line between the load box and the AN shall be kept as short as is practically possible to avoid excessive length being added to the power lines.

The test harness shall be placed on a non-conductive, low relative permittivity material ($\epsilon_r \leq 1,4$), at (50 ± 5) mm above the reference ground plane.

The length of test harness parallel to the front of the reference ground plane shall be $(1\,500 \pm 75)$ mm.

The long segment of test harness shall be located parallel to the edge of the reference ground plane facing the antenna at a distance of (100 ± 10) mm from the edge. The location of the EUT and load simulator requires that the harness bend angle shall be $\left(90^{+45}_0\right)$ degrees as shown in Figure 14.

The shielded harnesses used for this test shall be representative of the vehicle application in terms of cable construction and connector termination as defined in the test plan.



Key

- 1 EUT
- 2 Test harness
- 3 Load simulator
- 4 Angle $\left(90^{+45}_0\right)$ degrees

Figure 14 – Test harness bending requirements

6.5.2.6 Location of the load simulator

Preferably, the load simulator shall be placed directly on the reference ground plane. If the load simulator has a metallic case, this case shall be bonded to the reference ground plane.

NOTE Alternatively, the load simulator can be located adjacent to the reference ground plane (with the case of the load simulator bonded to the reference ground plane) or outside of the test chamber, provided that the test harness from the EUT passes through an RF boundary bonded to the reference ground plane.

The layout of the test harness that is connected to the load simulator shall be defined in the test plan and recorded in the test report.

When the load simulator is located on the reference ground plane, the DC power supply lines of the load simulator shall be connected through the AN(s).

6.5.2.7 Location of the measuring antenna

The phase centre of the measuring antenna shall be (100 ± 10) mm above the reference ground plane for the biconical, log-periodic and horn antenna.

The height of the counterpoise of the rod antenna shall be $(+10 / -20)$ mm relative to the reference ground plane and shall be bonded (counterpoise full width) to the reference ground plane.

For radiated emissions tests, the ALSE shall be of sufficient size to ensure that neither the EUT nor the test antenna shall be closer than 1 m from the walls or ceiling, or to the nearest surface of the absorber material used thereon. No part of any antenna radiating element shall be closer than 250 mm to the floor.

The distance between the longitudinal part (1 500 mm length) of the wiring harness and the reference point of the antenna shall be $(1\ 000 \pm 10)$ mm. For a biconical antenna or other antenna no part of the antenna shall be closer to the wiring harness or EUT than 700 mm.

The reference point of the antenna is defined as:

- the vertical monopole element for rod antennas,
- the phase centre (mid-point) for biconical antennas,
- the tip for antennas with log-periodic elements,
- the front aperture for horn antennas.

Each antenna (excluding the rod antenna) shall be calibrated for this reference point for a 1 000 mm measuring distance (see 6.5.2.2).

NOTE 1 The rod antenna is excluded because calibration is achieved by using the method defined in CISPR 16-1-6.

The phase centre of the antenna shall be in line with the centre of the longitudinal part of the wiring harness for frequencies up to 1 000 MHz.

The phase centre of the antenna for frequencies above 1 000 MHz shall be in line with the EUT.

NOTE 2 The users of this document are aware that antenna manufacturers can give:

- independent antenna factors for horizontal and vertical polarisations: in this case the appropriate antenna factor should be used for measurement in each polarisation.
- a single antenna factor: in this case this antenna factor should be used for measurements in both polarisations.

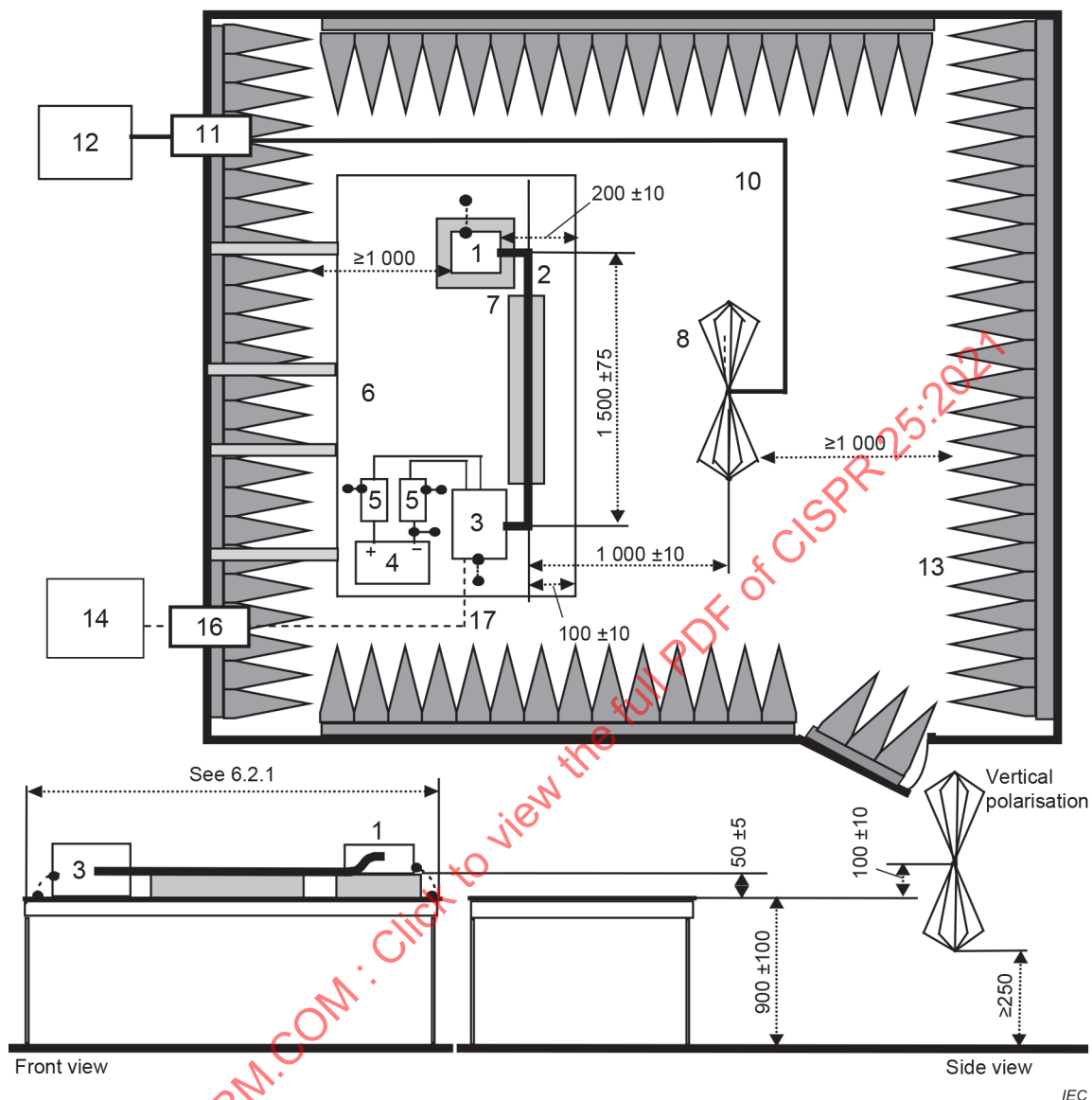
6.5.3 Test procedure

The orientation(s) of the EUT for radiated emission measurements shall be defined in the test plan.

From 150 kHz to 30 MHz measurements shall be performed in vertical polarisation only.

From 30 MHz to 5 925 MHz measurements shall be performed in vertical and horizontal polarisations.

Top view (horizontal polarization)

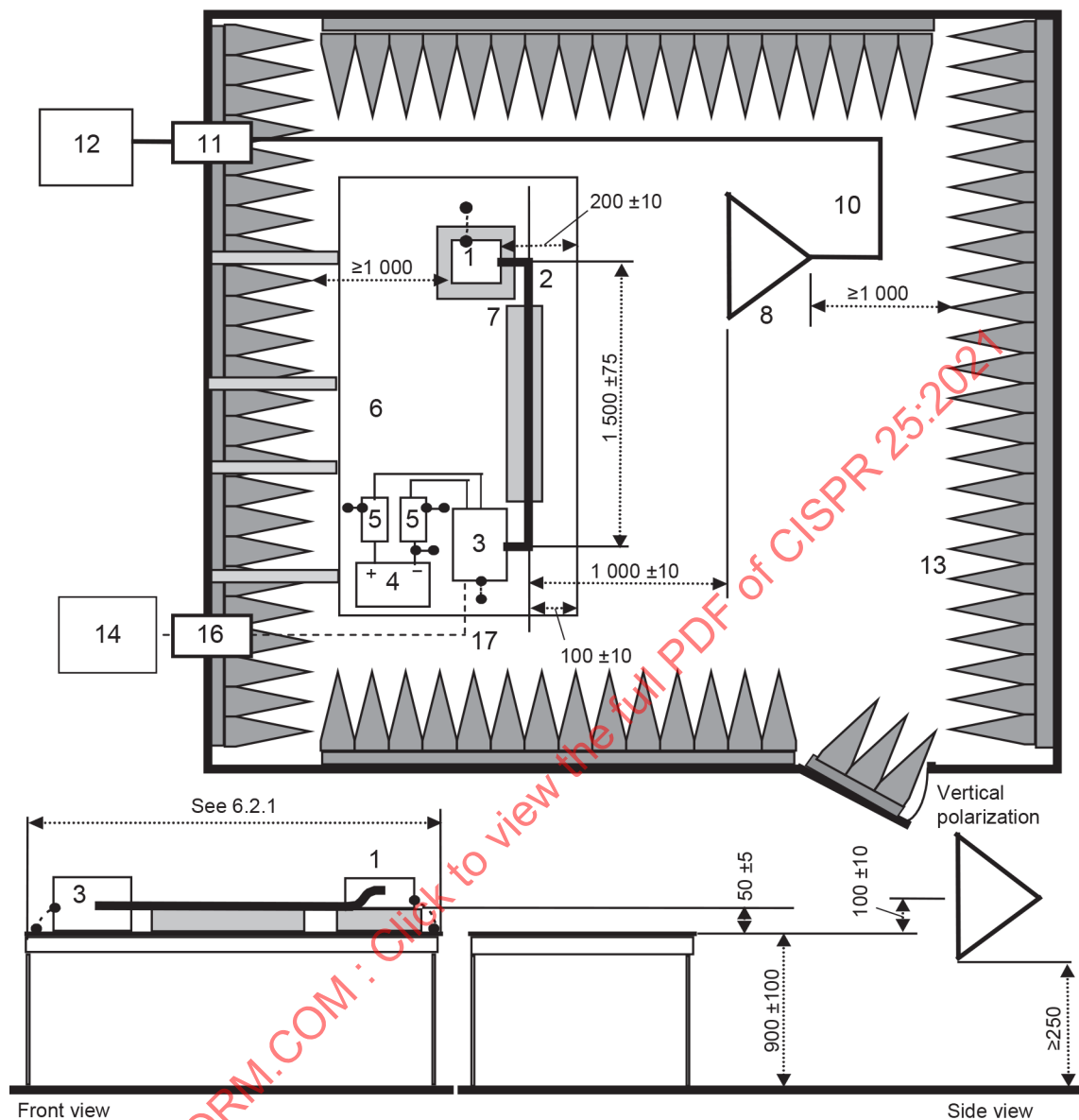


1	EUT (locally connected to reference ground plane if required in test plan)	8	Biconical antenna (no part of the antenna closer than 700 mm to the wiring harness or EUT)
2	Test harness	10	High-quality coaxial cable e.g. double-shielded (50 Ω)
3	Load simulator (placement and ground connection according to 6.5.2.6)	11	Bulkhead connector
4	Power supply (location optional)	12	Measuring instrument
5	Artificial network (AN)	13	RF absorber material
6	Reference ground plane (bonded to shielded enclosure)	14	Stimulation and monitoring system
7	Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1,4$)	16	Fibre optic feed through
		17	Optical fibres

Figure 16 – Example of test setup – biconical antenna

Dimensions in millimetres – not to scale

Top view (horizontal polarization)



Key

- | | |
|--|---|
| 1 EUT (locally connected to reference ground plane if required in test plan) | 8 Horn antenna |
| 2 Test harness | 10 High-quality coaxial cable e.g. double-shielded (50 Ω) |
| 3 Load simulator (placement and ground connection according to 6.5.2.6) | 11 Bulkhead connector |
| 4 Power supply (location optional) | 12 Measuring instrument |
| 5 Artificial network (AN) | 13 RF absorber material |
| 6 Reference ground plane (bonded to shielded enclosure) | 14 Stimulation and monitoring system |
| 7 Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1,4$) | 16 Fibre optic feed through |
| | 17 Optical fibres |

Figure 18 – Example of test setup – above 1 GHz – Horn antenna

6.5.4 Limits for radiated disturbances from components/modules – ALSE method

The level class to be used (as a function of the frequency band) shall be agreed upon between the customer and the supplier.

Table 8 and Table 9 show the example of limits for radiated disturbances from components/modules – ALSE method. Since the mounting location, vehicle body construction and harness design can affect the coupling of radio disturbances to the on-board radio, multiple limit levels are defined. For the GNSS band a specific limit characteristic is recommended. This is shown in Figure 19.

Table 8 – Examples of limits for radiated disturbances – ALSE method – General

Service / Band	Frequency MHz	Limit of disturbance in dB (µV/m)															RBW
		Class 5			Class 4			Class 3			Class 2			Class 1			
		Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	
Analogue broadcast services																	
LW	0,15 to 0,3	46	33	26	56	43	36	66	53	46	76	63	56	86	73	66	9 kHz
MW	0,53 to 1,8	40	27	20	48	35	28	56	43	36	64	51	44	72	59	52	
SW	5,9 to 6,2	40	27	20	46	33	26	52	39	32	58	45	38	64	51	44	
FM	76 to 108	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42	
TV Band I	41 to 88	28	–	18	34	–	24	40	–	30	46	–	36	52	–	42	120 kHz
TV Band III	174 to 230	20	–	10	26	–	16	32	–	22	38	–	28	44	–	34	
TV Band IV	470 to 944	41	–	31	47	–	37	53	–	43	59	–	49	65	–	55	
Digital broadcast services																	
DAB III	171 to 245	30	-	20	36	-	26	42	-	32	48	-	38	54	-	44	1 MHz
TV Band III	174 to 230	30	-	20	36	-	26	42	-	32	48	-	38	54	-	44	
DTTV	470 to 770	46	-	36	52	-	42	58	-	48	64	-	54	70	-	60	
DAB L Band	1 447 to 1 494	54	-	44	60	-	50	66	-	56	72	-	62	78	-	68	
SDARS	2 320 to 2 345	58	-	48	64	-	54	70	-	60	76	-	66	82	-	72	
Mobile services																	
CB	26 to 28	40	27	20	46	33	26	52	39	32	58	45	38	64	51	44	9 kHz
VHF	30 to 54	40	27	20	46	33	26	52	39	32	58	45	38	64	51	44	120 kHz
VHF	68 to 87	35	22	15	41	28	21	47	34	27	53	40	33	59	46	39	
VHF	142 to 175	35	22	15	41	28	21	47	34	27	53	40	33	59	46	39	
Analogue UHF	380 to 512	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42	
RKE & TPMS 1	300 to 330	32	–	18	38	–	24	44	–	30	50	–	36	56	–	42	
RKE & TPMS 2	420 to 450	32	–	18	38	–	24	44	–	30	50	–	36	56	–	42	
Analogue UHF	820 to 960	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42	68	55	48	
GPS L5	1 156,45 to 1 196,45	-	-	20	-	-	26	-	-	32	-	-	38	-	-	44	9 kHz
BDS, B1I	1 553,098 to 1 569,098	-	-	5,5	-	-	11,5	-	-	17,5	-	-	23,5	-	-	29,5	
GPS L1	1 567,42 to 1 583,42	–	–	10	–	–	16	–	–	22	–	–	28	–	–	34	
GLONASS L1	1 590,781 to 1 616,594	–	–	10	–	–	16	–	–	22	–	–	28	–	–	34	

Service / Band	Frequency MHz	Limit of disturbance in dB (μV/m)															RBW
		Class 5			Class 4			Class 3			Class 2			Class 1			
		Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	
Wi-Fi / Bluetooth	2 402 to 2 494	52	-	32	58	-	38	64	-	44	70	-	50	76	-	56	1 MHz
Wi-Fi	5 150 to 5 350	59	-	39	65	-	45	71	-	51	77	-	57	83	-	63	
Wi-Fi	5 470 to 5 725	59	-	39	65	-	45	71	-	51	77	-	57	83	-	63	
V2X (Wi-Fi)	5 850 to 5 925	84	-	64	90	-	70	96	-	76	102	-	82	108	-	88	

NOTE 1 All values listed in this table are valid for the bandwidths in Table 1 and Table 2. If measurements are performed with different bandwidths than those specified in Table 1 and Table 2 because of ambient noise requirements, then applicable limits are defined in the test plan and the applied limits and bandwidths are documented in the test report.

NOTE 2 Where multiple bands use the same limits the user selects the appropriate bands over which to test. When the test plan includes bands that overlap the test plan defines the applicable limit.

NOTE 3 The values given in the table apply to the 1 156,45 MHz to 1 196,45 MHz frequency range. The limits for the whole GPS L5 frequency range are given in Figure 19a.

NOTE 4 The values given in the table apply to the 1 553,098 MHz to 1 569,098 MHz frequency range. The limits for the whole BDS, B1I frequency range are given in Figure 19b.

NOTE 5 The values given in the table apply to the 1 567,42 MHz to 1 616,42 MHz frequency range. The limits for the whole GPS frequency range are given in Figure 19c.

NOTE 6 The values given in the table apply to the 1 590,781 MHz to 1 616,594 MHz frequency range. The limits for the whole GLONASS frequency range are given in Figure 19d.

NOTE 7 Although the limits for peak, quasi-peak and average detectors are shown, measurements with all three detectors are not required. See Figure 1.

**Table 9 – Examples of limits for radiated disturbances –
ALSE method – Digital mobile phone**

Service / Band	Frequency MHz	Limit of disturbance in dB (µV/m)															RBW
		Class 5			Class 4			Class 3			Class 2			Class 1			
		Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	
Digital mobile phone services c d																	
4G	460 to 467,5	44	-	24	50	-	30	56	-	36	62	-	42	68	-	48	1 MHz
5G n71 (617 MHz to 652 MHz) 4G (617 MHz to 652 MHz)	617 to 652	46	-	26	52	-	32	58	-	38	64	-	44	70	-	50	1 MHz
5G n12 (729 MHz to 746 MHz) 5G n14 (758 MHz to 768 MHz) 5G n28 (758 MHz to 803 MHz) 5G n29 (717 MHz to 728 MHz) 4G (703 MHz to 803 MHz)	703 to 803	47	-	27	53	-	33	59	-	39	65	-	45	71	-	51	1 MHz
3G (729 MHz to 756 MHz) 3G (758 MHz to 768 MHz)		41 ^a	-	21 ^a	57 ^a	-	27 ^a	53 ^a	-	33 ^a	59 ^a	-	39 ^a	65 ^a	-	45 ^a	
5G n20 (791 MHz to 821 MHz)	791 to 821	48	-	28	54	-	34	60	-	40	66	-	46	72	-	52	1 MHz
3G (791 MHz to 821 MHz)		42	-	22	48	-	28	54	-	34	60	-	40	66	-	46	
5G n5 (869 MHz to 894 MHz) 5G n18 (860 MHz to 875 MHz) 5G n26 (859 MHz to 894 MHz) 4G (852 MHz to 894 MHz)	852 to 894	49	-	29	55	-	35	61	-	41	67	-	47	73	-	53	1 MHz
3G (859 MHz to 894 MHz)		43 ^a	-	23 ^a	49 ^a	-	29 ^a	55 ^a	-	35 ^a	61 ^a	-	41 ^a	67 ^a	-	47 ^a	
2G (869 MHz to 894 MHz)		43 ^b	-	23 ^b	49 ^b	-	29 ^b	55 ^b	-	35 ^b	61 ^b	-	41 ^b	67 ^b	-	47 ^b	120 kHz
5G n8 (925 MHz to 960 MHz) 4G (925 MHz to 960 MHz)	925 to 960	50	-	30	56	-	36	62	-	42	68	-	48	74	-	54	1 MHz
3G (925 MHz to 960 MHz)		44 ^a	-	24 ^a	50 ^a	-	30 ^a	56 ^a	-	36 ^a	62 ^a	-	42 ^a	68 ^a	-	48 ^a	
2G (925 MHz to 960 MHz)		44 ^b	-	24 ^b	50 ^b	-	30 ^b	56 ^b	-	36 ^b	62 ^b	-	42 ^b	68 ^b	-	48 ^b	120 kHz

Service / Band	Frequency MHz	Limit of disturbance in dB (µV/m)															RBW
		Class 5			Class 4			Class 3			Class 2			Class 1			
		Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	
5G n50 (1 432 MHz to 1 517 MHz) 5G n51 (1 427 MHz to 1 432 MHz) 5G n74 (1 475 MHz to 1 518 MHz) 5G n75 (1 432 MHz to 1 517 MHz) 5G n76 (1 427 MHz to 1 432 MHz) 5G n91 (1 427 MHz to 1 432 MHz) 5G n92 (1 432 MHz to 1 517 MHz) 5G n93 (1 427 MHz to 1 432 MHz) 5G n94 (1 432 MHz to 1 517 MHz) 4G (1 427 MHz to 1 518 MHz)	1 427 to 1 518	53	-	33	59	-	39	65	-	45	71	-	51	77	-	57	1 MHz
3G (1 452 MHz to 1 496 MHz)		47 ^a	-	27 ^a	53 ^a	-	33 ^a	59 ^a	-	39 ^a	65 ^a	-	45 ^a	71 ^a	-	51 ^a	
4G	1 525 to 1 559	54	-	34	60	-	40	66	-	46	72	-	52	78	-	58	1 MHz
5G n3 (1 805 MHz to 1 880 MHz) 4G (1 805 MHz to 1 880 MHz)	1 805 to 1 880	55	-	35	61	-	41	67	-	47	73	-	53	79	-	59	1 MHz
3G (1 805 MHz to 1 880 MHz)		49 ^a	-	29 ^a	55 ^a	-	35 ^a	61 ^a	-	41 ^a	67 ^a	-	47 ^a	73 ^a	-	53 ^a	
2G (1 805 MHz to 1 880 MHz)		49 ^b	-	29 ^b	55 ^b	-	35 ^b	61 ^b	-	41 ^b	67 ^b	-	47 ^b	73 ^b	-	53 ^b	120 kHz
5G n39 (1 880 MHz to 1 920 MHz) 5G n2 (1 930 MHz to 1 990 MHz) 5G n25 (1 930 MHz to 1 995 MHz) 5G n70 (1 995 MHz to 2 020 MHz) 5G n34 (2 010 MHz to 2 025 MHz) 4G (1 850 MHz to 2 025 MHz)	1 850 to 2 025	56	-	36	62	-	42	68	-	48	74	-	54	80	-	60	1 MHz
3G (1 850 MHz to 1 995 MHz) 3G (2 010 MHz to 2 025 MHz)		50 ^a	-	30 ^a	56 ^a	-	36 ^a	62 ^a	-	42 ^a	68 ^a	-	48 ^a	74 ^a	-	54 ^a	
2G (1 930 MHz to 1 990 MHz)		50 ^b	-	30 ^b	56 ^b	-	36 ^b	62 ^b	-	42 ^b	68 ^b	-	48 ^b	74 ^b	-	54 ^b	120 kHz
5G n1 (2 110 MHz to 2 170 MHz) 5G n65 (2 110 MHz to 2 200 MHz) 5G n66 (2 110 MHz to 2 200 MHz) 4G (2 110 MHz to 2 200 MHz)	2 110 to 2 200	57	-	37	63	-	43	69	-	49	75	-	55	81	-	61	1 MHz
3G (2 110 MHz to 2 170 MHz)		51 ^a	-	31 ^a	57 ^a	-	37 ^a	63 ^a	-	43 ^a	69 ^a	-	49 ^a	75 ^a	-	55 ^a	

Service / Band	Frequency MHz	Limit of disturbance in dB (µV/m)															RBW
		Class 5			Class 4			Class 3			Class 2			Class 1			
		Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	
5G n30 (2 350 MHz to 2 360 MHz) 5G n40 (2 300 MHz to 2 400 MHz) 4G (2 300 MHz to 2 400 MHz)	2 300 to 2 400	58	-	38	64	-	44	70	-	50	76	-	56	82	-	62	1 MHz
3G (2 300 MHz to 2 400 MHz)		52 ^a	-	32 ^a	58 ^a	-	38 ^a	64 ^a	-	44 ^a	70 ^a	-	50 ^a	76 ^a	-	56 ^a	
5G n53 (2 483,5 MHz to 2 495 MHz)	2 483,5 to 2 495	58	-	38	64	-	44	70	-	50	76	-	56	82	-	62	1 MHz
5G n7 (2 620 MHz to 2 690 MHz) 5G n38 (2 570 MHz to 2 620 MHz) V2X 5G n41 (2 496 MHz to 2 690 MHz) 5G n90 (2 496 MHz to 2 690 MHz) 4G (2 496 MHz to 2 690 MHz)	2 496 to 2 690	58	-	38	64	-	44	70	-	50	76	-	56	82	-	62	1 MHz
3G (2 570 MHz to 2 690 MHz)		52 ^a	-	32 ^a	58 ^a	-	38 ^a	64 ^a	-	44 ^a	70 ^a	-	50 ^a	76 ^a	-	56 ^a	
5G n48 (3 550 MHz to 3 700 MHz) 5G n77 (3 300 MHz to 4 200 MHz) 5G n78 (3 300 MHz to 3 800 MHz) 4G (3 300 MHz to 3 800 MHz)	3 300 to 4 200	61	-	41	67	-	47	73	-	53	79	-	59	85	-	65	1 MHz
3G (3 510 MHz to 3 590 MHz)		55 ^a	-	35 ^a	61 ^a	-	41 ^a	67 ^a	-	47 ^a	73 ^a	-	53 ^a	79 ^a	-	59 ^a	
5G n79 (4 400 MHz to 5 000 MHz)	4 400 to 5 000	63	-	43	69	-	49	75	-	55	81	-	61	87	-	67	1 MHz
4G	5 150 to 5 925	65	-	45	71	-	51	77	-	57	83	-	63	89	-	69	1 MHz
5G n47 (5 855 MHz to 5 925 MHz) V2X V2X (4G)	5 855 to 5 925	66	-	46	72	-	52	78	-	58	84	-	64	90	-	70	1 MHz

^a Values if 3G protocol is implemented in the vehicle.

^b Values if 2G protocol is implemented in the vehicle.

^c Details on 2G, 3G and 4G frequency bands are available in ETSI TS 136 101 [14].

^d Details on 5G frequency bands are available in ETSI TS 138 101-1 V16.4 [20].

NOTE 1 All values listed in this table are valid for the bandwidths in Table 1 and Table 2. If measurements are performed with different bandwidths than those specified in Table 1 and Table 2 because of ambient noise requirements, then applicable limits are defined in the test plan and the applied limits and bandwidths are documented in the test report.

NOTE 2 Where multiple bands use the same limits the user selects the appropriate bands over which to test. When the test plan includes bands that overlap the test plan defines the applicable limit.

NOTE 3 The frequency bands specified in "Frequency" merge different mobile phone services frequency bands (e.g the frequency band 2 300 MHz to 2 400 MHz merges "Band 40 – TD 2 300", "Band 30- 2 300 WCS" and "5G n30" and "5G n40").

NOTE 4 Although the limits for peak, quasi-peak and average detectors are shown, measurements with all three detectors are not required. See Figure 1.

NOTE 5 ALSE levels are derived from vehicle levels using the following equation:

$$LIMIT_{\text{ALSE}} = LIMIT_{\text{VEHICLE}} + AF_{\frac{1}{4}\text{Wave Whip}}$$

where

$$AF_{\frac{1}{4}\text{Wave Whip}} = 20 \times \lg(f_{\text{MHz}}) - 29,7 \text{ dB}$$

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of CISPR 25:2021

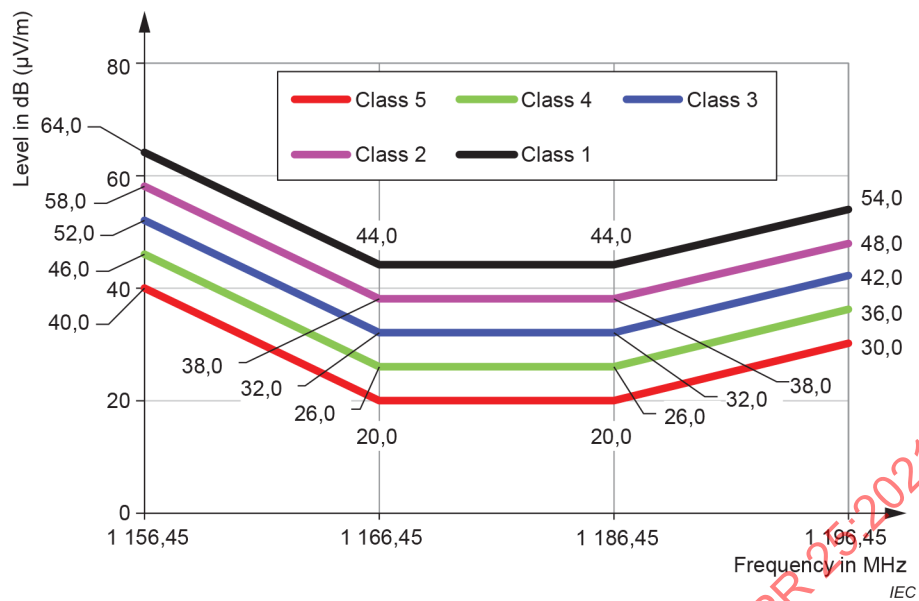


Figure 19a – GPS L5 1 156,45 MHz to 1 196,45 MHz

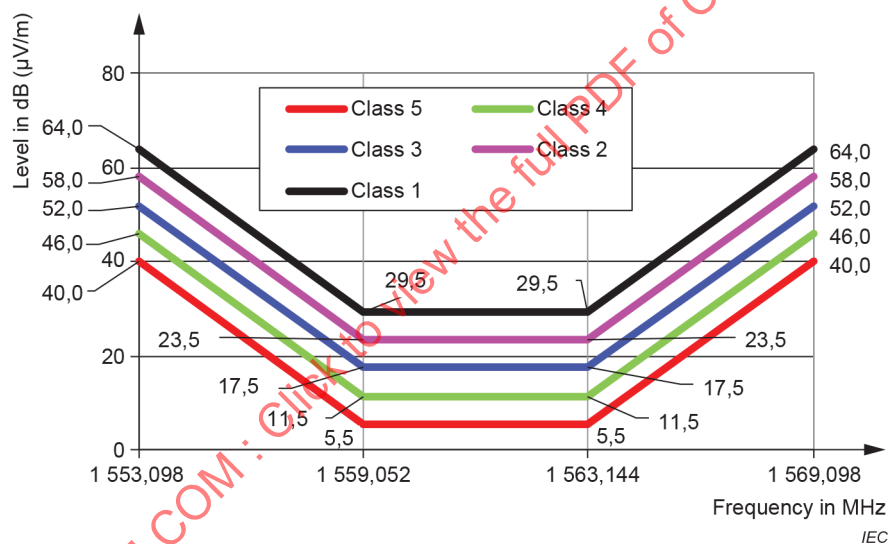


Figure 19b – BDS, B1I band 1 553,098 MHz to 1 569,098 MHz

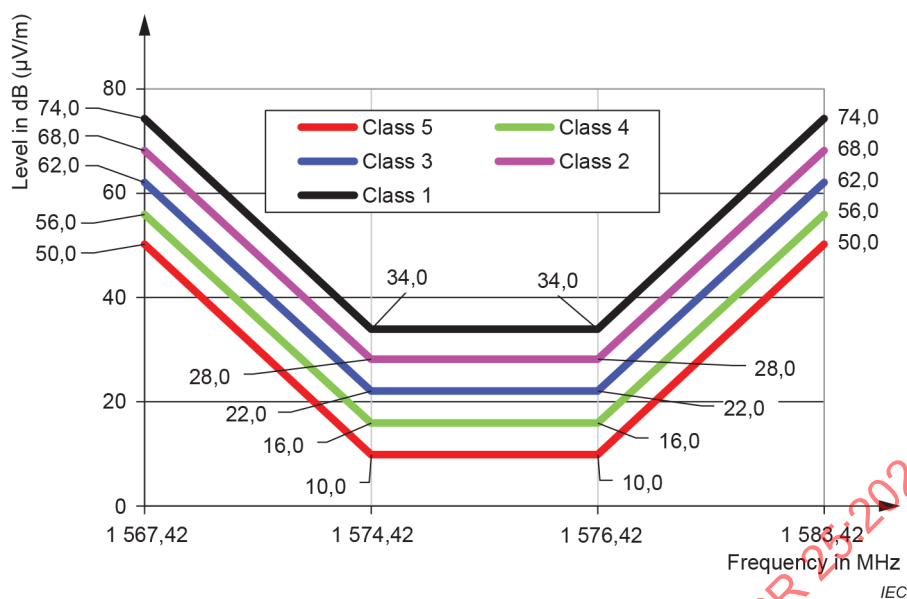


Figure 19c – GPS band 1 567,42 MHz to 1 583,42 MHz

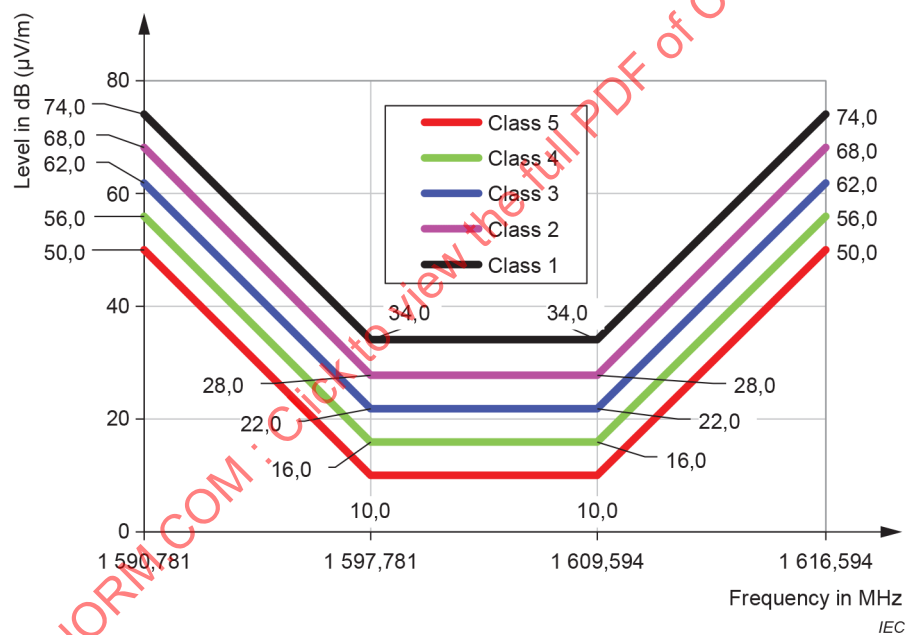


Figure 19d – GLONASS band 1 590,781 MHz to 1 616,594 MHz

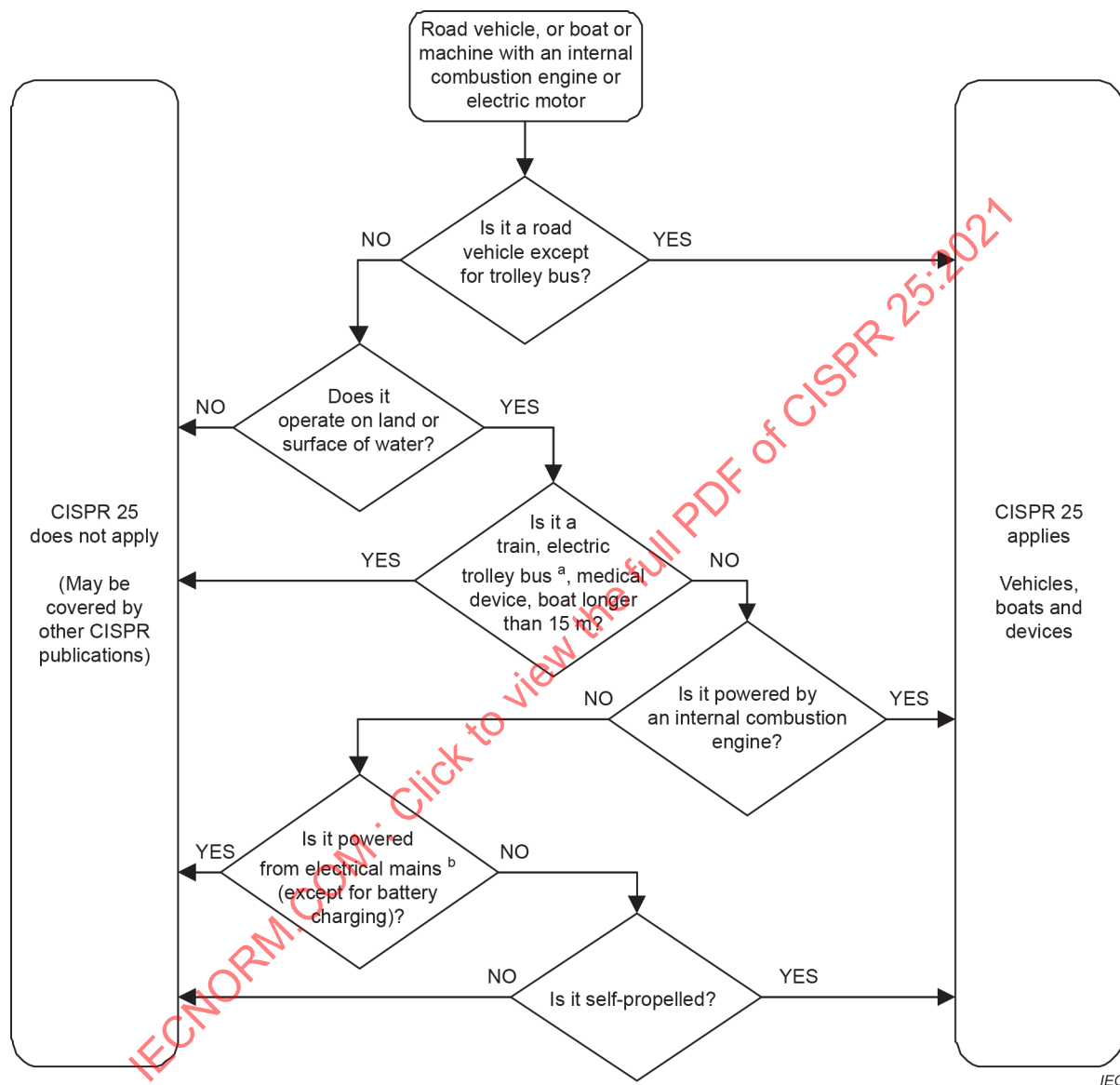
Figure 19 – Details of average limit for GPS, BDS, B1I and GLONASS bands – Components

6.6 Radiated emissions from components/modules – Stripline method

Refer to Annex F.

Annex A (informative)

Flow chart for checking the applicability of CISPR 25 to vehicles and boats



^a In the case of a dual-mode trolley bus (e.g. propelled by power from either AC/DC mains or an internal combustion engine), the AC/DC mains portion of the vehicle propulsion system shall be excluded from this document.

^b Connection to the electrical mains is the work of another CISPR subcommittee

Figure A.1 – Flow chart for checking the applicability of this document

Figure A.1 is intended to assist with determining whether a particular product is covered by this publication. In case of conflict between this chart and the scope of this document, the scope shall take precedence.

Annex B (normative)

Antenna matching unit – Vehicle test

B.1 Antenna matching unit parameters (150 kHz to 6,2 MHz)

The requirements for the measurement equipment are defined in 5.2.2.

B.2 Antenna matching unit – verification

B.2.1 General

The 10 pF and 60 pF values for the artificial antenna network of Figure B.1 are used to represent a conventional antenna, e.g., 1 m rod, 2 m coaxial. The 60 pF capacitor represents the capacitance of the coaxial cable between the vehicle antenna and the input of the vehicle radio.

NOTE Actual values with on-glass antennas and diversity systems can vary greatly.

B.2.2 Gain measurement

The antenna matching unit and artificial antenna adapter (AAA) shall be measured to determine whether its gain meets the requirements of 5.2.2.1 using the test arrangement shown in Figure B.1.

B.2.3 Test procedure

Using the test arrangement shown in Figure B.1:

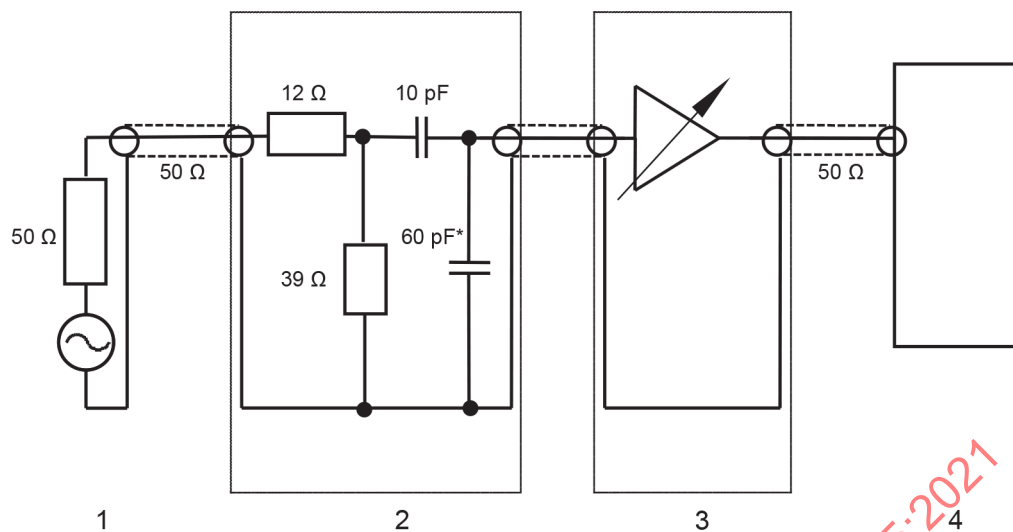
- 1) set the signal generator 40 dB(μ V) output level,
- 2) plot the gain curve for each frequency segment.

NOTE For more precise calibration, the actual values of the components used in the AAA and the input parameters of the matching network can be measured. The actual attenuation for the specific measuring equipment can be calculated and used to obtain the matching network gain with greater precision.

The gain of the antenna matching unit shall be evaluated. This can be obtained either by calculation (with the actual values of the components used in the AAA the input parameters of the antenna matching unit) or by complimentary measurement (using two identical AAA head to tail).

B.3 Impedance measurement

Measurement of the output impedance of the antenna matching unit with the antenna attached shall be made with a vector impedance meter (or equivalent test equipment). The output impedance shall lie within a circle on a Smith chart crossing $(100 + j0) \Omega$, having its centre at $(50 + j0) \Omega$ (e.g. VSWR less than 2:1).



IEC

Key

- 1 Signal generator
- 2 Artificial antenna adapter
- 3 Antenna matching unit
- 4 Measuring instrument

* Includes connector capacitance and, if used, cable capacitance

Figure B.1 – Verification setup

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of CISPR 25:2021

Annex C (informative)

Sheath-current suppressor

C.1 General information

This annex provides information on the proposed performance and verification of a sheath-current suppressor recommended for use when measuring vehicle antenna terminal voltage in the AM broadcast bands (LW, MW, SW). This suppressor electrically-isolates the ALSE from the vehicle ground.

C.2 Suppressor construction

The performance curve below (Figure C.1) shows the attenuation of the sheath currents using 20 turns of a coaxial cable around a ferrite toroidal core:

Material: N30; $\text{Al} = 5\,400\text{ nH}$
 Size: Toroidal core $58,3 \times 40,8 \times 17,6\text{ mm}$
 Manufacturer: TDK EPCOS Order No.: B64290L0040X830
 Number of turns: 20 (coaxial cable)

NOTE To increase the attenuation, two sheath-current suppressors can be placed in series or more turns can be added to the single core.

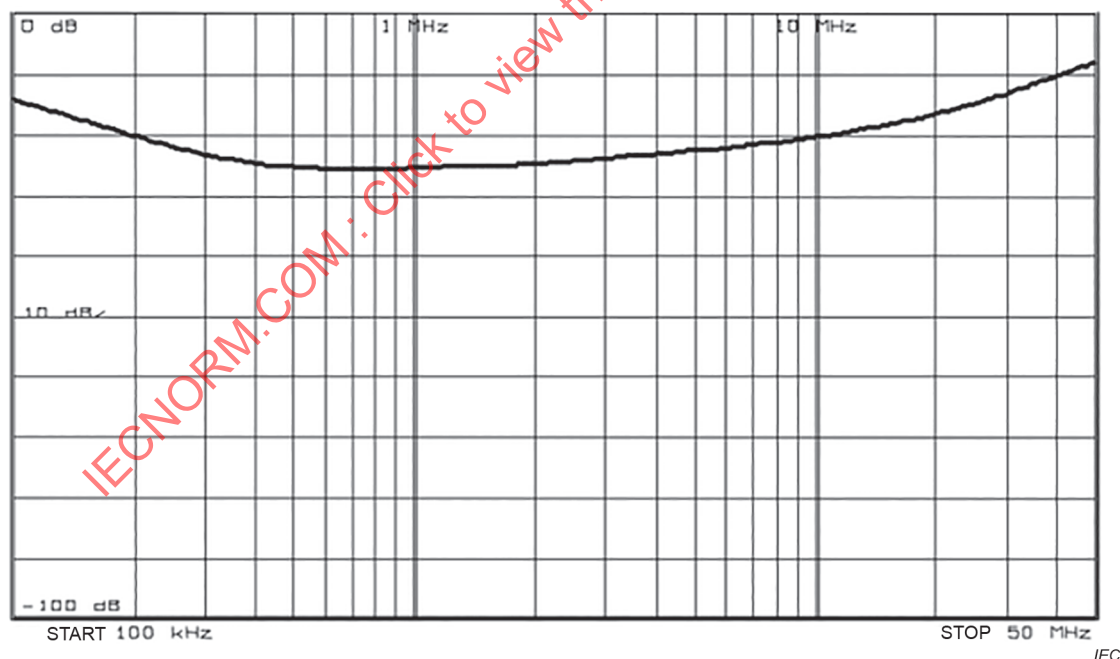


Figure C.1 – Characteristic S_{21} of the sheath-current suppressor

Annex D (informative)

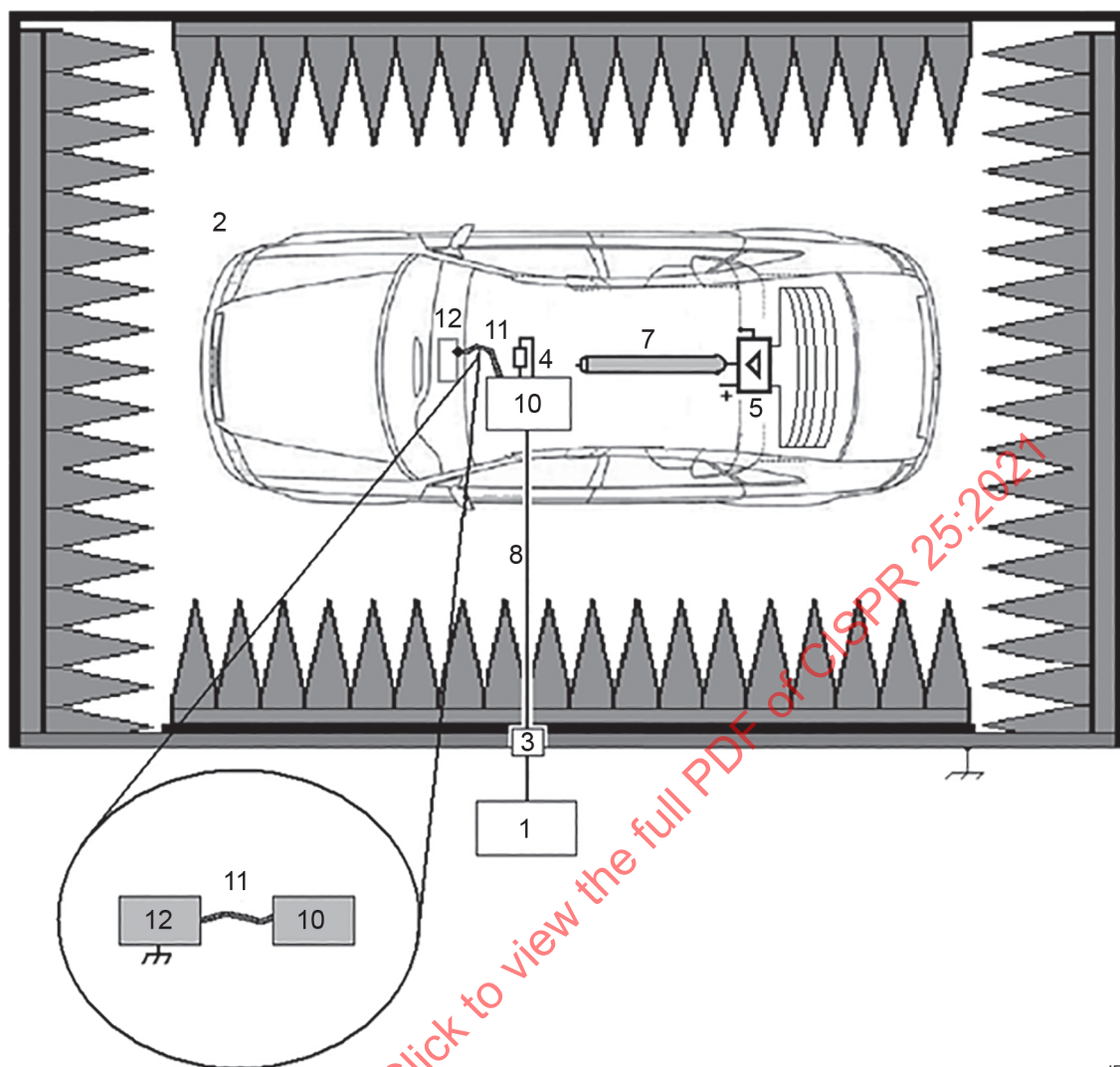
Guidance for the determination of the noise floor of active vehicle antennas

Three steps are necessary to determine the noise floor of an active antenna installed in the vehicle:

- 1) Measurement of the noise floor of the test equipment (measuring receiver plus impedance converter) with coaxial cable impedance termination at the impedance converter RF-input in the applicable range of the active antenna. ($U_{\text{Equipment noise}}$) (Test setup see Figure D.1).
- 2) Measurement of the noise floor of the active vehicle antenna including the noise floor of the test equipment. ($U_{\text{Equipment noise plus antenna noise}}$) (Test setup see Figure D.2).
- 3) Calculation of the active antenna noise floor with Formula (D.1) (all terms in μV):

$$U_{\text{Antenna noise}} = \sqrt{U_{\text{Equipment noise plus antenna noise}}^2 - U_{\text{Equipment noise}}^2} \quad (\text{D.1})$$

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of CISPR 25:2021

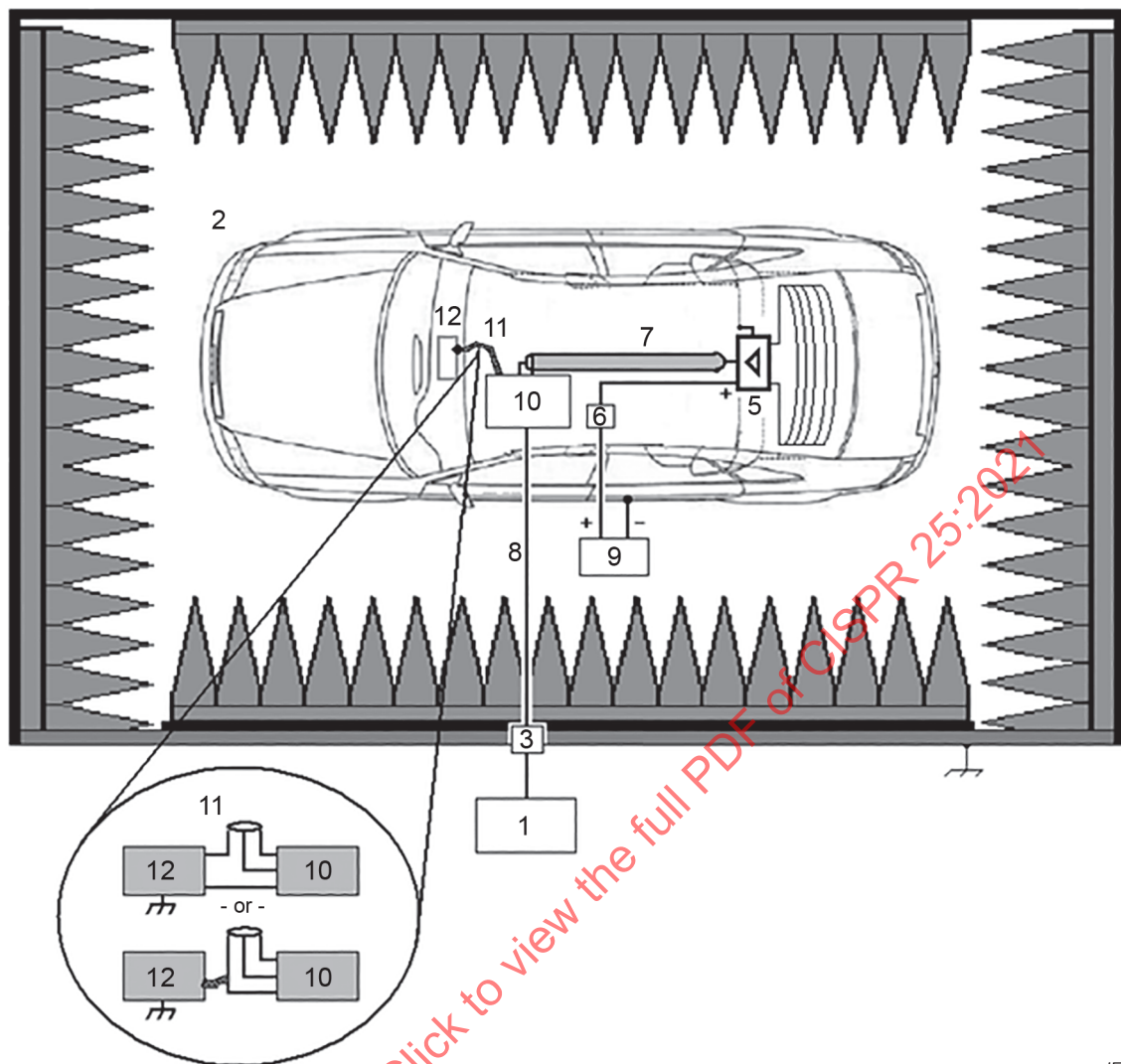


IEC

Key

- 1 Measuring instrument
- 2 ALSE
- 3 Bulkhead connector
- 4 Resistor according to coaxial cable impedance
- 5 Vehicle antenna amplifier
-
- 7 Antenna coaxial cable
- 8 High-quality double-shielded coaxial cable (50 Ω)
-
- 10 Impedance matching unit
- 11 Short connection to the housing of the on-board radio
- 12 Housing of on-board radio

Figure D.1 – Example of vehicle test setup for equipment noise



IEC

Key

- 1 Measuring instrument
- 2 ALSE
- 3 Bulkhead connector
-
- 5 Vehicle antenna amplifier
- 6 Antenna amplifier power plug
- 7 Antenna coaxial cable
- 8 High-quality coaxial cable e.g. double-shielded (50 Ω)
- 9 External 12 V battery
- 10 Impedance matching unit
- 11 Modified coaxial "T" connector or short connection to the housing of the on-board radio
- 12 Housing of on-board radio

Figure D.2 – Example of vehicle test setup for antenna noise measurement

Annex E (normative)

Artificial Network (AN), High Voltage Artificial Network (HV-AN), Direct Current charging Artificial Network (DC-charging-AN), Artificial Mains Network (AMN) and Asymmetric Artificial Network (AAN)

E.1 General

Currently different types of power supplies and power supply cabling are used for a component powered by low voltage (LV) and/or high voltage (HV) and/or connected to the power grid (AC power mains, DC power supply) and for a vehicle in charging mode connected to the power grid (AC power mains, DC power supply). Therefore, it is necessary to use networks which provide specific load impedance and isolate the component or the vehicle from the power supply:

- Artificial Network (AN): used for LV power supplies;
- High Voltage Artificial Network (HV-AN): used for high voltage DC power supplies;
- Direct Current charging Artificial Network (DC-charging-AN): used for DC power supplies;
- Artificial Mains Network (AMN): used for AC power mains;
- Asymmetric Artificial Network (AAN): used for signal/control port lines and/or wired network port lines.

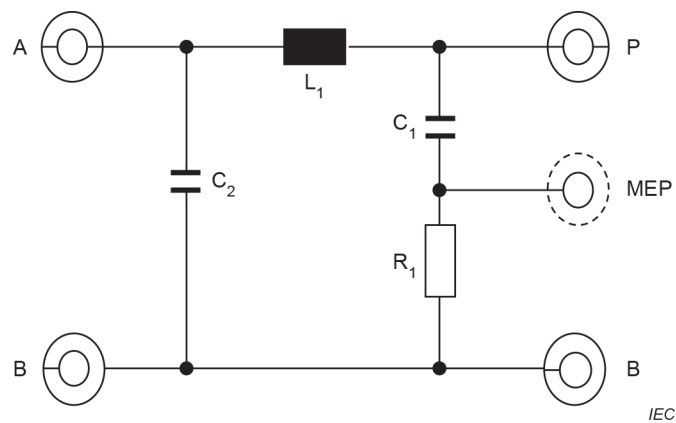
E.2 Artificial networks (AN)

E.2.1 Component powered by LV

For a component powered by LV, a $5\ \mu\text{H} / 50\ \Omega$ -AN as defined in Figure E.1 shall be used.

Measurement ports of AN(s) shall be terminated with a $50\ \Omega$ load.

The AN impedance Z_{PB} (tolerance $\pm 20\%$) in the measurement frequency range of 0,1 MHz to 100 MHz is specified in Table E.1 and shown in Figure E.2. It is measured between the terminals P and B (of Figure E.1) with a $50\ \Omega$ load on the measurement port with terminals A and B (of Figure E.1) short circuited.

**Key** L_1 : 5 μH C_1 : 0,1 μF C_2 : 1 μF R_1 : 1 k Ω

A: Port to power supply

P: Port to EUT

B: Ground

MEP: Measuring port

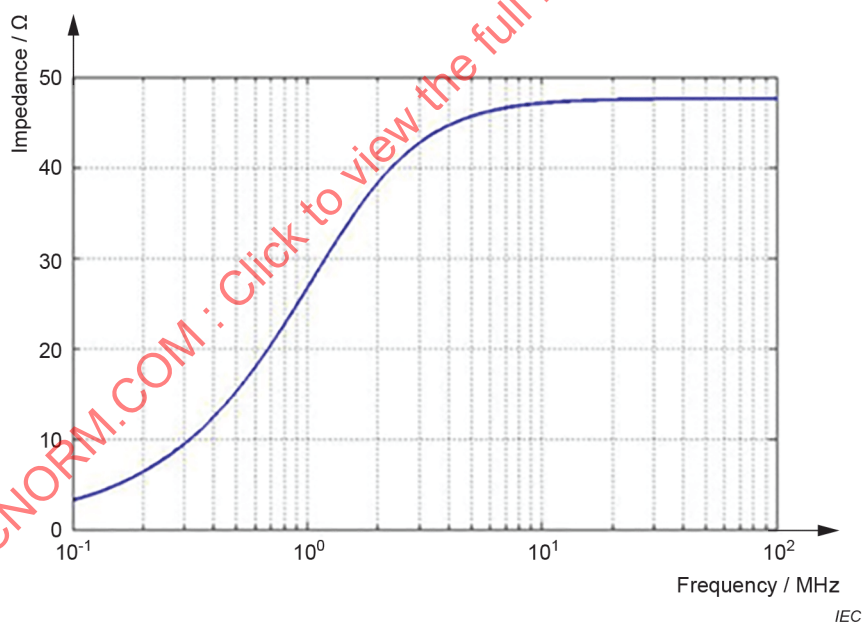
Figure E.1 – Example of 5 μH AN schematic**Figure E.2 – Characteristics of the AN impedance Z_{PB}**

Table E.1 – Magnitude of the AN impedance Z_{PB}

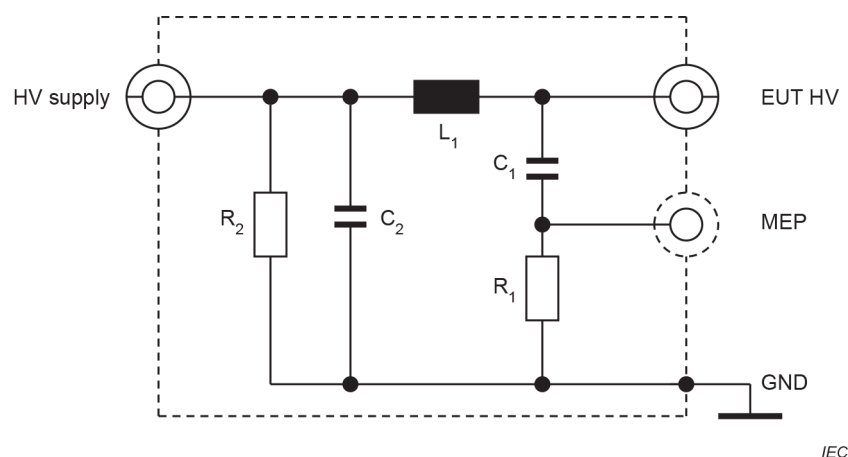
Frequency MHz	Magnitude of the impedance		
	Nominal value Ω	Lower tolerance Ω	Upper tolerance Ω
0,10	3,20	2,56	3,84
0,15	4,79	3,83	5,75
0,20	6,37	5,09	7,64
0,30	9,45	7,56	11,34
0,40	12,41	9,93	14,89
0,50	15,23	12,18	18,27
0,70	20,34	16,27	24,41
1,00	26,64	21,31	31,97
1,50	33,88	27,10	40,65
2,00	38,26	30,61	45,92
2,50	40,97	32,77	49,16
3,00	42,70	34,16	51,24
4,00	44,65	35,72	53,59
5,00	45,66	36,53	54,79
7,00	46,59	37,27	55,90
10,00	47,10	37,68	56,53
15,00	47,39	37,91	56,87
20,00	47,49	37,99	56,99
30,00	47,56	38,05	57,07
50,00	47,60	38,08	57,12
100,00	47,61	38,09	57,14

E.2.2 Component powered by HV

For a component powered by HV, a 5 μH / 50 Ω HV-AN as defined in Figure E.3 shall be used.

Measurement ports of HV-AN(s) shall be terminated with a 50 Ω load.

The HV-AN impedance Z_{PB} (tolerance $\pm 20\%$) in the measurement frequency range of 0,1 MHz to 100 MHz is shown in Figure E.2. See Table E.1 for the nominal impedance and upper/lower tolerances in tabular form. It is measured between the EUT HV and ground terminals (of Figure E.1) with a 50 Ω load on the measurement port and with the supply line HV and ground terminals short circuited.



IEC

Key L_1 : 5 μH C_1 : 0,1 μF C_2 : 0,1 μF (default value) R_1 : 1 k Ω R_2 : 1 M Ω (discharging C_2 to < 50 V_{DC} within 20 s)

HV supply: High voltage power supply

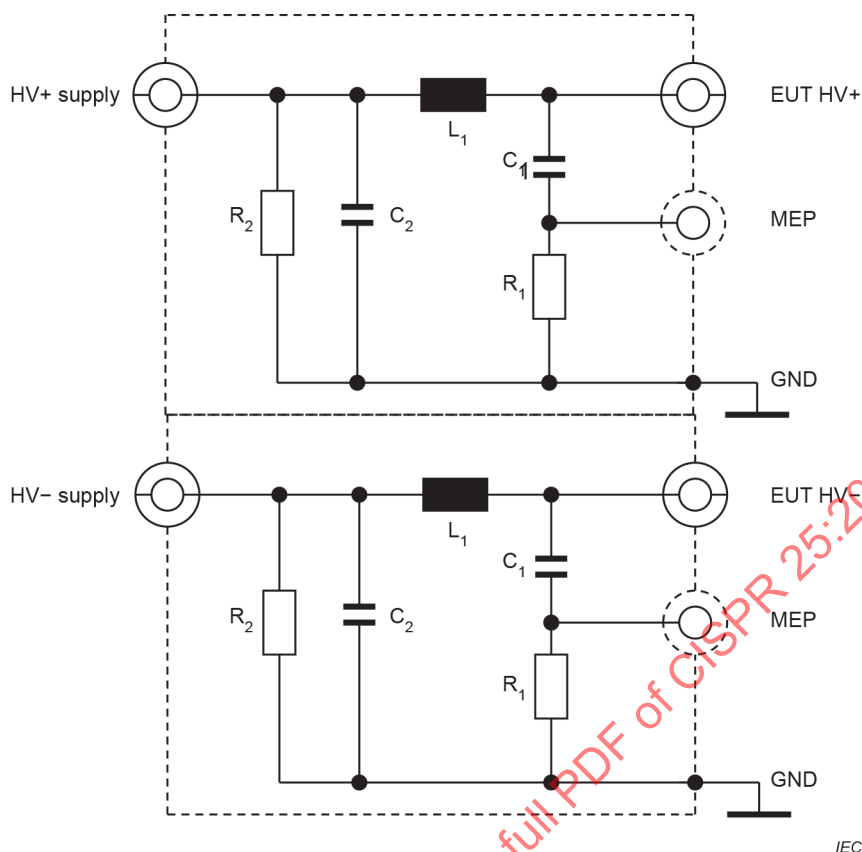
EUT HV: High voltage of EUT

MEP: Measuring port

GND: Ground

Figure E.3 – Example of 5 μH HV-AN schematic

If unshielded HV-ANs are used in a single shielded box, then there shall be an inner shield between the HV-ANs as described in Figure E.4.



Key

L_1 : 5 μ H

C_1 : 0,1 μ F

C_2 : 0,1 μ F (default value)

R_1 : 1 k Ω

R_2 : 1 M Ω (discharging C_2 to < 50 V_{DC} within 20 s)

HV supply: High voltage power supply (positive and negative)

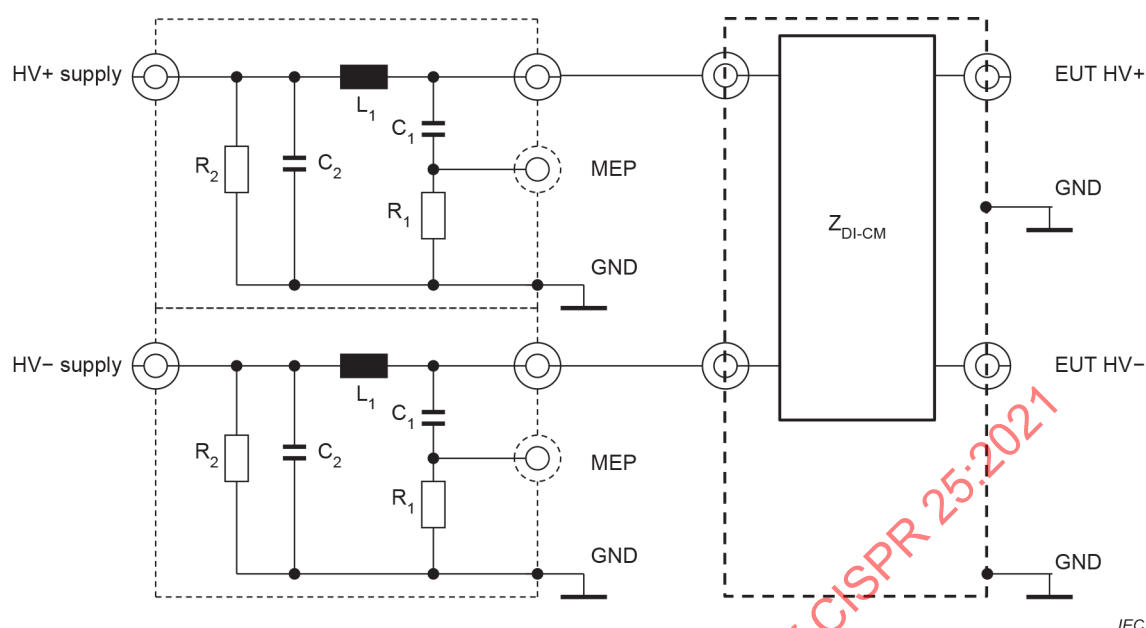
EUT HV: High voltage of EUT (positive and negative)

MEP: Measuring port

GND: Ground

Figure E.4 – Example of 5 μ H HV-AN combination in a single shielded box

An optional impedance matching network can be used to simulate common mode / differential mode impedance seen by the EUT plugged on HV power supply (see Figure E.5).

**Key** L_1 : 5 μH C_1 : 0,1 μF C_2 : 0,1 μF (default value) R_1 : 1 k Ω R_2 : 1 M Ω (discharging C_2 to < 50 V_{dc} within 20 s)

HV supply: High voltage power supply (positive and negative)

EUT HV: High voltage of EUT (positive and negative)

MEP: Measuring port

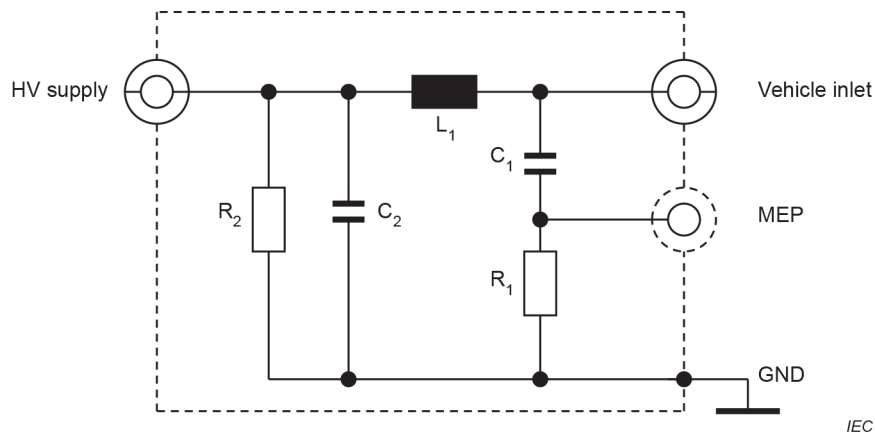
GND: Ground

 $Z_{\text{DI-CM}}$: Differential and common-mode impedance**Figure E.5 – Impedance matching network attached between HV-ANs and EUT****E.2.3 Direct Current charging Artificial Networks (DC-charging-AN)**

For a vehicle/component in charging mode connected to a DC power supply, a 5 μH / 50 Ω DC-charging-AN as defined in Figure E.6 shall be used.

Measurement ports of DC-charging-AN(s) shall be terminated with 50 Ω loads.

The DC-charging-AN impedance Z_{PB} (tolerance $\pm 20\%$) in the measurement frequency range of 0,1 MHz to 100 MHz is shown in Figure E.2. See Table E.1 for the nominal impedance and upper/lower tolerances in tabular form. It is measured between the EUT HV and ground terminals (Figure E.6) with a 50 Ω load on the measurement port and with the supply line HV terminals short circuited.



Key

L_1 : 5 μH

C_1 : 0,1 μF

C_2 : 1 μF (default value, if another value is used, it shall be justified)

R_1 : 1 k Ω

R_2 : 1 M Ω (discharging C_2 to < 50 V_{DC} within 20 s)

HV supply: High voltage power supply

Vehicle inlet: connection to vehicle inlet

MEP: Measuring port

GND: Ground

NOTE The shielding of the DC-charging-AN is optional.

Figure E.6 – Example of 5 μH DC-charging-AN schematic

E.3 Artificial Mains Networks (AMN)

For a vehicle in charging mode or component (e.g. charger/inverter) connected to an AC power mains, a 50 μH / 50 Ω -AMN as defined in CISPR 16-1-2:2014, 4.4 shall be used.

Measurement ports of AMN(s) shall be terminated with 50 Ω loads.

E.4 Asymmetric Artificial Network (AAN)

E.4.1 General

Currently, different technologies for signal/control port lines and/or wired network port lines are used for the communication between charging station and vehicle or component (e.g. charger). Therefore a distinction between some specific signal/control port lines (e.g. Control Pilot line, CAN lines, ...) and/or wired network port lines is necessary.

Measurement ports of AAN(s) shall be terminated with 50 Ω loads.

AANs which are defined in E.4.2, E.4.3, E.4.4 and E.4.5 are used for unshielded signal/control port lines and/or wired network port lines.

If shielded signal/control port lines are used then shielded AANs defined in CISPR 32:2015, Annex G, Figure G.10 and Figure G.11 should be used.

E.4.2 Signal/control port with symmetric lines

Symmetric lines can be used for vehicle DC charging mode.

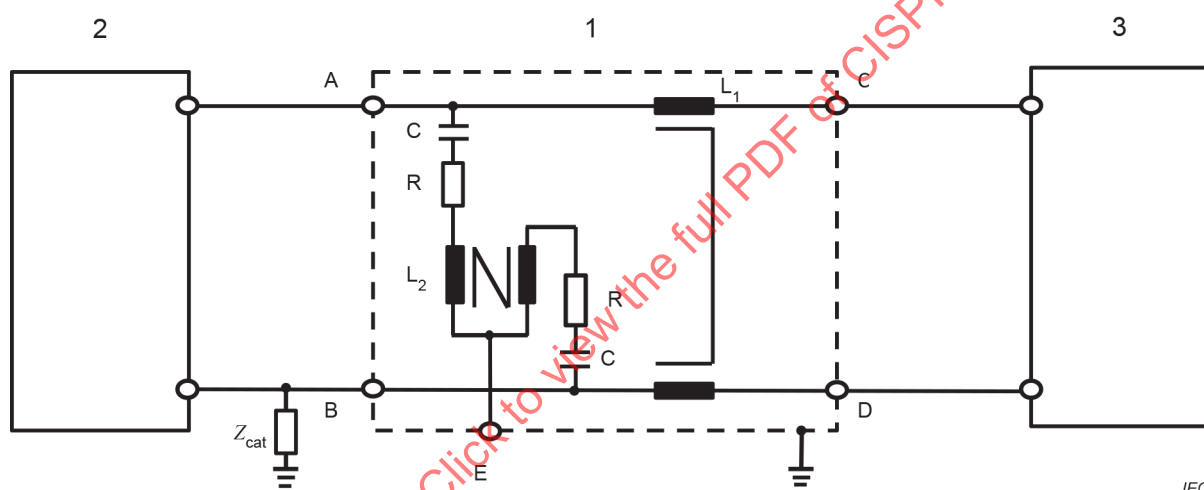
An asymmetric artificial network (AAN) to be connected between vehicle and charging station or any AE used to simulate communication is defined in CISPR 16-1-2:2014, Clause E.2 (T network circuit) (see example in Figure E.7).

The AAN has a common mode impedance of $150\ \Omega$. The impedance Z_{cat} adjusts the symmetry of the cabling and attached periphery typically expressed as longitudinal conversion loss (LCL). The value of LCL should be predetermined by measurements or be defined by the manufacturer of the charging station/charging harness. The selected value for LCL and its origin shall be stated in the test report.

CAN communication is an example of symmetric lines used for vehicle DC charging mode.

If an original charging station can be used for the test, an AAN might not be required for CAN communication.

If the CAN communication is emulated and if the presence of the AAN prevents proper CAN communication then no AAN should be used.



Key

1: AAN

2: Vehicle

3: Charging station

L_1 : $2 \times 38\ \text{mH}$

L_2 : $2 \times 38\ \text{mH}$

R: $200\ \Omega$

C: $4,7\ \mu\text{F}$

Z_{cat} : Symmetric adjustment impedance

A: Symmetrical line 1 (in vehicle)

B: Symmetrical line 2 (in vehicle)

C: Symmetrical line 1 (charging station side)

D: Symmetrical line 2 (charging station side)

E: Measuring port with $50\ \Omega$ load

Figure E.7 – Example of an AAN for signal/control port with symmetric lines (e.g. CAN)

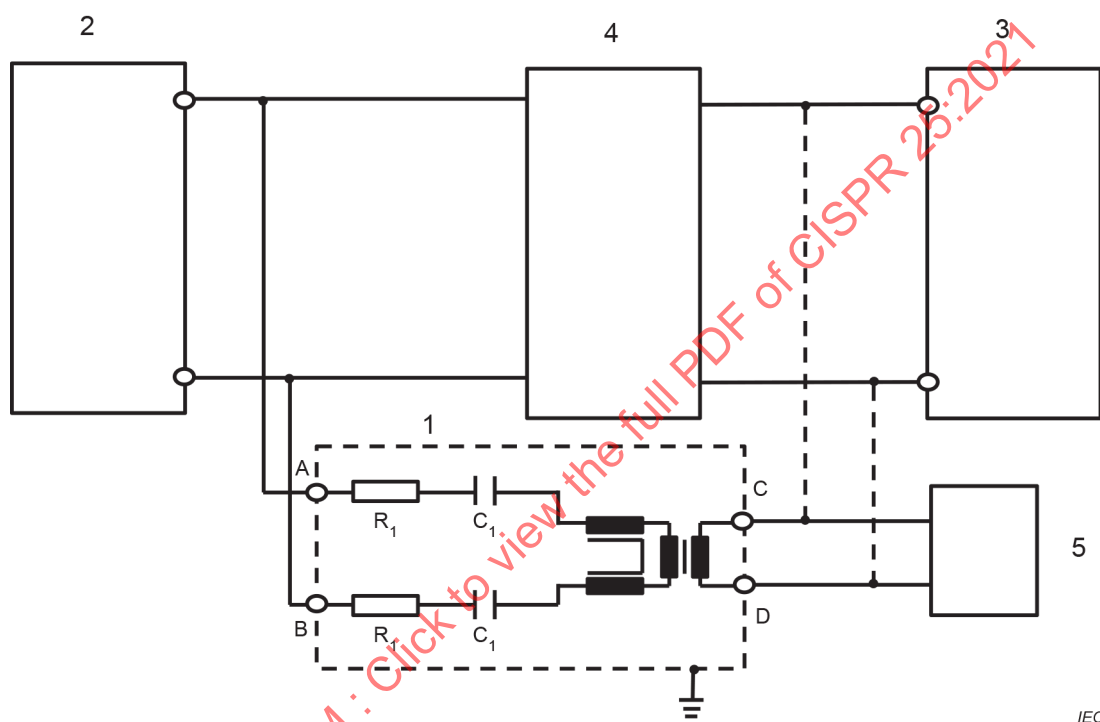
E.4.3 Wired network port with PLC on power lines

PLC on power lines could be used for vehicle AC or DC charging mode.

If an original charging station can be used for the test, an AAN and/or AMN/DC-charging-AN might not be required for PLC communication.

If the presence of the AMN/DC-charging-AN prevents proper PLC communication with the original charging station or if the PLC communication is simulated by means of a piece of AE (e.g. a PLC modem) instead of the original charging station, an AAN shall be added between the AE (e.g. the PLC modem) and the AMN/DC-charging-AN output (vehicle side), as shown in Figure E.8.

The circuit in Figure E.8 provides a common mode termination by the AMN / DC-charging-AN / HV-AN. In order to minimize emission from the PLC modem of the charging infrastructure, an attenuator is located between powerline and the PLC modem at the AE side in the circuit for emission tests. This attenuator consists of two resistors in combination with the input/output impedance of the PLC modem. The value of the resistors depends on the design impedance of the PLC modems and the allowed attenuation for the PLC system.



Key

1: AAN

2: Vehicle

3: Charging station / power supply

4: HV-AN or AMN or DC-charging-AN

5: AE

R_1 : 2,5 k Ω

C_1 : 4,7 nF

A: PLC on AC or DC power line (vehicle side)

B: PLC on AC or DC power line (vehicle side)

C: PLC line (charging station or AE side)

D: PLC line (charging station or AE side)

The value of the resistors depends on the allowed attenuation and the design impedance of the PLC modem (here: 40 dB attenuation, 100 Ω PLC design impedance).

Figure E.8 – Example of AAN with wired network port with PLC on AC or DC power lines

E.4.4 Signal/control port with PLC (technology) on control pilot line

PLC on control pilot line could be used for vehicle AC or DC charging mode.

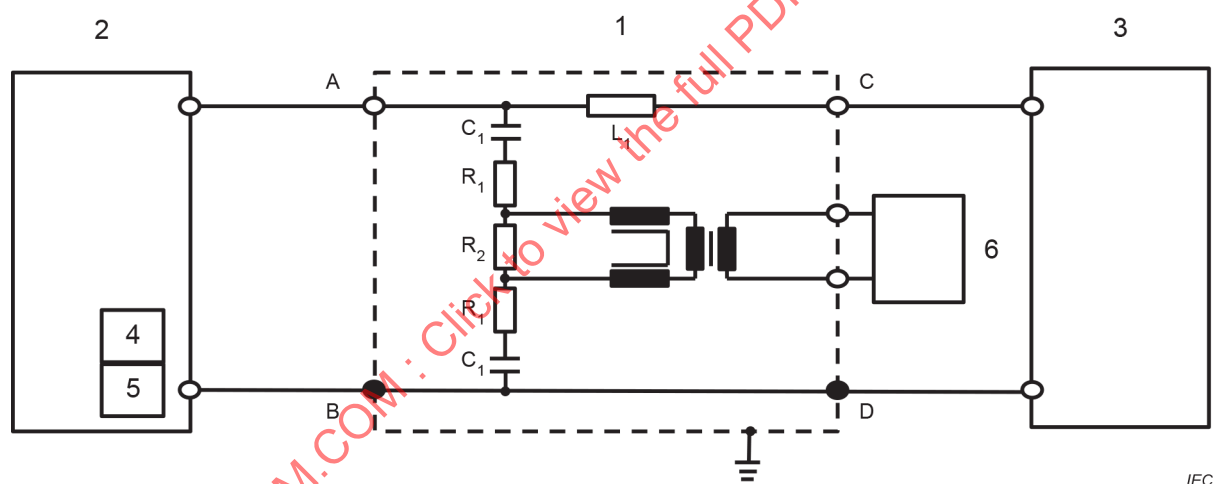
Some communication systems use the control pilot line (versus PE) with a superimposed (high frequency) communication. Typically the technology developed for powerline communication (PLC) is used for that purpose. On one hand the communication lines are operated unsymmetrically, on the other hand two different communication systems operate on the same line. Therefore a special AAN shall be used as defined in Figure E.9.

It provides a common mode impedance of $150\ \Omega \pm 20\ \Omega$ (2 MHz to 30 MHz) on the control pilot line (assuming a design impedance of the modem of $100\ \Omega$). Both types of communications (control pilot, PLC) are separated by the network.

Therefore, typically a communication simulation is used in combination with this network. The attenuator built by the resistors and the design impedance of the PLC modem makes sure that the signal on the charging harness is dominated by the vehicle's communication signals rather than the AE PLC modem.

The values of inductance and capacitance in the networks added for PLC (technology) on control pilot line shown in Figure E.9 shall not induce any malfunction of communication between vehicle and AE or charging station. It can therefore be necessary to adapt these values to ensure proper communication.

If PLC communication is emulated and if the presence of the AAN prevents proper PLC communication, then no AAN should be used.



Key

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1: AAN | |
| 2: Vehicle | R_2 : 270 Ω |
| 3: Charging station | C_1 : 2,2 nF |
| 4: Control pilot (in vehicle) | L_1 : 100 μ H |
| 5: CPL (in vehicle) | A: Control pilot line (vehicle side) |
| 6: AE | B/D: Protective earth |
| R_1 : 39 Ω | C: Control pilot line (charging station side) |

The values of the three resistors depend on the design impedance of the PLC modem connected at AE side. The values given in the schematic are valid for a design impedance of 100 Ω .

Figure E.9 – Example of AAN circuit for signal/control port with PLC on control pilot

E.4.5 Signal/control port with control pilot line

Control pilot line could be used for vehicle AC or DC charging mode.

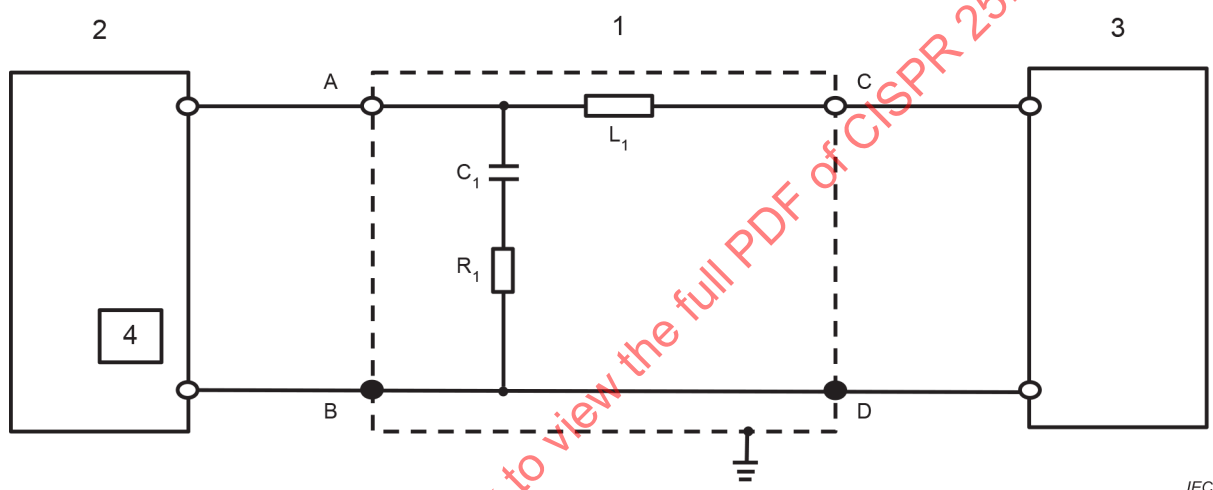
Some communication systems use the control pilot line (versus PE). On one hand the communication lines are operated unsymmetrically, on the other hand two different communication systems operate on the same line. Therefore a special AAN shall be used as defined in Figure E.10.

It provides an impedance of $150\ \Omega \pm 20\ \Omega$ (2 MHz to 30 MHz) on the control pilot line.

Therefore, typically a communication simulation is used in combination with this network.

The values of inductance and capacitance in the networks on control pilot line shown in Figure E.10 shall not induce any malfunction of communication between vehicle and charging station. It can therefore be necessary to adapt these values to ensure proper communication.

If control pilot communication is emulated and if the presence of the AAN prevents proper control pilot communication then no AAN should be used.



Key

1: AAN

2: Vehicle

3: Charging station

4: Control pilot (in vehicle)

R_1 : $150\ \Omega$

C_1 : $1,1\ \text{nF}$

L_1 : $100\ \mu\text{H}$

A: Control pilot line (vehicle side)

B/D: Protective earth

C: Control pilot line (charging station side)

Figure E.10 – Example of AAN circuit for pilot line

Annex F (informative)

Radiated emissions from components/modules – Stripline method

F.1 General

The stripline is an open waveguide, which consists of a reference ground plane and an active conductor (septum) and has characteristic impedance. Commonly used values for characteristic impedances are 50 Ω and 90 Ω . Information relating to the size and construction of a stripline is given in Figure F.2 and Figure F.3.

Users are encouraged to study and experiment with the test method to increase the body of knowledge with the aim of reaching consensus on including it in the main body of this document at a future date.

The stripline can be used in the frequency range from 150 kHz to 400 MHz where the harness is the primary radiating/coupling element.

The limits of the frequency range can be extended up to 1 000 MHz, if:

- the dominance of TEM mode can be shown²;
- and the EUT is located under the septum;
- and the height of the EUT is limited to 1/3 of the septum height.

Measurements shall be made in a shielded enclosure to eliminate high levels of external disturbances. For further details, see Figure F.1.

The influence of the shielded enclosure on the measured impedance (i.e. reflection coefficient as measured with a network analyser) of the stripline should be less than 6 dB compared with an open field test site. To realize this it might be necessary to equip the shielded enclosure partially with absorbers. An example is shown in Figure F.1.

F.2 Test setup

F.2.1 General

For radiated emissions measurements, the arrangement of the EUT, test harness, load simulator and measuring equipment shall be equivalent to the example shown in Figure F.1.

Deviations of the location and length of the test harness (e.g. the original vehicle harness) and the location of the EUT shall be agreed between customer and supplier.

In order to achieve reproducible test results the EUT and the test arrangement shall be located at the same position in the stripline for each repeated measurement.

² For the design shown in Figure F.2 it is presumed that the TEM mode is dominant up to 400 MHz. For the design shown in Figure F.3 it is presumed that the TEM mode is dominant up to 1 000 MHz.

F.2.2 Stripline impedance matching

Correct impedance matching between the stripline and the measuring instrument of 50 Ω shall be maintained for all frequencies. This can be achieved by using lossless transmission line transformers (non-linear shape of the septum tapers or an additional external waveguide) or lumped passive network.

If the matching unit is a lumped passive network, appropriate correction of measurement results shall be made for any insertion loss.

F.2.3 Location of the EUT

The EUT shall be placed (50 ± 5) mm above the reference ground plane on a non-conductive, low relative permittivity material ($\epsilon_r \leq 1,4$) and shall be located on the same side as the 50 Ω load of the stripline as shown in Figure F.1. The case of the EUT shall not be grounded to the reference ground plane unless it is intended to simulate the real vehicle configuration. In the case that the EUT is not located under the septum, the EUT shall be located at a distance of (200^{+50}_0) mm from the edge of the septum.

F.2.4 Location and length of the test harness

The length of test harness parallel to the septum shall be $(1\,000 \pm 50)$ mm.

The total length of the test harness between the EUT and the load simulator (or the RF boundary) is typical 1 700 mm and shall not exceed 2 000 mm. The same test harness can be used as with the ALSE test method (see 6.5).

The long segment of the test harness shall be within the inner one-third of the width of the septum. Ideally, it is placed under the centreline of the septum.

The wiring type is defined by the intended system application and requirement. The test harness shall be placed on a non-conductive, low relative permittivity material ($\epsilon_r \leq 1,4$), (50 ± 5) mm above the reference ground plane. The locations of the EUT and load simulator require a harness bend angle of $(90 \pm 15)^\circ$.

F.2.5 Location of the load simulator

The load simulator should be located at a distance of (200^{+50}_0) mm from the edge of the septum. If this cannot be met, the actual location of the load simulator shall be documented in the test report.

The load simulator shall be placed directly on the reference ground plane. If the load simulator has a metallic case, this case shall be bonded to the reference ground plane. Alternatively, the load simulator can be located adjacent to the reference ground plane (with the case of the load simulator bonded to the reference ground plane) or outside of the test chamber, provided the test harness from the EUT passes through an RF boundary bonded to the reference ground plane. When the load simulator is located on the reference ground plane, the DC power supply lines of the load simulator shall be connected through the AN(s) (see 6.2.2).

F.3 Test procedure

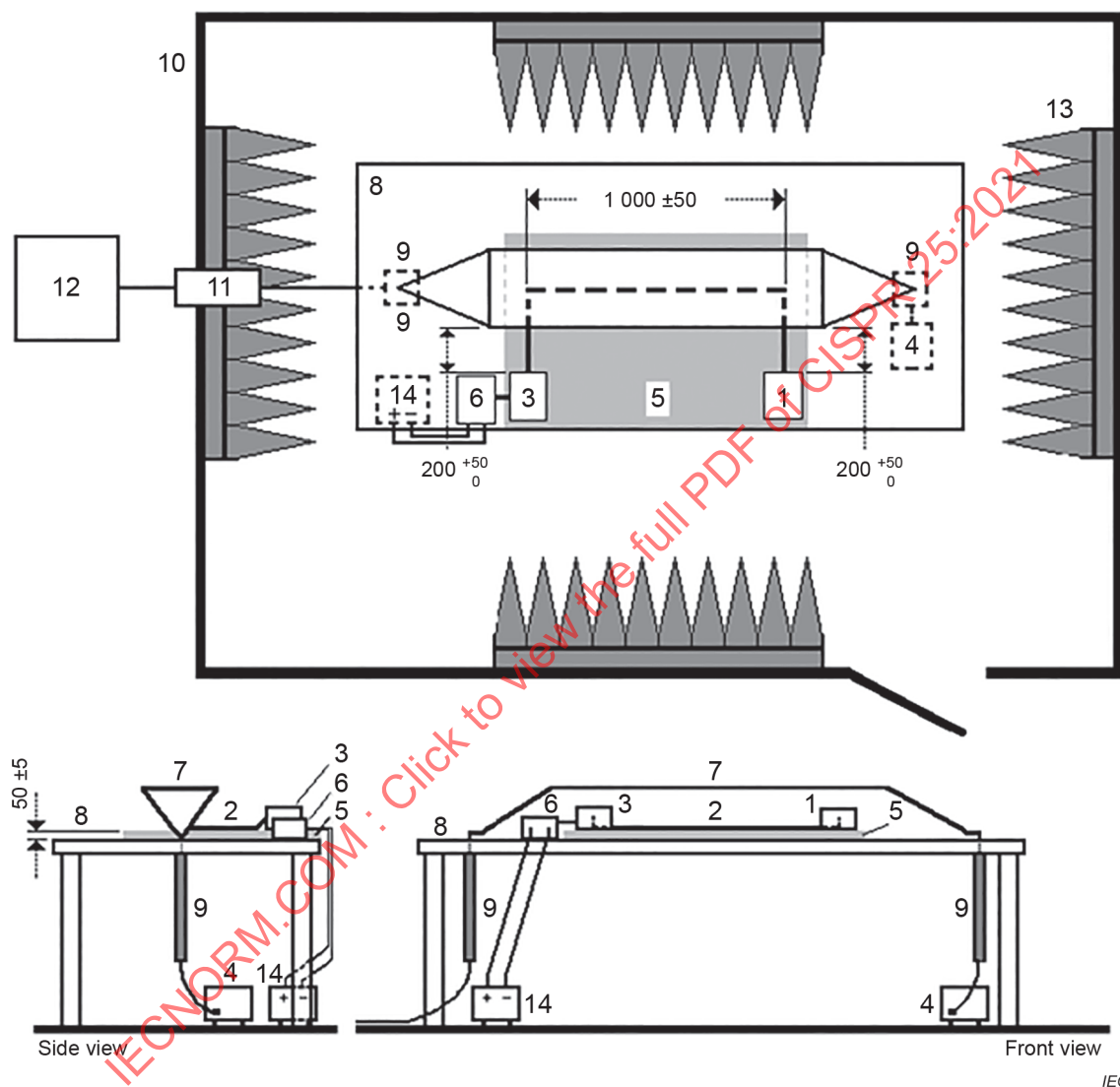
The general arrangement of the EUT, the harness and the peripherals, represents a standardized test condition. Any deviations from the standard test configuration shall be agreed between customer and supplier prior to testing and recorded in the test report.

The EUT shall be installed to operate under typical loading and operating conditions in the vehicle in such a way that the maximum emission state occurs. These operating conditions shall be defined in the test plan to ensure that customer and supplier are performing identical tests.

The arrangement of the EUT as well as the measuring equipment shall be functionally equivalent to the example shown in Figure F.1 and shall be defined in the test plan.

Top view

Dimensions in millimetres



Key

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1 EUT | 8 Reference ground plane |
| 2 Test harness | 9 Matching unit (if applicable) |
| 3 Load simulator | 10 Wall of shielded room |
| 4 50 Ω load (location optional) | 11 Bulkhead connector |
| 5 Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1,4$) | 12 Measuring instrument |
| 6 Artificial network (AN) | 13 Absorbers (if applicable) |
| 7 Septum | 14 Power supply (location optional) |

Figure F.1 – Example of a basic stripline test setup in a shielded enclosure

F.4 Limits for radiated emissions from components/modules – Stripline method

Some disturbance sources are continuous emitters and require a lower limit than a disturbance source which operates only periodically or for short intervals.

The limits of the radiated electromagnetic energy can be different for each disturbance source and arrangement (coupling between antenna and electronic equipment in the vehicle).

For evaluation of radiated emissions from components/modules the RF voltage at the stripline output shall be measured.

Table F.1 – Examples of limits for radiated disturbances – Stripline method

Service / Band	Frequency MHz	Levels in dB(μV)															RBW
		Class 5			Class 4			Class 3			Class 2			Class 1			
		Peak	Quasi-peak	Average	Peak	Quasi-peak	Average	Peak	Quasi-peak	Average	Peak	Quasi-peak	Average	Peak	Quasi-peak	Average	
Analogue broadcast services																	
LW	0,15 to 0,30	47	34	27	57	44	37	67	54	47	77	64	57	87	74	67	9 kHz
MW	0,53 to 1,8	41	28	21	49	36	29	57	44	37	65	52	45	73	60	53	
SW	5,9 to 6,2	41	28	21	47	34	27	53	40	33	59	46	39	65	52	45	
FM	76 to 108	32	19	12	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	120 kHz
TV Band I	41 to 88	22	–	12	28	–	18	34	–	24	40	–	30	46	–	36	
TV Band III	174 to 230	22	–	12	28	–	18	34	–	24	40	–	30	46	–	36	
TV Band IV	470 to 944	22	–	12	28	–	18	34	–	24	40	–	30	46	–	36	
Digital broadcast services																	
DAB III	167 to 245	16	–	6	22	–	12	28	–	18	34	–	24	40	–	30	1 MHz
TV Band III	174 to 230	32	–	22	38	–	28	44	–	34	50	–	40	56	–	46	
DTTV	470 to 770	26	–	16	32	–	22	38	–	28	44	–	34	50	–	40	
Mobile services and digital mobile phone services ^{c d}																	
CB	26 to 28	40	28	21	46	34	27	52	40	33	58	46	39	64	52	45	9 kHz
VHF	30 to 54	32	19	12	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	120 kHz
VHF	68 to 87	26	13	6	32	19	12	38	25	18	44	31	24	50	37	30	
VHF	142 to 175	26	13	6	32	19	12	38	25	18	44	31	24	50	37	30	
Analogue UHF	380 to 512	26	13	6	32	19	12	38	25	18	44	31	24	50	37	30	
RKE & TPMS 1	300 to 330	20	–	6	26	–	12	32	–	18	38	–	24	44	–	30	
RKE & TPMS 2	420 to 450	20	–	6	26	–	12	32	–	18	38	–	24	44	–	30	

Service / Band	Frequency MHz	Levels in dB(μV)															RBW
		Class 5			Class 4			Class 3			Class 2			Class 1			
		Peak	Quasi-peak	Average	Peak	Quasi-peak	Average	Peak	Quasi-peak	Average	Peak	Quasi-peak	Average	Peak	Quasi-peak	Average	
4G	460 to 467,5	36	-	16	42	-	22	48	-	28	54	-	34	60	-	40	1 MHz
5G n71 (617-652 MHz) 4G (617-652 MHz)	617 to 652	36	-	16	42	-	22	48	-	28	54	-	34	60	-	40	
5G n12 (729 MHz to 746 MHz) 5G n14 (758 MHz to 768 MHz) 5G n28 (758 MHz to 803 MHz) 5G n29 (717 MHz to 728 MHz) 4G (703 MHz to 803 MHz)	703 to 803	36	-	16	42	-	22	48	-	28	54	-	34	60	-	40	1 MHz
3G (729 MHz to 756 MHz) 3G (758 MHz to 768 MHz)		26	-	6	32	-	12	38	-	18	44	-	24	50	-	30	
5G n20 (791 MHz to 821 MHz)	791 to 821	36	-	16	42	-	22	48	-	28	54	-	34	60	-	40	1 MHz
3G (791 MHz to 821 MHz)		26	-	6	32	-	12	38	-	18	44	-	24	50	-	30	
Analogue UHF	820 to 960	26	13	6	32	19	12	38	25	18	44	31	24	50	37	30	120 kHz
5G n5 (869 MHz to 894 MHz) 5G n18 (860 MHz to 875 MHz) 5G n26 (859 MHz to 894 MHz) 4G (852 MHz to 894 MHz)	852 to 894	36	-	16	42	-	22	48	-	28	54	-	34	60	-	40	1 MHz
3G (859 MHz to 894 MHz)		26 ^a	-	6 ^a	32 ^a	-	12 ^a	38 ^a	-	18 ^a	44 ^a	-	24 ^a	50 ^a	-	30 ^a	
2G (869 MHz to 894 MHz)		32 ^b	-	12 ^b	38 ^b	-	18 ^b	44 ^b	-	24 ^b	50 ^b	-	30 ^b	56 ^b	-	36 ^b	120 kHz
5G n8 (925 MHz to 960 MHz) 4G (925 MHz to 960 MHz)	925 to 960	36	-	16	42	-	22	48	-	28	54	-	34	60	-	40	1 MHz
3G (925 MHz to 960 MHz)		26 ^a	-	6 ^a	32 ^a	-	12 ^a	38 ^a	-	18 ^a	44 ^a	-	24 ^a	50 ^a	-	30 ^a	
2G (925 MHz to 960 MHz)		32 ^b	-	12 ^b	38 ^b	-	18 ^b	44 ^b	-	24 ^b	50 ^b	-	30 ^b	56 ^b	-	36 ^b	120 kHz

a	Values if 3G protocol is implemented in the vehicle.
b	Values if 2G protocol is implemented in the vehicle.
c	Details on 2G, 3G and 4G frequency bands are available from ETSI TS 136 101 [14].
d	Details on 5G frequency bands are available from ETSI TS 138 101-1 V16.4 [20].
NOTE 1 All values listed in this table are valid for the bandwidths in Table 1 and Table 2. If measurements are performed with different bandwidths than those specified in Table 1 and Table 2 because of ambient noise requirements, then applicable limits are defined in the test plan and the applied limits and bandwidths are documented in the test report. NOTE 2 Where multiple bands use the same limits the user selects the appropriate bands over which to test. When the test plan includes bands that overlap the test plan defines the applicable limit. NOTE 3 Although the limits for peak, quasi-peak and average detectors are shown, measurements with all three detectors are not required. See Figure 1.	

These limits have been established for a 90 Ω stripline design as shown in Figure F.3. In case of using other stripline impedance characteristics than 90 Ω, the limits shall be adapted in accordance with the following Equation (F.1):

$$K_{\frac{90\Omega}{Z_2}} = 20 \lg \sqrt{\frac{90\Omega}{Z_2}} \text{ dB} \quad (\text{F.1})$$

Example for a stripline with 50 Ω characteristic impedance:

$$K_{\frac{90\Omega}{50\Omega}} = 20 \lg \sqrt{\frac{90\Omega}{50\Omega}} = 2,54 \text{ dB} \quad (\text{F.2})$$

$$\text{Limits } Z_{50\Omega} = \text{Limits } Z_{90\Omega} - K_{90\Omega/50\Omega} = \text{Limits } Z_{90\Omega} - 2,54 \text{ dB}$$

where

K is the correction factor for limits in dB;

Z is the characteristic impedance of stripline in Ω.

F.5 Stripline design

An example of a 50 Ω stripline construction is shown in Figure F.2 and for a 90 Ω stripline in Figure F.3. The ratio of b/h determines the characteristic impedance. If dimension b is greater than h , the following Equation (F.3) applies:

$$Z = \frac{120 \times \pi}{\frac{b}{h} + 2,42 - 0,44 \times \frac{h}{b} + \left[1 - \frac{h}{b}\right]^6} \quad (\text{F.3})$$

where

Z is the characteristic impedance of the stripline in Ω ;

b is the stripline septum width in mm;

h is the stripline septum height above the reference ground plane in mm;

$\pi = 3,141\,59$.

NOTE Typical striplines are constructed to have an impedance of either 50 Ω or 90 Ω with b/h equal to 5 and 1,83, respectively. The termination can be either a resistive load or a tapered matching section terminated in a 50 Ω coaxial resistive load. A resistive load can be constructed of carbon resistors, conductive strips, thick film on a ceramic substrate, etc. in such a way that it matches the characteristic impedance of the stripline and minimizes the standing waves ratio.

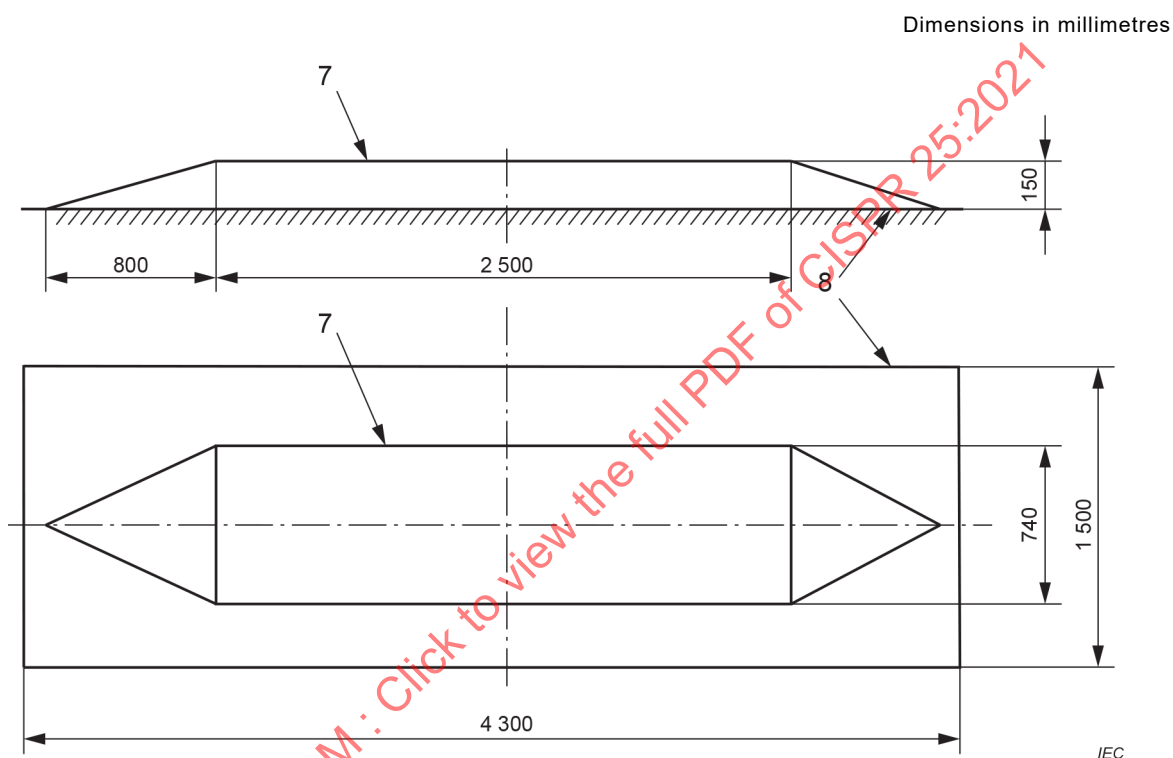
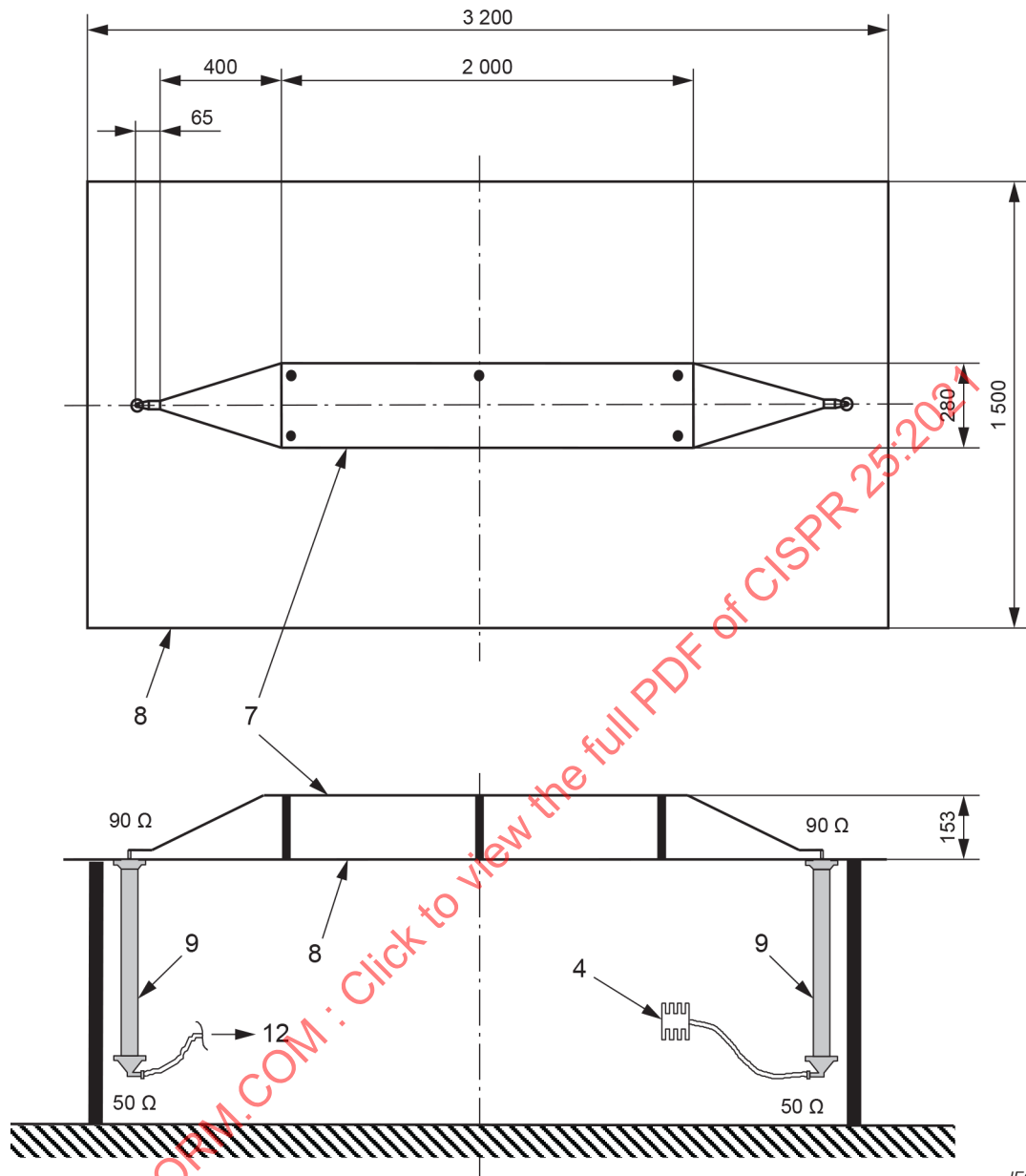


Figure F.2 – Example for a 50 Ω stripline

Dimensions in millimetres



IEC

Key

- 4 50 Ω load
- 7 Septum
- 8 Reference ground plane
- 9 Matching unit
- 12 Measuring instrument

Figure F.3 – Example for a 90 Ω stripline

Annex G

(informative)

Interference to mobile radio communication in the presence of impulsive noise – Methods of judging degradation

G.1 General

This annex provides methods of judging the degradation of radio communication in the presence of impulsive noise.

G.2 Survey of methods of judging degradation to radio channel

G.2.1 General

Test programs have been conducted in the United States of America by the Federal Communications Commission (FCC) and the Motor Vehicle Manufacturers Association (MVMA, later the American Automobile Manufacturers Association, AAMA, now disbanded). These test programs were directed toward providing a better understanding of the effects of motor vehicles on mobile communications reception.

The tests measured the degradation to communications systems subjectively and objectively at numerous receiver frequencies using several classes of automotive ignition noise sources such as a traffic stream and a controlled matrix of vehicles. Correlation between various objective and subjective measures of degradation was studied using rating scales employed by the FCC and MVMA for grading communication quality.

G.2.2 Subjective tests

G.2.2.1 Subjective tests of annoyance

Subjective degradation tests were conducted by the FCC using a single vehicle and groups of vehicles simulating traffic patterns. The FCC proposed and used a subjective jury rating scale based upon annoyance which had been used traditionally to determine the effects of ambient noise on job performance, accident rate, and fatigue of personnel.

Grade	Interfering effect was
5	almost nil
4	noticeable
3	annoying
2	very annoying
1	so bad the presence of speech was barely discernible

This grade system is very nearly the same as that given in ITU-R Recommendation ITU-R BS.1284-2 [3] which should be used for future work if annoyance testing is conducted.

Quality	Impairment
5 excellent	5 imperceptible
4 good	4 perceptible, but not annoying
3 fair	3 slightly annoying
2 poor	2 annoying
1 bad	1 very annoying

Annoyance is a highly subjective psychological reaction. The degree of annoyance caused by audible noise has been found to be influenced by a large number of variable physical and psychological factors (including illness, fatigue, status of interpersonal relations, and family problems).

G.2.2.2 Subjective tests of intelligibility

G.2.2.2.1 General

Since land mobile communication systems are used primarily to transmit voice messages, the performance of such systems should be based primarily on the intelligibility of the received signal in the presence of ignition noise.

The most common procedure for determining the intelligibility of a voice channel is a subjective method involving trained speakers and listener jury panels that directly score the percentage of speech that is intelligible. These schemes have the merit of producing repeatable results. Unfortunately, subjective scoring methods are expensive and time-consuming. As a result, they are not widely used.

The subjective scale for intelligibility proposed by the MVMA is:

Grade	Description
5	could understand the message extremely well
4	could understand the message fairly well
3	think I understood, but had to guess at some words
2	could barely discern the message
1	could not detect speech at all

G.2.2.2.2 Intelligibility test method

Beginning at 20 dB quieting with the vehicle ignition noise source off, the radio frequency input level is reduced by 1 dB decrements and scored at each decrement by the jury until the jury reached Grade 1 (worst). Then the radio frequency input level is increased by 1 dB increments until the 20 dB quieting level was again reached.

The radio frequency input level is then increased by 3 dB increments until the jury rated the quality Grade 5 (best). The radio frequency input level is then decreased by 3 dB decrements until the 20 dB quieting level is reached.

The entire process is repeated with the vehicle noise source in operation.

The results of the two tests (noise source off / noise source on) are then compared and the difference in radio frequency level for a particular quality grade (in decibels) is reported as the subjective degradation.

G.2.3 Objective tests

G.2.3.1 General

Uncertainty in subjective measurements arises from ambiguity of the rating scale definition, and variability of juror judgement. The latter source of error is largely caused by psychological factors. Objective measurements should have uncertainties less than those obtained from subjective tests.

A study carried out by the Institute for Telecommunication Sciences [1] develops a method of obtaining an objective intelligibility measure giving good results for speech sent through both analogue and digital noise-corrupted communication channels. The distortion measure is obtained using Linear Predictive Coding (LPC), a mathematical technique widely known for its application to the analysis and synthesis of speech.

G.2.3.2 Objective test method

To develop an objective intelligibility measure for corrupted speech, a comparison shall be performed between the distorted speech and the original noise-free speech. A subjective intelligibility measure of the distorted speech shall also be available in order to judge the quality of the objective measure being used. Both of these requirements are met by first making a noise-free master tape of preselected speech, then sending it through the voice communication channels to be tested and making a recording of the speech at the channel outputs. The latter recording can be subjectively scored for intelligibility, and also compared with the original speech by a mathematical technique to obtain an objective score.

The preselected speech to be sent over a voice channel for intelligibility scoring consists of phonetically balanced groups of isolated words, as opposed to complete sentences or nonsense syllables. These phonetically balanced words were used because subjective scores have been shown to be repeatable, which is a necessary criterion for this study. (During tests employing vehicles as a noise source, subjective scoring by listener panels was conducted and compared to the objective scores, resulting in good correlation.)

G.2.4 Conclusions relating to judgement of degradation

Numerous studies have been conducted over the years to develop a simple, inexpensive, objective method of measuring land mobile receiver degradation in the presence of ignition noise. Linear Predictive Coding (LPC) is neither simple nor inexpensive (when compared to the equipment used for CISPR 12 [6] and CISPR 25 measurements), but it is technically a good objective method for measuring receiver degradation.

Subjective tests have proved to be effective in rating mobile receiver degradation. Of the two subjective rating methods in use, intelligibility was determined to be superior to annoyance in characterizing the effect of radio noise on a communication link. Most objective measurements taken during the subjective testing, however, showed poor correlation. The Linear Predictive Coding (LPC) method showed good correlation with the subjective intelligibility test method. Subjective tests are preferred, however, because of their reduced complexity and resulting lesser cost.

Considering only the subjective test methods, and as a result of the numerous tests conducted, it is recommended that intelligibility be used as the index of communications system performance rather than annoyance.

Annex H (normative)

Test methods for power supply systems for high voltages in electric and hybrid vehicles

H.1 General

Components/modules used in electric vehicles are electronic components connected with LV network and/or HV power supply systems.

The present electric vehicle technology provides two categories of electric systems. The first category consists of the common LV systems (typically unshielded) and the second of the HV systems (typically shielded).

This annex gives additional test setup methods and limits for emission measurement according to Clause 6 when considering the HV power supply system parts.

For HV systems with both LV lines (typically unshielded) and HV lines (typically shielded), measurements on LV lines (typically unshielded) shall be performed using the test methodologies and setup defined in this annex and with the limits defined in Clause 6.

Examples of HV power supply system parts are:

- inverter with electrical motor;
- on-board charger;
- DC-DC-converter;
- electrical heater;
- high voltage battery;
- all devices which have in addition to the LV power supply a HV power connection.

The limits defined in this annex for conducted emissions are valid for shielded HV systems only. They are based on the limits defined in Clause 6 for unshielded systems (i.e. either LV systems or unshielded HV systems) taking into account the decoupling factor identified between both networks.

This annex specifies the following tests:

- conducted RF voltage measurements on shielded power supply lines with shielded artificial networks;
- conducted RF current measurements on shielded cables of power supply systems;
- radiated RF emission measurements of components/modules;
- interaction between HV and LV ports of the system due to coupling.

H.2 Test equipment

H.2.1 Reference ground plane

The reference ground plane shall be defined as the top metallic surface of the test bench/table.

The reference ground plane shall be made of 0,5 mm thick (minimum) copper, brass, bronze or galvanized steel.

The minimum size of the reference ground plane for conducted emissions (voltage method) shall be 1 000 mm × 400 mm.

The minimum size of the reference ground plane for conducted emissions (current probe method) shall be 2 500 mm × 400 mm.

The minimum width of the reference ground plane for radiated emissions shall be 1 000 mm, or the width of the entire underneath of the test setup (EUT and associated equipment (e.g. harness including supply lines, load simulator located on the test bench and AN(s) / HV-AN(s) / AMN(s) / AAN(s)), excluding battery and/or power supply) plus 200 mm, whichever is the larger.

The minimum length of the reference ground plane for radiated emissions shall be 2 000 mm, or the length of the entire underneath of the test setup (EUT and associated equipment (e.g. harness including supply lines, load simulator located on the test bench and AN(s) / HV-AN(s) / AMN(s) / AAN(s)), excluding battery and/or power supply) plus 200 mm, whichever is the larger.

The height of the reference ground plane (test bench) shall be (900 ± 100) mm above the floor.

The distance from the edge of the ground strap to the edge of the next strap shall not be greater than 300 mm. The maximum length to width ratio for the ground straps shall be 7:1.

NOTE Because of resonances of the reference ground plane the location, width and length of the bond straps can influence the measurement results. A sufficient number of low inductive bond straps are used to ensure a low impedance connection to the shielded room.

H.2.2 Power supply, AN, HV-AN, AMN and AAN

For the tests defined in H.3, H.4, H.5 and H.6, each positive EUT power supply lead shall be connected to the power supply through an artificial network. The impedance characteristics and a suggested schematic are shown in Annex E.

The AN(s) / HV-AN(s) / AMN(s) / AAN(s) shall be mounted directly on the reference ground plane. The case(s) of the AN(s) / HV-AN(s) / AMN(s) / AAN(s) shall be bonded to the reference ground plane. The DC resistance between the ground of the AN(s) / HV-AN(s) / AMN(s) / AAN(s) measurement port and the reference ground plane shall not exceed 2,5 mΩ.

The measuring port of the AN / HV-AN not connected to the measuring instrument shall be terminated with a 50 Ω load.

H.2.3 Load simulator

The load simulator includes sensors and actuators, and terminates the test harness connected to the EUT.

To ensure sufficient reproducibility the same termination shall be used for each measurement either by using special termination equipment (e.g. artificial networks, filters) – located at the RF boundary – or by using the same load simulator.

H.3 Conducted emission from components/modules on HV power lines – Voltage method

H.3.1 General

The test shall be performed in an ALSE or in a shielded enclosure.

The location of the EUT, test harness and load simulator on the reference ground plane is shown in Figure H.1, Figure H.2, Figure H.3 and Figure H.4. The reference ground plane conditions defined in H.2.1 (conducted emissions – voltage method) apply.

H.3.2 Test setup

The setup is adapted from 6.3.2 and is shown in Figure H.1. The shielding configuration and any protective ground connection should be representative of the vehicle application and shall be defined in the test plan. The battery charger ground connection shall also be defined in the test plan. EUTs and loads shall be connected to ground using impedance as defined in the test plan. The vehicle HV battery should be used; otherwise the external HV power supply shall be connected via feed-through-filtering.

Unless otherwise specified the EUT shall be placed on a non-conductive, low relative permittivity material ($\varepsilon_r \leq 1,4$), at (50 ± 5) mm above the reference ground plane.

Unless otherwise specified in the test plan (e.g. use of original vehicle harnesses), the length of harnesses shall be as follows:

- 200^{+200}_0 mm for the LV lines,
- $1\,700^{+300}_0$ mm for the HV lines and the length of the HV test harness parallel to the front of the reference ground plane shall be $(1\,500 \pm 75)$ mm,
- less than 1 000 mm for the three phase lines between EUT and electric motor(s).

Unless physically impossible, all of the harnesses shall be placed on a non-conductive, low relative permittivity material ($\varepsilon_r \leq 1,4$) at (50 ± 5) mm above the reference ground plane.

HV lines shall be placed at a minimum distance of 100 mm from the edge of the reference ground plane.

Shielded supply lines for the positive HV DC terminal line (HV+), the negative HV DC terminal line (HV-) and three phase AC lines can be separate coaxial cables or in a common shield depending on the connector system used. The original HV harness from the vehicle can be used optionally.

Unless otherwise specified in the test plan the EUT case shall be connected to the reference ground plane either directly or via defined impedance.

Figure H.2 shows an example of a more complex configuration adding an electric motor or load machine emulation to the setup, e.g. in case the EUT is an electric power unit. The electric motor housing shall be bonded to the reference ground plane, if applicable.

In case of using a load machine emulation

- the test plan shall define the connection conditions between the EUT and the load machine emulation and also the necessary grounding conditions;
- the load machine emulation will replace the “electric motor”, the “mechanical connection”, the “filtered mechanical bearing” and the “brake or propulsion motor”;
- the AC lines may be fed through a power line filter.

The electric motor may be placed on a separate ground plane. In this case, the test plan shall define the connection configuration between this separate motor ground plane and the EUT reference ground plane (representing the vehicle grounding configuration).

Figure H.3 and Figure H.4 show an example of setup for systems with inverter/charger device.

NOTE 1 Care is taken when using a power line filter (item 16 in the key) on the HV supply line. This filter will increase the common mode capacitance between HV+ and ground reference or HV- and ground reference and can lead to the generation of extra resonances.

NOTE 2 Depending on the package situation in the vehicle and the material used for the chassis (e.g. metal or alternative material), the impedance of the connection of the shielding to the vehicle chassis can vary drastically.

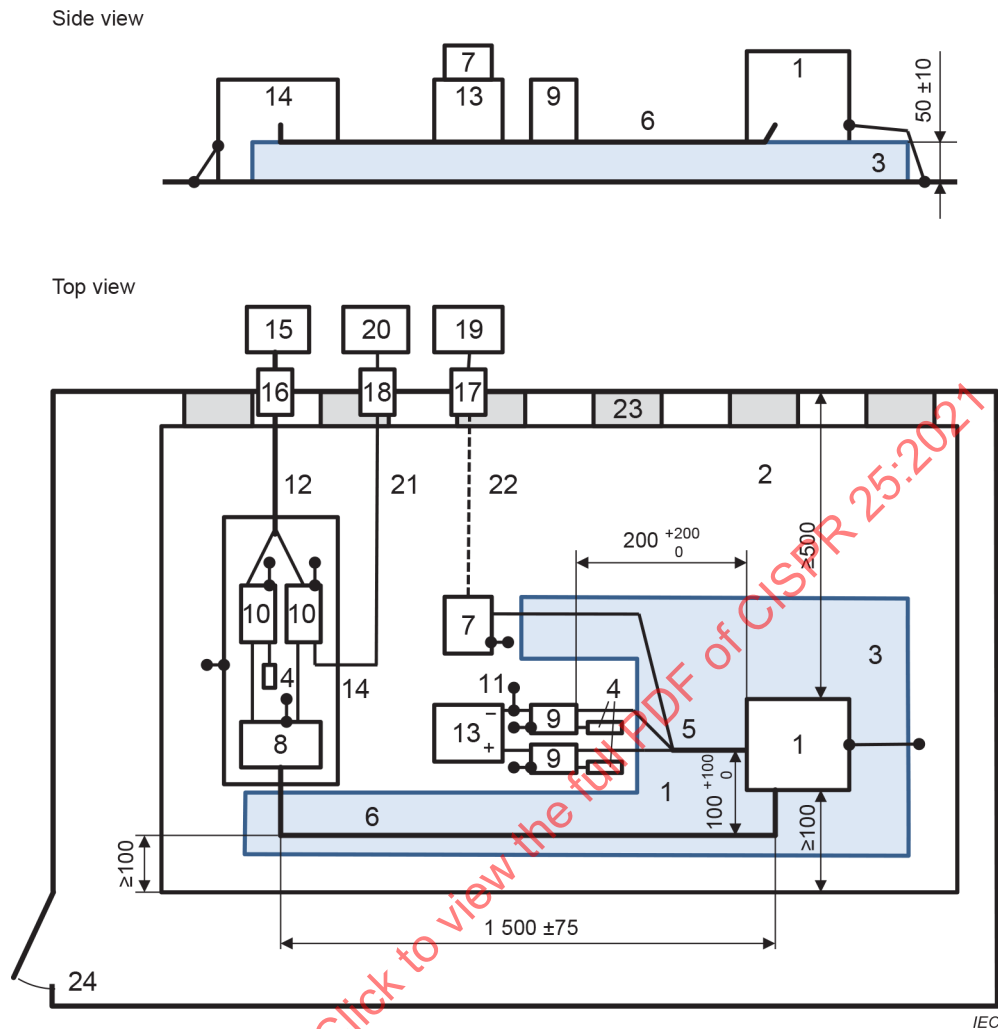
Voltage measurements shall be performed successively on HV+ and HV- power supply lines by connecting the measuring instrument on the measuring port of the related HV-AN, the measuring port of the HV-AN in the other supply line being terminated with a 50 Ω load.

If the EUT has also LV lines, voltage measurements shall be performed successively on LV+ and/or LV- power supply lines by connecting the measuring instrument on the measuring port of the related AN(s), the measuring port of both HV-AN(s) being terminated with a 50 Ω load.

No measurement shall be made on AC lines.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of CISPR 25:2021

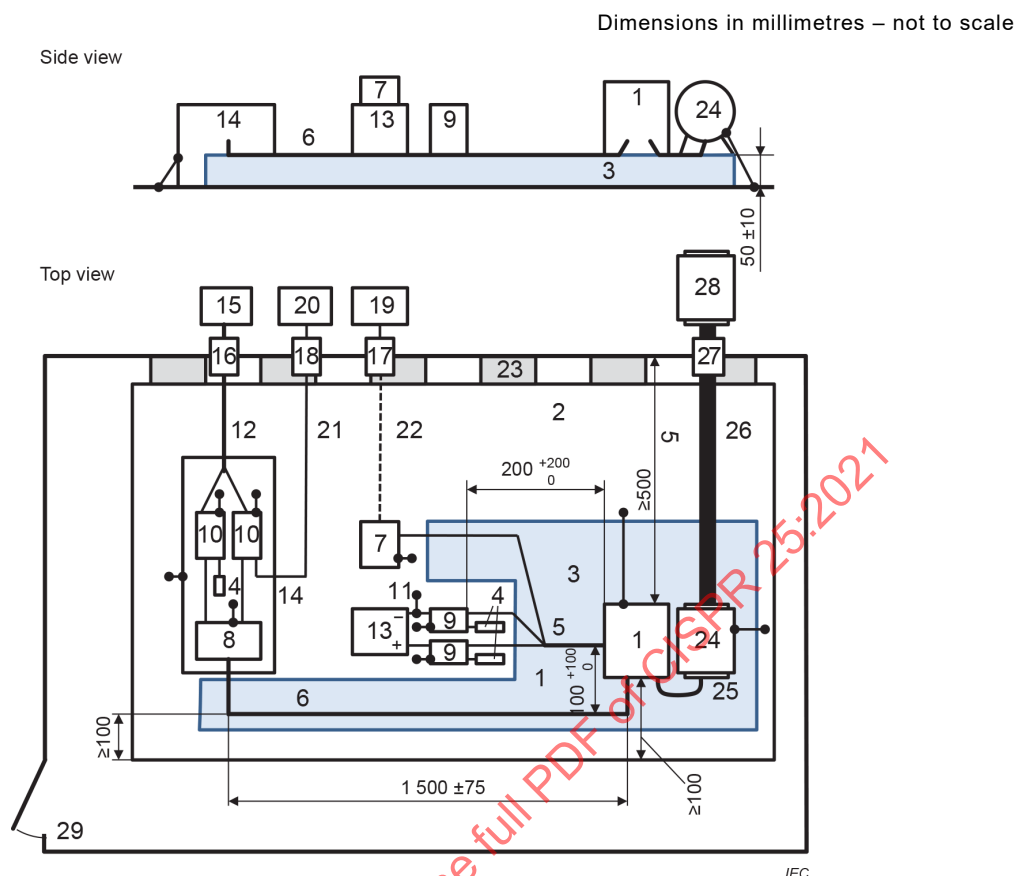
Dimensions in millimetres – not to scale



Key

- | | | | |
|----|---|----|---|
| 1 | EUT | 13 | LV power supply 12 V / 24 V / 48 V (should be placed on the reference ground plane) |
| 2 | Reference ground plane | 14 | Additional shielded box |
| 3 | Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1,4$) thickness 50 mm | 15 | HV power supply (shielded if placed inside shielded enclosure) |
| 4 | 50 Ω load | 16 | Power line filter |
| 5 | LV harness | 17 | Fibre optic feed through |
| 6 | HV lines (HV+, HV-) | 18 | Bulk head connector |
| 7 | LV load simulator | 19 | Stimulating and monitoring system |
| 8 | Impedance matching network (optional) | 20 | Measuring instrument |
| 9 | LV-AN | 21 | High quality coaxial cable e.g. double shielded (50 Ω) |
| 10 | HV-AN | 22 | Optical fibre |
| 11 | LV supply lines | 23 | Ground straps (see 6.2.1) |
| 12 | HV supply lines | 24 | Shielded enclosure |

Figure H.1 – Conducted emission – example for test setup for EUTs with shielded power supply systems



Key

- | | | | |
|----|---|----|--|
| 1 | EUT | 15 | HV power supply (should be shielded if placed inside the shielded enclosure) |
| 2 | Reference ground plane | 16 | Power line filter |
| 3 | Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1.4$) thickness 50 mm (a non-conductive support can be used for the electric motor) | 17 | Fibre optic feed through |
| 4 | 50 Ω load | 18 | Bulk head connector |
| 5 | LV harness | 19 | Stimulating and monitoring system |
| 6 | HV lines (HV+, HV-) | 20 | Measuring instrument |
| 7 | LV load simulator | 21 | High quality coaxial cable e.g. double shielded (50 Ω) |
| 8 | Impedance matching network (optional) | 22 | Optical fibre |
| 9 | LV-AN | 23 | Ground straps (see 6.2.1) |
| 10 | HV-AN | 24 | Electric motor |
| 11 | LV supply lines | 25 | Three phase motor supply lines |
| 12 | HV supply lines | 26 | Mechanical connection (e.g. non-conductive) |
| 13 | LV power supply 12 V / 24 V / 48 V (should be placed on the reference ground plane) | 27 | Chamber penetration (e.g. filtered mechanical bearing) |
| 14 | Additional shielded box | 28 | Brake or propulsion motor |
| | | 29 | Shielded enclosure |

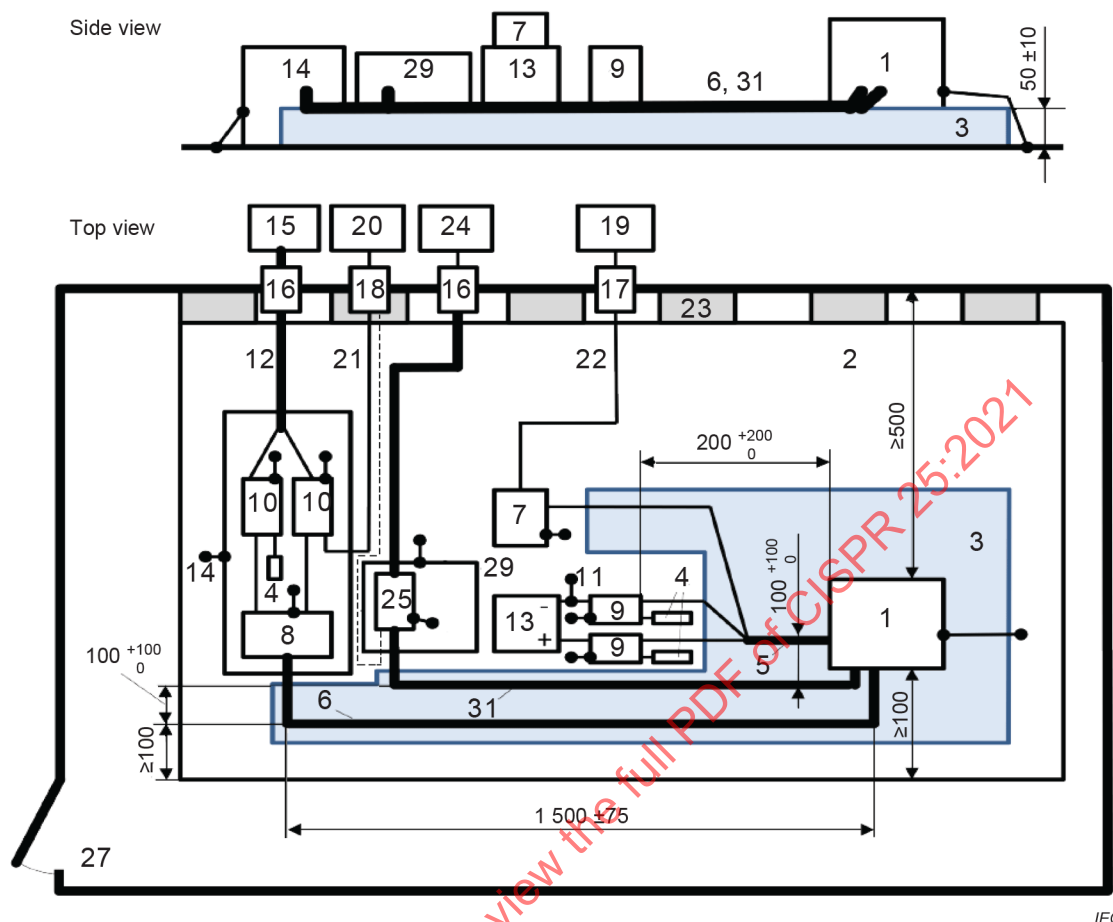
NOTE 1 The electric motor, mechanical connection, filtered mechanical bearing and brake or propulsion motor can be replaced by a load machine emulation.

NOTE 2 Mechanical power transfer outside of the chamber could require more than one interface, and can be realized with different topological solutions (e.g. to address electrified axles with two mechanical shafts, or to address physical configuration of the chamber).

NOTE 3 Please note that the geometry of the shaft(s) connected to the DUT has a significant impact on the correlation with the results on the vehicle. Any mechanical solution for component testing should wherever possible represent vehicle usage and geometry. e.g. length of driveshafts, RF termination of driveshafts including whether they are galvanically connected to the mechanical penetration of the chamber.

Figure H.2 – Conducted emission – example of test setup for EUTs with shielded power supply systems with electric motor attached to the bench

Dimensions in millimetres

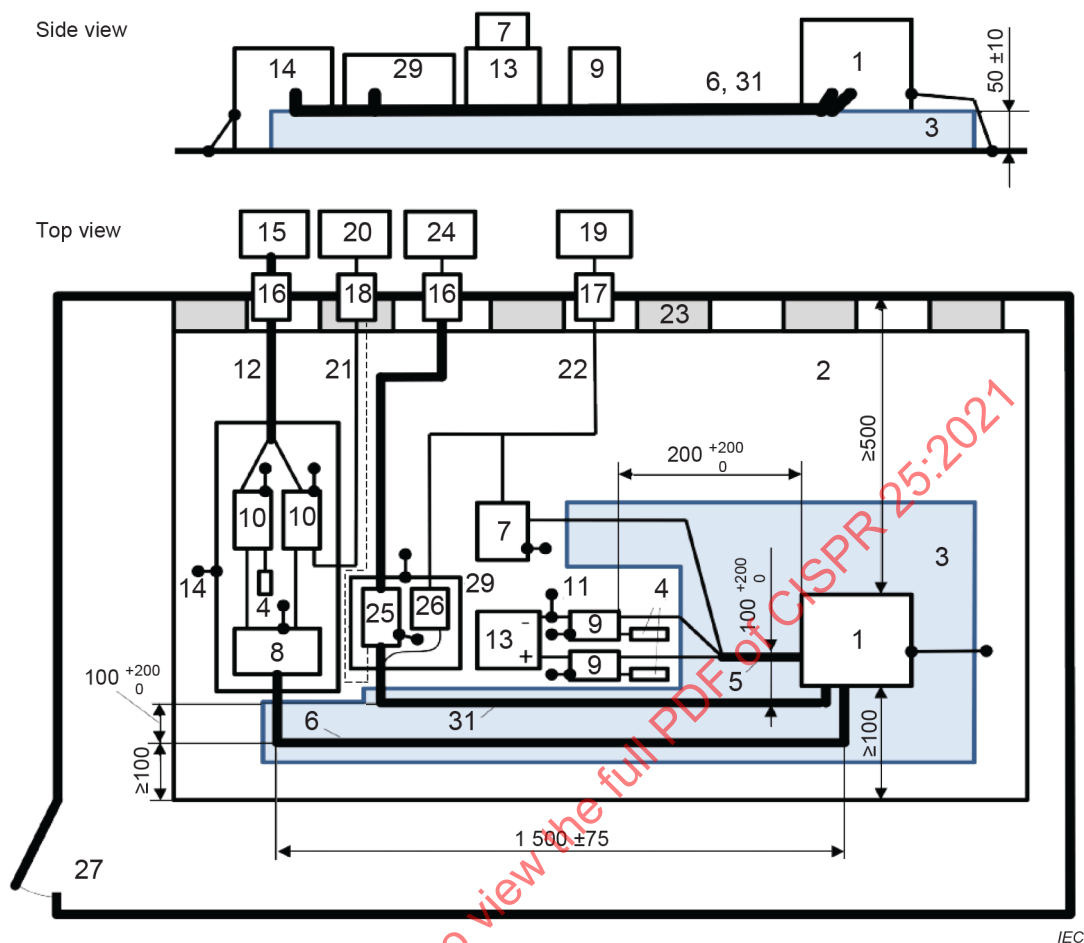


Key

- | | |
|--|--|
| 1 EUT | 15 HV power supply (should be shielded if placed inside shielded enclosure) |
| 2 Reference ground plane | 16 Power line filter |
| 3 Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1,4$) thickness 50 mm | 17 Fibre optic feed through |
| 4 50 Ω -load | 18 Bulk head connector |
| 5 LV harness | 19 Stimulating and monitoring system |
| 6 HV lines (HV+, HV-) | 20 Measuring instrument |
| 7 LV load simulator | 21 High quality coaxial cable e.g. double shielded (50 Ω) |
| 8 Impedance matching network (optional) | 22 Optical fibre |
| 9 LV-AN | 23 Ground straps (see 6.2.1) |
| 10 HV-AN | 24 AC load simulator (non-resistive load simulator should be shielded if placed inside shielded enclosure) |
| 11 LV supply lines | 25 AMN for AC power mains (optional) |
| 12 HV supply lines | 27 Shielded enclosure |
| 13 LV power supply 12 V / 24 V / 48 V (should be placed on the reference ground plane) | 29 Additional shielded box (optional) |
| 14 Additional shielded box | 31 AC charging harness |

Figure H.3 – Conducted emission – Example of test setup for EUTs with shielded power supply systems and inverter

Dimensions in millimetres

**Key**

- | | |
|--|---|
| 1 EUT | 16 Power line filter |
| 2 Reference ground plane | 17 Fibre optic feed through |
| 3 Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1,4$) thickness 50 mm | 18 Bulk head connector |
| 4 50 Ω -load | 19 Stimulating and monitoring system |
| 5 LV harness | 20 Measuring instrument |
| 6 HV lines (HV+, HV-) | 21 High quality coaxial cable e.g. double shielded (50 Ω) |
| 7 LV load simulator | 22 Optical fibre |
| 8 Impedance matching network (optional) | 23 Ground straps (see 6.2.1) |
| 9 LV-AN | 24 AC power mains |
| 10 HV-AN | 25 AMN for AC power mains |
| 11 LV supply lines | 26 AC charging load simulator |
| 12 HV supply lines | 27 Shielded enclosure |
| 13 LV power supply 12 V / 24 V / 48 V (should be placed on the reference ground plane) | 29 Additional shielded box (optional) |
| 14 Additional shielded box | 31 AC lines |
| 15 DC load simulator (non-resistive load simulator should be shielded if placed inside shielded enclosure) | |

Figure H.4 – Conducted emission – Example of test setup for EUTs with shielded power supply systems and charger device

Service / Band	Frequency MHz	Levels in dB(μV)															RBW
		Class 5(A1)			Class 4(A1)		Class 3(A1)			Class 2(A1)			Class 1(A1)				
		Peak	Quasi-peak	Average	Peak	Quasi-peak	Average	Peak	Quasi-peak	Average	Peak	Quasi-peak	Average	Peak	Quasi-peak	Average	
Analogue broadcast services																	
LW	0,15 to 0,30	107	94	87	117	104	97	127	114	107	137	124	117	147	134	127	9 kHz
MW	0,53 to 1,8	84	71	64	92	79	72	100	87	80	108	95	88	116	103	96	
SW	5,9 to 6,2	77	64	57	83	70	63	89	76	69	95	82	75	101	88	81	
FM	76 to 108	50	37	30	56	43	36	62	49	42	68	55	48	74	61	54	120 kHz
TV Band I	41 to 88	47	-	37	53	-	43	59	-	49	65	-	55	71	-	61	
Mobile services																	
CB	26 to 28	61	48	41	67	54	47	73	60	53	79	66	59	85	72	65	9 kHz
VHF	30 to 54	59	46	39	65	52	45	71	58	51	77	64	57	83	70	63	
VHF	68 to 87	51	38	31	57	44	37	63	50	43	69	56	49	75	62	55	
NOTE 1 All values listed in this table are valid for the bandwidths in Table 1 and Table 2. If measurements are performed with different bandwidths than those specified in Table 1 and Table 2 because of noise floor requirements, then applicable limits are defined in the test plan.																	
NOTE 2 Where multiple bands use the same limits the user selects the appropriate bands over which to test. When the test plan includes bands that overlap the test plan defines the applicable limit.																	
NOTE 3 Although the limits for peak, quasi-peak and average detectors are shown, measurements with all three detectors are not required. See Figure 1.																	

H.4 Conducted emission from components/modules on HV power lines – current probe method

H.4.1 General

The test shall be performed in an ALSE or in a shielded enclosure.

The location of the EUT, the test harness and the load simulator on the reference ground plane are shown in Figure H.5, Figure H.6, Figure H.7 and Figure H.8. The reference ground plane conditions defined in H.2.1 (conducted emissions – current probe method) apply.

H.4.2 Test setup

The setup is adapted from 6.4.2 and is shown in Figure H.5. The shielding configuration and any protective ground connection should be representative of the vehicle application and shall be defined in the test plan. The battery charger ground connection shall also be defined in the test plan. EUTs and loads shall be connected to ground using impedance as defined in the test plan. The vehicle HV battery should be used; otherwise the external HV power supply shall be connected via feed-through-filtering.

Unless otherwise specified the EUT shall be placed on a non-conductive, low relative permittivity material ($\epsilon_r \leq 1,4$), at (50 ± 5) mm above the reference ground plane.

Unless otherwise specified in the test plan (e.g. use of original vehicle harnesses), the length of harnesses shall be as follows:

- 1 700 $^{+300}_0$ mm for the LV lines, and the length of the LV test harness parallel to the front of the reference ground plane shall be $(1\,500 \pm 75)$ mm,
- 1 700 $^{+300}_0$ mm for the HV lines and the length of the HV test harness parallel to the front of the reference ground plane shall be $(1\,500 \pm 75)$ mm,
- less than 1 000 mm for the three phase lines between EUT and electric motor(s).

Unless physically impossible, all of the harnesses shall be placed on a non-conductive, low relative permittivity material ($\epsilon_r \leq 1,4$) at (50 ± 5) mm above the reference ground plane. LV lines shall be placed at a minimum distance of 200 mm from the edge of the reference ground plane. The distance between the LV lines and HV lines shall be 100 $^{+100}_0$ mm.

Supply lines (typically shielded) for the positive HV DC terminal line (HV+), the negative HV DC terminal line (HV-) and three phase AC lines can be separate coaxial cables or in a common shield depending on the connector system used. The original HV harness from the vehicle can be used optionally.

The harnesses used for this test shall be representative of the vehicle application in terms of cable construction and connector termination as defined in the test plan.

Unless otherwise specified in the test plan the EUT case shall be connected to the reference ground plane either directly or via defined impedance.

Figure H.6 shows an example of a more complex configuration adding an electric motor or load machine emulation to the setup, e.g. in case the EUT is an electric power unit.

The electric motor can be placed on a separate ground plane. In this case, the test plan shall define the connection configuration between this separate motor ground plane and the EUT reference ground plane (representing the vehicle grounding configuration). The electric motor housing shall be bonded to the ground plane, if applicable.

In case of using a load machine emulation

- the test plan shall define the connection conditions between the EUT and the load machine emulation and also the necessary grounding conditions.
- the load machine emulation will replace the “electric motor”, the “mechanical connection”, the “filtered mechanical bearing” and the “brake or propulsion motor”.
- the AC lines can be fed through a power line filter.

NOTE 1 Use a power line filter (item 16 in the keys) carefully on the HV supply line. This filter will increase the common mode capacitance between HV+ and ground reference or HV- and ground reference and can lead to the generation of extra resonances.

NOTE 2 Depending on the package situation in the vehicle and the material used for the chassis (e.g. metal or alternative material), the impedance of the connection of the shielding to the vehicle chassis can vary drastically.

Current probe measurements shall be performed on HV+ and HV- power supply lines, and the three phase lines of the electric motor, separately (if applicable) and commonly. Measure the emission with the probe positioned $d = 50$ mm and $d = 750$ mm (depending on harness length) from the EUT.

If the EUT has also AC power lines (e.g. on-board charger) current probe measurements shall also be performed on complete AC harness. Measure the emission with the probe positioned $d = 50$ mm and $d = 750$ mm (depending on harness length) from the EUT.

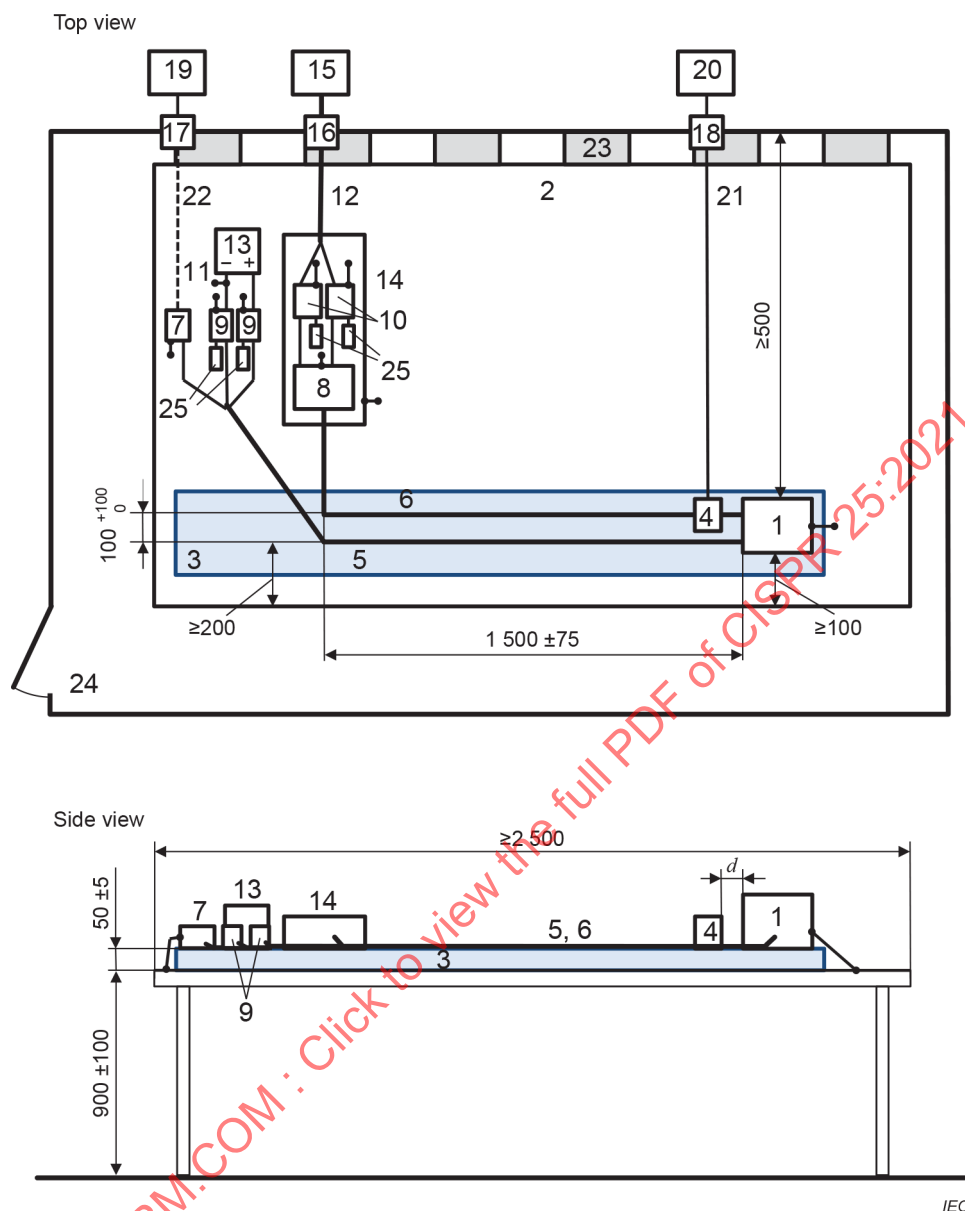
The deviations of the common test setup shall be defined in the test plan and/or in the test report. If electric motor and power unit is one unit measurement according to Figure H.5 is not applicable (not needed).

NOTE 3 Care is taken by using a protection earth line which can influence the test result.

Figure H.7 and Figure H.8 show an example of setup for systems with inverter/charger device.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of CISPR 25:2021

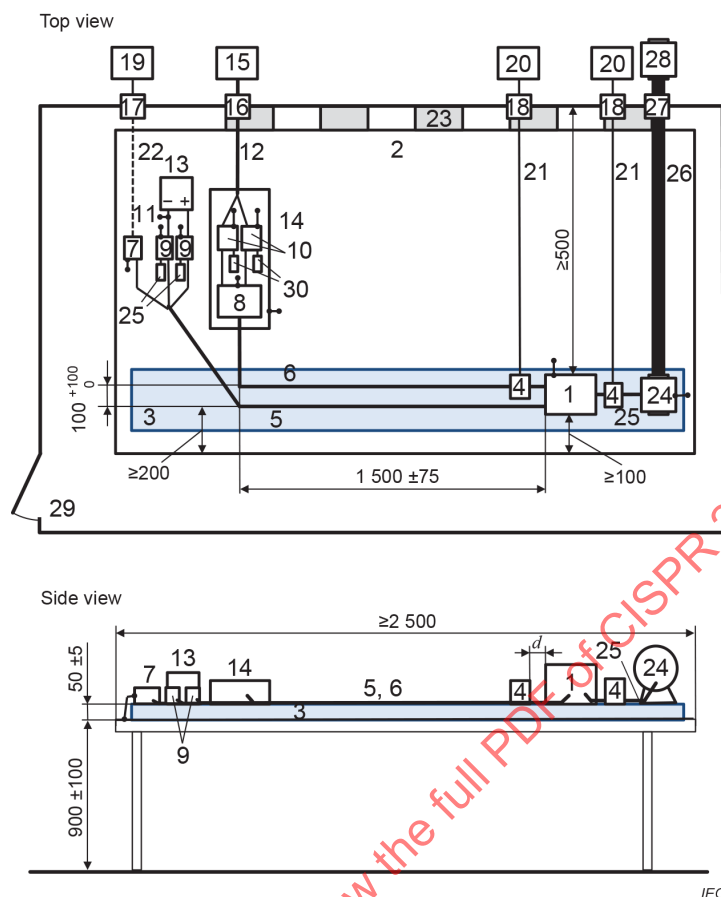
Dimensions in millimetres – not to scale

**Key**

- | | |
|--|---|
| 1 EUT | 14 Additional shielded box |
| 2 Reference ground plane | 15 HV power supply (should be shielded if placed inside the shielded enclosure) |
| 3 Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1,4$) thickness 50 mm | 16 Power line filter |
| 4 Current probe ("d" see H.4.2) | 17 Fibre optic feed through |
| 5 LV harness | 18 Bulk head connector |
| 6 HV lines (HV+, HV-) | 19 Stimulating and monitoring system |
| 7 LV load simulator | 20 Measuring instrument |
| 8 Impedance matching network (optional) | 21 High quality coaxial cable e.g. double shielded (50 Ω) |
| 9 LV-AN | 22 Optical fibre |
| 10 HV-AN | 23 Ground straps (See 6.2.1) |
| 11 LV supply lines | 24 Shielded enclosure |
| 12 HV supply lines | 25 50 Ω load |
| 13 LV power supply 12 V / 24 V / 48 V (should be placed on the reference ground plane) | |

Figure H.5 – Conducted emission – Example of test setup current probe measurement on HV lines for EUTs with shielded power supply systems

Dimensions in millimetres – not to scale



Key

- | | |
|---|--|
| 1 EUT | 16 Power line filter |
| 2 Reference ground plane | 17 Fibre optic feed through |
| 3 Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1.4$)
thickness 50 mm (a non-conductive support can be
used for the electric motor) | 18 Bulk head connector |
| 4 Current probe ("d" see H.4.2) | 19 Stimulating and monitoring system |
| 5 LV harness | 20 Measuring instrument |
| 6 HV lines (HV+, HV-) | 21 High quality coaxial cable e.g. double
shielded (50 Ω) |
| 7 LV load simulator | 22 Optical fibre |
| 8 Impedance matching network (optional) | 23 Ground straps (See 6.2.1) |
| 9 LV-AN | 24 Electric motor |
| 10 HV-AN | 25 Three phase motor supply lines |
| 11 LV supply lines | 26 Mechanical connection (e.g. non-conductive) |
| 12 HV supply lines | 27 Chamber penetration (e.g. Filtered mechanical
bearing) |
| 13 LV power supply 12 V / 24 V / 48 V
(should be placed on the reference ground plane) | 28 Brake or propulsion motor |
| 14 Additional shielded box | 29 Shielded enclosure |
| 15 HV power supply (should be shielded if placed
inside the shielded enclosure) | 30 50 Ω load |

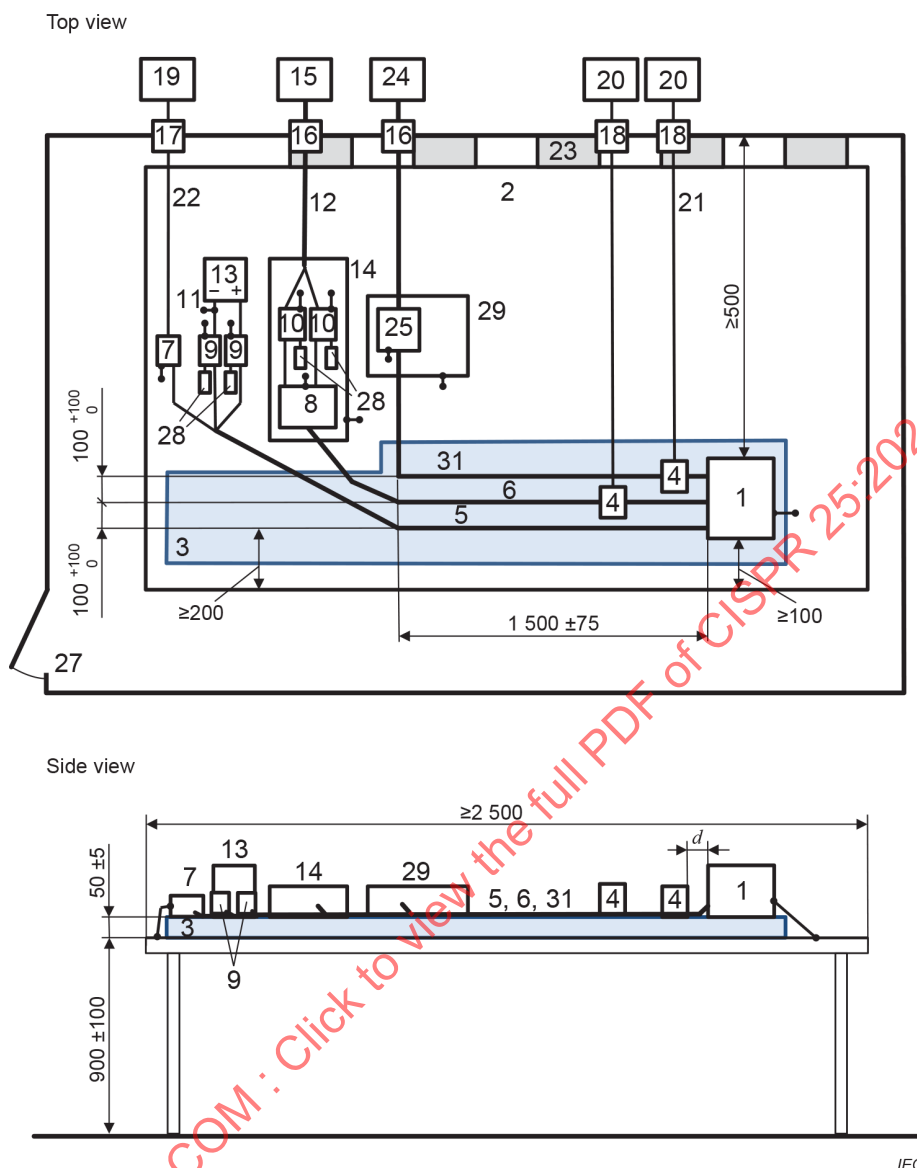
NOTE 1 The electric motor, mechanical connection, filtered mechanical bearing and brake or propulsion motor can be replaced by a load machine emulation.

NOTE 2 Mechanical power transfer outside of the chamber could require more than one interface, and can be realized with different topological solutions (e.g. to address electrified axles with two mechanical shafts, or to address physical configuration of the chamber).

NOTE 3 Please note that the geometry of the shaft(s) connected to the DUT has a significant impact on the correlation with the results on the vehicle. Any mechanical solution for component testing should wherever possible represent vehicle usage and geometry. e.g. length of driveshafts, RF termination of driveshafts including whether they are galvanically connected to the mechanical penetration of the chamber.

Figure H.6 – Conducted emission – Example of test setup current probe measurement on HV lines for EUTs with shielded power supply systems with electric motor attached to the bench

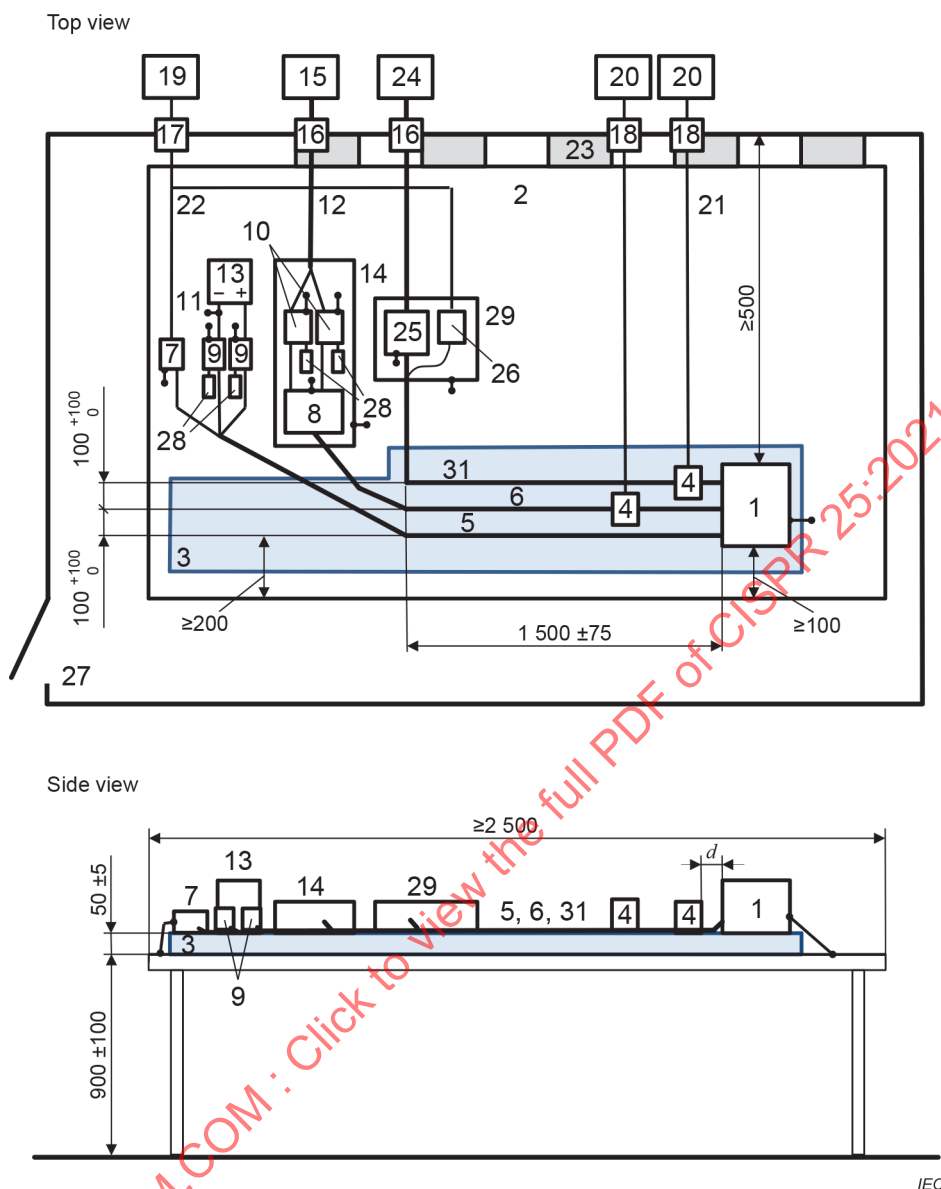
Dimensions in millimetres – not to scale

**Key**

- | | |
|--|---|
| 1 EUT | 15 HV power supply (should be shielded if placed inside the shielded enclosure) |
| 2 Reference ground plane | 16 Power line filter |
| 3 Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1,4$) thickness 50 mm | 17 Fibre optic feed through |
| 4 Current probe ("d" see H.4.2) | 18 Bulk head connector |
| 5 LV harness | 19 Stimulating and monitoring system |
| 6 HV lines (HV+, HV-) | 20 Measuring instrument |
| 7 LV load simulator | 21 High quality coaxial cable e.g. double shielded (50 Ω) |
| 8 Impedance matching network (optional) | 22 Optical fibre |
| 9 LV-AN | 23 Ground straps (see 6.2.1) |
| 10 HV-AN | 24 AC load simulator (non-resistive load simulator should be shielded if placed inside) |
| 11 LV supply lines | 25 AMN for AC power mains (optional) |
| 12 HV supply lines | 27 Shielded enclosure |
| 13 LV power supply 12 V / 24 V / 48 V (should be placed on the reference ground plane) | 28 50 Ω load |
| 14 Additional shielded box | 29 Additional shielded box (optional) |
| | 31 AC lines |

Figure H.7 – Conducted emission – Example of test setup current probe measurement on HV lines for EUTs with shielded power supply systems and inverter

Dimensions in millimetres – not to scale



Key

- | | |
|---|--|
| 1 EUT | 16 Power line filter |
| 2 Reference ground plane | 17 Fibre optic feed through |
| 3 Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1,4$)
thickness 50 mm | 18 Bulk head connector |
| 4 Current probe ("d" see H.4.2) | 19 Stimulating and monitoring system |
| 5 LV harness | 20 Measuring instrument |
| 6 HV lines (HV+, HV-) | 21 High quality coaxial cable e.g. double
shielded (50 Ω) |
| 7 LV load simulator | 22 Optical fibre |
| 8 Impedance matching network (optional) | 23 Ground straps (see 6.2.1) |
| 9 LV-AN | 24 AC power mains |
| 10 HV-AN | 25 AMN for AC power mains |
| 11 LV supply lines | 26 AC charging load simulator |
| 12 HV supply lines | 27 Shielded enclosure |
| 13 LV power supply 12 V / 24 V / 48 V
(should be placed on the reference ground plane) | 28 50 Ω load |
| 14 Additional shielded box | 29 Additional shielded box (optional) |
| 15 DC load simulator (non-resistive load simulator should be
shielded if placed inside shielded enclosure) | 31 AC lines |

Figure H.8 – Conducted emission – Example of test setup current probe measurement on HV lines for EUTs with shielded power supply systems and charger device

H.4.3 Limits for conducted emission – current probe method

For limits, see Table 7.

H.5 Radiated emissions from components/modules – ALSE method

H.5.1 General

The test shall be performed in an ALSE.

The location of the EUT, the test harness and the load simulator on the reference ground plane are shown in Figure H.9, Figure H.10, Figure H.11 and Figure H.12. The reference ground plane conditions defined in H.2.1 (radiated emissions) apply.

H.5.2 Test setup

The setup is adapted from 6.5.2 and is shown in Figure H.9. The shielding configuration and any protective ground connection should be representative of the vehicle application and shall be defined in the test plan. The battery charger ground connection shall also be defined in the test plan.

Unless otherwise specified the EUT shall be placed on a non-conductive, low relative permittivity material ($\epsilon_r \leq 1,4$), at (50 ± 5) mm above the reference ground plane.

Unless otherwise specified in the test plan (e.g. use of original vehicle harnesses), the length of harnesses shall be as follows:

- $1\,700^{+300}_0$ mm for the LV lines, and the length of the LV test harness parallel to the front of the reference ground plane shall be $(1\,500 \pm 75)$ mm,
- $1\,700^{+300}_0$ mm for the HV lines and the length of the HV test harness parallel to the front of the reference ground plane shall be $(1\,500 \pm 75)$ mm,
- not larger than 1 000 mm for the three phase lines between EUT and electric motor(s).

Unless physically impossible, all of the harnesses shall be placed on a non-conductive, low relative permittivity material ($\epsilon_r \leq 1,4$), at (50 ± 5) mm above the reference ground plane. The long segment of LV lines test harness shall be located parallel to the edge of the reference ground plane facing the antenna at a distance of (100 ± 10) mm from the edge. The long segment of the HV lines test harness shall be located at 100^{+100}_0 mm from the LV lines test harness (as shown in Figure H.9, Figure H.10, Figure H.11 and Figure H.12).

Supply lines (typically shielded) for the positive HV DC terminal line (HV+), the negative HV DC terminal line (HV–) and three phase AC lines can be separate coaxial cables or in a common shield depending on the connector system used. The original HV harness from the vehicle can be used optionally.

Unless otherwise specified in the test plan, the configuration with the long segment of HV lines test harness at a distance of (100 ± 10) mm from the edge and the LV lines test harness located at 100^{+100}_0 mm from the HV lines shall also be tested.

The harnesses used for this test shall be representative of the vehicle application in terms of cable construction and connector termination as defined in the test plan.

Unless otherwise specified in the test plan, the EUT case shall be connected to the reference ground plane either directly or via defined impedance.

Figure H.10 shows an example of a more complex configuration adding an electric motor or load machine emulation to the setup, e.g. in case the EUT is an electric power unit.

In case of using a load machine emulation

- the test plan shall define the connection conditions between the EUT and the load machine emulation and also the necessary grounding conditions.
- The load machine emulation will replace the “electric motor”, the “mechanical connection”, the “filtered mechanical bearing” and the “brake or propulsion motor”.
- the AC lines may be fed through a power line filter.

The electric motor can be placed on a separate ground plane. In this case, the test plan shall define the connection configuration between this separate motor ground plane and the EUT ground plane (representing the vehicle grounding configuration). The electric motor housing shall be bonded to the ground plane, if applicable.

NOTE 1 Depending on the mechanical bearing of the electric motor and the high frequency treatment of the axle, the motor axle can act as exit path for the high frequency noise.

The setup in Figure H.11 and Figure H.12 is an example for further HV- and LV load simulators and supplies attached to the EUT e.g. for testing an on-board charger and its communication links. The distance between the AC power lines and the closest harness (LV or HV) shall be 100^{+100}_0 mm. Various combinations of the shown setups are possible based on the true application of the HV component under study (EUT).

Unless otherwise specified in the test plan, for on-board chargers (see Figure H.11) the AC power lines shall be placed the furthest from the antenna (behind LV and HV harness).

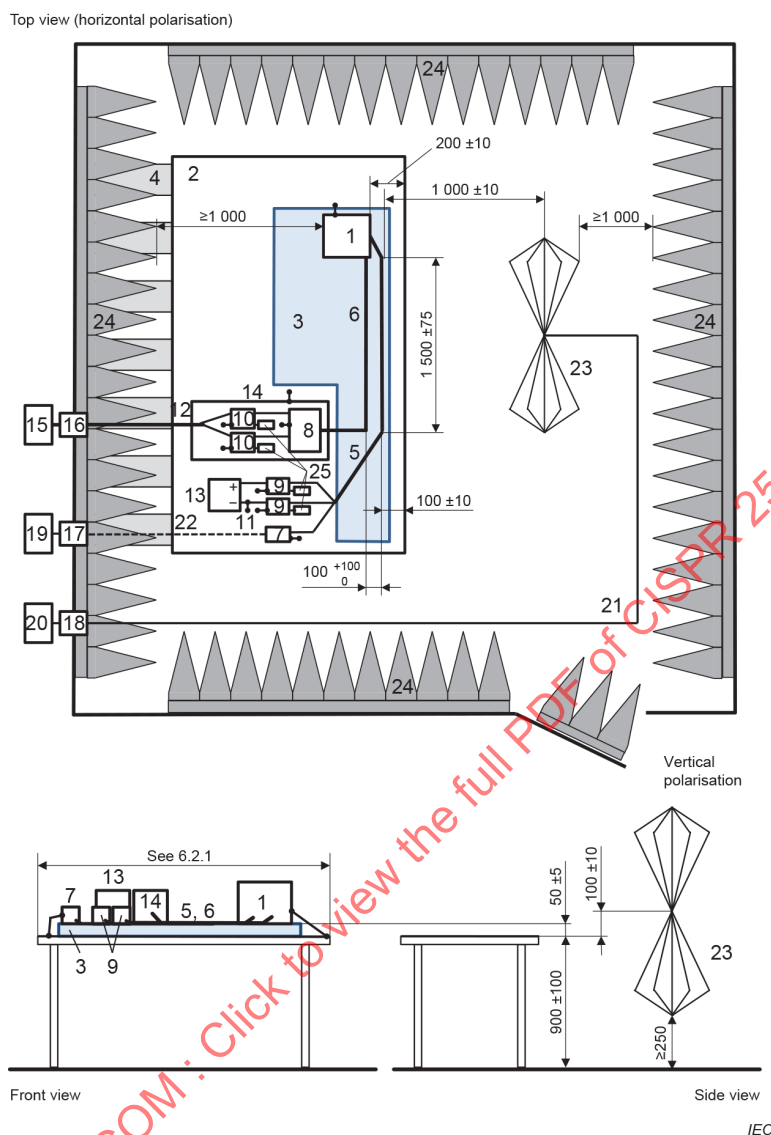
NOTE 2 Use a power line filter (item 16 of the key) carefully on the HV supply line. This filter will increase the common mode capacitance between HV+ and ground reference or HV- and ground reference and can lead to the generation of extra resonances.

NOTE 3 Depending on the package situation in the vehicle and the material used for the chassis (e.g. metal or alternative material) the impedance of the connection of the shielding to the vehicle chassis can vary drastically.

NOTE 4 Use a protection earth wire carefully as it can influence the test result.

In this subclause the test setup is shown with a biconical antenna. All other antenna types described in this document can be used for the corresponding frequency ranges and antenna configurations (e.g. rod, log-periodic, horn etc.).

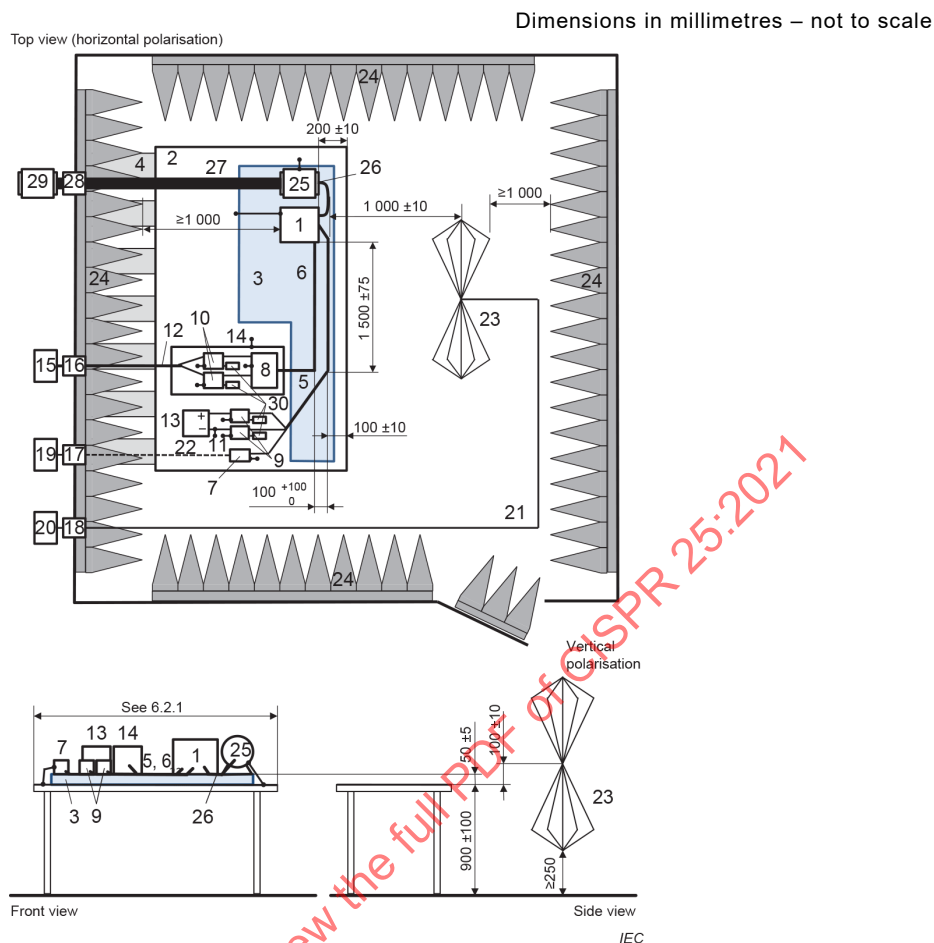
Dimensions in millimetres – not to scale



Key

- | | |
|--|---|
| 1 EUT | 14 Additional shielded box |
| 2 Reference ground plane | 15 HV power supply (should be shielded if placed inside ALSE) |
| 3 Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1,4$) thickness 50 mm | 16 Power line filter |
| 4 Ground straps (see 6.2.1) | 17 Fibre optic feed through |
| 5 LV harness | 18 Bulk head connector |
| 6 HV lines (HV+, HV-) | 19 Stimulating and monitoring system |
| 7 LV load simulator | 20 Measuring instrument |
| 8 Impedance matching network (optional) | 21 High quality coaxial cable e.g. double shielded (50 Ω) |
| 9 LV-AN | 22 Optical fibre |
| 10 HV-AN | 23 Biconical antenna |
| 11 LV supply lines | 24 RF absorber material |
| 12 HV supply lines | 25 50 Ω load |
| 13 LV power supply 12 V / 24 V / 48 V (should be placed on the reference ground plane) | |

Figure H.9 – Radiated emission – Example of test setup measurement with biconical antenna for EUTs with shielded power supply systems and with LV lines facing the antenna



Key

- | | |
|--|---|
| 1 EUT | 16 Power line filter |
| 2 Reference ground plane | 17 Fibre optic feed through |
| 3 Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1,4$)
thickness 50 mm (a non-conductive support can be used for the electric motor) | 18 Bulk head connector |
| 4 Ground straps (see 6.2.1) | 19 Stimulating and monitoring system |
| 5 LV harness | 20 Measuring instrument |
| 6 HV lines (HV+, HV-) | 21 High quality coaxial cable e.g. double shielded (50 Ω) |
| 7 LV load simulator | 22 Optical fibre |
| 8 Impedance matching network (optional) | 23 Biconical antenna |
| 9 LV-AN | 24 RF absorber material |
| 10 HV-AN | 25 Electric motor |
| 11 LV supply lines | 26 Three phase motor supply lines |
| 12 HV supply lines | 27 Mechanical connection (e.g. non-conductive) |
| 13 LV power supply 12 V / 24 V / 48 V
(should be placed on the reference ground plane) | 28 Chamber penetration (e.g. filtered mechanical bearing) |
| 14 Additional shielded box | 29 Brake or propulsion motor |
| 15 HV power supply (should be shielded if placed inside the ALSE) | 30 50 Ω load |

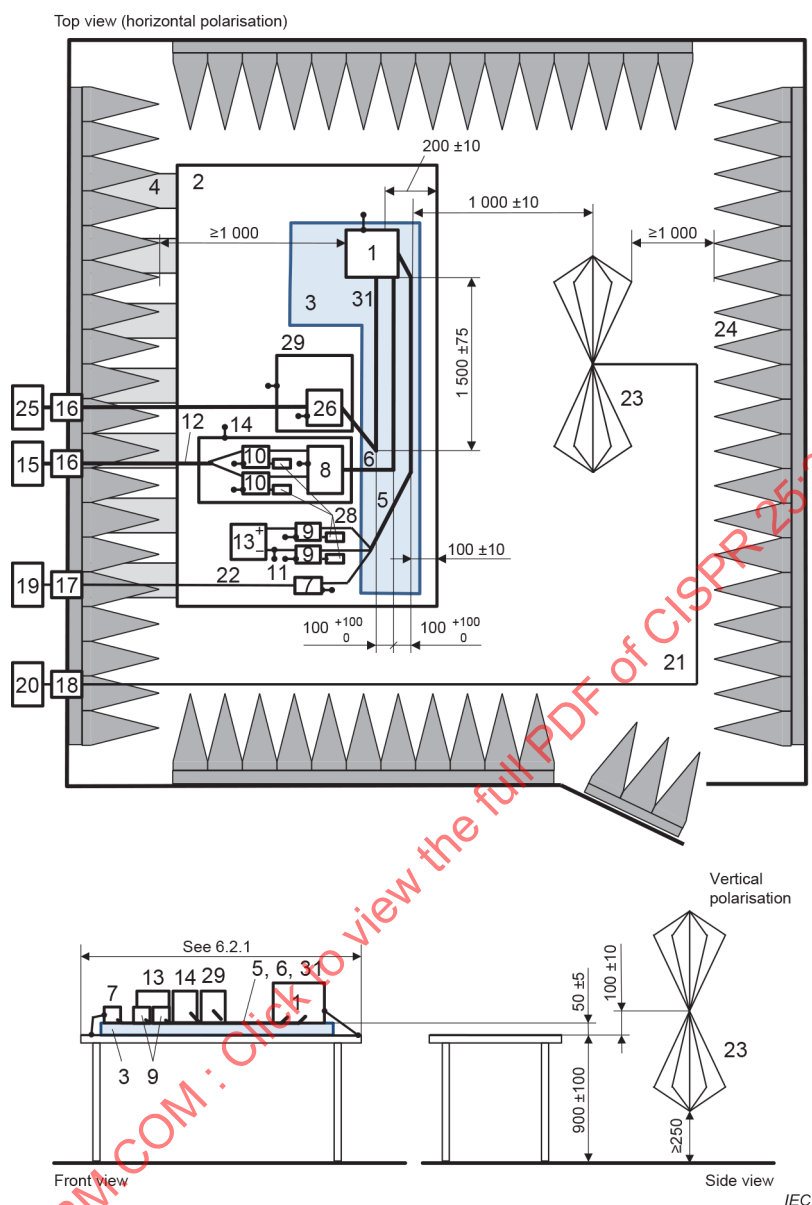
NOTE 1 The electric motor, mechanical connection, filtered mechanical bearing and brake or propulsion motor can be replaced by a load machine emulation.

NOTE 2 Mechanical power transfer outside of the chamber could require more than one interface, and can be realized with different topological solutions (e.g. to address electrified axles with two mechanical shafts, or to address physical configuration of the chamber).

NOTE 3 Please note that the geometry of the shaft(s) connected to the DUT has a significant impact on the correlation with the results on the vehicle. Any mechanical solution for component testing should wherever possible represent vehicle usage and geometry. e.g. length of driveshafts, RF termination of driveshafts including whether they are galvanically connected to the mechanical penetration of the chamber.

Figure H.10 – Radiated emission – Example of test setup measurement with biconical antenna for EUTs with shielded power supply systems with electric motor attached to the bench and with LV lines facing the antenna

Dimensions in millimetres – not to scale

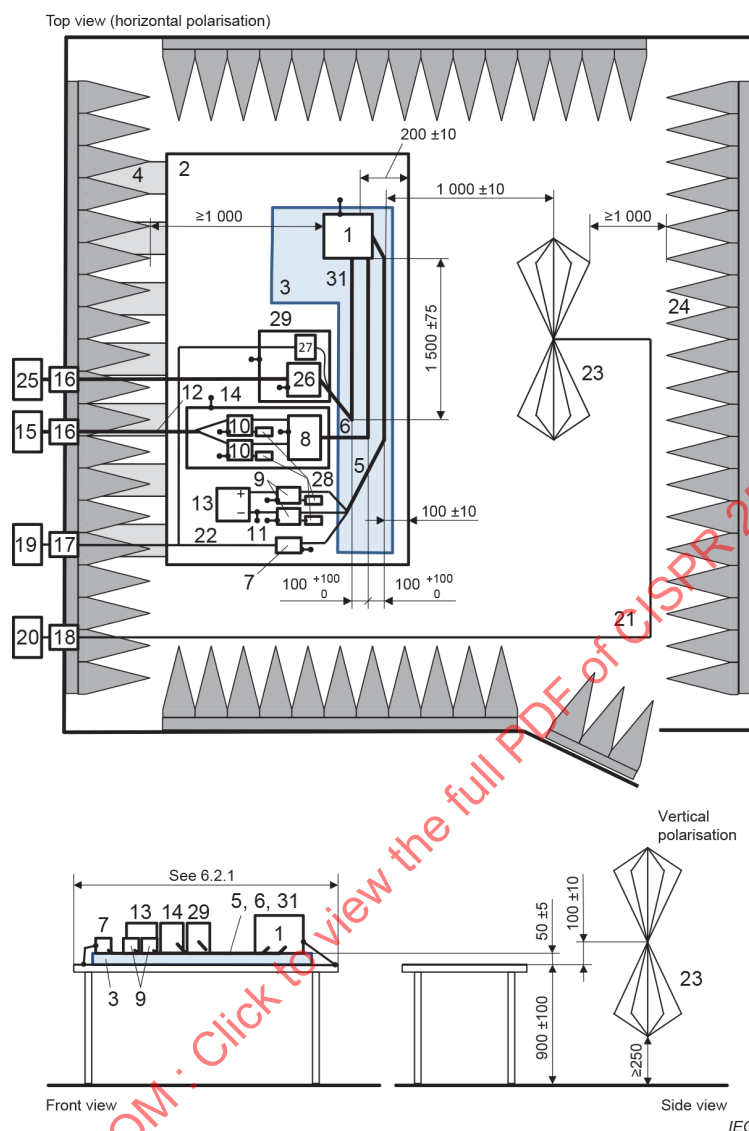


Key

- | | |
|---|---|
| 1 EUT | 15 HV power supply (should be shielded if placed inside shielded enclosure) |
| 2 Reference ground plane | 16 Power line filter |
| 3 Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1,4$) thickness 50 mm (a non-conductive support can be used for the electric motor) | 17 Fibre optic feed through |
| 4 Ground straps (see 6.2.1) | 18 Bulk head connector |
| 5 LV harness | 19 Stimulating and monitoring system |
| 6 HV lines (HV+, HV-) | 20 Measuring instrument |
| 7 LV load simulator | 21 High quality coaxial cable e.g. double shielded (50 Ω) |
| 8 Impedance matching network (optional) | 22 Optical fibre |
| 9 LV-AN | 23 Biconical antenna |
| 10 HV-AN | 24 RF absorber material |
| 11 LV supply lines | 25 AC load simulator |
| 12 HV supply lines | 26 AMN for AC power mains (optional) |
| 13 LV power supply 12 V / 24 V / 48 V (should be placed on the reference ground plane) | 28 50 Ω load |
| 14 Additional shielded box | 29 Additional shielded box (optional) |
| | 31 AC lines |

Figure H.11 – Radiated emission – Example of test setup measurement with biconical antenna for EUTs with shielded power supply systems and inverter and with LV lines facing the antenna

Dimensions in millimetres – not to scale



Key

- | | |
|---|--|
| 1 EUT | 16 Power line filter |
| 2 Reference ground plane | 17 Fibre optic feed through |
| 3 Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1,4$)
thickness 50 mm (a non-conductive support can be
used for the electric motor) | 18 Bulk head connector |
| 4 Ground straps (see 6.2.1) | 19 Stimulating and monitoring system |
| 5 LV harness | 20 Measuring instrument |
| 6 HV lines (HV+, HV-) | 21 High quality coaxial cable e.g. double shielded
(50 Ω) |
| 7 LV load simulator | 22 Optical fibre |
| 8 Impedance matching network (optional) | 23 Biconical antenna |
| 9 LV-AN | 24 RF absorber material |
| 10 HV-AN | 25 AC power mains |
| 11 LV supply lines | 26 AMN for AC power mains (optional) |
| 12 HV supply lines | 27 AC charging load simulator |
| 13 LV power supply 12 V / 24 V / 48 V
(should be placed on the reference ground plane) | 28 50 Ω load |
| 14 Additional shielded box | 29 Additional shielded box (optional) |
| 15 DC load simulator (non-resistive load simulator
should be shielded if placed inside shielded
enclosure) | 31 AC lines |

Figure H.12 – Radiated emission – Example of test setup measurement with biconical antenna for EUTs with shielded power supply systems and charger device and with LV lines facing the antenna

H.5.3 Limits for radiated emissions – ALSE method

For limits, see Table 8 and Table 9.

H.6 Coupling between HV and LV systems

H.6.1 General

In the previous subclauses HV component limits and corresponding test methods have been described. This subclause provides test methods to determine the influence of disturbances from the HV side to the LV side.

The coupling between HV and LV systems can be determined

- with measurements (voltage, current, electric field) based on the test setup as defined in H.5.2;
- with direct measurement of scattering parameters as defined in H.6.3.

The test method to be used shall be agreed between the customer and the supplier and documented in the test plan.

H.6.2 Measurement based on test setups defined in Clause 6

H.6.2.1 General

These test setups are based on test setups defined in Clause 6. The EUT shall be in powered or unpowered operational mode as defined in the test plan.

NOTE Sometimes noise generated by the EUT can be higher than the signal being injected and could affect the test results. Care is taken to distinguish coupling attenuation and EUT noise if EUT is operated during coupling attenuation measurements.

In general, a test signal is injected at the HV+ and the HV- port consecutively. The test level is set to meet the specified HV limits from Table H.1 (average) as agreed between the customer and the supplier and documented in the test plan. Signal calibration and monitoring is mandatory.

The test signal shall be applied either by current probe or capacitive coupling. The emissions are determined using both conducted methods (voltage method and current probe method) and ALSE method.

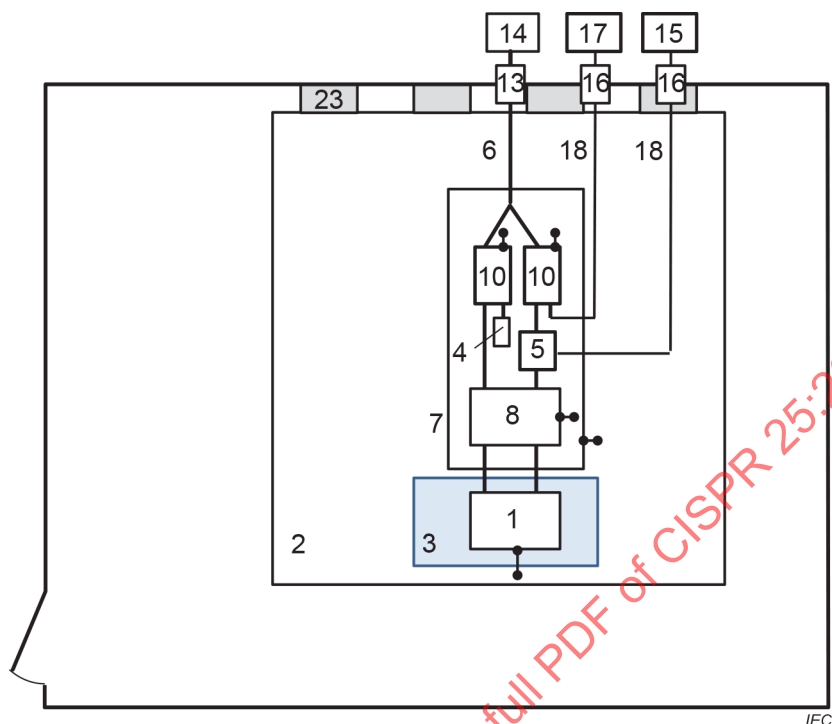
Subclause H.6.2.2 describes the calibration procedure to ensure that the test levels on the HV-side are met according to the HV limit class from Table H.1 (average). Test setups for conducted and radiated emission are described in H.6.2.3, H.6.2.4 and H.6.2.5. Coupling measurements shall be performed with all three test setups and the associated requirements.

H.6.2.2 Test signal injection and calibration

The setup for the calibration of the test signal is shown in Figure H.13. The RF power of the test signal is supplied to the coupling element between HV-AN and optional impedance matching network (see E.2 and Figure E.5), either by injection probe (as defined in ISO 11452-4) or capacitive coupling (as defined in DCC method in ISO 7637-3). For calibration using an injection probe the EUT shall be connected and unpowered. For calibration using a capacitor the EUT shall be disconnected.

Measure the output level at the measuring port of the HV-AN. Terminate the measuring port of the other HV-AN with 50 Ω . The measurement shall be performed in the frequency range from 150 kHz to 108 MHz with a bandwidth of 9 kHz using AV or PK detector. The test signal is set to the specified limit from Table H.1 (average).

NOTE The calibration can also be performed using the setup shown in Figure H.14.



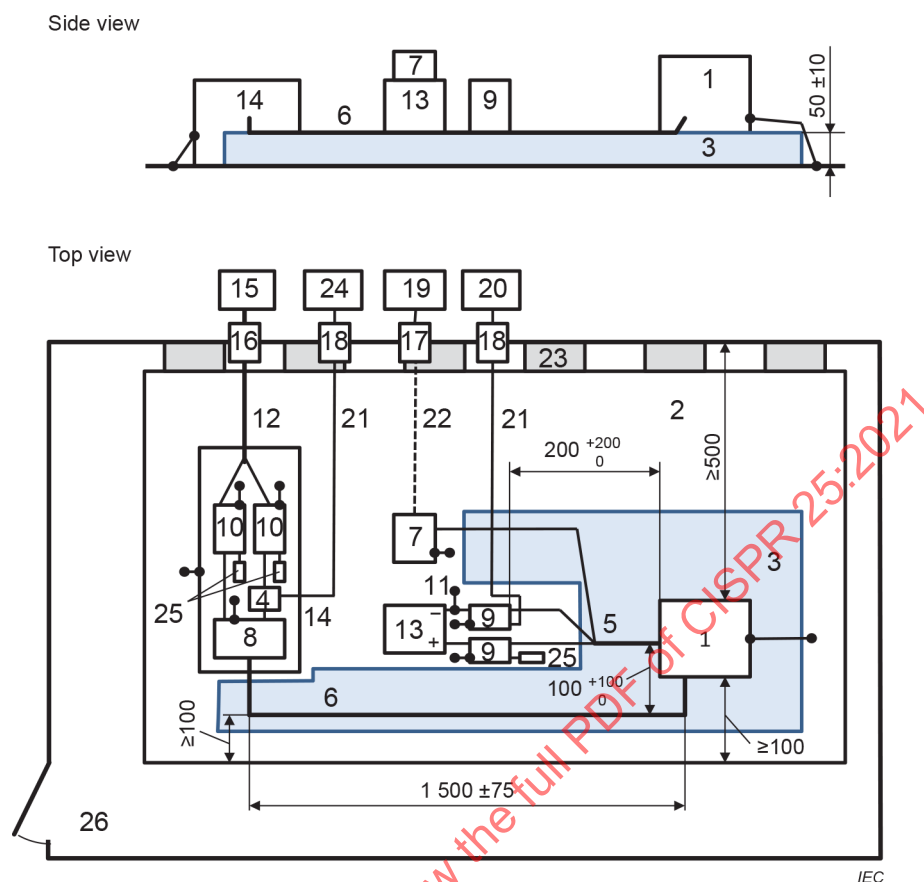
- 1 EUT (or EUT simulator)
- 2 Reference ground plane
- 3 Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1,4$) thickness 50 mm
- 4 50 Ω load
- 5 Test signal coupling element (can be current clamp or capacitor)
- 6 HV supply lines (HV+, HV-)
- 7 Additional shielded box
- 8 Impedance matching network (optional)
- 10 HV-AN
- 13 Power line filter
- 14 Shielded HV power supply (can be placed inside the shielded enclosure)
- 15 Tracked RF test generator (can be placed inside the shielded box)
- 16 Bulk head connector
- 17 Measuring instrument
- 18 High quality coaxial cable e.g. double shielded (50 Ω)
- 23 Ground straps

Figure H.13 – Test setup for calibration of the test signal

The test shall be performed in an ALSE or in a shielded enclosure.

This method consists of measuring disturbance voltages at the LV side of the power supply. The emission level shall be measured on LV+ and LV- for each test signal injection configuration. The measured level shall not exceed the corresponding LV emission limits (same class than the one defined for HV level in H.6.2.2) defined in Table 6 (average). The setup is shown in Figure H.14. The reference ground plane conditions defined in H.2.1 (conducted emission –voltage method) apply.

Dimensions in millimetres – not to scale

**Key**

- | | |
|--|---|
| 1 EUT | 14 Additional shielded box |
| 2 Reference ground plane | 15 HV power supply (should be shielded if placed inside the shielded enclosure) |
| 3 Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1,4$) thickness 50 mm | 16 Power line filter |
| 4 Test signal coupling element (can be current clamp or capacitor) | 17 Fibre optic feed through |
| 5 LV harness | 18 Bulk head connector |
| 6 HV lines (HV+, HV-) | 19 Stimulating and monitoring system |
| 7 LV load simulator | 20 Measuring instrument |
| 8 Impedance matching network (optional) | 21 High quality coaxial cable e.g. double shielded (50 Ω) |
| 9 LV-AN | 22 Optical fibre |
| 10 HV-AN | 23 Ground straps (see 6.2.1) |
| 11 LV supply lines | 24 RF generator (can be placed inside the shielded box (14)) |
| 12 HV supply lines | 25 50 Ω load |
| 13 LV power supply 12 V / 24 V / 48 V (should be placed on the reference ground plane) | 26 Shielded enclosure |

Figure H.14 – Example of test setup for conducted emissions – voltage method – measurement on LV ports with injection on HV supply ports

H.6.2.4 Conducted emission – Current probe method

The test shall be performed in an ALSE or in a shielded enclosure.

This method consists of measuring disturbance currents at the LV harness side. The emission level shall be measured for each test signal injection configuration. The measured level shall not exceed the corresponding LV emission limits (same class than the one defined for HV level in H.6.2.2) defined in Table 7 (average) for 150 kHz to 108 MHz. The setup is shown in Figure H.15. The reference ground plane conditions defined in H.2.1 (conducted emission – current probe method) apply.

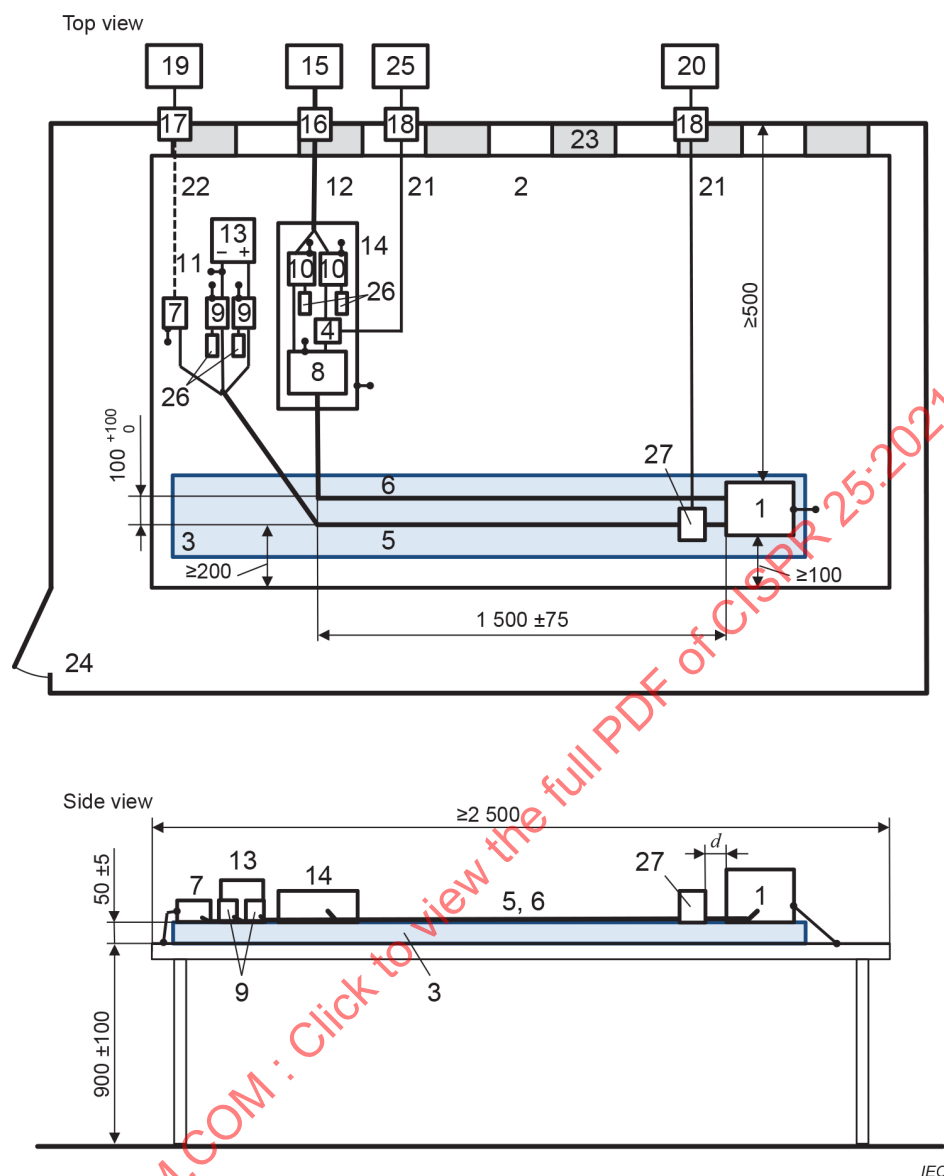
The current probe shall be mounted around the complete LV harness (including all wires). If the EUT LV ports have multiple connectors on the unit resulting in multiple wire bundles, the test plan shall define which wires shall be included in the probe for measurement. In the absence of any definition, measurements shall be made for each bundle (connector) independently and for all wires together. Measure the emission with the probe positioned $d = 50$ mm and $d = 750$ mm (depending on harness length) from the EUT.

The shielded harnesses used for this test shall be representative of the vehicle application in terms of cable construction and connector termination as defined in the test plan.

If the EUT LV wiring has too many wires to be accommodated in the measurement probe, the test plan can define the wires to be measured and this shall be included in the test report.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of CISPR 25:2021

Dimensions in millimetres – not to scale

**Key**

- | | |
|--|---|
| 1 EUT | 15 HV power supply (should be shielded if placed inside the shielded enclosure) |
| 2 Reference ground plane | 16 Power line filter |
| 3 Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1,4$) thickness 50 mm | 17 Fibre optic feed through |
| 4 Test signal coupling element (can be current clamp or capacitor) | 18 Bulk head connector |
| 5 LV harness | 19 Stimulating and monitoring system |
| 6 HV lines (HV+, HV-) | 20 Measuring instrument |
| 7 LV load simulator | 21 High quality coaxial cable e.g. double shielded (50 Ω) |
| 8 Impedance matching network (optional) | 22 Optical fibre |
| 9 LV-AN | 23 Ground straps (see 6.2.1) |
| 10 HV-AN | 24 Shielded enclosure |
| 11 LV supply lines | 25 RF generator (can be placed inside the shielded box (14)) |
| 12 HV supply lines | 26 50 Ω load |
| 13 LV power supply 12 V / 24 V / 48 V (should be placed on the reference ground plane) | 27 Current clamp |
| 14 Additional shielded box | |

Figure H.15 – Example of test setup for conducted emissions – current probe method – measurement on LV ports with injection on HV supply ports

H.6.2.5 HV-specific radiated emission test

The test shall be performed in an ALSE.

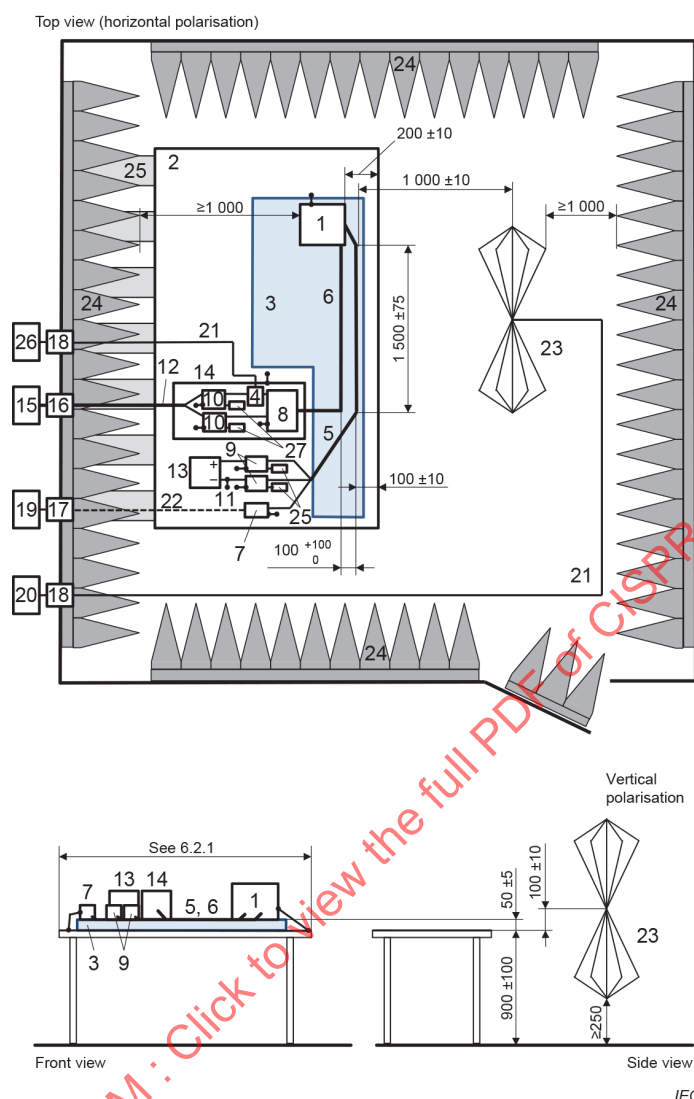
This method consists of measuring radiated emissions from the whole setup. The emission level shall be measured for each test signal injection configuration. The measured level shall not exceed the corresponding LV emission limits (same class than the one defined for HV level in H.6.2.2) defined in Table 7 (average) for 150 kHz to 108 MHz. The setup is shown in Figure H.16. The reference ground plane conditions defined in H.2.1 (radiated emission) apply.

The antenna to be used for the measurements shall be as defined in 6.5.2.2. In this subclause the test setup is shown with a biconical antenna as an example.

It is highly recommended that ferrites, with a minimum impedance of 50 Ω at 25 MHz and 110 Ω at 100 MHz, be placed on the cable from the RF generator to the test signal coupling element every 20 cm along its entire length within the ALSE.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of CISPR 25:2021

Dimensions in millimetres – not to scale

**Key**

- | | |
|--|---|
| 1 EUT | 15 HV power supply (should be shielded if placed inside ALSE) |
| 2 Reference ground plane | 16 Power line filter |
| 3 Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1,4$) thickness 50 mm | 17 Fibre optic feed through |
| 4 Test signal coupling element (can be current clamp or capacitor) | 18 Bulk head connector |
| 5 LV harness | 19 Stimulating and monitoring system |
| 6 HV lines (HV+, HV-) | 20 Measuring instrument |
| 7 LV load simulator | 21 High quality coaxial cable e.g. double shielded (50 Ω) |
| 8 Impedance matching network (optional) | 22 Optical fibre |
| 9 LV-AN | 23 Biconical antenna |
| 10 HV-AN | 24 RF absorber material |
| 11 LV supply lines | 25 Ground straps (see 6.2.1) |
| 12 HV supply lines | 26 RF generator (can be placed inside the shielded box (14)) |
| 13 LV power supply 12 V / 24 V / 48 V (should be placed on the reference ground plane) | 27 50 Ω load |
| 14 Additional shielded box | |

Figure H.16 – Example of test setup for radiated emissions – ALSE method – measurement with biconical antenna with injection on HV supply ports

H.6.3 Measurement of the HV-LV coupling attenuation

H.6.3.1 General

Subclause H.6.3 describes the measurement of the coupling attenuation, a_c , between high voltage DC lines and the low voltage lines of electric/electronic components.

This part provides information on how the coupling attenuation, a_c , can directly be measured.

The measurements shall be performed with a network analyser in two steps

- full-port calibration,
- measurement with the EUT unpowered.

H.6.3.2 Network analyser parameter

The following parameters should be used for a network analyser:

- power level: 0 dBm (recommended; depending on needed dynamic range, higher values can be necessary),
- minimum averaging factor: 8,
- minimum number of points (with logarithmic sweep): 401,
- maximum IF bandwidth: 1 kHz.

H.6.3.3 Calibration

A TOSM (through open short matched) calibration shall be performed including only the network analyser coaxial measuring cables (items 5 and 6 of Figure H.17).

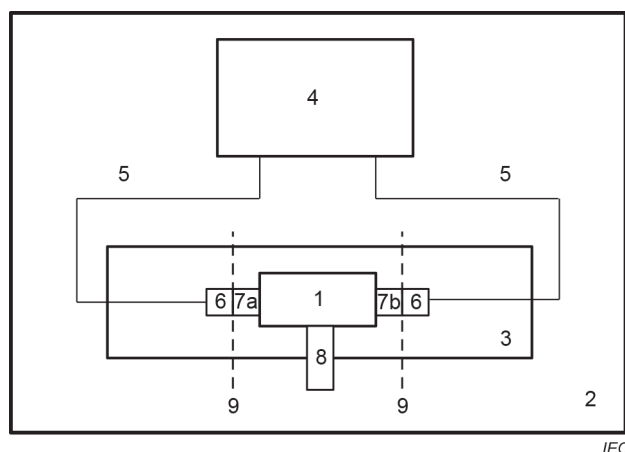
H.6.3.4 EUT measurement

The EUT measurement shall be performed according to Figure H.17 with the EUT unpowered (with only network analyser measuring coaxial cables and without any LV/HV lines). The coupling attenuation, a_c , is obtained from the network analyser scattering parameter S_{21} using the relationship $a_c = -S_{21}$.

The EUT is placed on an insulating support (50 ± 5) mm above the reference ground plane.

Unless otherwise specified in the test plan the EUT case shall be bonded to the reference ground plane with a copper, brass, bronze or galvanized steel strap (maximum length to width ratio of 4:1). The DC resistance between the EUT case and reference ground plane shall not exceed 2,5 mΩ.

Care shall be taken concerning the adaptors used between the EUT terminals and the network analyser coaxial measuring cables particularly to ensure the lowest possible impedance between the coaxial measuring cable shield and the EUT case.

**Key**

- | | |
|--|--|
| 1 EUT | 6 Network analyser coaxial measuring cable connector |
| 2 Reference ground plane | 7a HV adapter |
| 3 Low relative permittivity support ($\epsilon_r \leq 1,4$)
thickness 50 mm | 7b LV adapter |
| 4 Network analyser | 8 EUT bonding connection |
| 5 High quality coaxial measuring cable e.g. double shielded (50 Ω) | 9 Reference plane for network analyser calibration |

Figure H.17 – Test setup for EUT S_{21} measurements

S_{21} measurements shall be performed for the configurations defined in Table H.2 (for equipment without negative LV line) or Table H.3 (for equipment with negative LV line) for each HV line/LV line combination.

The test plan shall define the EUT internal configuration(s) to be tested in order to ensure that the S_{21} worst case is measured (e.g. mechanical or electronic switches state).

Table H.2 – Example of configurations for equipment without negative LV line

Measuring configuration		
	Port 1	Port 2
Configuration 1	Positive DC HV line	Positive LV line
Configuration 2	Negative DC HV line	Positive LV line

Table H.3 – Example of configurations for equipment with negative LV line

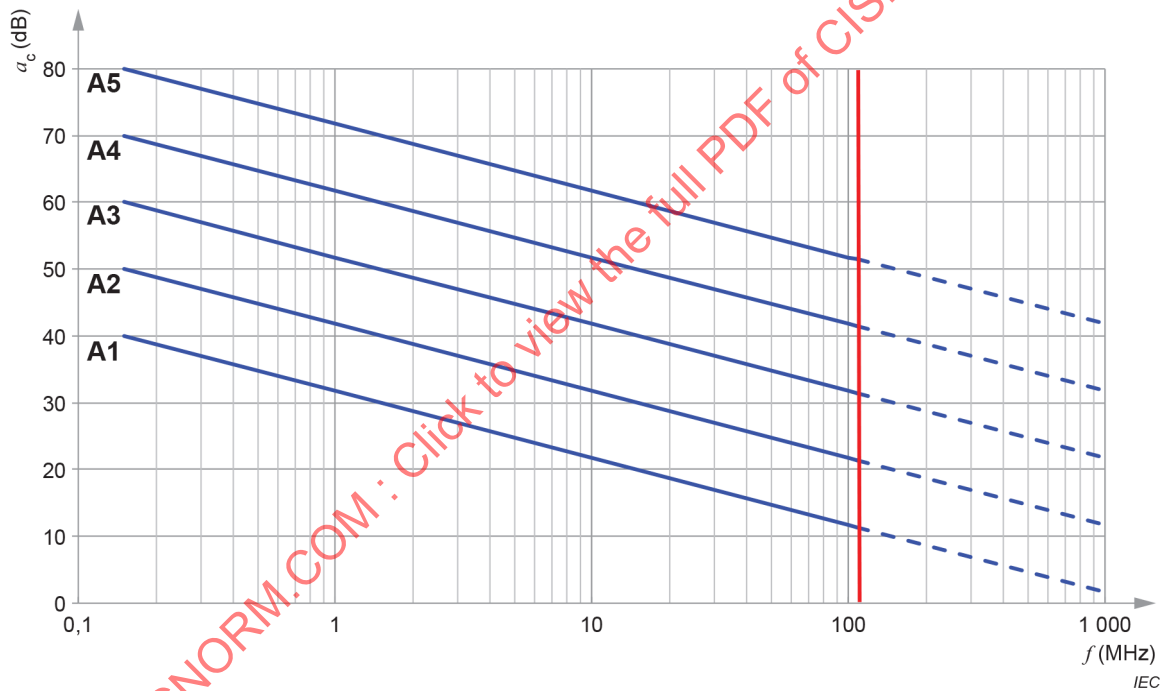
Measuring configuration		
	Port 1	Port 2
Configuration 1	Positive DC HV line	Positive LV line
Configuration 2	Negative DC HV line	Positive LV line
Configuration 3	Positive DC HV line	Negative LV line
Configuration 4	Negative DC HV line	Negative LV line

H.6.3.5 Requirement

Examples for requirements for minimum coupling attenuation $a_c = -S_{21}$ are given Table H.4 and Figure H.18.

Table H.4 – Examples of requirements for minimum coupling attenuation, a_c

Frequency in MHz	Class	Minimum coupling attenuation, a_c in dB
0,15 to 1 000	A5	$80 - 10 \times \lg(f_{\text{MHz}}/0,15)$
	A4	$70 - 10 \times \lg(f_{\text{MHz}}/0,15)$
	A3	$60 - 10 \times \lg(f_{\text{MHz}}/0,15)$
	A2	$50 - 10 \times \lg(f_{\text{MHz}}/0,15)$
	A1	$40 - 10 \times \lg(f_{\text{MHz}}/0,15)$



The coupling attenuation above 108 MHz is informative

Figure H.18 – Examples of requirements for coupling attenuation, a_c

Annex I **(Informative)**

ALSE performance validation 150 kHz to 1 GHz

I.1 General

During a component test, the measured electric field should be characteristic of the EUT only and the impact of the ALSE should be minimized. The EUT measurement data should vary as little as possible if the measurements are performed in different ALSEs and/or at different locations. The aim of this annex is to control the effects of the ALSE. ALSEs which meet the requirements of this annex will show less deviation in EUT data.

This annex contains requirements for the validation of the ALSE used for component tests described in 6.5. A visual representation of the ALSE validation process is shown in the flowchart in Figure I.2. The validation procedure is designated as follows:

The method uses a 50 cm “long wire” antenna as the transmitting antenna. At frequencies below 30 MHz, the long-wire antenna was modelled using a floor (non-elevated) ground plane. At frequencies 30 MHz and above, the long-wire antenna was modelled with an elevated validation reference ground plane of a standard size (2,5 m × 1 m). Measurements are made on the long-wire antenna in the ALSE. The ALSE measurements are compared to the modelled fields in order to determine if the ALSE measurements are within a defined tolerance (see I.2.4).

The validation method utilize a standard size validation reference ground plane for the reference measurements and modelling. At frequencies below 30 MHz, a floor (non-elevated) ground plane (e.g. the floor of an ALSE or OATS) is the standard. The decision to use this reference ground plane was based on the research work described in the reference document [8], where a standard environment using a TEM cell was investigated, and found to give the same results as those from measurements using the floor ground plane approach. At frequencies above 30 MHz, an elevated validation reference ground plane with the dimensions of 2,5 m × 1 m is the standard. The validation reference ground plane size and grounding used during the modelling will be different than what a laboratory would use in the ALSE during EUT measurements. Not all ALSEs are constructed and setup identically and will therefore be different from the standardized validation reference setup in some way. The purpose of this validation procedure is to compare the standardized validation reference setup data (modelled data) with the results from an ALSE used for CISPR 25 radiated emissions testing on an EUT to assure that the deviations due to the ALSE setup differences are within a reasonable tolerance.

The ALSE configured as it normally used during EUT test might not initially meet the requirements specified in this annex.

The following setup parameters have a significant influence on the results obtained for chamber validation:

- reference ground plane size,
- reference ground plane bonding straps (number, size, horizontal versus vertical),
- absorber performance.

If the chamber validation requirements are not met, modifications on one or more of the previous influent parameters should help to improve the ALSE performance within the tolerance specified in this annex.

Some parameters, their specifications and tolerances defined in CISPR 25 are known to be influent in the setup and could lead to excessive deviations. In the frequency range between 10 MHz and 100 MHz, the reference ground plane size, its connections and the absorbers performances are the most important ones. Figure I.1 presents examples of typical influence levels of these parameters over the particular 10 MHz to 100 MHz frequency range.

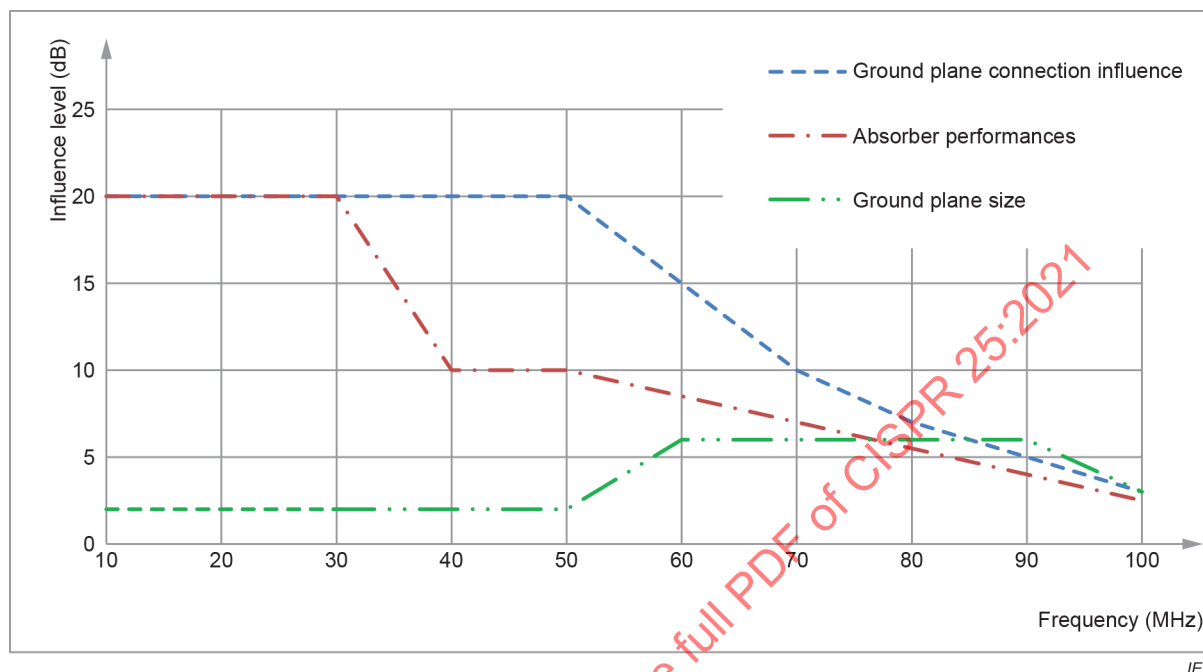
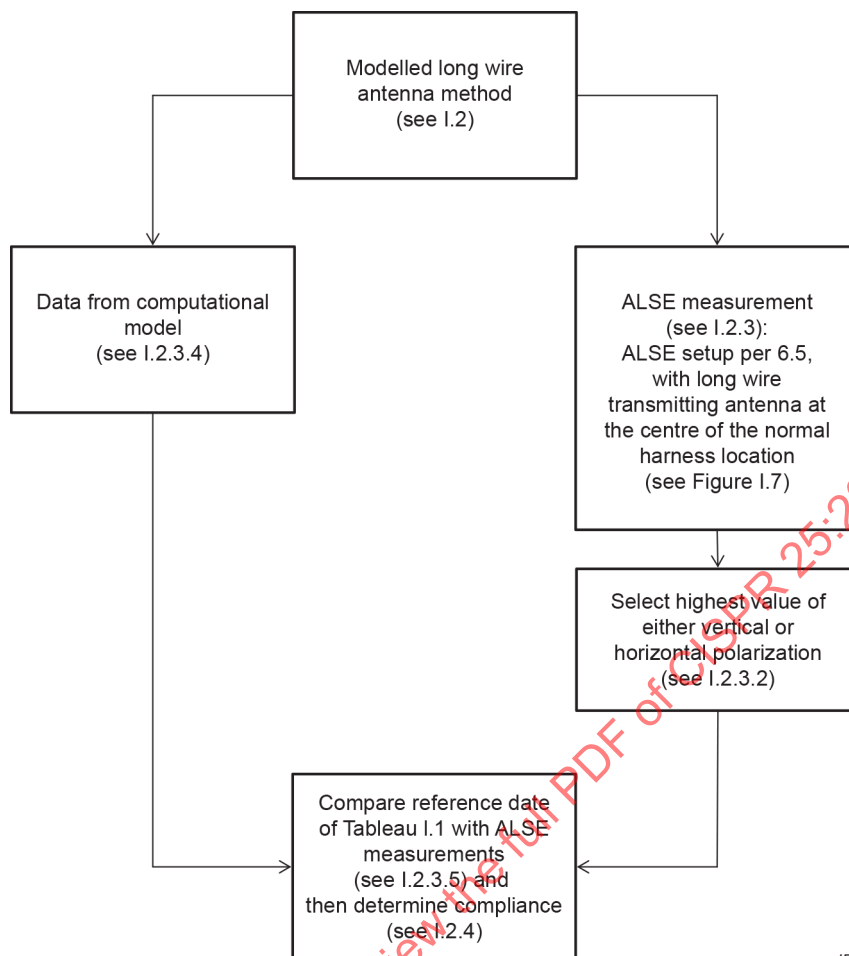


Figure I.1 – Examples of typical ALSE influence parameters over the 10 MHz to 100 MHz frequency range

In some cases at frequencies below 30 MHz, resonances can be observed. In that case, to reduce the influence of resonance, specific methods can be used, such as applying an absorbing material (foam block absorber) between the bottom of the receiving antenna and the floor, or by bonding the counterpoise of the receiving antenna with additional bonding straps to the floor at the edge opposite to the connection to the reference ground plane. The maximum length to width ratio for the bonding straps shall be 7:1. In the case of any modification to the standardized setup is used, it shall be used in actual measurement.

The validation procedure of this annex has intentionally been limited to the frequency range of 150 kHz to 1 GHz. Studies performed during the development of this annex showed that the absorber materials and reference ground plane grounding utilized in the ALSE will generally create the largest measurement deviations at frequencies below 200 MHz. Therefore, it was decided to limit the chamber validation upper frequency to 1 GHz. Validation methods above 1 GHz are being considered as future work.



IEC

Figure I.2 – Visual representation of ALSE performance validation process

I.2 Validation method

I.2.1 Overview

The validation method described below has the following aspects:

- a line source based on a rod between two metallic sheet angles is used in the location of the cabling harness,
- the reference values are determined through numerical simulations,
- an ALSE measurement is performed with the setup as described in 6.5,
- the reference and ALSE measurements should be similar, within a defined tolerance.

I.2.2 Equipment

I.2.2.1 Measuring equipment

The measurements should be made with RF instrumentation having a nominal output or input impedance of 50 Ω. Examples include:

- a network analyser,
- a spectrum analyser or measurement receiver with a tracking generator,
- a signal generator and a spectrum analyser or measurement receiver.

I.2.2.2 Transmitting antenna

The cable connecting the transmitting antenna to the signal source can affect the verification results of the ALSE. Ferrites shall be used on the cable to minimize coupling effects. The cable should also be routed immediately towards the back of the reference ground plane, away from the receiving antenna and placed directly on the reference ground plane.

It is highly recommended that ferrites, with a minimum impedance of 50 Ω at 25 MHz and 110 Ω at 100 MHz, be placed on the transmitting and receiving antenna cables every 20 cm along its entire length within the ALSE being validated.

The radiation source consists of a brass rod with $(4 \pm 0,2)$ mm diameter located at (50 ± 2) mm height (between the reference ground plane and the closest point of the rod) above the ground reference plane parallel to the front edge. The horizontal distance between the edge of the ground reference plane and the rod is (100 ± 2) mm. The rod is held by two metallic sheet angles (see Figure I.3), which are separated by (500 ± 5) mm. To protect the antenna configuration, it is recommended to fix it on a metal plate of the same material as the Reference Ground Plane. The dimensions of the metal plate shall be $700\text{mm} +200 / -0 \times 150\text{ mm} +50 / -2$, thickness $5\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$. Type-N-connectors are integrated in the angles as support for the rod. The centre of the rod is located at the same position as the centre of the cabling harness used for EUT testing.

The metallic sheet angles shall be bonded to the reference ground plane to establish a low inductive, low resistive connection between angle and ground with a maximum DC resistance of 2,5 m Ω (see Figure I.5).

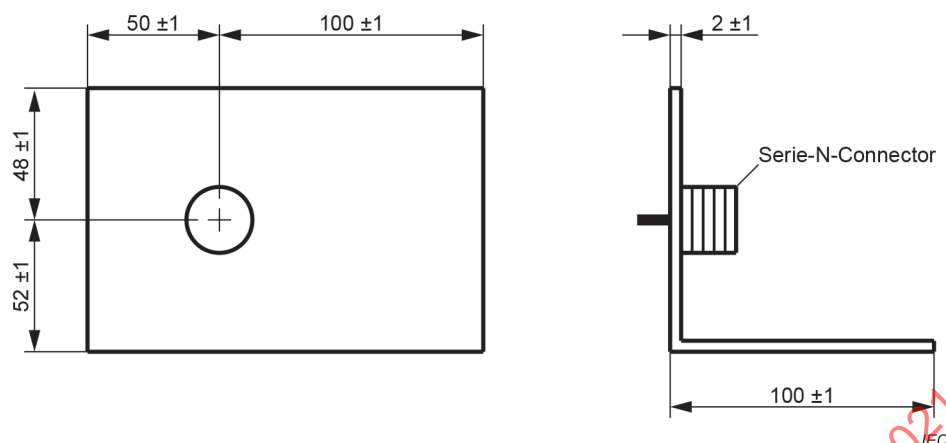
It is recommended to use mounting clamps made of plastic or to screw the sheet angles directly to the reference ground plane.

At the load end of the radiator, the rod is terminated with a $(50 \pm 7,5)$ Ω RF load (max VSWR 1,2:1 over the frequency range of 150 kHz to 1 000 MHz) through the Type-N-connector mounted in the metallic sheet angle. At the RF feed end of the radiator, the rod is connected to a 10 dB, 50 Ω attenuator (max VSWR 1,2:1 over the frequency range of 150 kHz to 1 000 MHz) through the Type-N-connector mounted in the other metallic sheet angle. See Figure I.4 for a side view of the radiator and the RF terminations.

The RF feed cable is used to connect the signal source to the 10 dB, 50 Ω attenuator at the source end of the radiator using an angle connector as shown in Figure I.4.

The construction of the radiation source allows a reliable modelling for numerical calculations, which establishes the reference data. It is important that the construction of the radiation source is followed closely. Typical VSWR curves (without the 10 dB attenuator) of a properly constructed radiation source are shown in Figure I.6.

Dimensions in millimetres



NOTE The two metallic sheet angles are mirror-inverted to each other.

Figure I.3 – Metallic sheet angles used as support for the rod

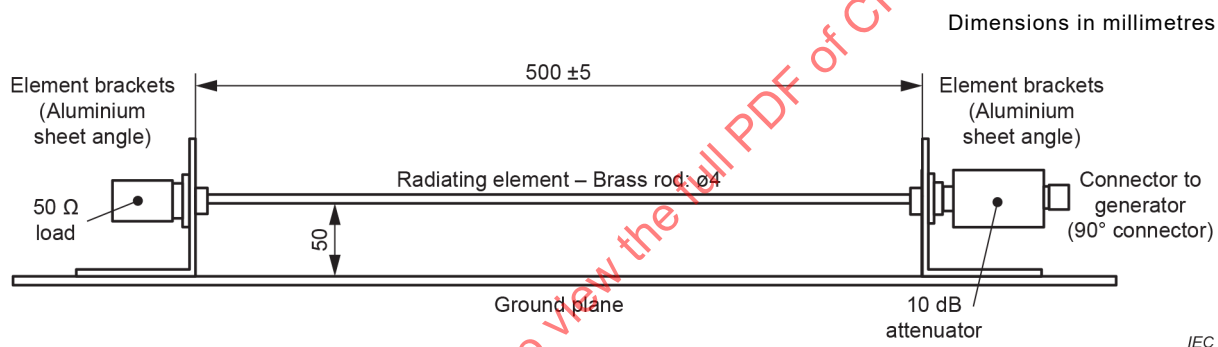


Figure I.4 – Radiator side view 50 Ω terminations

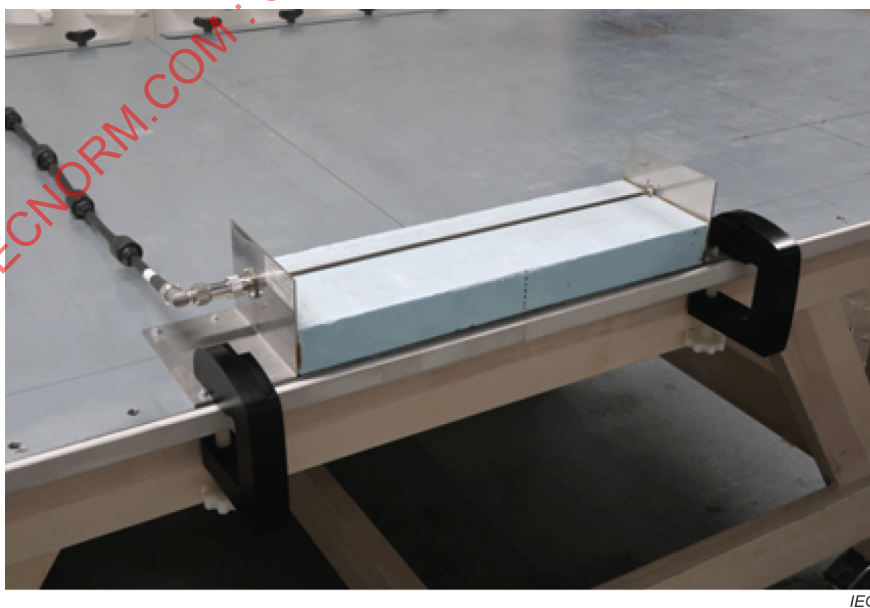


Figure I.5 – Photo of the radiator mounted on the ground reference plane

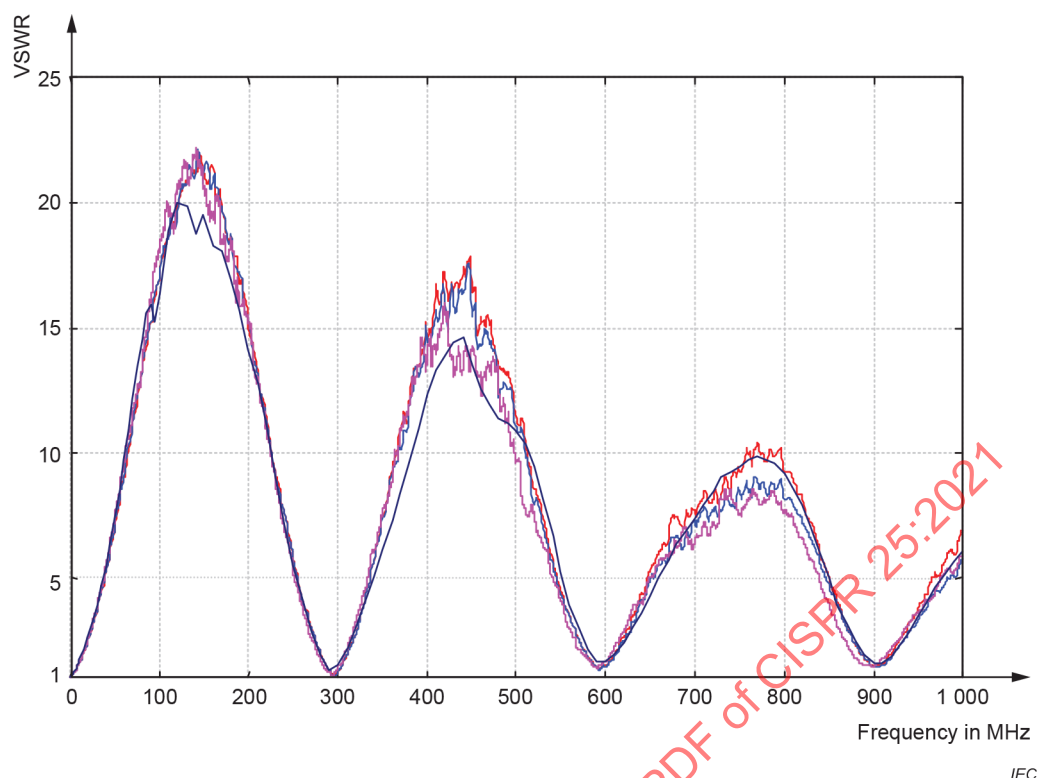


**Figure I.6 – Example VSWR measured from four radiation sources
(without 10 dB attenuator)**

I.2.2.3 Receiving antenna

The receiving antennas used are the same as described in 6.5. The antenna factor(s) shall be known and considered in the calculations below.

The transmitted power should be chosen so that an overload condition does not occur in the measurement system. This can be verified by reducing the transmitted power by 10 dB and checking that the received power is also reduced by 10 dB.

I.2.2.4 ALSE configuration

The measurements shall be made with the same ALSE configuration (physical layout, reference ground plane size, reference ground plane grounding, RF absorber, etc.) that will be used during measurements of a DUT. This also includes the connection between antenna counterpoise and table for monopole antenna measurements.

NOTE The battery and AN(s) will not be part of the validation setup and therefore are not placed on the elevated reference ground plane during the ALSE validation.

I.2.3 Procedure

I.2.3.1 Frequency step size

The frequencies to be used for the measurements are given in Table I.1. A total of 481 frequencies shall be used during the measurements; 150 frequencies from 150 kHz to 29,95 MHz (step size: 200 kHz), 170 frequencies from 30 MHz to 199 MHz (step size: 1 MHz), and 161 frequencies from 200 MHz to 1 000 MHz (step size: 5 MHz).

I.2.3.2 ALSE equivalent field strength measurements

An initial “direct” measurement is made with the radiator feed cable directly connected to the receiving antenna output cable. The amplitude of signal generation equipment is set to deliver $1 V_{\text{rms}}$ (120 dB(μV)). The reading of the receiving instrument is recorded as quantity M_0 in dB(μV).

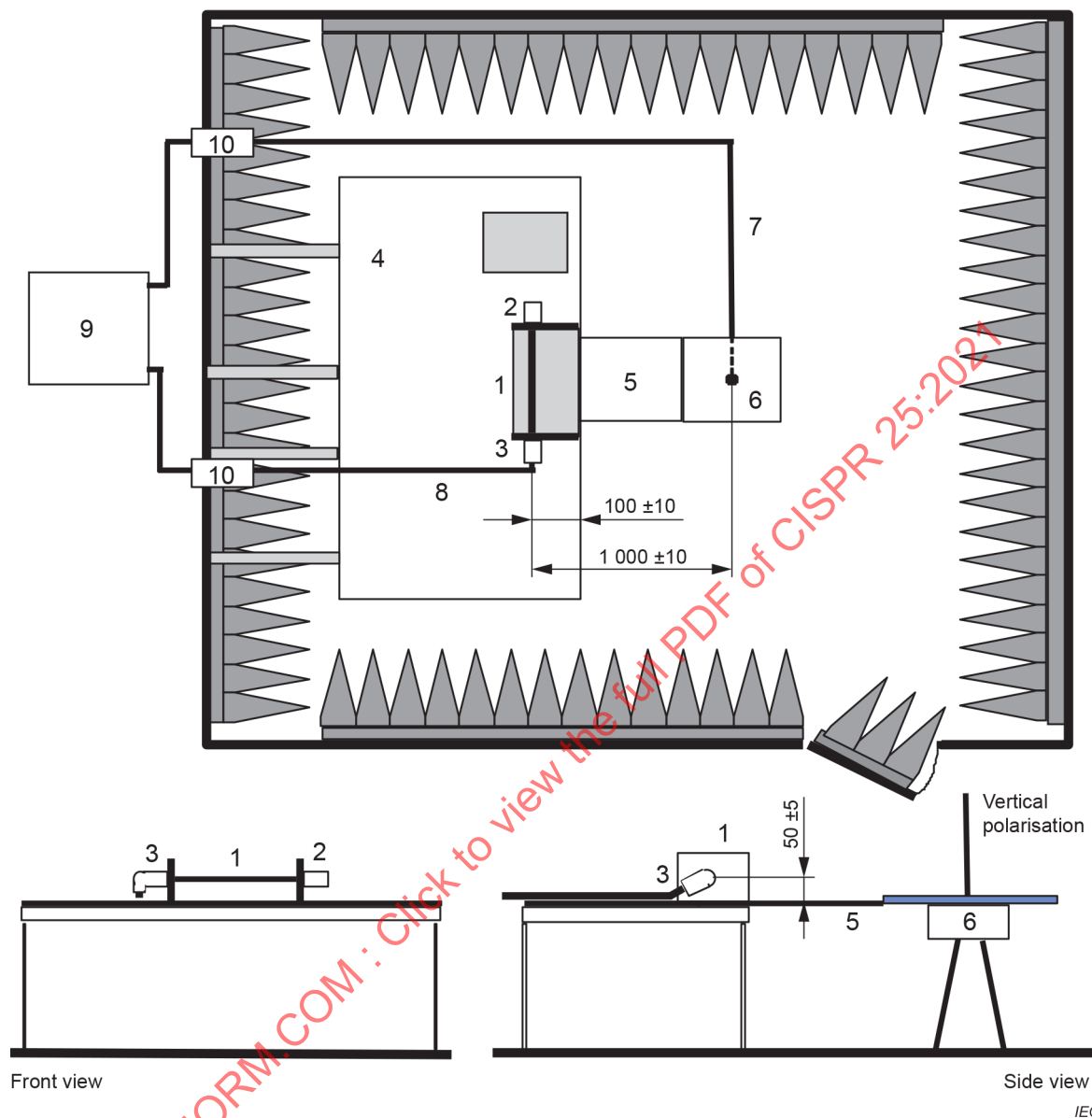
Since the difference between the initial measurement M_0 and the measurement M_A is calculated in Equation (I.1) the absolute value of the generator output will not directly influence the result. However, it is recommended to use the level of 1 V to obtain sufficient measurement dynamic range. For the measurement of the transmission coefficient, the radiator feed cable is connected to the input of the 10 dB attenuator and the antenna cable is connected to the receiving antenna (see Figure I.7). Again the amplitude of signal generation equipment is set to deliver $1 V_{\text{rms}}$ (120 dB(μV)) to the input of the 10 dB attenuator. The reading of the receiving instrument is recorded as quantity M_A in dB(μV).

If a network analyser is used, the “direct” measurement is replaced by a full two-port calibration with the end of the radiator RF feed cable and the end of the antenna cable defining the reference plane. When using a network analyser, the amplitude of signal generation equipment can be set to a value lower than $1 V_{\text{rms}}$ (120 dB(μV)) to fulfill the noise floor requirement.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of CISPR 25:2021

Dimensions in millimetres – not to scale

Top view (Rod antenna, below 30 MHz)



Key

- | | |
|--------------------------|---|
| 1 radiation source | 6 rod antenna |
| 2 50 Ω termination | 7 cable from receiving antenna to measurement instrument (e.g. network analyser) or fibre optic cable |
| 3 10 dB attenuator | 8 cable from measurement instrument (e.g. network analyser) to radiator |
| 4 reference ground plane | 9 measurement instrument (e.g. network analyser) |
| 5 grounding connection | 10 bulkhead connector |

Figure I.7 – Example setup for ALSE equivalent field strength measurement (rod antenna shown for the frequency range from 150 kHz to 30 MHz)

From the two values and the antenna factor of the receiving antenna (k_{AF} , in dB(1/m)), the equivalent field strength (E_{eq} , in dB(μV/m)) can be derived for each frequency:

$$E_{eq} = 120 \text{ dB}(\mu\text{V}) + (M_A - M_0) + k_{AF} \quad (\text{I.1})$$

NOTE The equivalent field strength is the field strength that would be received, when a signal with 1 V_{rms} is injected in the input of the 10 dB attenuator.

In case of the network analyser, which measures the scattering parameter S_{21} (in dB), the equivalent field strength (E_{eq} in dB($\mu\text{V}/\text{m}$)) can be derived as

$$E_{eq} = 120 \text{ dB}(\mu\text{V}) + S_{21} + k_{AF} \quad (\text{I.2})$$

In the frequency range from 30 MHz to 1 GHz, the measurements should be performed both for horizontal and vertical polarisations. The results are $E_{eq,horiz}$ and $E_{eq,vert}$.

For each frequency, the maximum equivalent field strength $E_{eq,max}$ is derived as maximum of the $E_{eq,horiz}$ and $E_{eq,vert}$.

For reliable results the noise floor should be at least 10 dB below the measured signal levels. This can be verified by connecting the receiving antenna to the receiving instrument but disconnecting the signal source from the radiation source.

I.2.3.3 Techniques used to generate the reference data

In the model from 150 kHz to 30 MHz, the ground plane is a non-elevated ground plane (e.g. the floor of an ALSE or OATS). In the model for 30 MHz to 1 GHz, the standard size 2,5 m × 1 m reference ground plane is elevated and located in an ideal free field with perfectly conducting ground properties. Grounding of the elevated reference ground plane to the floor is achieved by using a single strap with a width of 100 mm which is centred on the centre point of the rear length of the reference ground plane. Calculations were done with a Method of Moments (MoM) code. As an example, Figure I.8 shows the computer model used for MoM in the frequency range 30 MHz to 200 MHz.

NOTE Comparative simulations have been done in the past with FDTD.

At frequencies from 150 kHz to 30 MHz, the monopole antenna was part of the model since the connection between monopole antenna and the ground plane has an influence on the antenna factor. At frequencies from 30 MHz to 1 GHz, the electric field strength at the point where the receiving antennas reference point is located has been used and is the maximum of vertical and horizontal polarisations.

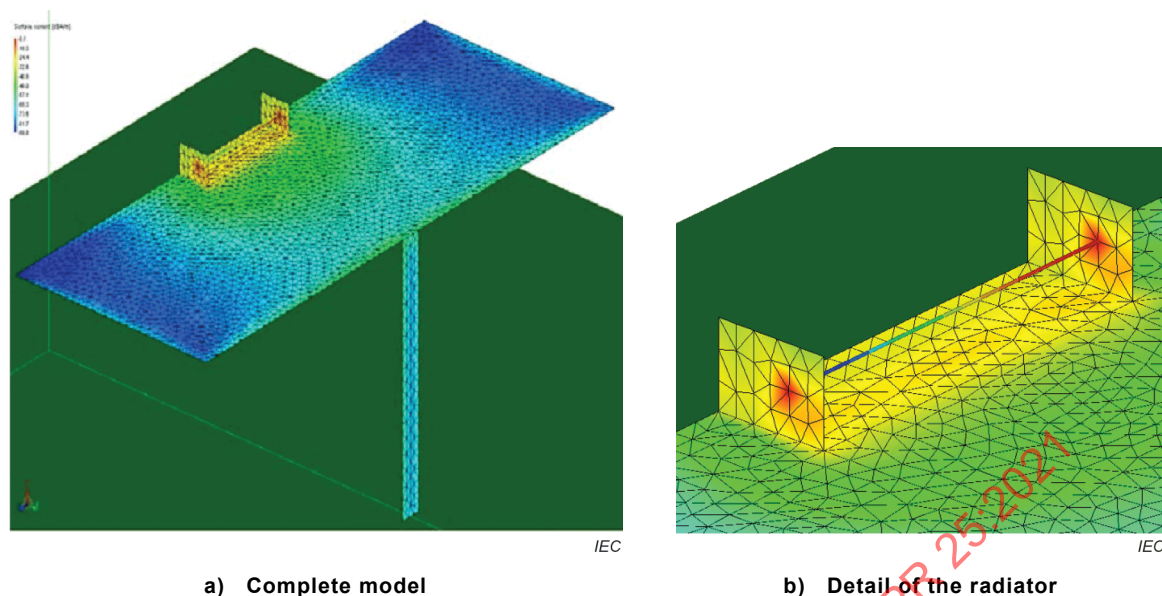


Figure I.8 – MoM-Model for the frequency range 30 MHz to 200 MHz

I.2.3.4 Reference data

Table I.1 shows the reference data. It already includes the 10 dB attenuator.

Table I.1 – Reference data to be used for chamber validation

Range a 150 kHz to 30 MHz		Range b 30 MHz to 200 MHz		Range c 200 MHz to 1 000 MHz	
Frequency in MHz	$E_{eq,max,ref}$ in dB(μV/m)	Frequency in MHz	$E_{eq,max,ref}$ in dB(μV/m)	Frequency in MHz	$E_{eq,max,ref}$ in dB(μV/m)
0,15	61,14	30	71,24	200	87,9
0,35	61,14	31	71,39	205	88,58
0,55	61,14	32	71,51	210	89,59
0,75	61,14	33	71,62	215	90,61
0,95	61,14	34	71,71	220	91,47
1,15	61,14	35	71,81	225	92,24
1,35	61,14	36	71,92	230	93,05
1,55	61,14	37	72,09	235	93,96
1,75	61,13	38	72,36	240	94,94
1,95	61,13	39	72,84	245	95,9
2,15	61,13	40	73,61	250	96,81
2,35	61,13	41	74,76	255	97,66
2,55	61,12	42	76,28	260	98,46
2,75	61,12	43	78,03	265	99,22
2,95	61,12	44	79,76	270	99,92
3,15	61,11	45	81,16	275	100,53
3,35	61,11	46	82,04	280	101,03
3,55	61,11	47	82,43	285	101,4
3,75	61,10	48	82,48	290	101,65

Range a 150 kHz to 30 MHz		Range b 30 MHz to 200 MHz		Range c 200 MHz to 1 000 MHz	
Frequency in MHz	$E_{eq,max,ref}$ in dB(µV/m)	Frequency in MHz	$E_{eq,max,ref}$ in dB(µV/m)	Frequency in MHz	$E_{eq,max,ref}$ in dB(µV/m)
3,95	61,10	49	82,37	295	101,76
4,15	61,09	50	82,2	300	101,74
4,35	61,09	51	82,03	305	101,59
4,55	61,08	52	81,87	310	101,34
4,75	61,08	53	81,75	315	100,99
4,95	61,07	54	81,65	320	100,55
5,15	61,07	55	81,57	325	100,05
5,35	61,06	56	81,52	330	99,62
5,55	61,05	57	81,48	335	99,38
5,75	61,05	58	81,47	340	99,17
5,95	61,04	59	81,46	345	98,93
6,15	61,03	60	81,47	350	98,61
6,35	61,02	61	81,49	355	98,14
6,55	61,02	62	81,52	360	97,67
6,75	61,01	63	81,55	365	97,48
6,95	61,00	64	81,59	370	97,49
7,15	60,99	65	81,63	375	97,58
7,35	60,98	66	81,68	380	97,68
7,55	60,98	67	81,73	385	97,73
7,75	60,97	68	81,79	390	97,74
7,95	60,96	69	81,85	395	97,74
8,15	60,95	70	81,91	400	97,78
8,35	60,94	71	81,97	405	97,86
8,55	60,93	72	82,03	410	97,96
8,75	60,92	73	82,1	415	98,07
8,95	60,91	74	82,17	420	98,19
9,15	60,90	75	82,24	425	98,33
9,35	60,89	76	82,31	430	98,48
9,55	60,88	77	82,38	435	98,64
9,75	60,86	78	82,45	440	98,8
9,95	60,85	79	82,53	445	98,95
10,15	60,84	80	82,61	450	99,06
10,35	60,83	81	82,69	455	99,11
10,55	60,82	82	82,77	460	99,09
10,75	60,81	83	82,85	465	98,99
10,95	60,79	84	82,94	470	98,86
11,15	60,78	85	83,03	475	98,72
11,35	60,77	86	83,12	480	98,59
11,55	60,76	87	83,22	485	98,49
11,75	60,74	88	83,32	490	98,38
11,95	60,73	89	83,42	495	98,25

Range a 150 kHz to 30 MHz		Range b 30 MHz to 200 MHz		Range c 200 MHz to 1 000 MHz	
Frequency in MHz	$E_{eq,max,ref}$ in dB(µV/m)	Frequency in MHz	$E_{eq,max,ref}$ in dB(µV/m)	Frequency in MHz	$E_{eq,max,ref}$ in dB(µV/m)
12,15	60,72	90	83,53	500	98,12
12,35	60,70	91	83,64	505	97,97
12,55	60,69	92	83,75	510	97,74
12,75	60,67	93	83,87	515	97,54
12,95	60,66	94	83,99	520	97,55
13,15	60,65	95	84,11	525	97,43
13,35	60,63	96	84,23	530	97,24
13,55	60,62	97	84,35	535	97,15
13,75	60,60	98	84,47	540	97,22
13,95	60,59	99	84,59	545	97,36
14,15	60,57	100	84,71	550	97,33
14,35	60,56	101	84,83	555	96,96
14,55	60,54	102	84,94	560	96,3
14,75	60,52	103	85,05	565	95,59
14,95	60,51	104	85,15	570	94,92
15,15	60,49	105	85,25	575	94,26
15,35	60,48	106	85,35	580	93,6
15,55	60,46	107	85,43	585	92,94
15,75	60,44	108	85,52	590	92,33
15,95	60,43	109	85,59	595	91,8
16,15	60,41	110	85,67	600	91,34
16,35	60,39	111	85,73	605	90,95
16,55	60,38	112	85,79	610	91,06
16,75	60,36	113	85,85	615	91,81
16,95	60,34	114	85,9	620	92,51
17,15	60,33	115	85,95	625	93,15
17,35	60,31	116	85,99	630	93,7
17,55	60,29	117	86,03	635	94,15
17,75	60,28	118	86,06	640	94,5
17,95	60,26	119	86,09	645	94,74
18,15	60,24	120	86,12	650	94,88
18,35	60,22	121	86,15	655	94,92
18,55	60,21	122	86,17	660	94,88
18,75	60,19	123	86,18	665	94,76
18,95	60,17	124	86,2	670	94,51
19,15	60,15	125	86,21	675	94,08
19,35	60,14	126	86,22	680	94,55
19,55	60,12	127	86,22	685	95,18
19,75	60,10	128	86,22	690	95,8
19,95	60,08	129	86,22	695	96,14
20,15	60,07	130	86,22	700	95,98

Range a 150 kHz to 30 MHz		Range b 30 MHz to 200 MHz		Range c 200 MHz to 1 000 MHz	
Frequency	$E_{eq,max,ref}$	Frequency	$E_{eq,max,ref}$	Frequency	$E_{eq,max,ref}$
in MHz	in dB(µV/m)	in MHz	in dB(µV/m)	in MHz	in dB(µV/m)
20,35	60,05	131	86,21	705	95,85
20,55	60,03	132	86,2	710	95,83
20,75	60,02	133	86,18	715	95,69
20,95	60,00	134	86,16	720	95,28
21,15	59,98	135	86,14	725	94,8
21,35	59,96	136	86,12	730	94,65
21,55	59,95	137	86,09	735	94,71
21,75	59,93	138	86,06	740	94,86
21,95	59,91	139	86,03	745	95,23
22,15	59,90	140	85,99	750	95,8
22,35	59,88	141	85,95	755	96,4
22,55	59,87	142	85,9	760	96,89
22,75	59,85	143	85,85	765	97,24
22,95	59,83	144	85,8	770	97,47
23,15	59,82	145	85,75	775	97,61
23,35	59,80	146	85,69	780	97,7
23,55	59,79	147	85,63	785	97,73
23,75	59,77	148	85,56	790	97,71
23,95	59,76	149	85,49	795	97,63
24,15	59,74	150	85,41	800	97,49
24,35	59,73	151	85,33	805	97,3
24,55	59,72	152	85,24	810	97,08
24,75	59,70	153	85,14	815	96,84
24,95	59,69	154	85,04	820	96,61
25,15	59,68	155	84,93	825	96,39
25,35	59,67	156	84,82	830	96,19
25,55	59,66	157	84,69	835	96
25,75	59,65	158	84,55	840	95,86
25,95	59,63	159	84,41	845	95,56
26,15	59,62	160	84,25	850	96,51
26,35	59,62	161	84,07	855	97,5
26,55	59,61	162	83,88	860	98,42
26,75	59,60	163	83,68	865	99,23
26,95	59,59	164	83,45	870	99,9
27,15	59,58	165	83,21	875	100,51
27,35	59,58	166	83,02	880	101,09
27,55	59,57	167	83,28	885	101,61
27,75	59,56	168	83,54	890	102,09
27,95	59,56	169	83,8	895	102,54
28,15	59,56	170	84,05	900	102,95
28,35	59,55	171	84,29	905	103,31

Range a 150 kHz to 30 MHz		Range b 30 MHz to 200 MHz		Range c 200 MHz to 1 000 MHz	
Frequency in MHz	$E_{eq,max,ref}$ in dB(µV/m)	Frequency in MHz	$E_{eq,max,ref}$ in dB(µV/m)	Frequency in MHz	$E_{eq,max,ref}$ in dB(µV/m)
28,55	59,55	172	84,53	910	103,6
28,75	59,55	173	84,77	915	103,84
28,95	59,55	174	85	920	104,03
29,15	59,55	175	85,22	925	104,18
29,35	59,55	176	85,44	930	104,26
29,55	59,55	177	85,65	935	104,28
29,75	59,55	178	85,86	940	104,24
29,95	59,55	179	86,06	945	104,14
		180	86,26	950	104
		181	86,44	955	103,84
		182	86,62	960	103,68
		183	86,78	965	103,53
		184	86,94	970	103,39
		185	87,07	975	103,27
		186	87,2	980	103,17
		187	87,31	985	103,08
		188	87,4	990	102,98
		189	87,48	995	102,86
		190	87,54	1 000	102,69
		191	87,6		
		192	87,64		
		193	87,67		
		194	87,69		
		195	87,72		
		196	87,74		
		197	87,77		
		198	87,81		
		199	87,87		
Total number of points $n = 481$					

I.2.3.5 Deviation of the ALSE measurement from the reference data

The deviation of the measurement data obtained in I.2.3.2 from the reference values given in Table I.1 is calculated for each frequency.

$$\Delta = E_{eq,max} - E_{eq,max,ref} \quad \Delta \text{ in dB} \quad (I.3)$$

where

$E_{eq,max}$ is the maximum field measured at a particular frequency (maximum of both horizontal and vertical antenna polarizations where applicable, see I.2.3.2);

$E_{\text{eq,max,ref}}$ is the modelled reference field as shown in Table I.1 at the same frequency as $E_{\text{eq,max,ref}}$.

I.2.4 Requirements

Taken into account the number k of data points where the deviation Δ (see I.2.3.5) is within the interval $[-6 \text{ dB}; +6\text{dB}]$ the share of data points is calculated by:

$$\eta = \frac{k}{n} \times 100 \% \quad \eta \text{ in } \% \quad (\text{I.4})$$

with

- k number of data points for which the deviation Δ is within the interval $[-6 \text{ dB}; +6 \text{ dB}]$;
- n total number of data points investigated (for the whole set: $n = 481$)

The ALSE and its installation (physical layout, reference ground plane size, reference ground plane grounding, RF absorber, etc.) is compliant with the requirements of this validation method if

$$\eta \geq 90 \% \quad (\text{I.5})$$

This compliance can be included in a statement in the test report.

Note that only those frequency ranges (Table I.1) shall be considered, for which the ALSE is to be used, in which case n in Equation (I.4) is replaced by the total number of points for the reduced frequency range.

The difference between the reference and ALSE measurements will not be used

- as a correction factor for emissions measurements of an EUT, or
- to produce an antenna factor for the receiving antenna.

Annex J (informative)

Measurement instrumentation uncertainty – measurement of emissions received by an antenna on the same vehicle

J.1 General

The purpose of this annex is to provide guidance on the evaluation of the measurement instrumentation uncertainty for the measurement of emissions received by an antenna on the same vehicle as described in Clause 5.

The relevant input quantities are listed and estimations for the calculation of the uncertainty budget are made.

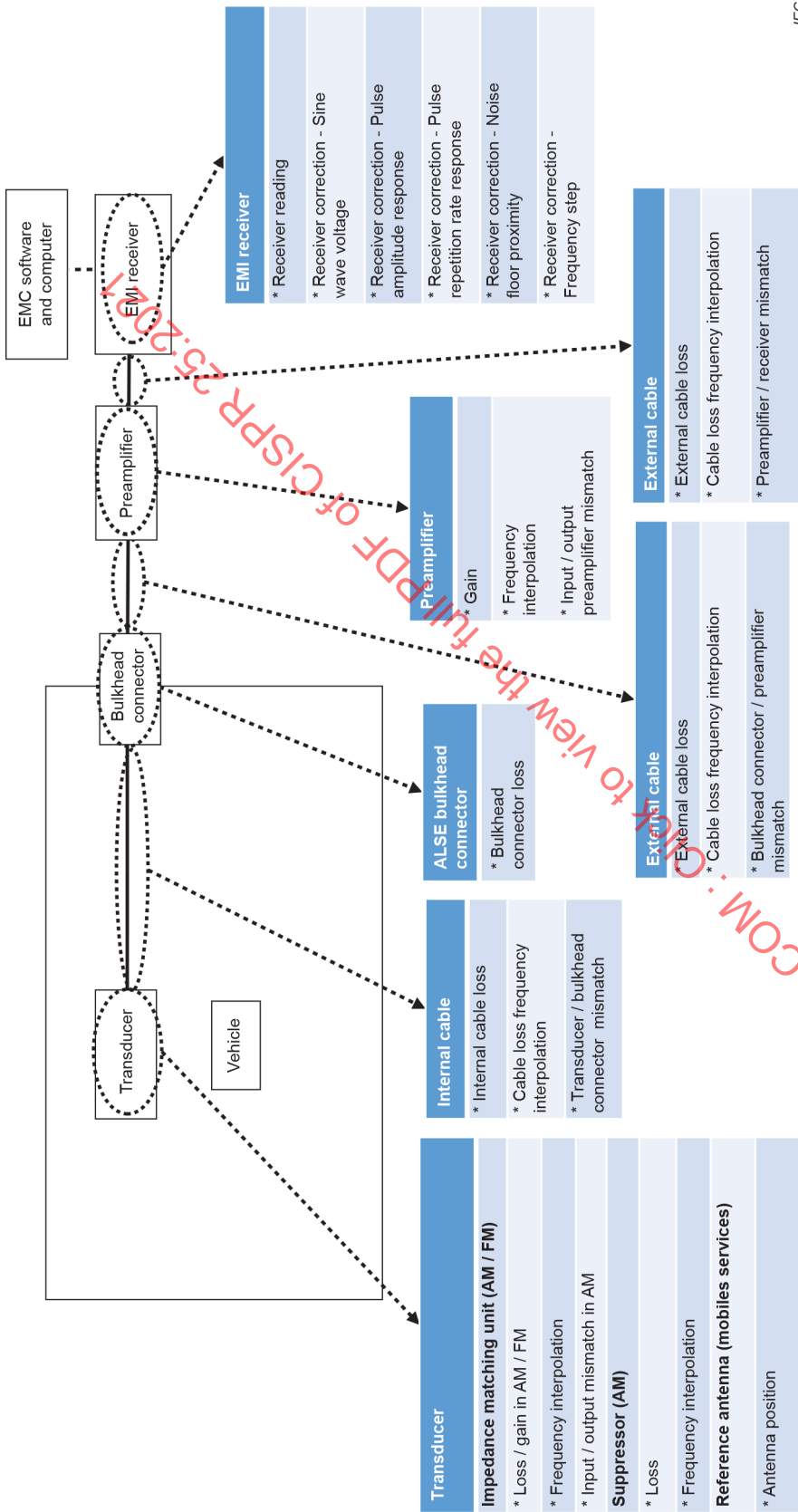
The estimation of the overall uncertainty for CISPR 25 measurements should consider input quantities due to measurement method, measurement instrumentation, operators, EUT and environment.

This annex only considers the measurement instrumentation for uncertainty evaluation. Some other input quantities are not taken into consideration such as:

- Site imperfection because site validation is under study.

J.2 Uncertainty sources

The various uncertainty sources are presented in Figure J.1 and are mainly based on CISPR 16-4-2.



J.3 Measurand

V Maximum voltage, in dB(μV), measured at the vehicle antenna terminal.

J.4 Input quantities to be considered

J.4.1 General

The various quantities to be considered for radiated disturbance measurements are listed in Table J.1 with a description of:

- the used symbol,
- the probability distribution function,
- rationale for the estimation of the input quantity.

J.4.2 AM band with OEM passive vehicle antenna (high impedance)

The measurand V is calculated using:

$$\begin{aligned} V = & V_R + (\delta V_{SW} + \delta V_{PA} + \delta V_{PR} + \delta V_{NF} + \delta F_{STP}) + L_{prC} + \delta L_{prCFI} + M_{prRE} + \\ & GA_{pr} + \delta GA_{prFI} + M_{pr} + L_{EXC} + \delta L_{EXCFI} + M_{BKpr} + L_{BK} + L_{INC} + \delta L_{INCFI} + \\ & M_{BKsup} + L_{sup} + \delta L_{supFI} + M_{supAD} + GA_{AD} + \delta GA_{ADFI} + M_{AD} \end{aligned} \quad (J.1)$$

J.4.3 AM band with OEM active vehicle antenna (“matched 50 Ω” impedance)

The measurand V is calculated using:

$$\begin{aligned} V = & V_R + (\delta V_{SW} + \delta V_{PA} + \delta V_{PR} + \delta V_{NF} + \delta F_{STP}) + L_{prC} + \delta L_{prCFI} + M_{prRE} + \\ & GA_{pr} + \delta GA_{prFI} + M_{pr} + L_{EXC} + \delta L_{EXCFI} + M_{BKpr} + L_{BK} + L_{INC} + \delta L_{INCFI} + \\ & M_{BKsup} + L_{sup} + \delta L_{supFI} \end{aligned} \quad (J.2)$$

J.4.4 Others bands (e.g FM, DAB III, ...) with OEM active vehicle antenna (“matched 50 Ω” impedance)

The measurand V is calculated using:

$$\begin{aligned} V = & V_R + (\delta V_{SW} + \delta V_{PA} + \delta V_{PR} + \delta V_{NF} + \delta F_{STP}) + L_{prC} + \delta L_{prCFI} + M_{prRE} + \\ & GA_{pr} + \delta GA_{prFI} + M_{pr} + L_{EXC} + \delta L_{EXCFI} + M_{BKpr} + L_{BK} + L_{INC} + \delta L_{INCFI} \end{aligned} \quad (J.3)$$

J.4.5 Others bands with reference antenna

The measurand V is calculated using:

$$V = V_R + (\delta V_{SW} + \delta V_{PA} + \delta V_{PR} + \delta V_{NF} + \delta F_{STP}) + L_{prC} + \delta L_{prCFI} + M_{prRE} + GA_{pr} + \delta GA_{prFI} + M_{pr} + L_{EXC} + \delta L_{EXCFI} + M_{BKpr} + L_{BK} + L_{INC} + \delta L_{INCFI} + M_{BKrefA} + POS_{refA} \quad (J.4)$$

Table J.1 – Input quantities to be considered for voltage at antenna terminal measurements

Quantity	Symbol	Probability distribution function	Rationale for the estimates
Parameters common to all frequency band			
Receiver reading	V_R	normal ($k = 1$)	Receiver readings will vary for reasons that include measuring system instability and meter scale interpolation errors. The estimate is the mean of many readings (sample size larger than 10) of a stable signal, with a standard uncertainty given by the experimental standard deviation of the mean ($k = 1$). ⁽¹⁾
Receiver corrections - Sine wave voltage	δV_{SW}	normal ($k = 2$)	An estimate of the correction for receiver sine-wave voltage accuracy is assumed to be available from a calibration report, along with an expanded uncertainty and a coverage factor. ⁽¹⁾
Receiver correction – Pulse amplitude response	δV_{PA}	Rectangular	A verification report stating that the receiver pulse amplitude response complies with the CISPR 16-1-1 tolerance of $\pm 1,5$ dB-for peak, quasi-peak or average detection is assumed to be available. The correction δV_{pa} is estimated to be zero with a rectangular probability distribution having a half-width of 1,5 dB. ⁽¹⁾
Receiver correction – Pulse repetition rate response	δV_{PR}	Rectangular	The CISPR 16-1-1 tolerance for pulse repetition rate response varies with repetition rate and detector type. A verification report stating that the receiver pulse repetition rate responses comply with the CISPR 16-1-1 tolerances is assumed to be available. The correction δV_{pr} is estimated to be zero with a rectangular probability distribution having a half-width of 1,5 dB, a value considered to be representative of the various CISPR 16-1-1 tolerances. ⁽¹⁾
Receiver correction – Noise floor proximity	δV_{NF}	Rectangular	For radiated disturbance measurement below 1 GHz, the deviation is estimated to be between zero and +1,1 dB. The correction is estimated to be zero as if the deviation would be symmetric around the value to be measured with a rectangular probability distribution having a half-width of 1,1 dB. Any correction for the effect of the noise floor would depend on the signal type (e.g. impulsive or unmodulated) and the signal to noise ratio and would change the noise level indication. ⁽¹⁾
Receiver correction – Frequency step	δF_{STP}	Rectangular	This correction concerns the error which depends on the frequency step size used on the measuring receiver as a function of the used measurement bandwidth. This correction can be evaluated experimentally with a frequency generator and the receiver used for the actual measurements by means of adjusting the receiver's tuning frequency with a variation of + half and – half the step size and noting the amplitude change on the receiver (see Clause K.3)

Quantity	Symbol	Probability distribution function	Rationale for the estimates
Preamplifier cable(s) loss(es)	L_{prC}	Normal ($k=2$)	The cable(s) loss(es) values with associated expanded uncertainty and coverage factor are normally available from calibration reports. Cable(s) loss(es) values are usually included in the measurement software to make the corrections in the measurement; therefore, only the uncertainty value should be kept for the measurement system uncertainty evaluation.
Preamplifier cable(s) loss(es) frequency interpolation	δL_{prCFI}	Rectangular	This parameter concerns the frequency interpolation used by the measurement software to evaluate cable(s) loss(es) between the frequencies for which cable(s) loss(es) values are available. If cable loss is measured for an important number of frequency points and if the data do not show any significant rough variation between two consecutive frequencies, the uncertainty can be considered to be equal to the maximum half amplitude variation between two consecutive cable loss measurement data.
Preamplifier / receiver mismatch	M_{prRE}	U-shaped	This parameter concerns the impedance mismatch between the preamplifier and the measuring receiver input Mismatch uncertainty can be evaluated through theoretical formula and measurements data (see CISPR 16-4-2:2011, CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014 and CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018, Clause A.2 note A7) using the simplified formula. $\delta M_{+} = 20 \times \lg(1 + \Gamma_O \Gamma_I \times S_{21}^2)$ $\delta M_{-} = 20 \times \lg(1 - \Gamma_O \Gamma_I \times S_{21}^2)$
Pre-amplifier gain	GA_{pr}	Normal ($k=2$)	The pre-amplifier gain values with associated expanded uncertainty and coverage factor are normally available from calibration reports. Pre-amplifier gain values are usually included in the measurement software to make the corrections in the measurement; therefore, only the uncertainty value should be kept for the measurement system uncertainty evaluation.
Pre-amplifier gain frequency interpolation	δGA_{prFI}	Rectangular	This parameter concerns the frequency interpolation used by the measurement software to evaluate pre-amplifier gain between the frequencies for which pre-amplifier gain values are available. If pre-amplifier gain is measured for an important number of frequency points and if the data do not show any significant rough variation between two consecutive frequencies, the uncertainty can be considered to be equal to the maximum half amplitude variation between two consecutive pre-amplifier gain measurement data.
Input / output pre-amplifier mismatch	M_{pr}	U-shaped	This parameter concerns the impedance mismatch between the preamplifier input and output Mismatch uncertainty can be evaluated through theoretical formula and measurements data (see CISPR 16-4-2:2011, CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014 and CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018, Clause A.2 note A7) using the full formula (Equations (A.3) and (A.4)).
External cable(s) loss(es)	L_{EXC}	Normal ($k=2$)	The cable(s) loss(es) values with associated expanded uncertainty and coverage factor are normally available from calibration reports. Cable(s) loss(es) values are usually included in the measurement software to make the corrections in the measurement; therefore, only the uncertainty value should be kept for the measurement system uncertainty evaluation.

Quantity	Symbol	Probability distribution function	Rationale for the estimates
External cable(s) loss(es) frequency interpolation	δL_{EXCFI}	Rectangular	This parameter concerns the frequency interpolation used by the measurement software to evaluate cable(s) loss(es) between the frequencies for which cable(s) loss(es) values are available. If cable loss is measured for an important number of frequency points and if the data do not show any significant rough variation between two consecutive frequencies, the uncertainty can be considered to be equal to the maximum half amplitude variation between two consecutive cable loss measurement data.
Bulkhead connector / preamplifier input mismatch	M_{BKpr}	U-shaped	This parameter concerns the impedance mismatch between the bulkhead connector and the pre-amplifier input. Mismatch uncertainty can be evaluated through theoretical formula and measurements data (see CISPR 16-4-2:2011, CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014 and CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018, Clause A.2, note A7) using the simplified formula. $\delta M_+ = 20 \times \lg(1 + \Gamma_0 \Gamma_1 \times S_{21}^2)$ $\delta M_- = 20 \times \lg(1 - \Gamma_0 \Gamma_1 \times S_{21}^2)$
Internal cable(s) loss(es)	L_{INC}	Normal ($k=2$)	The cable(s) loss(es) values with associated expanded uncertainty and coverage factor are normally available from calibration reports. Cable(s) loss(es) values are usually included in the measurement software to make the corrections in the measurement; therefore, only the uncertainty value should be kept for the measurement system uncertainty evaluation.
Internal cable(s) loss(es) frequency interpolation	δL_{INCFI}	Rectangular	This parameter concerns the frequency interpolation used by the measurement software to evaluate cable(s) loss(es) between the frequencies for which cable(s) loss(es) values are available. If cable loss is measured for an important number of frequency points and if the data do not show any significant rough variation between two consecutive frequencies, the uncertainty can be considered to be equal to the maximum half amplitude variation between two consecutive cable loss measurement data.
Parameters specific for AM band with OEM passive vehicle antenna (high impedance)			
Bulkhead / suppressor mismatch	M_{BKsup}	U-shaped	Mismatch uncertainty can be evaluated through theoretical formula and measurements data (see CISPR 16-4-2:2011, CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014 and CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018, Clause A.2, note A7) using the simplified formula. $\delta M_+ = 20 \times \lg(1 + \Gamma_0 \Gamma_1 \times S_{21}^2)$ $\delta M_- = 20 \times \lg(1 - \Gamma_0 \Gamma_1 \times S_{21}^2)$
Suppressor loss(es)	L_{sup}	Normal ($k = 2$)	The suppressor loss(es) values with associated expanded uncertainty and coverage factor are normally available from calibration reports. Suppressor loss(es) values are usually included in the measurement software to make the corrections in the measurement; therefore, only the uncertainty value should be kept for the measurement system uncertainty evaluation.

Quantity	Symbol	Probability distribution function	Rationale for the estimates
Suppressor frequency interpolation	δL_{supFI}	Rectangular	This parameter concerns the frequency interpolation used by the measurement software to evaluate suppressor loss(es) between the frequencies for which suppressor loss(es) values are available. If cable loss is measured for an important number of frequency points and if the data do not show any significant rough variation between two consecutive frequencies, the uncertainty can be considered to be equal to the maximum half amplitude variation between two consecutive cable loss measurement data.
Suppressor / AM impedance adaptor mismatch	M_{supAD}	U-shaped	Mismatch uncertainty can be evaluated through theoretical formula and measurements data (see CISPR 16-4-2:2011, CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014 and CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018, Clause A.2 note A7) using the simplified formula. $\delta M_{+} = 20 \times \lg(1 + \Gamma_0 \Gamma_1 \times S_{21}^2)$ $\delta M_{-} = 20 \times \lg(1 - \Gamma_0 \Gamma_1 \times S_{21}^2)$
AM impedance adaptor gain	GA_{AD}	Normal ($k = 2$)	The AM impedance adaptor gain values with associated expanded uncertainty and coverage factor are normally available from calibration reports. AM impedance adaptor gain values are usually included in the measurement software to make the corrections in the measurement; therefore, only the uncertainty value should be kept for the measurement system uncertainty evaluation.
AM impedance adaptor gain frequency interpolation	δGA_{ADFI}	Rectangular	This parameter concerns the frequency interpolation used by the measurement software to evaluate pre-amplifier gain between the frequencies for which pre-amplifier gain values are available. If AM impedance adaptor gain is measured for an important number of frequency points and if the data do not show any significant rough variation between two consecutive frequencies, the uncertainty can be considered to be equal to the maximum half amplitude variation between two consecutive AM impedance adaptor gain measurement data.
input / output AM impedance adaptor mismatch	M_{AD}	U-shaped	This parameter concerns the impedance mismatch between the AM impedance adaptor input and output Mismatch uncertainty can be evaluated through theoretical formula and measurements data (see CISPR 16-4-2:2011, CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014 and CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018, Clause A.2 note A7) using the full formula (Equations (A.3) and (A.4)).
Parameters specific for AM band with OEM active vehicle antenna ("matched 50 Ω " impedance)			
Bulkhead / suppressor mismatch	M_{BKsup}	U-shaped	Mismatch uncertainty can be evaluated through theoretical formula and measurements data (see CISPR 16-4-2:2011, CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014 and CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018, Clause A.2 note A7) using the simplified formula. $\delta M_{+} = 20 \times \lg(1 + \Gamma_0 \Gamma_1 \times S_{21}^2)$ $\delta M_{-} = 20 \times \lg(1 - \Gamma_0 \Gamma_1 \times S_{21}^2)$

Quantity	Symbol	Probability distribution function	Rationale for the estimates
Suppressor loss(es)	L_{sup}	Normal ($k = 2$)	The suppressor loss(es) values with associated expanded uncertainty and coverage factor are normally available from calibration reports. Suppressor loss(es) values are usually included in the measurement software to make the corrections in the measurement; therefore, only the uncertainty value should be kept for the measurement system uncertainty evaluation.
Suppressor frequency interpolation	δL_{supFI}	Rectangular	This parameter concerns the frequency interpolation used by the measurement software to evaluate suppressor loss(es) between the frequencies for which suppressor loss(es) values are available. If cable loss is measured for an important number of frequency points and if the data do not show any significant rough variation between two consecutive frequencies, the uncertainty can be considered to be equal to the maximum half amplitude variation between two consecutive cable loss measurement data.
Parameters specific for others bands (e.g. FM, DAB III, ...) with OEM active vehicle antenna ("matched 50 Ω " impedance)			
No additional specific parameters			
Parameters specific for others bands with reference antenna			
Bulkhead / reference antenna mismatch	M_{BKrefA}	U-shaped	Mismatch uncertainty can be evaluated through theoretical formula and measurements data (see CISPR 16-4-2:2011, CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014 and CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018, Clause A.2, note A7) using the simplified formula: $\delta M_{+} = 20 \times \lg(1 + \Gamma_0 \Gamma_1 \times S_{21}^2)$ $\delta M_{-} = 20 \times \lg(1 - \Gamma_0 \Gamma_1 \times S_{21}^2)$
Reference antenna position	POS_{refA}	Rectangular	This parameter is based on an estimation of the maximum antenna position error with hypothesis that voltage the voltage level is inversely proportional to distance (and considering a null correction): $(E_{d+\Delta d} - E_d)_{\text{dB}} = 20 \times \lg\left(\frac{d + \Delta d}{d}\right)$ and $(E_d - E_{d-\Delta d})_{\text{dB}} = 20 \times \lg\left(\frac{d}{d - \Delta d}\right)$ With d : minimum distance between vehicle equipment and reference antenna and Δd : maximum position error.
(1): based on CISPR 16-4-2			

Annex K (informative)

Uncertainty budgets for measurement of emissions received by an antenna on the same vehicle

K.1 General

This annex gives typical uncertainty budgets for the measurement instrumentation uncertainty for the measurement of emissions received by an antenna on the same vehicle as described in 5.

K.2 Typical CISPR 25 uncertainty budgets

The budgets are presented:

- in Table K.1 for voltage at antenna terminal – AM band with OEM passive vehicle antenna (high impedance) or OEM active vehicle antenna (“matched 50 Ω ” impedance)
- in Table K.2 for voltage at antenna terminal – Others bands with OEM active vehicle antenna (“matched 50 Ω impedance)
- in Table K.3 for voltage at antenna terminal – Others bands with reference antenna

Uncertainty related to site imperfections (ALSE) are not considered in these budgets.

**Table K.1 – Typical uncertainty budget – Voltage at antenna terminal –
AM band with OEM passive vehicle antenna (high impedance)**

Voltage at antenna terminal – AM band with OEM passive vehicle antenna (high impedance) or OEM active vehicle antenna (“matched 50 Ω” impedance)					
Quantity x_i	Symbol	Uncertainty of x_i		$c_i u(x_i)$	Comment
		dB	Probability distribution function		
Uncertainty common for AM band with OEM passive vehicle antenna (high impedance) or OEM active vehicle antenna (“matched 50 Ω” impedance)					
Receiver reading	V_R	$\pm 0,1$ ⁽¹⁾	$k = 1$	0,1	
Receiver corrections – Sine wave voltage	δV_{SW}	± 1 ⁽¹⁾	$k = 2$	0,5	
Receiver correction – Pulse amplitude response	δV_{PA}	$\pm 1,5$ ⁽¹⁾	Rectangular	0,87	
Receiver correction – Pulse repetition rate response	δV_{PR}	$\pm 1,5$ ⁽¹⁾	Rectangular	0,87	
Receiver correction – Noise floor proximity	δV_{NF}	$\pm 0,0$	Rectangular	0,00	See note ⁽²⁾
Receiver correction – Frequency step	δF_{STP}	+0 / -1,9	Rectangular	0,55	See K.3 (for 9 kHz RBW)
Preamplifier cable(s) loss(es)	L_{prC}	$\pm 0,5$	$k = 2$	0,25	See note ⁽³⁾
Preamplifier cable(s) loss(es) frequency interpolation	δL_{prCFI}	$\pm 0,25$	Rectangular	0,14	See note ⁽⁴⁾
Preamplifier / receiver mismatch	M_{prRE}	+0,92 / – 0,83	U-shaped	0,62	See note ⁽⁵⁾

Voltage at antenna terminal – AM band with OEM passive vehicle antenna (high impedance) or OEM active vehicle antenna (“matched 50 Ω” impedance)					
Quantity x_i	Symbol	Uncertainty of x_i		$c_i u(x_i)$	Comment
		dB	Probability distribution function		
Preamplifier gain	GA_{pr}	$\pm 0,5$	$k = 2$	0,25	See note ⁽³⁾
Preamplifier gain frequency interpolation	δGA_{prFI}	$\pm 0,25$	Rectangular	0,14	See note ⁽⁴⁾
Input / output preamplifier mismatch	M_{pr}	+1,48 / -1,78	U-shaped	1,15	See note ⁽⁶⁾
External cable(s) loss(es)	L_{EXC}	$\pm 0,5$	$k = 2$	0,25	See note ⁽³⁾
External cable(s) loss(es) frequency interpolation	δL_{EXCFI}	$\pm 0,25$	Rectangular	0,14	See note ⁽⁴⁾
Bulkhead connector / preamplifier input mismatch	M_{BKpr}	+0,54 / - 0,57	U-shaped	0,39	See note ⁽⁷⁾
Internal cable(s) loss(es)	L_{INC}	$\pm 0,5$	$k = 2$	0,25	See note ⁽³⁾
Internal cable(s) loss(es) frequency interpolation	δL_{INCFI}	$\pm 0,25$	Rectangular	0,14	See note ⁽⁴⁾
Bulkhead / suppressor mismatch	M_{BKsup}	+0,23 / - 0,22	U-shaped	0,16	See note ⁽⁸⁾
Suppressor loss	L_{sup}	$\pm 0,5$	$k = 2$	0,25	See note ⁽³⁾
External suppressor loss frequency interpolation	δL_{supFI}	$\pm 0,25$	Rectangular	0,14	See note ⁽⁴⁾
Uncertainty specific for AM band with OEM passive vehicle antenna (high impedance)					
Suppressor / AM impedance adaptor mismatch	M_{supAD}	+0,17 / - 0,17	U-shaped	0,12	See note ⁽⁹⁾
AM impedance adaptor Gain	GA_{AD}	$\pm 0,5$	$k = 2$	0,25	See note ⁽³⁾
AM impedance adaptor gain frequency interpolation	δGA_{ADFI}	$\pm 0,25$	Rectangular	0,14	See note ⁽⁴⁾
Input / output AM impedance adaptor mismatch	M_{AD}	+0,51 / - 0,54	U-shaped	0,37	See note ⁽¹⁰⁾
Expanded uncertainty ($U(E) = 2u_c(E)$) (in dB) for AM band with OEM passive vehicle antenna (high impedance)				4,29	
Expanded uncertainty ($U(E) = 2u_c(E)$) (in dB) for AM band with OEM active vehicle antenna (“matched 50 Ω” impedance)				4,18	

- (1): based on CISPR 16-4-2.
- (2): based on CISPR 16-4-2 (using values proposed for the frequency range below 30 MHz).
- (3): The $\pm 0,5$ dB value is valid if all measuring system cable(s), preamplifier, impedance adaptor and bulkhead connector losses are measured simultaneously. If cable(s) and bulkhead connector losses are measured separately the $\pm 0,5$ dB value shall be duplicated.
- (4): The $\pm 0,25$ dB value is valid if all measuring system cable(s), preamplifier, impedance adaptor and bulkhead connector frequency interpolation are evaluated simultaneously. If cable(s) and bulkhead connector frequency interpolation are evaluated separately the $\pm 0,25$ dB value shall be duplicated.
- (5): based on:
- preamplifier maximum reflection coefficient of 0,5;
 - receiver input maximum reflection coefficient of 0,2;
 - cable is assumed to have no loss ($|S_{21}| = 1$) and be perfectly matched ($|S_{11}| = |S_{22}| = 0$).
- (6): based on:
- preamplifier input maximum reflection coefficient of 0,32;
 - preamplifier output maximum reflection coefficient of 0,5;
 - preamplifier direct gain maximum $|S_{21}| = 32$ dB;
 - preamplifier revers gain maximum $|S_{12}| = -40$ dB.
- (7): based on:
- bulkhead connector maximum reflection coefficient of 0,2;
 - preamplifier input maximum reflection coefficient of 0,32;
 - cable is assumed to have no loss ($|S_{21}| = 1$) and be perfectly matched ($|S_{11}| = |S_{22}| = 0$).
- (8): based on:
- bulkhead connector maximum reflection coefficient of 0,2;
 - suppressor output maximum reflection coefficient of 0,13;
 - cable is assumed to have no loss ($|S_{21}| = 1$) and be perfectly matched ($|S_{11}| = |S_{22}| = 0$).
- (9): based on:
- impedance adaptor output maximum reflection coefficient of 0,15;
 - suppressor input maximum reflection coefficient of 0,13;
 - cable is assumed to have no loss ($|S_{21}| = 1$) and be perfectly matched ($|S_{11}| = |S_{22}| = 0$).
- (10): based on:
- impedance adaptor input maximum reflection coefficient of 0,15;
 - impedance adaptor output maximum reflection coefficient of 0,15;
 - impedance adaptor direct gain maximum $|S_{21}| = 13,5$ dB;
 - impedance adaptor revers gain maximum $|S_{12}| = -70$ dB.

Table K.2 – Typical uncertainty budget – Voltage at antenna terminal – AM band with OEM active vehicle antenna (“matched 50 Ω ” impedance)

Voltage at antenna terminal – Others bands with OEM active vehicle antenna (“matched 50 Ω” impedance)					
Quantity x_i	Symbol	Uncertainty of x_i		$c_i u(x_i)$	Comment
		dB	Probability distribution function		
Uncertainty common for other bands measurement with 9 kHz (e.g. CB, GNSS, ...), 120 kHz (e.g. FM, ...) or 1 MHz (e.g. DAB III, ...) bandwidth					
Receiver reading	V_R	$\pm 0,1^{(1)}$	$k = 1$	0,1	
Receiver corrections – Sine wave voltage	δV_{SW}	$\pm 1^{(1)}$	$k = 2$	0,5	
Receiver correction – Pulse amplitude response	δV_{PA}	$\pm 1,5^{(1)}$	Rectangular	0,87	
Receiver correction – Pulse repetition rate response	δV_{PR}	$\pm 1,5^{(1)}$	Rectangular	0,87	
Preamplifier cable(s) loss(es)	L_{prC}	$\pm 0,5$	$k = 2$	0,25	See note ⁽³⁾
Preamplifier cable(s) loss(es) frequency interpolation	δL_{prCFI}	$\pm 0,25$	Rectangular	0,14	See note ⁽⁴⁾
Preamplifier / receiver mismatch	M_{prRE}	+0,92 / – 0,83	U-shaped	0,62	See note ⁽⁵⁾
Preamplifier gain	G_{pr}	$\pm 0,5$	$k = 2$	0,25	See note ⁽³⁾
Preamplifier gain frequency interpolation	δG_{prFI}	$\pm 0,25$	Rectangular	0,14	See note ⁽⁴⁾
Input / output preamplifier mismatch	M_{pr}	+1,48 / -1,78	U-shaped	1,15	See note ⁽⁶⁾
External cable(s) loss(es)	L_{EXC}	$\pm 0,5$	$k = 2$	0,25	See note ⁽³⁾
External cable(s) loss(es) frequency interpolation	δL_{EXCFI}	$\pm 0,25$	Rectangular	0,14	See note ⁽⁴⁾
Bulkhead connector / preamplifier input mismatch	M_{BKpr}	+0,54 / – 0,57	U-shaped	0,39	See note ⁽⁷⁾
Internal cable(s) loss(es)	L_{INC}	$\pm 0,5$	$k = 2$	0,25	See note ⁽³⁾
Internal cable(s) loss(es) frequency interpolation	δL_{INCFI}	$\pm 0,25$	Rectangular	0,14	See note ⁽⁴⁾
Uncertainty specific for other bands measurement with 9 kHz bandwidth (e.g. CB, GNSS, ...)					
Receiver correction – Noise floor proximity	δV_{NF}	$\pm 0,0$	Rectangular	0,00	See note ⁽²⁾
Receiver correction – Frequency step	δF_{STP}	+0 / -1,9	Rectangular	0,55	See K.3 (for 9 kHz RBW)
Uncertainty specific for other bands measurement with 120 kHz bandwidth (e.g. FM, ...)					
Receiver correction – Noise floor proximity	δV_{NF}	+0,5 / 0	Rectangular	0,14	See note ⁽²⁾
Receiver correction – Frequency step	δF_{STP}	+0 / -1,3	Rectangular	0,38	See K.3 (for 120 kHz RBW)
Uncertainty specific for other bands measurement with 1 MHz bandwidth (e.g. DAB III, ...)					
Receiver correction – Noise floor proximity	δV_{NF}	+1,1/ 0	Rectangular	0,32	See note ⁽²⁾

Voltage at antenna terminal – Others bands with OEM active vehicle antenna (“matched 50 Ω” impedance)					
Quantity x_i	Symbol	Uncertainty of x_i		$c_i u(x_i)$	Comment
		dB	Probability distribution function		
Receiver correction – Frequency step	δF_{STP}	+0 / -1,53	Rectangular	0,44	See L.3 (for 1 MHz RBW)
Expanded uncertainty ($U(E) = 2u_c(E)$) (in dB) for other bands measurement with 9 kHz bandwidth (e.g. CB, GNSS, ...)				4,13	
Expanded uncertainty ($U(E) = 2u_c(E)$) (in dB) for other bands measurement with 120 kHz bandwidth (e.g. FM, ...)				4,06	
Expanded uncertainty ($U(E) = 2u_c(E)$) (in dB) for other bands measurement with 1 MHz bandwidth (e.g. DAB III, ...)				4,13	
(1): based on CISPR 16-4-2. (2): based on CISPR 16-4-2 (using values proposed for the various frequency ranges from 150 kHz to 6 GHz). (3): The $\pm 0,5$ dB value is valid if all measuring system cable(s), preamplifier, impedance adaptor and bulkhead connector losses are measured simultaneously. If cable(s) and bulkhead connector losses are measured separately the $\pm 0,5$ dB value shall be duplicated. (4): The $\pm 0,25$ dB value is valid if all measuring system cable(s), preamplifier, impedance adaptor and bulkhead connector frequency interpolation are evaluated simultaneously. If cable(s) and bulkhead connector frequency interpolation are evaluated separately the $\pm 0,25$ dB value shall be duplicated. (5): based on: – preamplifier maximum reflection coefficient of 0,5; – receiver input maximum reflection coefficient of 0,2; – cable is assumed to have no loss ($S_{21} = 1$) and be perfectly matched ($S_{11} = S_{22} = 0$). (6): based on: – preamplifier input maximum reflection coefficient of 0,32; – preamplifier output maximum reflection coefficient of 0,5; – preamplifier direct gain maximum, $S_{21} = 32$ dB; – preamplifier revers gain maximum $S_{12} = -40$ dB. (7): based on: – bulkhead connector maximum reflection coefficient of 0,2; – preamplifier input maximum reflection coefficient of 0,32; – cable is assumed to have no loss ($S_{21} = 1$) and be perfectly matched ($S_{11} = S_{22} = 0$).					

Table K.3 – Typical uncertainty budget – Voltage at antenna terminal – Others bands with reference antenna

Voltage at antenna terminal – Others bands with reference antenna					
Quantity x_i	Symbol	Uncertainty of x_i		$c_i u(x_i)$	Comment
		dB	Probability distribution function		
Uncertainty common for other bands with reference antenna and measurement with 9 kHz, 120 kHz or 1 MHz bandwidth					
Receiver reading	V_R	$\pm 0,1^{(1)}$	$k = 1$	0,1	
Receiver corrections – Sine wave voltage	δV_{SW}	$\pm 1^{(1)}$	$k = 2$	0,5	
Receiver correction – Pulse amplitude response	δV_{PA}	$\pm 1,5^{(1)}$	Rectangular	0,87	
Receiver correction – Pulse repetition rate response	δV_{PR}	$\pm 1,5^{(1)}$	Rectangular	0,87	
Preamplifier cable(s) loss(es)	L_{prC}	$\pm 0,5$	$k = 2$	0,25	See note ⁽³⁾
Preamplifier cable(s) loss(es) frequency interpolation	δL_{prCFI}	$\pm 0,25$	Rectangular	0,14	See note ⁽⁴⁾
Preamplifier / receiver mismatch	M_{prRE}	+0,92 / – 0,83	U-shaped	0,62	See note ⁽⁵⁾
Preamplifier gain	G_{pr}	$\pm 0,5$	$k = 2$	0,25	See note ⁽³⁾
Preamplifier gain frequency interpolation	δG_{prFI}	$\pm 0,25$	Rectangular	0,14	See note ⁽⁴⁾
Input / output preamplifier mismatch	M_{pr}	+1,48 / -1,78	U-shaped	1,15	See note ⁽⁶⁾
External cable(s) loss(es)	L_{EXC}	$\pm 0,5$	$k = 2$	0,25	See note ⁽³⁾
External cable(s) loss(es) frequency interpolation	δL_{EXCFI}	$\pm 0,25$	Rectangular	0,14	See note ⁽⁴⁾
Bulkhead connector / preamplifier input mismatch	M_{BKpr}	+0,54 / – 0,57	U-shaped	0,39	See note ⁽⁷⁾
Internal cable(s) loss(es)	L_{INC}	$\pm 0,5$	$k = 2$	0,25	See note ⁽³⁾
Internal cable(s) loss(es) frequency interpolation	δL_{INCFI}	$\pm 0,25$	Rectangular	0,14	See note ⁽⁴⁾
Bulkhead / reference antenna mismatch	M_{BKrefA}	+0,83 / – 0,92	U-shaped	0,62	See note ⁽⁸⁾
Reference antenna position	POS_{refA}	+1,94 / – 2,5	Rectangular	1,28	See note ⁽⁹⁾
Uncertainty specific for other bands with reference antenna and measurement with 9 kHz bandwidth					
Receiver correction – Noise floor proximity	δV_{NF}	$\pm 0,0$	Rectangular	0,00	See note ⁽²⁾
Receiver correction – Frequency step	δF_{STP}	+0 / -1,9	Rectangular	0,55	See K.3 (for 9 kHz RBW)
Uncertainty specific for other bands with reference antenna and measurement with 120 kHz bandwidth					
Receiver correction – Noise floor proximity	δV_{NF}	+0,5 / 0	Rectangular	0,14	See note ⁽²⁾

Voltage at antenna terminal – Others bands with reference antenna					
Quantity x_i	Symbol	Uncertainty of x_i		$c_i u(x_i)$	Comment
		dB	Probability distribution function		
Receiver correction – Frequency step	δF_{STP}	+0 / -1,3	Rectangular	0,38	See K.3 (for 120 kHz RBW)
Uncertainty specific for other bands with reference antenna and measurement with 1 MHz bandwidth					
Receiver correction – Noise floor proximity	δV_{NF}	+1,1/ 0	Rectangular	0,32	See note ⁽²⁾
Receiver correction – Frequency step	δF_{STP}	+0 / -1,53	Rectangular	0,44	See K.3 (for 1 MHz RBW)
Expanded uncertainty ($U(E) = 2u_c(E)$) (in dB) for other bands with reference antenna and measurement with 9 kHz bandwidth				5,01	
Expanded uncertainty ($U(E) = 2u_c(E)$) (in dB) for other bands with reference antenna and measurement with 120 kHz bandwidth				4,96	
Expanded uncertainty ($U(E) = 2u_c(E)$) (in dB) for other bands with reference antenna and measurement with 1 MHz bandwidth				5,01	
(1): based on CISPR 16-4-2. (2): based on CISPR 16-4-2 (using values proposed for the various frequency ranges from 150 kHz to 6 GHz). (3): The $\pm 0,5$ dB value is valid if all measuring system cable(s), preamplifier, impedance adaptor and bulkhead connector losses are measured simultaneously. If cable(s) and bulkhead connector losses are measured separately the $\pm 0,5$ dB value shall be duplicated. (4): The $\pm 0,25$ dB value is valid if all measuring system cable(s), preamplifier, impedance adaptor and bulkhead connector frequency interpolation are evaluated simultaneously. If cable(s) and bulkhead connector frequency interpolation are evaluated separately the $\pm 0,25$ dB value shall be duplicated. (5): based on: – preamplifier maximum reflection coefficient of 0,5; – receiver input maximum reflection coefficient of 0,2; – cable is assumed to have no loss ($S_{21} = 1$) and be perfectly matched ($S_{11} = S_{22} = 0$). (6): based on: – preamplifier input maximum reflection coefficient of 0,32; – preamplifier output maximum reflection coefficient of 0,5; – preamplifier direct gain maximum $S_{21} = 32$ dB; – preamplifier revers gain maximum $S_{12} = -40$ dB. (7): based on: – bulkhead connector maximum reflection coefficient of 0,2; – preamplifier input maximum reflection coefficient of 0,32; – cable is assumed to have no loss ($S_{21} = 1$) and be perfectly matched ($S_{11} = S_{22} = 0$). (8): based on: – bulkhead connector maximum reflection coefficient of 0,2; – reference antenna input maximum reflection coefficient of 0,5; – cable is assumed to have no loss ($S_{21} = 1$) and be perfectly matched ($S_{11} = S_{22} = 0$). (9): based on minimum distance between reference antenna and closest vehicle equipment of 0,2 m, a maximum distance error of $\pm 0,05$ m and field to distance proportionality.					

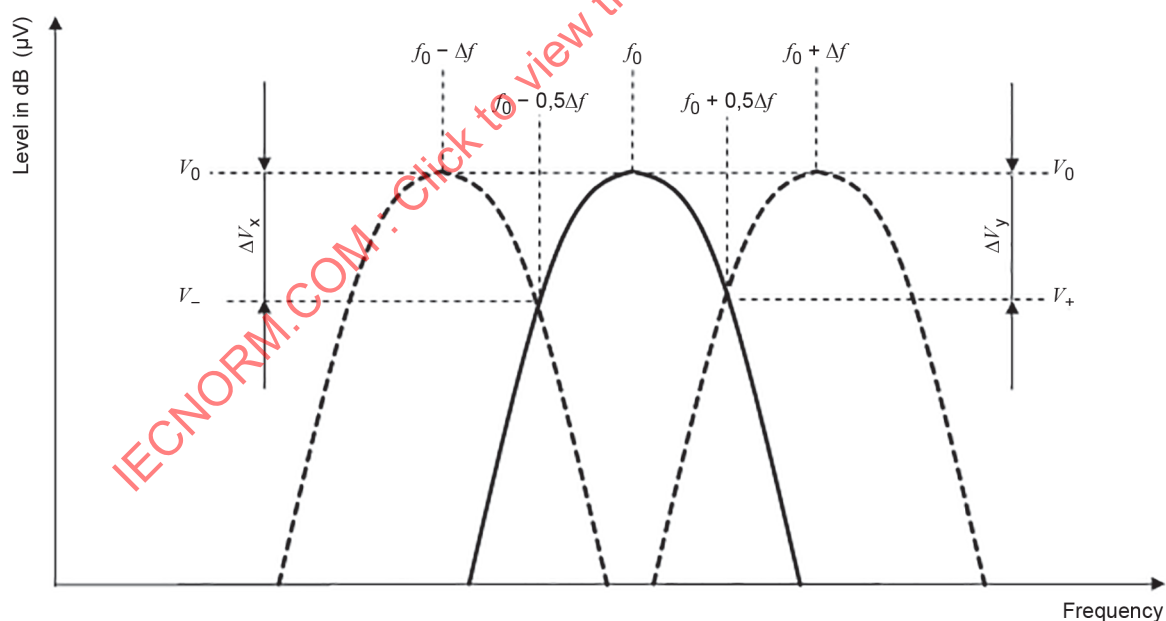
K.3 Receiver's frequency step

The uncertainty contribution due to the receiver's frequency step shall be evaluated as described in this subclause.

A signal generator shall be connected to the receiver's input and it shall be configured to generate a continuous wave signal at some frequency f_0 within 30 kHz to 1 000 MHz, for example at $f_0 = 10$ MHz for measurements with 9 kHz bandwidth, $f_0 = 100$ MHz for measurements with 120 kHz bandwidth, $f_0 = 200$ MHz for measurements with 1 MHz bandwidth. The level of the signal generator shall be at least 10 dB above the receiver's noise floor, but within the level range within which the receiver operates linearly (its input mixer is not saturated).

Tune the receiver on the signal generator's frequency and record the measured level, V_0 . Re-tune the receiver in turn at $f_0 \pm (\Delta f)/2$ and record the measured levels, V_- and V_+ , without changing anything on the signal generator (see Figure K.1); where Δf is the greatest value of the frequency step size used during measurements on vehicles, for example $\Delta f = 5$ kHz for measurements with 9 kHz bandwidth, 50 kHz for measurements with 120 kHz bandwidth and 500 kHz for measurements with 1 MHz bandwidth, which is the maximum step size allowed (see Table 2).

Calculate $\Delta V_x = V_0 - V_-$ and $\Delta V_y = V_0 - V_+$, in dB, with all measured levels expressed in logarithmic units (e.g. dB(μ V)); the result with the greatest absolute value is taken as the negative value of the receiver's frequency step uncertainty contributor, while the positive value of this contributor is 0 dB. A rectangular probability distribution is assumed.



IEC

Figure K.1 – Example of measurement for frequency step uncertainty evaluation

Annex L (informative)

Measurement instrumentation uncertainty – Emissions from components/modules – Test methods

L.1 General

The purpose of this annex is to provide guidance in the evaluation of the measurement instrumentation uncertainty for:

- the conducted emissions from components/modules – Voltage method
- the conducted emissions from components/modules – Current probe method
- the radiated emissions from components/modules – ALSE method

The relevant input quantities are listed and estimations for the calculation of the uncertainty budget are made.

The estimation of the overall uncertainty for CISPR 25 measurements should consider input quantities due to measurement method, measurement instrumentation, operators, EUT and environment.

This annex only considers the measurement instrumentation for uncertainty evaluation. Some other input quantities are not taken into consideration such as:

- Site imperfection because site validation is under study.

L.2 Uncertainty sources

The various uncertainty sources are mainly based on CISPR 16-4-2 and are presented:

- In Figure L.1 for conducted emissions from components/modules – Voltage method
- In Figure L.2 for conducted emissions from components/modules – Current probe method
- In Figure L.3 for radiated emissions from components/modules – ALSE method

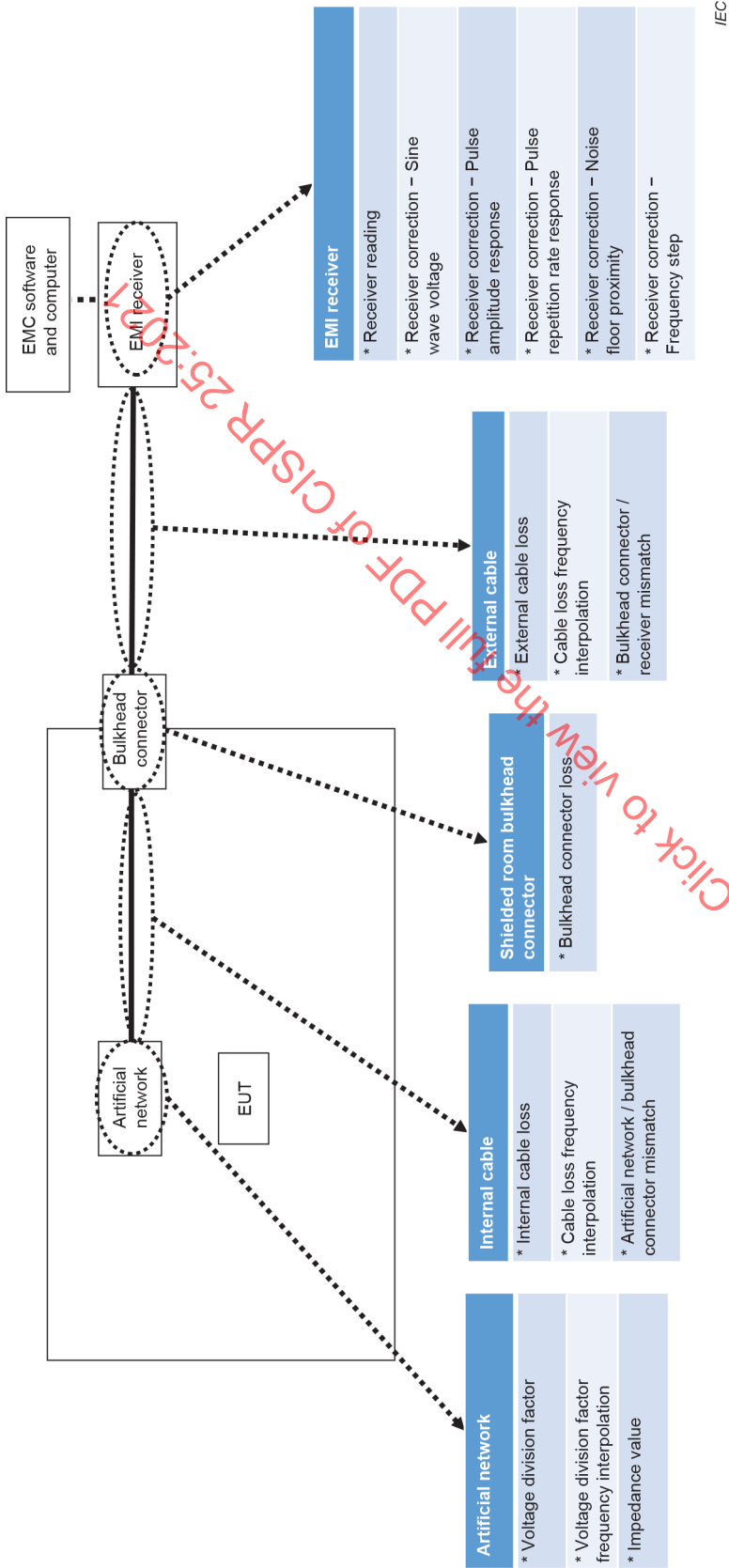


Figure L.1 – Sources of measurement instrumentation uncertainty – conducted emissions from components/modules – Voltage method

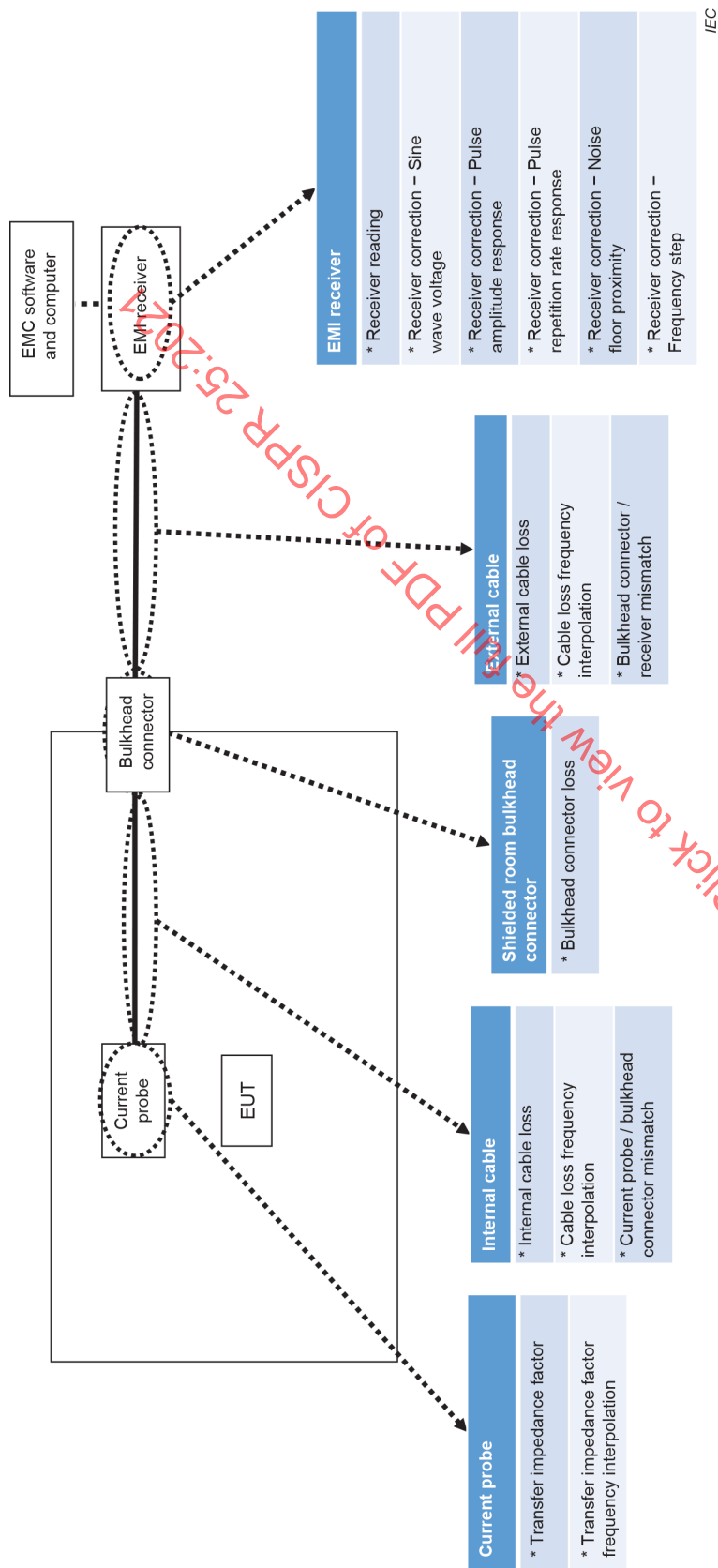
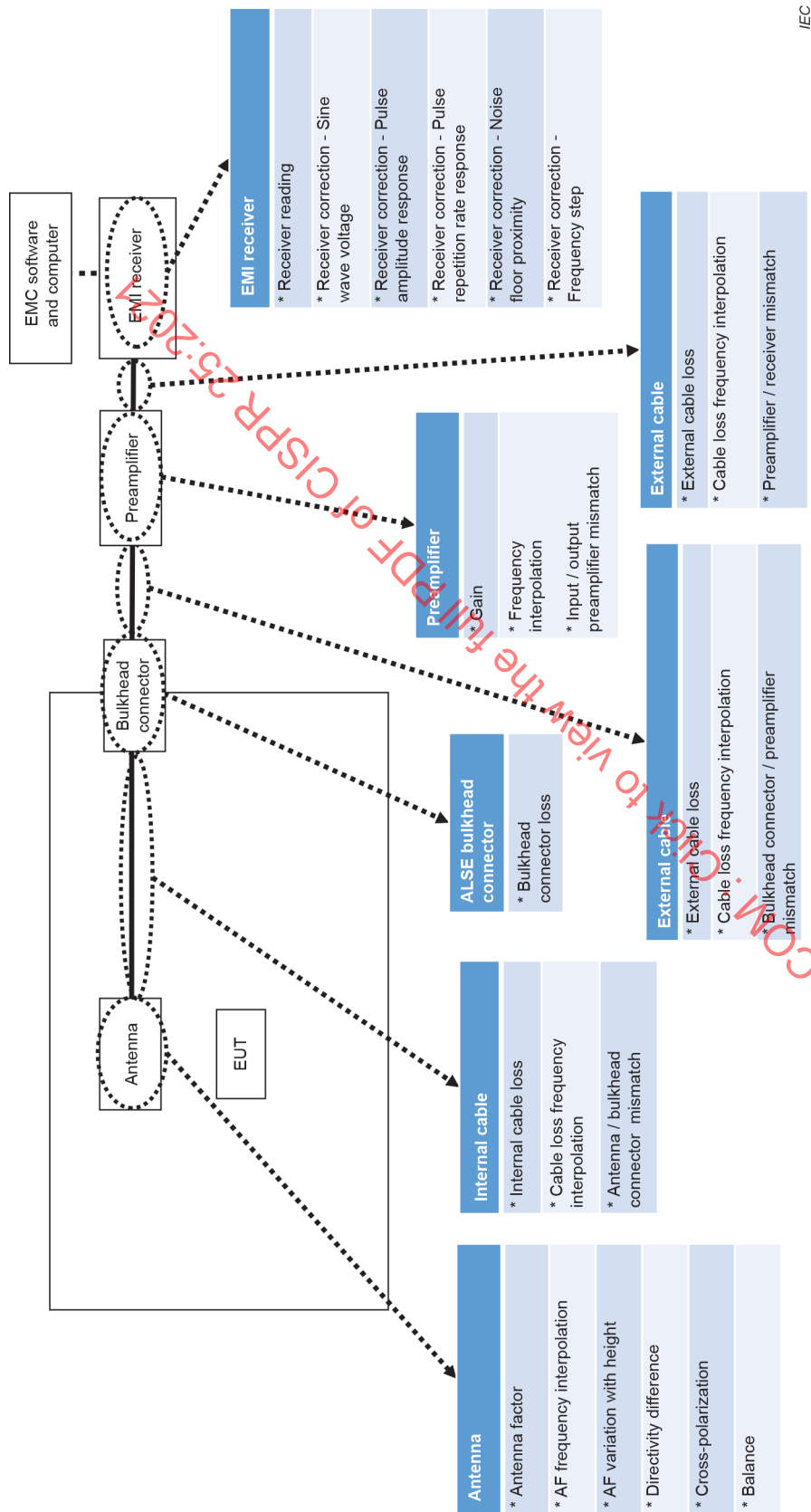


Figure L.2 – Sources of measurement instrumentation uncertainty – conducted emissions from components/modules – Current probe method



IEC

Figure L.3 – Sources of measurement instrumentation uncertainty – radiated emissions from components/modules – ALSE method

L.3 Measurand

Measurand for conducted emissions from components/modules – Voltage method is:

V Voltage, in dB(μV), measured at the EUT port of the AN relative to the reference ground plane.

Measurand for conducted emissions from components/modules – Current probe method is:

I Current, in dB(μA), measured on the harness.

Measurand for radiated emissions from components/modules – ALSE method is:

E Maximum electric field strength, in dB(μV/m), in horizontal and vertical polarizations measured at the specified horizontal distance from the EUT and the specified height above the ground/floor from the specified sides of the EUT

L.4 Input quantities to be considered

The various quantities to be considered are listed in Table L.1 with a description of:

- the used symbol,
- the probability distribution function,
- rational for the estimation of the input quantity.

The measurand V for conducted emissions voltage method is calculated using:

$$V = V_R + \delta V_{SW} + \delta V_{PA} + \delta V_{PR} + \delta V_{NF} + \delta F_{STP} + L_{EXC} + \delta L_{EXCFI} + M_{BKre} + L_{INC} + \delta L_{INCFI} + M_{ANBK} + F_{AN} + \delta F_{ANFI} + \delta Z_{AN} \quad (L.1)$$

The measurand I for conducted emissions current probe method is calculated using:

$$I = V_R + \delta V_{SW} + \delta V_{PA} + \delta V_{PR} + \delta V_{NF} + \delta F_{STP} + L_{EXC} + \delta L_{EXCFI} + M_{BKre} + L_{INC} + \delta L_{INCFI} + M_{CPBK} + F_{CP} + \delta F_{CPF} \quad (L.2)$$

The measurand E for radiated emissions ALSE method is calculated using:

$$E = V_R + (\delta V_{SW} + \delta V_{PA} + \delta V_{PR} + \delta V_{NF} + \delta F_{STP}) + L_{prC} + \delta L_{prCFI} + M_{prRE} + GA_{pr} + \delta GA_{prFI} + M_{pr} + L_{EXC} + \delta L_{EXCFI} + M_{BKpr} + L_{BK} + L_{INC} + \delta L_{INCFI} + M_{BKANT} + F_{ANT} + \delta F_{ANTFI} + \delta F_{ANTThe} + \delta F_{ANTdir} + \delta F_{ANTcp} + \delta F_{ANTbal} \quad (L.3)$$

Table L.1 – Input quantities to be considered for emissions from components/modules

Quantity	Symbol	Probability distribution function	Rational for the estimates
Input quantities common for conducted emissions voltage method, conducted emissions current probe method and radiated emission ALSE method			
Receiver reading	V_R	normal ($k = 1$)	Receiver readings will vary for reasons that include measuring system instability and meter scale interpolation errors. The estimate is the mean of many readings (sample size larger than 10) of a stable signal, with a standard uncertainty given by the experimental standard deviation of the mean ($k = 1$). ⁽¹⁾
Receiver corrections - Sine wave voltage	δV_{Sw}	normal ($k = 2$)	An estimate of the correction for receiver sine-wave voltage accuracy is assumed to be available from a calibration report, along with an expanded uncertainty and a coverage factor. ⁽¹⁾
Receiver correction – Pulse amplitude response	δV_{PA}	Rectangular	A verification report stating that the receiver pulse amplitude response complies with the CISPR 16-1-1 tolerance of $\pm 1,5$ dB for peak, quasi-peak or average detection is assumed to be available. The correction δV_{pa} is estimated to be zero with a rectangular probability distribution having a half-width of 1,5 dB. ⁽¹⁾
Receiver correction – Pulse repetition rate response	δV_{PR}	Rectangular	The CISPR 16-1-1 tolerance for pulse repetition rate response varies with repetition rate and detector type. A verification report stating that the receiver pulse repetition rate responses comply with the CISPR 16-1-1 tolerances is assumed to be available. The correction δV_{pr} is estimated to be zero with a rectangular probability distribution having a half-width of 1,5 dB, a value considered to be representative of the various CISPR 16-1-1 tolerances. ⁽¹⁾
Receiver correction – Noise floor proximity	δV_{NF}	Rectangular	For conducted emissions, the noise floor of a CISPR receiver is usually far below the disturbance voltage or disturbance current limits that its effect on measurement results near those limits is negligible. ⁽¹⁾ For radiated disturbance measurement below 1 GHz, the deviation is estimated to be between zero and +1,1 dB. The correction is estimated to be zero as if the deviation would be symmetric around the value to be measured with a rectangular probability distribution having a half-width of 1,1 dB. Any correction for the effect of the noise floor would depend on the signal type (e.g. impulsive or unmodulated) and the signal to noise ratio and would change the noise level indication. ⁽¹⁾
Receiver correction – Frequency step	δF_{STP}	Rectangular	This correction concerns the error which depends on the frequency step size used on the measuring receiver as a function of the used measurement bandwidth. This correction can be evaluated experimentally with a frequency generator and the receiver used for the actual measurements by means of adjusting the receiver's tuning frequency with a variation of + half and – half the step size and noting the amplitude change on the receiver (see L.3).
External cable(s) loss(es)	L_{EXC}	Normal ($k = 2$)	The cable(s) loss(es) values with associated expanded uncertainty and coverage factor are normally available from calibration reports. Cable(s) loss(es) values are usually included in the measurement software to make the corrections in the measurement; therefore, only the uncertainty value should be kept for the measurement system uncertainty evaluation.

Quantity	Symbol	Probability distribution function	Rational for the estimates
External cable(s) loss(es) frequency interpolation	δL_{EXCFI}	Rectangular	This parameter concerns the frequency interpolation used by the measurement software to evaluate cable(s) loss(es) between the frequencies for which cable(s) loss(es) values are available. If cable loss is measured for an important number of frequency points and if the data do not show any significant rough variation between two consecutive frequencies, the uncertainty can be considered to be equal to the maximum half amplitude variation between two consecutive cable loss measurement data.
Internal cable(s) loss(es)	L_{INC}	Normal ($k = 2$)	The cable(s) loss(es) values with associated expanded uncertainty and coverage factor are normally available from calibration reports. Cable(s) loss(es) values are usually included in the measurement software to make the corrections in the measurement; therefore, only the uncertainty value should be kept for the measurement system uncertainty evaluation.
Internal cable(s) loss(es) frequency interpolation	δL_{INCFI}	Rectangular	This parameter concerns the frequency interpolation used by the measurement software to evaluate cable(s) loss(es) between the frequencies for which cable(s) loss(es) values are available. If cable loss is measured for an important number of frequency points and if the data do not show any significant rough variation between two consecutive frequencies, the uncertainty can be considered to be equal to the maximum half amplitude variation between two consecutive cable loss measurement data.
Input quantities specific for conducted emissions voltage method			
Bulkhead connector / receiver mismatch	M_{BKre}	U-shaped	This parameter concerns the impedance mismatch between the bulkhead connector and the receiver input. Mismatch uncertainty can be evaluated through theoretical formula and measurements data (see CISPR 16-4-2:2011, CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014 and CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018, Clause A.2 note A7) using the simplified formula. $\delta M_{+} = 20 \times \lg(1 + \Gamma_0 \Gamma_1 \times S_{21}^2)$ $\delta M_{-} = 20 \times \lg(1 - \Gamma_0 \Gamma_1 \times S_{21}^2)$
Artificial network / bulkhead connector mismatch	M_{ANBK}	U-shaped	This parameter concerns the impedance mismatch between the Artificial Network and the bulkhead connector. Mismatch uncertainty can be evaluated through theoretical formula and measurements data (see CISPR 16-4-2:2011, CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014 and CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018, Clause A.2 note A7) using the simplified formula. $\delta M_{+} = 20 \times \lg(1 + \Gamma_0 \Gamma_1 \times S_{21}^2)$ $\delta M_{-} = 20 \times \lg(1 - \Gamma_0 \Gamma_1 \times S_{21}^2)$
AN voltage division factor	F_{AN}	$k = 2$	The artificial network voltage division factor values with associated expanded uncertainty and coverage factor is normally available from a calibration report. Voltage division factor values are usually included in the measurement software to make the voltage corrections in the measurement; therefore, only the uncertainty value should be kept for the measurement system uncertainty evaluation.

Quantity	Symbol	Probability distribution function	Rational for the estimates
AN voltage division factor frequency interpolation	δF_{ANFI}	Rectangular	This parameter concerns the frequency interpolation used by the measurement software to evaluate voltage division factor between the frequencies for which voltage division factor values are available. If voltage division factor is measured for an important number of frequency points and if the data do not show any significant rough variation between two consecutive frequencies, the uncertainty can be considered to be equal to the maximum half amplitude variation between two consecutive voltage division factor measurement data.
AN impedance	δZ_{AN}	Triangular	The impedance tolerance in CISPR 16-1-2 for a 50 Ω/5 μH AN requires the impedance magnitude to be within $\pm 20\%$ of the nominal impedance and within $\pm 11,5^\circ$ of the nominal phase angle when the receiver port is terminated in 50 Ω. It is assumed that the impedance presented by the AN EUT port when the receiver port is terminated in 50 Ω lies within a circle centred on the nominal impedance on the complex-impedance plane, that circle having a radius of 20 % of the nominal impedance magnitude. This places a tolerance on the impedance phase commensurate with that on the impedance magnitude. The estimate of the correction δZ_{AN} is zero with a probability distribution bounded by the extremes of all combinations of the constrained AN impedance and unconstrained EUT impedance over the defined frequency range. A triangular probability distribution is assumed because there is only a small chance of encountering the particular combinations of frequency, AN impedance and EUT impedance needed to produce those extremes. ⁽¹⁾
Input quantities specific for conducted emissions current probe method			
Bulkhead connector / receiver mismatch	M_{BKre}	U-shaped	This parameter concerns the impedance mismatch between the bulkhead connector and the receiver input. Mismatch uncertainty can be evaluated through theoretical formula and measurements data (see CISPR 16-4-2:2011, CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014 and CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018, Clause A.2 note A7) using the simplified formula. $\delta M_+ = 20 \times \lg(1 + \Gamma_O \Gamma_I \times S_{21}^2)$ $\delta M_- = 20 \times \lg(1 - \Gamma_O \Gamma_I \times S_{21}^2)$
Current probe / bulkhead connector mismatch	M_{CPBK}	U-shaped	This parameter concerns the impedance mismatch between the current probe and the bulkhead connector. Mismatch uncertainty can be evaluated through theoretical formula and measurements data (see CISPR 16-4-2:2011, CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014 and CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018, Clause A.2 note A7) using the simplified formula. $\delta M_+ = 20 \times \lg(1 + \Gamma_O \Gamma_I \times S_{21}^2)$ $\delta M_- = 20 \times \lg(1 - \Gamma_O \Gamma_I \times S_{21}^2)$
Transfer impedance factor	F_{CP}	$k = 2$	The transfer impedance factor values with associated expanded uncertainty and coverage factor is normally available from a calibration report. Transfer impedance factor values are usually included in the measurement software to make the current corrections in the measurement; therefore, only the uncertainty value should be kept for the measurement system uncertainty evaluation.

Quantity	Symbol	Probability distribution function	Rational for the estimates
Transfer impedance factor frequency interpolation	δF_{CPFI}	Rectangular	This parameter concerns the frequency interpolation used by the measurement software to evaluate transfer impedance factor between the frequencies for which transfer impedance factor values are available. If transfer impedance factor is measured for an important number of frequency points and if the data do not show any significant rough variation between two consecutive frequencies, the uncertainty can be considered to be equal to the maximum half amplitude variation between two consecutive transfer impedance factor measurement data.
Input quantities specific for radiated emissions ALSE method			
Preamplifier cable(s) loss(es)	L_{prC}	Normal ($k = 2$)	The cable(s) loss(es) values with associated expanded uncertainty and coverage factor are normally available from calibration reports. Cable(s) loss(es) values are usually included in the measurement software to make the corrections in the measurement; therefore, only the uncertainty value should be kept for the measurement system uncertainty evaluation.
Preamplifier cable(s) loss(es) frequency interpolation	δL_{prCFI}	Rectangular	This parameter concerns the frequency interpolation used by the measurement software to evaluate cable(s) loss(es) between the frequencies for which cable(s) loss(es) values are available. If cable loss is measured for an important number of frequency points and if the data do not show any significant rough variation between two consecutive frequencies, the uncertainty can be considered to be equal to the maximum half amplitude variation between two consecutive cable loss measurement data.
Preamplifier / receiver mismatch	M_{prRE}	U-shaped	This parameter concerns the impedance mismatch between the preamplifier and the measuring receiver input Mismatch uncertainty can be evaluated through theoretical formula and measurements data (see CISPR 16-4-2:2011, CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014 and CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018, Clause A.2, note A7) using the simplified formula. $\delta M_{+} = 20 \times \lg(1 + \Gamma_O \Gamma_I \times S_{21}^2)$ $\delta M_{-} = 20 \times \lg(1 - \Gamma_O \Gamma_I \times S_{21}^2)$
Pre-amplifier gain	G_{pr}	Normal ($k = 2$)	The pre-amplifier gain values with associated expanded uncertainty and coverage factor are normally available from calibration reports. Pre-amplifier gain values are usually included in the measurement software to make the corrections in the measurement; therefore, only the uncertainty value should be kept for the measurement system uncertainty evaluation.
Pre-amplifier gain frequency interpolation	δG_{prFI}	Rectangular	This parameter concerns the frequency interpolation used by the measurement software to evaluate pre-amplifier gain between the frequencies for which pre-amplifier gain values are available. If pre-amplifier gain is measured for an important number of frequency points and if the data do not show any significant rough variation between two consecutive frequencies, the uncertainty can be considered to be equal to the maximum half amplitude variation between two consecutive pre-amplifier gain measurement data.

Quantity	Symbol	Probability distribution function	Rational for the estimates
Input / output pre-amplifier mismatch	M_{pr}	U-shaped	This parameter concerns the impedance mismatch between the preamplifier input and output Mismatch uncertainty can be evaluated through theoretical formula and measurements data (see CISPR 16-4-2:2011, CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014 and CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018, Clause A.2 note A7) using the full formula (Equations (A.3) and (A.4)).
Bulkhead connector / preamplifier input mismatch	M_{BKpr}	U-shaped	This parameter concerns the impedance mismatch between the bulkhead connector and the pre-amplifier input. Mismatch uncertainty can be evaluated through theoretical formula and measurements data (see CISPR 16-4-2:2011, CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014 and CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018, Clause A.2 note A7) using the simplified formula. $\delta M_+ = 20 \times \lg(1 + \Gamma_O \Gamma_I \times S_{21}^2)$ $\delta M_- = 20 \times \lg(1 - \Gamma_O \Gamma_I \times S_{21}^2)$
Bulkhead / antenna mismatch	M_{BKANT}	U-shaped	Mismatch uncertainty can be evaluated through theoretical formula and measurements data (see CISPR 16-4-2:2011, CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014 and CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018, Clause A.2 note A7) using the simplified formula. $\delta M_+ = 20 \times \lg(1 + \Gamma_O \Gamma_I \times S_{21}^2)$ $\delta M_- = 20 \times \lg(1 - \Gamma_O \Gamma_I \times S_{21}^2)$
Antenna factor	F_{ANT}	Normal ($k \in 2$)	The antenna factor values with associated expanded uncertainty and coverage factor is normally available from a calibration report. Antenna factor values usually included in the measurement software to make the voltage to field corrections in the measurement; therefore, only the uncertainty value should be kept for the measurement system uncertainty evaluation.
AF frequency interpolation	δF_{ANTFI}	Rectangular	This parameter concerns the frequency interpolation used by the measurement software to evaluate antenna factor between the frequencies for which antenna factor values are available. If antenna factor is measured for an important number of frequency points and if the data do not show any significant rough variation between two consecutive frequencies, the uncertainty can be considered to be equal to the maximum half amplitude variation between two consecutive antenna factor measurement data.
AF variation with height	δF_{ANThe}	Rectangular	The antenna factor varies due to mutual coupling of the antenna with its image in a ground plane. This parameter concerns the antenna factor variation between the antenna height used for measurement and the antenna height used during antenna calibration (antenna factor evaluation). Typical uncertainty values can be obtained for principal antenna (rod, biconical, log-periodic, ...) from theoretical data and practical experience (e.g CISPR 16-4-2).
Directivity difference	δF_{ANTdir}	Rectangular	This parameter concerns the impact of antenna pattern and antenna response for direct and ground reflected rays depending of antenna height and device under test position. Typical uncertainty values can be obtained for principal antenna (rod, biconical, log-periodic, ...) from theoretical data and practical experience (e.g CISPR 16-4-2).

Quantity	Symbol	Probability distribution function	Rational for the estimates
Cross-polarization	δF_{ANTcp}	Rectangular	This parameter concerns possible imperfections specified by the cross-polarization response of the antenna (ratio of fields in horizontal and vertical polarizations) Typical uncertainty values can be obtained for principal antenna from theoretical data and practical experience (e.g CISPR 16-4-2) or from some calibration reports which include specific formula for this uncertainty item.
Unbalance	δF_{ANTbal}	Rectangular	This parameter concerns the influence of antenna unbalance (dissymmetry) and can vary depending on cable positioning in regard to antenna geometry (coupling from antenna to cable)
(1): based on CISPR 16-4-2:2011.			

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of CISPR 25:2021

Annex M (informative)

Uncertainty budgets for emissions from components/modules

M.1 General

This annex gives typical uncertainty budgets for the measurement instrumentation uncertainty for:

- the conducted emissions from components/modules – Voltage method;
- the conducted emissions from components/modules – Current probe method;
- the radiated emissions from components/modules – ALSE method.

M.2 Typical uncertainty budgets

The budgets are presented:

- in Table M.1 for conducted emissions from components/modules – Voltage method and for conducted emissions from components/modules – Current probe method
- in Table M.2 for radiated emissions from components/modules – ALSE method

Table M.1 – Typical uncertainty budget – Conducted emissions from components/modules – Voltage method and current probe method

Conducted emissions from components/modules – Voltage method and current probe method					
Quantity x_i	Symbol	Uncertainty of x_i		$c_i u(x_i)$	Comment
		dB	Probability distribution function		
Uncertainties common for voltage method and current probe method					
Receiver reading	V_R	$\pm 0,1$ ⁽¹⁾	$k = 1$	0,1	
Receiver corrections – Sine wave voltage	δV_{SW}	± 1 ⁽¹⁾	$k = 2$	0,5	
Receiver correction – Pulse amplitude response	δV_{PA}	$\pm 1,5$ ⁽¹⁾	Rectangular	0,87	
Receiver correction – Pulse repetition rate response	δV_{PR}	$\pm 1,5$ ⁽¹⁾	Rectangular	0,87	
Receiver correction – Noise floor proximity	δV_{NF}	$\pm 0,0$	Rectangular	0,00	See note ⁽²⁾ ⁽⁸⁾
External cable(s) loss(es)	L_{EXC}	$\pm 0,5$	$k = 2$	0,25	See note ⁽³⁾
External cable(s) loss(es) frequency interpolation	δL_{EXCFI}	$\pm 0,25$	Rectangular	0,14	See note ⁽⁴⁾
Bulkhead connector / receiver input mismatch	M_{BKre}	+0,34 / – 0,35	U-shaped	0,24	See note ⁽⁵⁾
Internal cable(s) loss(es)	L_{INC}	$\pm 0,5$	$k = 2$	0,25	See note ⁽³⁾
Internal cable(s) loss(es) frequency interpolation	δL_{INCFI}	$\pm 0,25$	Rectangular	0,14	See note ⁽⁴⁾

Conducted emissions from components/modules – Voltage method and current probe method					
Quantity x_i	Symbol	Uncertainty of x_i		$c_i u(x_i)$	Comment
		dB	Probability distribution function		
Uncertainties specific for voltage method					
Receiver correction – Frequency step	δF_{STP}	+0 / -1,9	Rectangular	0,55	See K.3 (worst case between 9 kHz and 120 kHz RBW considered)
Artificial network / bulkhead connector mismatch	M_{ANBK}	+0,34 / – 0,35	U-shaped	0,24	See note ⁽⁶⁾
AN voltage division factor	F_{AN}	± 0,20	$k = 2$	0,10	See note ⁽²⁾
AN voltage division factor frequency interpolation	δF_{ANFI}	± 0,25	Rectangular	0,14	
AN impedance	δZ_{AN}	+2,6 / – 2,7	Triangular	1,08	See note ⁽²⁾
Uncertainties specific for current probe method					
Receiver correction – Frequency step	δF_{STP}	+0 / -1,9	Rectangular	0,55	See K.3 (worst case between 9 kHz, 120 kHz and 1 MHz RBW considered)
Current probe / bulkhead connector mismatch	M_{CPBK}	+1,14 / – 1,31	U-shaped	0,87	See note ⁽⁷⁾
Transfer impedance factor	F_{CP}	± 0,30	$k = 2$	0,15	See note ⁽⁸⁾
Transfer impedance factor frequency interpolation	δF_{CPFI}	± 0,25	Rectangular	0,14	
Expanded uncertainty ($U(E) = 2u_c(E)$) (in dB) for conducted emission voltage method				3,77	
Expanded uncertainty ($U(E) = 2u_c(E)$) (in dB) for conducted emission current probe method				3,51	

- (1): based on CISPR 16-4-2.
- (2): based on CISPR 16-4-2 (considering conducted emission at a mains port using an artificial mains network).
- (3): The $\pm 0,5$ dB value is valid if all measuring system cable(s) and bulkhead connector losses are measured simultaneously. If cable(s) and bulkhead connector losses are measured separately the $\pm 0,5$ dB value shall be duplicated.
- (4): The $\pm 0,25$ dB value is valid if all measuring system cable(s) and bulkhead connector frequency interpolation are evaluated simultaneously. If cable(s) and bulkhead connector frequency interpolation are evaluated separately the $\pm 0,25$ dB value shall be duplicated.
- (5): based on:
- bulkhead connector maximum reflection coefficient of 0,2;
 - receiver input maximum reflection coefficient of 0,2;
 - cable is assumed to have no loss ($|S_{21}| = 1$) and be perfectly matched ($|S_{11}| = |S_{22}| = 0$).
- (6): based on:
- bulkhead connector maximum reflection coefficient of 0,2;
 - AN maximum reflection coefficient of 0,2;
 - cable is assumed to have no loss ($|S_{21}| = 1$) and be perfectly matched ($|S_{11}| = |S_{22}| = 0$).
- (7): based on:
- bulkhead connector maximum reflection coefficient of 0,2;
 - current probe maximum reflection coefficient of 0,7;
 - cable is assumed to have no loss ($|S_{21}| = 1$) and be perfectly matched ($|S_{11}| = |S_{22}| = 0$).
- (8): based on CISPR 16-4-2 (considering conducted emission using a current probe).

**Table M.2 – Typical uncertainty budget –
Radiated emissions from components/modules – ALSE method**

Radiated emissions from components/modules – ALSE method					
Quantity x_i	Symbol	Uncertainty of x_i		$c_i u(x_i)$	Comment
		dB	Probability distribution function		
Uncertainties common for rod, biconical, log-periodic and horn antenna					
Receiver reading	V_R	$\pm 0,1$ ⁽¹⁾	$k = 1$	0,1	
Receiver corrections – Sine wave voltage	δV_{SW}	± 1 ⁽¹⁾	$k = 2$	0,5	
Receiver correction – Pulse amplitude response	δV_{PA}	$\pm 1,5$ ⁽¹⁾	Rectangular	0,87	
Receiver correction – Pulse repetition rate response	δV_{PR}	$\pm 1,5$ ⁽¹⁾	Rectangular	0,87	
Preamplifier cable(s) loss(es)	L_{prC}	$\pm 0,5$	$k = 2$	0,25	See note ⁽³⁾
Preamplifier cable(s) loss(es) frequency interpolation	δL_{prCFI}	$\pm 0,25$	Rectangular	0,14	See note ⁽⁴⁾
Preamplifier / receiver mismatch	M_{prRE}	+0,92 / – 0,83	U-shaped	0,62	See note ⁽⁵⁾
Preamplifier gain	GA_{pr}	$\pm 0,5$	$k = 2$	0,25	See note ⁽³⁾
Preamplifier gain frequency interpolation	δGA_{prFI}	$\pm 0,25$	Rectangular	0,14	See note ⁽⁴⁾
Input / output preamplifier mismatch	M_{pr}	+1,48 / -1,78	U-shaped	1,15	See note ⁽⁶⁾
External cable(s) loss(es)	L_{EXC}	$\pm 0,5$	$k = 2$	0,25	See note ⁽³⁾

Radiated emissions from components/modules – ALSE method					
Quantity x_i	Symbol	Uncertainty of x_i		$c_i u(x_i)$	Comment
		dB	Probability distribution function		
External cable(s) loss(es) frequency interpolation	δL_{EXCFI}	$\pm 0,25$	Rectangular	0,14	See note ⁽⁴⁾
Bulkhead connector / preamplifier input mismatch	M_{BKpr}	+0,54 / – 0,57	U-shaped	0,39	See note ⁽⁷⁾
Internal cable(s) loss(es)	L_{INC}	$\pm 0,5$	$k = 2$	0,25	See note ⁽³⁾
Internal cable(s) loss(es) frequency interpolation	δL_{INCFI}	$\pm 0,25$	Rectangular	0,14	See note ⁽⁴⁾
Uncertainties specific for rod antenna					
Receiver correction – Noise floor proximity	δV_{NF}	± 0	Rectangular	0,00	See note ⁽²⁾
Receiver correction – Frequency step	δF_{STP}	+0 / -1,9	Rectangular	0,55	See K.3 (9 kHz RBW considered)
Bulkhead / antenna mismatch	M_{BKANT}	+0,56 / – 0,60	U-shaped	0,41	See note ⁽⁸⁾
Antenna factor	F_{ANT}	$\pm 1,5$	$k = 2$	0,75	
AF frequency interpolation	δF_{ANTFI}	± 1	Rectangular	0,58	
AF variation with height	δF_{ANThe}	± 0	Rectangular	0,00	See note ⁽⁹⁾
Directivity difference	δF_{ANTdir}	± 0	Rectangular	0,00	Rod antenna is omnidirectional and therefore no preferential directivity
Cross-polarization	δF_{ANTcp}	± 0	Rectangular	0,00	Typically insignificant influence of cross-polarization for monopole antenna
Balance	δF_{ANTbal}	± 0	Rectangular	0,00	No balance effect for a monopole antenna
Uncertainties specific for biconical antenna					
Receiver correction – Noise floor proximity	δV_{NF}	+0,5 / 0 ⁽¹⁾	Rectangular	0,14	See note ⁽²⁾
Receiver correction – Frequency step	δF_{STP}	+0 / -1,53	Rectangular	0,44	See K.3 (worst case between 120 kHz and 1 MHz RBW considered)
Bulkhead / antenna mismatch	M_{BKANT}	+1,54 / – 1,87	U-shaped	1,21	See note ⁽¹⁰⁾
Antenna factor	F_{ANT}	$\pm 1,5$	$k = 2$	0,75	
AF frequency interpolation	δF_{ANTFI}	± 1	Rectangular	0,58	
AF variation with height	δF_{ANThe}	± 1	Rectangular	0,58	See note ⁽¹¹⁾
Directivity difference	δF_{ANTdir}	± 1	Rectangular	0,58	See note ⁽¹¹⁾
Cross-polarization	δF_{ANTcp}	0	Rectangular	0	See note ⁽¹¹⁾
Balance	δF_{ANTbal}	$\pm 0,9$	Rectangular	0,52	See note ⁽¹¹⁾

Radiated emissions from components/modules – ALSE method					
Quantity x_i	Symbol	Uncertainty of x_i		$c_i u(x_i)$	Comment
		dB	Probability distribution function		
Uncertainties specific for log-periodic antenna					
Receiver correction – Noise floor proximity	δV_{NF}	+1,1 / 0 ⁽¹⁾	Rectangular	0,32	See note ⁽²⁾
Receiver correction – Frequency step	δF_{STP}	+0 / -1,53	Rectangular	0,44	See K.3 (worst case between 120 kHz and 1 MHz RBW considered)
Bulkhead / antenna mismatch	M_{BKANT}	+0,56 / – 0,60	U-shaped	0,41	See note ⁽¹²⁾
Antenna factor	F_{ANT}	± 1,5	$k = 2$	0,75	
AF frequency interpolation	δF_{ANTFI}	± 1	Rectangular	0,58	
AF variation with height	δF_{ANTHe}	± 0,3	Rectangular	0,17	See note ⁽¹³⁾
Directivity difference	δF_{ANTdir}	± 3,2	Rectangular	1,85	See note ⁽¹³⁾
Cross-polarization	δF_{ANTcp}	± 0,9	Rectangular	0,52	See note ⁽¹³⁾
Balance	δF_{ANTbal}	± 0,0	Rectangular	0,00	See note ⁽¹³⁾
Uncertainties specific for horn antenna					
Receiver correction – Noise floor proximity	δV_{NF}	+0,7 / 0 ⁽¹⁾	Rectangular	0,20	See note ⁽²⁾
Receiver correction – Frequency step	δF_{STP}	+0 / -1,53	Rectangular	0,44	See K.3 (worst case between 120 kHz and 1 MHz RBW considered)
Bulkhead / antenna mismatch	M_{BKANT}	+0,56 / – 0,60	U-shaped	0,41	See note ⁽¹⁴⁾
Antenna factor	F_{ANT}	± 1,5	$k = 2$	0,75	
AF frequency interpolation	δF_{ANTFI}	± 1	Rectangular	0,58	
AF variation with height	δF_{ANTHe}	± 0,0	Rectangular	0,00	See note ⁽¹⁵⁾
Directivity difference	δF_{ANTdir}	+3,00 / – 0,00	Rectangular	0,87	See note ⁽¹⁵⁾
Cross-polarization	δF_{ANTcp}	± 0,0	Rectangular	0,00	See note ⁽¹⁵⁾
Balance	δF_{ANTbal}	± 0,0	Rectangular	0,00	See note ⁽¹⁵⁾
Expanded uncertainty ($U(E) = 2u_c(E)$) (in dB) for radiated emission rod antenna				4,61	
Expanded uncertainty ($U(E) = 2u_c(E)$) (in dB) for radiated emission biconical antenna				5,46	
Expanded uncertainty ($U(E) = 2u_c(E)$) (in dB) for radiated emission log-periodic antenna				6,01	
Expanded uncertainty ($U(E) = 2u_c(E)$) (in dB) for radiated emission horn antenna				4,90	

- (1): based on CISPR 16-4-2.
- (2): based on CISPR 16-4-2 (using values proposed for the various frequency ranges from 150 kHz to 6 GHz).
- (3): The $\pm 0,5$ dB value is valid if all measuring system cable(s), preamplifier, impedance adaptor and bulkhead connector losses are measured simultaneously. If cable(s) and bulkhead connector losses are measured separately the $\pm 0,5$ dB value shall be duplicated.
- (4): The $\pm 0,25$ dB value is valid if all measuring system cable(s), preamplifier, impedance adaptor and bulkhead connector frequency interpolation are evaluated simultaneously. If cable(s) and bulkhead connector frequency interpolation are evaluated separately the $\pm 0,25$ dB value shall be duplicated.
- (5): based on:
- preamplifier maximum reflection coefficient of 0,5;
 - receiver input maximum reflection coefficient of 0,2;
 - cable is assumed to have no loss ($|S_{21}| = 1$) and be perfectly matched ($|S_{11}| = |S_{22}| = 0$).
- (6): based on:
- preamplifier input maximum reflection coefficient of 0,32;
 - preamplifier output maximum reflection coefficient of 0,5;
 - preamplifier direct gain maximum $|S_{21}| = 32$ dB;
 - preamplifier revers gain maximum $|S_{12}| = -40$ dB.
- (7): based on:
- bulkhead connector maximum reflection coefficient of 0,2;
 - preamplifier input maximum reflection coefficient of 0,32;
 - cable is assumed to have no loss ($|S_{21}| = 1$) and be perfectly matched ($|S_{11}| = |S_{22}| = 0$).
- (8): based on:
- bulkhead connector maximum reflection coefficient of 0,2;
 - rod antenna maximum reflection coefficient of 0,33;
 - cable is assumed to have no loss ($|S_{21}| = 1$) and be perfectly matched ($|S_{11}| = |S_{22}| = 0$).
- (9): based on fact that antenna factor is independent of height when using calibration according to SAE ARP 958.1.
- (10): based on:
- bulkhead connector maximum reflection coefficient of 0,2;
 - biconical antenna maximum reflection coefficient of 0,97;
 - cable is assumed to have no loss ($|S_{21}| = 1$) and be perfectly matched ($|S_{11}| = |S_{22}| = 0$).
- (11): based on CISPR 16-4-2 (value for biconical antenna not tilted used in OATS or ALSE for 3 m distance and maximum value from horizontal and vertical polarization).
- (12): based on:
- bulkhead connector maximum reflection coefficient of 0,2;
 - log-periodic antenna maximum reflection coefficient of 0,33;
 - cable is assumed to have no loss ($|S_{21}| = 1$) and be perfectly matched ($|S_{11}| = |S_{22}| = 0$).
- (13): based on CISPR 16-4-2 (value for log-periodic antenna not tilted used in OATS or ALSE for 3 m distance and maximum value from horizontal and vertical polarization).
- (14): based on:
- bulkhead connector maximum reflection coefficient of 0,2;
 - horn antenna maximum reflection coefficient of 0,33;
 - cable is assumed to have no loss ($|S_{21}| = 1$) and be perfectly matched ($|S_{11}| = |S_{22}| = 0$).
- (15): based on CISPR 16-4-2 (value for horn antenna not tilted used in OATS or ALSE for 3 m distance and horn antenna used between 1 and 6 GHz).

Annex N (informative)

Items under consideration

N.1 General

This annex contains future work items that are under consideration.

N.2 Measurement techniques and limits

As further work progresses in CISPR A, CISPR H and TC 69 this will be reviewed and CISPR 25 updated accordingly.

N.3 ALSE performance validation method above 1 GHz

This topic will be considered for future revisions of this document

N.4 Reconsideration of the scope of the document

This topic will be considered for future revisions of this document.

N.5 Reorganizing the document into separate parts similar to CISPR-16 document series

This topic will be considered for future revisions of this document.

N.6 Inclusion of test setups for WPT charging

This topic will be considered for future revisions of this document.

Bibliography

- [1] GAMAUF K. J. and HARTMAN W. J., *Objective Measurement of Voice Channel Intelligibility*, October 1977; available from the National Technical Information Service, Springfield, Virginia 22151, USA, reference number FAA-RD-77-153
- [2] CISPR 22, *Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*³
- [3] ITU-R BS.1284-2 (01/2019), *General methods for the subjective assessment of sound quality*
- [4] IEEE STD 1128-1998, *IEEE recommended practice for radio frequency (RF) absorber – Evaluation in the range of 30 MHz to 5 GHz*
- [5] IEC 60050-161:1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 161: Electromagnetic compatibility* (available at www.electropedia.org)
- [6] CISPR 12:2007, *Vehicles, boats and internal combustion engines – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement for the protection of off-board receivers*
CISPR 12:2007/AMD1:2009
- [7] CISPR 16-2-3:2016, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity – Radiated disturbance measurements*
CISPR 16-2-3:2016/AMD1:2019
- [8] Dr Luke Turnbull, *The Groundplan Resonance – Problems with Radiated Emissions Measurements below 30 MHz*, Automotive EMC Conference 2007, Newbury, UK, 16th October, pp 1-13
- [9] Alexander Kriz, Wolfgang Müllner, Friedrich-Wilhelm Trautnitz, Jochen Riedelsheimer, Herbert Seitle, *Messtechnische Untersuchung des Einflusses der Erdung von CISPR-25-Emissionsmessplätzen*, Test Kompendium, 2004, Messen-Prüfen-Verifizieren, publish-industry Verlag GmbH, München, 2003, pp 2-5
- [10] Alexander Kriz, Wolfgang Müllner, *An Accurate Validation Procedure For Component Test Chambers*, Compliance Engineering, 2002 November/December 2002, pp 40-43
- [11] Alexander Kriz, Wolfgang Müllner, *Analysis of the CISPR 25 Component Test Setup*, International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC), Istanbul, Turkey, May, 11-16, 2003, pp 229-232
- [12] Bongartz, Deckers, Heina, Hirsch, Mooser, Nickel, Seiger, *Proposal for the Validation of Absorber Lined Shielded Enclosures for CISPR 25 Emission Tests*, IEEE Symposium on EMC Test NRW GmbH, Austin USA, August, 17th-21st, 2009
- [13] Frédéric Lafon, Renaud Dupendant, Josselin Davalan, *Investigation on dispersion between CISPR 25 chambers for radiated emissions below 100 MHz*, EMC Europe 2014, Gothenburg, Sweden, September, 1st-4th 2014

³ This publication was withdrawn and replaced with CISPR 32:2015.

- [14] ETSI TS 136 101: LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception (3GPP TS 36.101)
 - [15] ISO 11898-1, *Road vehicles – Controller area network (CAN) – Part 1: Data link layer and physical signalling*
 - [16] IEC 62196-1:2014, *Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets – Conductive charging of electric vehicles – Part 1: General requirements*
 - [17] CISPR 16-2-1:2014, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity – Conducted disturbance measurements*
CISPR 16-2-1:2014/AMD1:2017
 - [18] CISPR 32:2015, *Electromagnetic compatibility of multimedia equipment – Emission requirements*
 - [19] CISPR 16-4-2:2011, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modelling – Measurement instrumentation uncertainty*
CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014
CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018
 - [20] ETSI TS 138 101-1 V16.4.0 (2020-07), *Technical Specification 5G; NR; User Equipment (UE) radio transmission and reception – Part 1: Range 1 Standalone (3GPP TS 38.101-1 version 16.4.0 Release 16)*
 - [21] IEEE 1394-2008, *IEEE Standard for a High-Performance Serial Bus*
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	192
INTRODUCTION.....	194
1 Domaine d'application	196
2 Références normatives	197
3 Termes et définitions	197
4 Exigences communes pour les mesures des émissions sur les véhicules et sur les composants/modules	204
4.1 Exigences générales d'essai.....	204
4.1.1 Catégories de sources de perturbations (comme définies dans le plan d'essai).....	204
4.1.2 Plan d'essai	204
4.1.3 Détermination de la conformité aux limites de l'appareil en essai (EUT)	204
4.1.4 Conditions de fonctionnement.....	205
4.1.5 Rapport d'essai	206
4.2 Cage de Faraday	206
4.3 Cage de Faraday recouverte d'absorbants (ALSE).....	206
4.3.1 Généralités	206
4.3.2 Taille	206
4.3.3 Objets dans l'ALSE.....	207
4.3.4 Validation des performances de l'ALSE	207
4.4 Instrument de mesure	207
4.4.1 Généralités	207
4.4.2 Paramètres de l'analyseur de spectre	208
4.4.3 Paramètres du récepteur à balayage	210
4.5 Alimentation électrique	212
4.5.1 Généralités	212
4.5.2 Véhicule à moteur à combustion interne – contact mis, moteur à l'arrêt	212
4.5.3 Véhicule à moteur à combustion interne – moteur en marche	212
4.5.4 Véhicule électrique hybride ou électrique rechargeable en mode de charge	213
4.5.5 Véhicule électrique hybride ou électrique en mode en marche	213
4.5.6 Essais composants/modules.....	213
5 Mesure des émissions reçues par une antenne située sur le même véhicule	214
5.1 Généralités	214
5.2 Système de mesure d'antenne	214
5.2.1 Type d'antenne.....	214
5.2.2 Exigences pour les systèmes de mesure	214
5.3 Méthode de mesure	216
5.4 Montage d'essai pour le véhicule en mode de charge	217
5.4.1 Généralités.....	217
5.4.2 Véhicule en mode de charge 1 ou en mode de charge 2 (charge avec alimentation en courant alternatif sans communication).....	218
5.4.3 Véhicule en mode de charge 3 (charge d'alimentation en courant alternatif avec communication) ou en mode de charge 4 (charge d'alimentation en courant continu avec communication).....	220
5.5 Exemples de limites des perturbations rayonnées sur véhicules	225
6 Mesures des composants et des modules.....	231

6.1	Généralités	231
6.2	Équipement d'essai.....	231
6.2.1	Plan de masse de référence	231
6.2.2	Alimentation et réseau fictif	232
6.2.3	Simulateur de charge.....	232
6.3	Emissions conduites par les composants/modules – Méthode de tension.....	232
6.3.1	Généralités	232
6.3.2	Montage d'essai	233
6.3.3	Procédure d'essai.....	234
6.3.4	Limites pour les perturbations conduites des composants/modules – Méthode de tension	239
6.4	Emissions conduites par les composants/modules – Méthode de la sonde de courant	239
6.4.1	Généralités	239
6.4.2	Montage d'essai	240
6.4.3	Procédure d'essai.....	240
6.4.4	Limites pour les perturbations conduites des composants/modules – Méthode de la sonde de courant.....	242
6.5	Emissions rayonnées par les composants/modules – Méthode de l'ALSE	242
6.5.1	Généralités	242
6.5.2	Montage d'essai	243
6.5.3	Procédure d'essai.....	246
6.5.4	Limites pour les émissions rayonnées des équipements/modules – Méthode de l'ALSE	251
6.6	Emissions rayonnées par les composants/modules – Méthode de la ligne TEM à plaques.....	257
Annexe A (informative) Organigramme d'application de la CISPR 25 aux véhicules et bateaux		258
Annexe B (normative) Système d'adaptation d'antenne – Essai du véhicule		259
B.1	Paramètres du système d'adaptation d'antenne (150 kHz à 6,2 MHz)	259
B.2	Système d'adaptation d'antenne – Vérification	259
B.2.1	Généralités.....	259
B.2.2	Mesure de gain.....	259
B.2.3	Procédure d'essai.....	259
B.3	Mesure de l'impédance	259
Annexe C (informative) Filtre de courant de gaine		261
C.1	Informations générales	261
C.2	Construction du dispositif d'antiparasitage	261
Annexe D (informative) Recommandations pour la détermination du bruit de fond des antennes de véhicules actives		262
Annexe E (normative) Réseau fictif (AN), réseau fictif haute tension (AN-HT), réseau fictif de charge en courant continu (AN de charge en courant continu), réseau fictif d'alimentation (AMN) et réseau fictif asymétrique (AAN)		265
E.1	Généralités	265
E.2	Réseaux fictifs (AN).....	265
E.2.1	Composant alimenté en BT.....	265
E.2.2	Composant alimenté en HT	267
E.2.3	Réseau fictif de charge en courant continu (AN de charge en courant continu)	270
E.3	Réseaux fictifs d'alimentation (AMN).....	271

E.4	Réseau fictif asymétrique (AAN)	271
E.4.1	Généralités	271
E.4.2	Accès de signal/commande avec lignes symétriques	272
E.4.3	Accès de réseau câblé avec CPL sur les lignes d'alimentation	273
E.4.4	Accès de signal/commande avec CPL (technologie) sur la ligne pilote de commande	274
E.4.5	Accès de signal/commande avec ligne pilote de commande	275
Annexe F (informative) Emissions rayonnées par les composants/modules – Méthode de la ligne TEM à plaques.....		276
F.1	Généralités	276
F.2	Montage d'essai.....	276
F.2.1	Généralités	276
F.2.2	Adaptation d'impédance de ligne TEM à plaques	277
F.2.3	Emplacement de l'EUT	277
F.2.4	Emplacement et longueur du faisceau d'essai	277
F.2.5	Emplacement du simulateur de charge	277
F.3	Procédure d'essai	277
F.4	Limites pour les émissions rayonnées par les composants/modules – Méthode de la ligne TEM à plaques	279
F.5	Conception de la ligne TEM à plaques	281
Annexe G (informative) Brouillage avec les radiocommunications mobiles en présence de bruit impulsif – Méthodes d'évaluation de la dégradation		284
G.1	Généralités	284
G.2	Présentation des méthodes d'évaluation de la dégradation des canaux radioélectriques	284
G.2.1	Généralités	284
G.2.2	Essais subjectifs	284
G.2.3	Essais objectifs	286
G.2.4	Conclusions relatives à l'évaluation de la dégradation	286
Annexe H (normative) Méthodes d'essai pour les systèmes d'alimentation électriques pour réseaux haute tension dans les véhicules électriques et hybrides		288
H.1	Généralités	288
H.2	Equipement d'essai.....	288
H.2.1	Plan de masse de référence	288
H.2.2	Alimentation électrique, AN, AN-HT, AMN et AAN.....	289
H.2.3	Simulateur de charge.....	289
H.3	Emissions conduites provenant des composants/modules sur les lignes d'alimentation HT – Méthode de tension	290
H.3.1	Généralités	290
H.3.2	Montage d'essai	290
H.3.3	Limites des émissions conduites – Méthode de tension	296
H.4	Emissions conduites provenant des composants/modules sur les lignes d'alimentation HT – Méthode de la sonde de courant	297
H.4.1	Généralités	297
H.4.2	Montage d'essai	297
H.4.3	Limites des émissions conduites – Méthode de la sonde de courant.....	303
H.5	Emissions rayonnées par les composants/modules – Méthode de l'ALSE	303
H.5.1	Généralités	303
H.5.2	Montage d'essai	303
H.5.3	Limites des émissions rayonnées – Méthode de l'ALSE.....	309

H.6	Couplage entre systèmes HT et BT	309
H.6.1	Généralités	309
H.6.2	Mesure reposant sur les montages d'essai définis à l'Article 6	309
H.6.3	Mesure de l'affaiblissement de couplage HT-BT	316
Annexe I (Informative)	Validation des performances de l'ALSE de 150 kHz à 1 GHz	319
I.1	Généralités	319
I.2	Méthode de validation	321
I.2.1	Vue d'ensemble	321
I.2.2	Équipement	321
I.2.3	Procédure	324
I.2.4	Exigences	333
Annexe J (informative)	Incertitude de l'instrumentation de mesure – Mesure des émissions reçues par une antenne située sur le même véhicule	334
J.1	Généralités	334
J.2	Sources d'incertitude	334
J.3	Mesurande	336
J.4	Grandeurs d'entrée à prendre en considération	336
J.4.1	Généralités	336
J.4.2	Bande AM avec antenne de véhicule passive d'équipementier (haute impédance)	336
J.4.3	Bande AM avec antenne de véhicule active d'équipementier (impédance de "50 Ω adaptée")	336
J.4.4	Autres bandes (par exemple FM, DAB III...) avec antenne de véhicule active d'équipementier (impédance de "50 Ω adaptée")	336
J.4.5	Autres bandes avec antenne de référence	337
Annexe K (informative)	Budgets d'incertitude pour la mesure des émissions reçues par une antenne située sur le même véhicule	343
K.1	Généralités	343
K.2	Budgets d'incertitude types de la CISPR 25	343
K.3	Pas de fréquence du récepteur	350
Annexe L (informative)	Incertitude de l'instrumentation de mesure – Émissions par les composants/modules – Méthodes d'essai	352
L.1	Généralités	352
L.2	Sources d'incertitude	352
L.3	Mesurande	356
L.4	Grandeurs d'entrée à prendre en considération	356
Annexe M (informative)	Budgets d'incertitude pour les émissions par les composants/modules	364
M.1	Généralités	364
M.2	Budgets d'incertitude types	364
Annexe N (informative)	Points à l'étude	370
N.1	Généralités	370
N.2	Techniques de mesure et limites	370
N.3	Méthode de validation des performances de l'ALSE au-dessus de 1 GHz	370
N.4	Reconsidération du domaine d'application du document	370
N.5	Réorganisation du document en parties distinctes similaires à la série de documents CISPR-16	370
N.6	Inclusion de montages d'essai pour la charge WPT	370
Bibliographie		371

Figure 1 – Méthode de détermination de la conformité pour l'ensemble des bandes de fréquences.....	205
Figure 2 – Exemple de courbe de gain.....	215
Figure 3 – Exemple de montage d'essai – Emissions rayonnées par le véhicule (vue de face avec antenne unipolaire).....	217
Figure 4 – Exemple de montage d'essai pour véhicule dont le socle de connecteur se trouve sur le côté du véhicule (mode de charge 1 ou 2, alimenté en courant alternatif, sans communication).....	219
Figure 5 – Exemple de montage d'essai pour véhicule dont le socle de connecteur se trouve à l'avant ou à l'arrière du véhicule (mode de charge 1 ou 2, alimenté en courant alternatif, sans communication).....	220
Figure 6 – Exemple de montage d'essai pour véhicule dont le socle de connecteur se trouve sur le côté du véhicule (mode de charge 3 ou mode 4, avec communication).....	223
Figure 7 – Exemple de montage d'essai pour véhicule dont le socle de connecteur se trouve à l'avant ou à l'arrière du véhicule (mode de charge 3 ou mode 4, avec communication).....	224
Figure 8 – Détails des limites moyennes pour les bandes GPS, BDS, B1I et GLONASS – Véhicule complet.....	230
Figure 9 – Emissions conduites – Exemple de montage d'essai d'un EUT avec ligne de retour d'alimentation reliée à la masse à distance.....	235
Figure 10 – Emissions conduites – Exemple de montage d'essai d'un EUT avec ligne de retour d'alimentation reliée à la masse localement.....	236
Figure 11 – Emissions conduites – Exemple de montage d'essai pour alternateurs et générateurs.....	237
Figure 12 – Emissions conduites – Exemple de montage d'essai pour composants du système d'allumage.....	238
Figure 13 – Emissions conduites – Exemple de montage d'essai pour mesures avec sonde de courant.....	241
Figure 14 – Exigences relatives à la flexion du faisceau d'essai.....	244
Figure 15 – Exemple de montage d'essai – Antenne tige.....	247
Figure 16 – Exemple de montage d'essai – Antenne biconique.....	248
Figure 17 – Exemple de montage d'essai – Antenne log-périodique.....	249
Figure 18 – Exemple de montage d'essai – Fréquences supérieures à 1 GHz – Antenne cornet.....	250
Figure 19 – Détails des limites moyennes pour les bandes GPS, BDS, B1I et GLONASS – Composants.....	257
Figure A.1 – Organigramme de contrôle de l'applicabilité du présent document.....	258
Figure B.1 – Montage utilisé pour la vérification.....	260
Figure C.1 – Caractéristique S_{21} du filtre de courant de gaine.....	261
Figure D.1 – Exemple de montage d'essai des véhicules pour le bruit des équipements.....	263
Figure D.2 – Exemple de montage d'essai des véhicules pour la mesure du bruit d'antenne.....	264
Figure E.1 – Exemple de schéma d'AN de 5 μ H.....	266
Figure E.2 – Caractéristiques de l'impédance de l'AN, Z_{PB}	266
Figure E.3 – Exemple de schéma d'AN-HT de 5 μ H.....	268
Figure E.4 – Exemple de combinaison d'AN-HT de 5 μ H dans un seul boîtier blindé.....	269
Figure E.5 – Réseau d'adaptation d'impédance raccordé entre les AN-HT et l'EUT.....	270

Figure E.6 – Exemple de schéma d'AN de charge en courant continu de 5 μ H.....	271
Figure E.7 – Exemple d'AAN pour l'accès de signal/commande avec lignes symétriques (par exemple CAN)	272
Figure E.8 – Exemple d'AAN avec accès de réseau câblé avec CPL sur les lignes d'alimentation en courant alternatif ou en courant continu.....	273
Figure E.9 – Exemple de circuit AAN pour l'accès de signal/commande avec CPL sur le pilote de commande.....	274
Figure E.10 – Exemple de circuit AAN pour la ligne pilote.....	275
Figure F.1 – Exemple de montage d'essai de base d'une ligne TEM à plaques dans une cage de Faraday	278
Figure F.2 – Exemple pour une ligne TEM à plaques de 50 Ω	282
Figure F.3 – Exemple pour une ligne TEM à plaques de 90 Ω	283
Figure H.1 – Emissions conduites – Exemple de montage d'essai pour les EUT avec systèmes d'alimentation blindés et onduleur	292
Figure H.2 – Emissions conduites – Exemple de montage d'essai pour les EUT avec systèmes d'alimentation blindés et moteur électrique fixé au banc.....	293
Figure H.3 – Emissions conduites – Exemple de montage d'essai pour les EUT avec systèmes d'alimentation et onduleur blindés	294
Figure H.4 – Emissions conduites – Exemple de montage d'essai pour les EUT avec systèmes d'alimentation et chargeur blindés	295
Figure H.5 – Emissions conduites – Exemple de montage d'essai pour la mesure par sonde de courant sur les lignes HT pour les EUT avec systèmes d'alimentation blindés	299
Figure H.6 – Emissions conduites – Exemple de montage d'essai pour la mesure par sonde de courant sur les lignes HT pour les EUT avec systèmes d'alimentation blindés et moteur électrique fixé au banc	300
Figure H.7 – Emissions conduites – Exemple de montage d'essai pour la mesure par sonde de courant sur les lignes HT pour les EUT avec systèmes d'alimentation et onduleur blindés	301
Figure H.8 – Emissions conduites – Exemple de montage d'essai pour la mesure par sonde de courant sur les lignes HT pour les EUT avec systèmes d'alimentation et chargeur blindés	302
Figure H.9 – Emissions rayonnées – Exemple de montage d'essai pour la mesure avec antenne biconique pour les EUT avec systèmes d'alimentation électrique blindés et avec lignes BT face à l'antenne	305
Figure H.10 – Emissions rayonnées – Exemple de montage d'essai pour la mesure avec antenne biconique pour les EUT avec systèmes d'alimentation électrique blindés, moteur électrique fixé au banc et lignes BT face à l'antenne	306
Figure H.11 – Emissions rayonnées – Exemple de montage d'essai pour la mesure avec antenne biconique pour les EUT avec systèmes d'alimentation électrique et onduleur blindés et avec lignes BT face à l'antenne.....	307
Figure H.12 – Emissions rayonnées – Exemple de montage d'essai pour la mesure avec antenne biconique pour les EUT avec systèmes d'alimentation électrique et chargeur blindés et avec lignes BT face à l'antenne.....	308
Figure H.13 – Montage d'essai pour l'étalonnage du signal d'essai.....	310
Figure H.14 – Exemple de montage d'essai pour les émissions conduites – Méthode de tension – Mesure sur les accès BT avec injection sur les accès d'alimentation HT	311
Figure H.15 – Exemple de montage d'essai pour les émissions conduites – Méthode de la sonde de courant – Mesure sur les accès BT avec injection sur les accès d'alimentation HT.....	313
Figure H.16 – Exemple de montage d'essai pour les émissions rayonnées – Méthode de l'ALSE – Mesure avec antenne biconique et injection sur les accès d'alimentation HT	315

Figure H.17 – Montage d'essai pour les mesures de S_{21} de l'EUT	317
Figure H.18 – Exemples d'exigences en matière d'affaiblissement de couplage, a_c	318
Figure I.1 – Exemples de paramètres d'influence types de l'ALSE dans la plage de fréquences de 10 MHz à 100 MHz	320
Figure I.2 – Représentation visuelle du processus de validation des performances de l'ALSE	321
Figure I.3 – Equerres métalliques utilisées comme support pour la tige	323
Figure I.4 – Terminaisons de 50 Ω en vue latérale de l'élément rayonnant.....	323
Figure I.5 – Photo de l'élément rayonnant monté sur le plan de masse de référence	323
Figure I.6 – Exemple de ROS mesuré à partir de quatre sources de rayonnement (sans atténuateur de 10 dB).....	324
Figure I.7 – Exemple de montage de mesure de l'intensité du champ équivalente de l'ALSE (antenne tige représentée pour la plage de fréquences de 150 kHz à 30 MHz).....	326
Figure I.8 – Modèle MoM pour la plage de fréquences de 30 MHz à 200 MHz.....	328
Figure J.1 – Sources d'incertitude de l'instrumentation de mesure	335
Figure K.1 – Exemple de mesure pour l'évaluation de l'incertitude des pas de fréquence	351
Figure L.1 – Sources d'incertitude de l'instrumentation de mesure – Emissions conduites par les composants/modules – Méthode de tension	353
Figure L.2 – Sources d'incertitude de l'instrumentation de mesure – Emissions conduites par les composants/modules – Méthode de la sonde de courant	354
Figure L.3 – Sources d'incertitude de l'instrumentation de mesure – Emissions rayonnées par les composants/modules – Méthode de l'ALSE	355
Tableau 1 – Paramètres de l'analyseur de spectre.....	209
Tableau 2 – Paramètres du récepteur à balayage	211
Tableau 3 – Types d'antennes	214
Tableau 4 – Exemples de limites de perturbations – Véhicule complet – Généralités	225
Tableau 5 – Exemples de limites de perturbations – Véhicule complet – Téléphonie mobile numérique	227
Tableau 6 – Exemples de limites pour les perturbations conduites – Méthode de tension.....	239
Tableau 7 – Exemples de limites pour les perturbations conduites – Méthode de la sonde de courant	242
Tableau 8 – Exemples de limites pour les perturbations rayonnées – Méthode de l'ALSE – Généralités.....	251
Tableau 9 – Exemples de limites pour les perturbations rayonnées – Méthode de l'ALSE – Téléphone mobile numérique.....	253
Tableau E.1 – Amplitude de l'impédance de l'AN, Z_{PB}	267
Tableau F.1 – Exemples de limites pour les perturbations rayonnées – Méthode de la ligne TEM à plaques	279
Tableau H.1 – Exemple de limites HT pour les mesures de tensions conduites au niveau des appareils d'alimentation électrique blindés (classe d'affaiblissement de couplage HT-BT A1)	296
Tableau H.2 – Exemple de configurations pour les équipements sans ligne BT négative.....	317
Tableau H.3 – Exemple de configurations pour les équipements avec ligne BT négative.....	317
Tableau H.4 – Exemples d'exigences en matière d'affaiblissement de couplage minimal, a_c ...	318

Tableau I.1 – Données de référence à utiliser pour la validation de la chambre	328
Tableau J.1 – Grandeurs d'entrée à prendre en considération pour les mesures de tension à la borne d'antenne	337
Tableau K.1 – Budget d'incertitude type – Tension à la borne d'antenne – Bande AM avec antenne de véhicule passive d'équipementier (haute impédance)	343
Tableau K.2 – Budget d'incertitude type – Tension à la borne d'antenne – Bande AM avec antenne de véhicule active d'équipementier (impédance de "50 Ω adaptée")	346
Tableau K.3 – Budget d'incertitude type – Tension à la borne d'antenne – Autres bandes avec antenne de référence	348
Tableau L.1 – Grandeurs d'entrée à prendre en considération pour les émissions par les composants/modules	357
Tableau M.1 – Budget d'incertitude type – Emissions conduites par les composants/modules – Méthode de tension et méthode de la sonde de courant	364
Tableau M.2 – Budget d'incertitude type – Emissions rayonnées des composants/modules – Méthode de l'ALSE	366

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of CISPR 25:2021

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

**VÉHICULES, BATEAUX ET MOTEURS À COMBUSTION INTERNE –
CARACTÉRISTIQUES DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES –
LIMITES ET MÉTHODES DE MESURE POUR LA PROTECTION DES
RÉCEPTEURS EMBARQUÉS**

AVANT-PROPOS

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

La CISPR 25 a été établie par le sous-comité D du CISPR: Perturbations électromagnétiques relatives aux appareils électriques ou électroniques embarqués sur les véhicules et aux moteurs à combustion interne. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette cinquième édition annule et remplace la quatrième édition parue en 2016. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) ajout de nouvelles bandes de fréquences;
- b) suppression de l'annexe relative aux cellules TEM;

- c) ajout d'annexes relatives à l'incertitude de mesure;
- d) amélioration générale.

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

Projet	Rapport de vote
CIS/D/477/FDIS	CIS/D/480/RVD

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

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

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

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

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

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

INTRODUCTION

Le présent document est destiné à protéger les récepteurs embarqués des perturbations produites par des émissions conduites et des émissions rayonnées sur un véhicule.

Les procédures d'essai et les limites données sont destinées à permettre un contrôle provisoire des émissions rayonnées des véhicules et des émissions conduites ou rayonnées, de courte ou de longue durée, des équipements et modules.

Les limites d'essai des véhicules constituent des recommandations. Elles sont formulées pour un récepteur radio classique utilisant l'antenne installée sur le véhicule ou une antenne d'essai, en l'absence d'antenne spécifique spécifiée. Les bandes de fréquences définies ne s'appliquent pas à l'ensemble des régions et pays du monde. Pour des raisons économiques, un fabricant de véhicules est laissé libre d'identifier les bandes de fréquences applicables dans les pays dans lesquels l'un de ses véhicules est commercialisé, ainsi que les services de radiodiffusion susceptibles d'être utilisés à bord de ce véhicule.

A titre d'exemple, même si la majorité des véhicules ne sont pas équipés d'un récepteur de télévision, les fréquences de télévision occupent néanmoins une part importante du spectre radioélectrique. Par conséquent, il n'est pas rentable de procéder à des essais portant sur les sources de bruit ou d'en réduire le nombre pour les véhicules qui ne sont pas équipés de récepteur de télévision.

Il convient qu'un fabricant de véhicules définisse d'abord les pays dans lesquels le véhicule est destiné à être commercialisé, puis choisisse les bandes de fréquences et les limites qui s'appliquent. Le fabricant peut ensuite utiliser le présent document pour choisir les paramètres d'essai des équipements adaptés à la stratégie marketing choisie.

La Conférence Administrative Mondiale des Radiocommunications (CAMR) a réduit, en 1979, la limite de fréquence inférieure à 148,5 kHz pour la région 1. Pour les besoins des véhicules, les essais réalisés à 150 kHz sont considérés comme étant satisfaisants. Pour les besoins du présent document, les plages de fréquences d'essais ont été étendues pour couvrir les services de radiodiffusion dans les différentes parties du monde. La protection de la réception radio à des fréquences adjacentes peut être attendue dans la plupart des cas.

La technologie de radiocommunication développée pour être utilisée par les agences gouvernementales et les services d'urgence (forces de police, pompiers, ambulance/services de santé, etc.) n'est pas détaillée et les limites de protection fournies ne sont pas nécessairement applicables. Pour ces technologies, des limites et/ou des paramètres de mesure sont généralement convenus par le fabricant et les fournisseurs de service.

Les services mobiles jusqu'aux technologies 4G ont été pris en considération dans la présente édition. La technologie 5G et/ou tous les services mobiles en cours de développement n'ont pas été pris en considération en raison du manque d'informations établies concernant les bandes de fréquences et les limites.

Pour obtenir ce résultat, le présent document:

- établit une méthode d'essai pour la mesure des émissions électromagnétiques produites par le système électrique d'un véhicule;
- définit les limites des émissions électromagnétiques produites par le système électrique d'un véhicule;
- établit des méthodes pour soumettre à essai les composants et modules embarqués indépendamment du véhicule;

- définit les limites des émissions électromagnétiques émanant des composants en vue de protéger les récepteurs embarqués des perturbations potentielles;
- classe les équipements automobiles en fonction de la durée des perturbations qu'ils engendrent afin d'établir une échelle de niveaux.

NOTE Les essais des équipements ne sont pas destinés à remplacer les essais des véhicules. La corrélation exacte entre les essais des équipements et des véhicules dépend de la position de montage de l'équipement, de la longueur du faisceau, du montage et de la mise à la masse, ainsi que de la position de l'antenne. Les composants peuvent être évalués dans le cadre d'essais réalisés avant la mise en disponibilité du véhicule.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of CISPR 25:2021

VÉHICULES, BATEAUX ET MOTEURS À COMBUSTION INTERNE – CARACTÉRISTIQUES DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES – LIMITES ET MÉTHODES DE MESURE POUR LA PROTECTION DES RÉCEPTEURS EMBARQUÉS

1 Domaine d'application

Le présent document contient des limites et des procédures pour la mesure des perturbations radioélectriques dans la plage de fréquences de 150 kHz à 5 925 MHz. Le présent document s'applique aux véhicules, bateaux, moteurs à combustion interne, remorques, appareils et tout composant électronique/électrique destiné à être utilisé dans les véhicules, bateaux, remorques et appareils. Consulter les publications de l'Union Internationale des Télécommunications (UIT) pour plus d'informations sur les allocations de fréquences. Ces limites visent à protéger les récepteurs embarqués installés (conformément aux lignes directrices du fabricant) dans un véhicule contre les perturbations produites par les composants/modules dans le même véhicule.

Les types de récepteurs à protéger sont, par exemple, les récepteurs de radiodiffusion (son et télévision), de radiocommunications mobiles terrestres, de radiotéléphonie, de radioamateurs, de service radio de bande banalisée, de navigation par satellite (GPS, etc.), Wi-Fi, V2X et Bluetooth.

Le présent document ne traite pas de la protection des systèmes de commande électroniques contre les émissions de radiofréquences (RF) ou les fluctuations de tensions transitoires ou impulsionnelles. Ces sujets sont pris en compte dans des publications de l'ISO.

Les limites du présent document sont recommandées et sujettes à modification dans le cadre d'un accord entre le client (par exemple le fabricant de véhicules) et le fournisseur (par exemple le fabricant de composants). Le présent document est également destiné à être appliqué par les fabricants de véhicules et fournisseurs de composants et d'équipements destinés à être ajoutés et raccordés au faisceau du véhicule ou à une prise d'alimentation embarquée après livraison du véhicule.

Le présent document définit des méthodes d'essai à destination des constructeurs et fournisseurs de véhicules, en vue de les aider à concevoir les véhicules et les composants, et à maintenir à des niveaux acceptables les émissions de radiofréquences des équipements radioélectriques embarqués.

Les exigences d'émission du présent document ne sont pas destinées à être appliquées aux émissions intentionnelles d'un émetteur radio définies par l'UIT, y compris leurs émissions parasites.

NOTE 1 Cette exclusion est limitée aux émissions de l'émetteur prévues, produites par l'EUT sous forme d'émissions rayonnées et couplées à la ligne filaire dans le montage de mesure. Pour les émissions conduites à des fréquences produites intentionnellement par la partie radio d'un EUT, cette exclusion ne s'applique pas.

NOTE 2 Il est courant que les clients et les fournisseurs utilisent les normes de réglementation des radiocommunications pour gérer l'effet des émissions parasites d'un émetteur radio, à moins que les limites des émissions parasites ne soient convenues dans le plan d'essai.

2 Références normatives

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

IEC 61851-1:2017, *Système de charge conductive pour véhicules électriques – Partie 1: Exigences générales*

CISPR 16-1-1:2019, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-1: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Appareils de mesure*

CISPR 16-1-2:2014, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-2: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Dispositifs de couplage pour la mesure des perturbations conduites*
CISPR 16-1-2:2014/AMD1:2017

CISPR 16-1-6:2014, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-6: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Etalonnage des antennes CEM*
CISPR 16-1-6:2014/AMD1:2017

ISO 7637-3:2016, *Road vehicles – Electrical disturbances from conduction and coupling – Part 3: Electrical transient transmission by capacitive and inductive coupling via lines other than supply lines* (disponible en anglais seulement)

ISO 11452-4:2020, *Road vehicles – Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy – Part 4: Harness excitation methods* (disponible en anglais seulement)

SAE ARP 958.1 Rev D:2003-02, *Electromagnetic Interference Measurement Antennas; Standard Calibration Method* (disponible en anglais seulement)

3 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

cage de Faraday recouverte d'absorbants

ALSE

cage de Faraday dont les murs intérieurs et le plafond sont recouverts de matériaux absorbants RF

Note 1 à l'article: L'abréviation "ALSE" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Absorber Lined Shielded Enclosure".

3.2

facteur d'antenne

facteur qui, lorsqu'il est appliqué à la tension mesurée au niveau du connecteur d'entrée d'un récepteur de mesures, donne l'intensité du champ de l'antenne

3.3

système d'adaptation d'antenne

système permettant d'adapter l'impédance d'une antenne à celle d'un récepteur de mesure de 50 Ω sur toute la plage de fréquences de mesure de l'antenne

3.4

réseau fictif d'alimentation

AMN

réseau qui fournit une impédance définie à l'EUT aux fréquences radioélectriques, couple la tension perturbatrice au récepteur de mesure et découple le circuit d'essai du réseau d'alimentation

Note 1 à l'article: Il existe deux types fondamentaux d'AMN, le réseau en V (AMN en V) qui couple les tensions non symétriques et le réseau en triangle qui couple séparément les tensions symétriques et non symétriques. Les termes réseau de stabilisation d'impédance de ligne (RSIL) et réseau AMN en V sont utilisés indifféremment.

Note 2 à l'article: Réseau inséré dans le réseau d'alimentation électrique du véhicule en mode charge ou d'un équipement (par exemple chargeur) qui fournit, dans une plage de fréquences donnée, une impédance de charge spécifiée et qui isole le véhicule/composant du réseau d'alimentation électrique dans cette plage de fréquences.

Note 3 à l'article: L'abréviation "AMN" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Artificial Mains Network".

3.5

réseau fictif

AN

réseau inséré dans le circuit d'alimentation en énergie électrique ou dans les lignes de signaux et/ou de charge d'un appareil en essai, qui fournit, dans une plage de fréquences données, une impédance de charge spécifiée pour mesurer des tensions perturbatrices et qui peut aussi isoler l'appareil du réseau d'alimentation ou des sources de signaux et/ou de charge, aux fréquences de la plage donnée

Note 1 à l'article: Réseau inséré dans les lignes d'alimentation en courant continu du véhicule en mode charge qui fournit, dans une plage de fréquences donnée, une impédance de charge spécifiée et qui isole le véhicule de l'alimentation en courant continu dans cette plage de fréquences.

Note 2 à l'article: L'abréviation "AN" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Artificial Network".

3.6

réseau fictif asymétrique

AAN

réseau utilisé pour mesurer (ou injecter) des tensions asymétriques (en mode commun) sur des lignes de signal symétriques non blindées (par exemple de télécommunication) tout en réinjectant le signal symétrique (mode différentiel)

Note 1 à l'article: Ce réseau est inséré dans les lignes de communication/signal du véhicule en mode charge ou d'un composant (par exemple un chargeur) pour fournir une impédance de charge spécifique et/ou un découplage (par exemple entre le signal de télécommunication et le réseau électrique). Dans le présent document, un AAN est également utilisé pour les lignes symétriques.

Note 2 à l'article: L'abréviation "AAN" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Asymmetric Artificial Network".

3.7

largeur de bande

3.7.1

largeur de bande

<appareil> largeur de la bande de fréquences à l'intérieur de laquelle une caractéristique donnée d'un appareil ou d'une voie de transmission ne s'écarte pas d'une valeur de référence de plus d'une quantité spécifiée en valeur absolue ou relative

Note 1 à l'article: La caractéristique peut être, par exemple, la caractéristique amplitude/fréquence, la caractéristique phase/fréquence ou la caractéristique temps de propagation/fréquence.

[SOURCE: IEC 60050-161:2018, 161-06-09, modifié – Ajout de "d'un appareil ou" dans la définition] [5]

3.7.2

largeur de bande

<émission ou signal> largeur d'une bande de fréquences à l'extérieur de laquelle toute composante spectrale ne dépasse pas un pourcentage spécifié d'un niveau de référence

[SOURCE: IEC 60050-161:2018, 161-06-10] [5]

3.8

bateau

vaisseau destiné à être utilisé sur la surface de l'eau et dont la longueur ne dépasse pas 15 m, destiné à transporter des personnes ou des marchandises et équipé d'un moteur intérieur ou hors-bord

3.9

relié

<connexion à la masse et résistance en courant continu> connexion de mise à la masse ayant une résistance en courant continu ne dépasse pas 2,5 mΩ et qui fournit la connexion avec la plus faible impédance possible (résistance et inductance) entre deux pièces métalliques (voir 5.3 de la CISPR 16-2-1:2014/AMD1:2017)

Note 1 à l'article: Un milliohmètre 4 fils courant faible (≤ 100 mA) est recommandé pour cette mesure.

3.10

émission à large bande

émission dont la largeur de bande est supérieure à celle d'un appareil de mesure ou d'un récepteur donné

Note 1 à l'article: Une émission qui a un taux de répétition impulsionnelle (en Hz) inférieur à la largeur de bande d'un appareil de mesure spécifique peut aussi être considérée comme une émission à large bande.

3.11

mode de charge

un des quatre modes destinés à charger la batterie de traction décrits de 3.11.1 à 3.11.4

3.11.1

mode de charge 1

mode de charge tel que défini dans l'IEC 61851-1:2017, 6.2.1

Note 1 à l'article: Dans certains pays, le mode de charge 1 est interdit ou exige des précautions particulières.

3.11.2

mode de charge 2

mode de charge tel que défini dans l'IEC 61851-1:2017, 6.2.2 où le véhicule est raccordé à un réseau en courant alternatif à l'aide d'un câble de charge, comprenant un boîtier de système d'alimentation pour véhicule électrique (SAVE) assurant la signalisation du pilote de commande entre le véhicule et le boîtier SAVE et la protection individuelle contre les chocs électriques

Note 1 à l'article: Dans certains pays, des restrictions particulières sont appliquées pour le mode de charge 2.

Note 2 à l'article: Il n'y a pas de communication entre le véhicule et le réseau d'alimentation en courant alternatif (secteur).

3.11.3

mode de charge 3

mode de charge tel que défini dans l'IEC 61851-1:2017, 6.2.3, où le véhicule est raccordé à un SAVE (par exemple une borne de charge, un coffret mural) qui fournit une alimentation en courant alternatif au véhicule avec une communication entre le véhicule et la borne de charge (par l'intermédiaire de lignes de signal/commande et/ou de lignes de réseau câblé)

3.11.4

mode de charge 4

mode de charge tel que défini dans l'IEC 61851-1:2017, 6.2.4, où le véhicule est raccordé à un SAVE qui fournit une alimentation en courant continu au véhicule (avec un chargeur extérieur) avec une communication entre le véhicule et la borne de charge (par l'intermédiaire de lignes de signal/commande et/ou de lignes de réseau câblé)

3.12

classe

niveau de performance faisant l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur et mentionné dans le plan d'essai

3.13

point de compression

niveau du signal d'entrée pour lequel le gain d'un système de mesure devient non linéaire, de telle sorte que l'indication en sortie s'écarte, d'une valeur linéaire idéale que fournirait un système de réception, de l'incrément spécifié en dB

3.14

gestionnaire de réseau de communication

CAN

réseau décrit dans l'ISO 11898-1 qui raccorde des appareils, des capteurs et des actionneurs dans les systèmes

Note à l'article: L'abréviation "CAN" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Controller Area Network".

3.15

appareil

machine mue par un moteur à combustion interne et qui n'est pas principalement destinée à transporter des passagers ou des marchandises

Note 1 à l'article: Les appareils comprennent, sans se limiter à ceux-ci, les scies à chaîne, les pompes d'irrigation, les turbines à neige, les compresseurs d'air et le matériel d'aménagement paysager.

3.16

tension perturbatrice

tension produite entre deux points sur deux conducteurs distincts par une perturbation électromagnétique et mesurée dans des conditions spécifiées

3.17**véhicule électrique**

véhicule propulsé exclusivement par un ou plusieurs moteurs électriques qui sont alimentés par une ou plusieurs batteries de traction embarquées

Note 1 à l'article: Les véhicules équipés d'une source d'alimentation supplémentaire (par exemple un moteur à combustion auxiliaire, une pile à combustible) utilisée uniquement pour fournir de l'énergie électrique au moteur électrique/à la batterie de traction, sans participer à la propulsion mécanique du véhicule, sont considérés comme des véhicules électriques.

3.18**équipement en essai****EUT**

véhicule, bateau, appareil, composant, module ou moteur à combustion interne dans le sens du présent document

Note 1 à l'article: L'abréviation "EUT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Equipment Under Test".

3.19**véhicule hybride électrique**

véhicule propulsé par un ou plusieurs moteurs électriques et un moteur à combustion interne

Note 1 à l'article: Les deux systèmes de propulsion peuvent fonctionner de manière individuelle ou en mode combiné, en fonction du système hybride.

Note 2 à l'article: Les véhicules dont le moteur électrique est utilisé pour démarrer le moteur à combustion interne ne sont pas considérés comme des véhicules hybrides.

3.20**haute tension****HT**

tension de fonctionnement continue comprise entre 60 V et 1 000 V

Note 1 à l'article: Le terme haute tension peut être défini avec une plage de tensions différente dans d'autres normes.

3.21**réseau fictif haute tension****AN-HT**

réseau inséré dans la ligne en courant continu haute tension d'un appareil en essai, qui fournit, dans une plage de fréquences données, une impédance de charge spécifiée pour mesurer des tensions perturbatrices et qui peut aussi isoler l'appareil du réseau d'alimentation dans la plage de fréquences donnée

3.22**réseau fictif de charge en courant continu****AN de charge en courant continu**

réseau inséré dans la ligne en courant continu haute tension du véhicule en mode de charge qui fournit, dans une plage de fréquences donnée, une impédance de charge spécifiée et qui peut isoler le véhicule de la borne de charge en courant continu HT dans cette plage de fréquences

3.23**basse tension****BT**

tension de fonctionnement en courant continu inférieure à 60 V, par exemple tensions nominales de 12 V, 24 V ou 48 V

Note 1 à l'article: Le terme basse tension peut être défini avec une plage de tensions différente dans d'autres normes.

3.24

temps de mesure

durée effective et cohérente pour obtenir un résultat de mesure à une fréquence unique:

- pour le détecteur de crête, durée effective pour détecter le maximum de l'enveloppe de signal;
- pour le détecteur de quasi-crête, temps effectif pour mesurer la valeur maximale de l'enveloppe pondérée;
- pour le détecteur de valeur moyenne, le temps effectif pour moyenner l'enveloppe du signal.

3.25

émission à bande étroite

émission dont la largeur de bande est inférieure à celle d'un appareil de mesure ou d'un récepteur donné

Note 1 à l'article: Une émission qui a un taux de répétition impulsionnelle (en Hz) supérieur à la largeur de bande d'un appareil de mesure spécifique peut être aussi considérée comme une émission à bande étroite.

3.26

site d'essai en espace libre

OATS

installation utilisée pour les mesures des champs électromagnétiques, pour simuler un environnement semi-libre sur une plage de fréquences spécifiée utilisée pour les essais d'émissions rayonnées des produits

Note 1 à l'article: Un site OATS type se situe à l'extérieur dans un espace libre, son plan de masse étant conducteur. Cela est défini dans la CISPR 16-2-3.

Note 2 à l'article: L'abréviation "OATS" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Open Area Test Site".

3.27

courants porteurs en ligne

CPL

technique de communication reposant sur des schémas de modulation tolérants aux erreurs, qui permet de transmettre des informations superposées à la puissance électrique sur les lignes ou les câbles

3.28

plan de masse de référence

surface conductrice plate dont le potentiel est utilisé comme référence commune

Note 1 à l'article: Pour les besoins du présent document, le plan de masse de référence est défini comme la surface métallique supérieure du banc/de la table d'essai.

3.29

frontière RF

élément d'un montage d'essai CEM qui définit quelle partie du faisceau et/ou des périphériques est incluse dans l'environnement RF et quelle partie est exclue

Note 1 à l'article: Une frontière RF peut être constituée par exemple de réseaux fictifs, des broches de filtres de traversée, des câbles RF recouverts de matériau absorbant et/ou d'un blindage RF.

3.30

cage de Faraday

enceinte fermée par des parois métalliques pleines ou grillagées, destinée à séparer électromagnétiquement l'intérieur et l'extérieur

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-04-37, modifié – En anglais, le second terme préférentiel "screened room" a été omis] [5]

3.31**accès signal/commande**

accès destiné au raccordement de composants d'un EUT entre eux ou entre un EUT et un équipement associé (AE) local et utilisé conformément à ses spécifications fonctionnelles (par exemple la longueur maximale d'un câble qui lui est raccordé)

Note 1 à l'article: RS-232, le bus USB (Universal Serial Bus), l'interface HDMI (High-Definition Multimedia Interface), la norme IEEE 1394 ("FireWire") en sont des exemples.

Note 2 à l'article: Pour les véhicules en mode de charge, cela comprend le signal pilote de commande, la technologie CPL utilisée sur la ligne de signal pilote de commande et le CAN.

3.32**batteries de traction**

batteries à haute tension (HT) utilisées pour la propulsion des véhicules électriques ou hybrides électriques

3.33**plan de masse de référence de validation**

plan de masse de référence élevé de dimensions 2,5 m × 1 m qui est utilisé comme référence pour la modélisation décrite à l'Annexe I

Note 1 à l'article: Les dimensions du plan de masse de référence de validation et de la mise à la masse utilisée pendant la modélisation peuvent différer de celles qu'utiliserait un laboratoire pendant les mesures de l'EUT.

3.34**accès de réseau câblé**

accès pour le raccordement des transmissions de voix, de données et de signalisation destiné à interconnecter des systèmes très disséminés par une connexion directe à un réseau de communication mono- ou multiutilisateur

Note 1 à l'article: Par exemple CATV, RTCP, RNIS, xDSL, LAN et réseaux similaires.

Note 2 à l'article: Les accès de réseau câblé peuvent prendre en charge des câbles blindés ou non blindés et peuvent également transmettre l'alimentation en courant alternatif ou en courant continu s'il s'agit d'une partie intégrante de la spécification de télécommunication.

3.35**véhicule**

machine terrestre destinée à transporter des personnes ou des marchandises ou qui est conduite par une personne

Note 1 à l'article: Les véhicules comprennent, de manière non exhaustive, les voitures, les camions, les autobus, les cyclomoteurs, les machines agricoles, les engins de terrassement, les remorques, les équipements de manutention de matériaux, les équipements d'exploitation minière, les machines de traitement des sols, les machines de traitement des sols à conducteur accompagnant et les motoneiges.

3.36**socle de connecteur de véhicule****socle de connecteur de véhicule électrique**

partie du connecteur intégrée ou fixée au véhicule électrique ou au véhicule hybride (s'il en est équipé)

[SOURCE: IEC 62196-1:2014, 3.3.2, modifié – Ajout de "ou au véhicule hybride (s'il en est équipé)"]

4 Exigences communes pour les mesures des émissions sur les véhicules et sur les composants/modules

4.1 Exigences générales d'essai

4.1.1 Catégories de sources de perturbations (comme définies dans le plan d'essai)

Les sources de perturbations électromagnétiques peuvent être divisées en deux catégories:

- sources de perturbations à bande étroite (par exemple horloges, oscillateurs, logique numérique de microprocesseurs et d'affichages);
- sources à large bande (par exemple moteurs électriques et systèmes d'allumage).

NOTE 1 La plupart des véhicules et des équipements électriques et électroniques sont sources à la fois de perturbations à bande étroite et de perturbations à large bande, certains pouvant néanmoins être sources d'un seul type de perturbations.

NOTE 2 Les sources de perturbations à large bande peuvent être classées en perturbations à large bande de courte durée (par exemple pompe de lave-glace, rétroviseur extérieur, vitres électriques) et en perturbations à large bande de longue durée (par exemple moteur d'essuie-glace avant, ventilateur de chauffage, refroidissement du moteur).

Pour les besoins du présent document, la distinction entre les différents types de perturbations est faite uniquement dans le but de simplifier les essais, en réduisant potentiellement le nombre de détecteurs qui doivent être utilisés (c'est-à-dire en éliminant le détecteur de valeur moyenne si l'appareil est réputé être une source de perturbations à large bande, comme c'est le cas pour un moteur à courant continu à commutation avec balais). Si la nature des perturbations est inconnue, le présent document exige que les sources satisfassent aux limites spécifiées non pas pour les différents types de perturbations, mais pour chacun des deux types de détecteurs.

4.1.2 Plan d'essai

Un plan d'essai doit être établi pour chaque équipement à soumettre à essai. Le plan d'essai doit spécifier:

- la plage de fréquences d'essai;
- les limites d'émission;
- le type et la position des antennes;
- les exigences concernant le rapport d'essai;
- la tension d'alimentation et les autres paramètres pertinents, y compris les conditions de fonctionnement de l'EUT telles que décrites en 4.1.4.

Le plan d'essai doit indiquer, pour chaque bande de fréquences, si la conformité de l'appareil en essai peut être établie en utilisant des limites moyennes et des limites de crête ou des limites moyennes et des limites de quasi-crête.

4.1.3 Détermination de la conformité aux limites de l'appareil en essai (EUT)

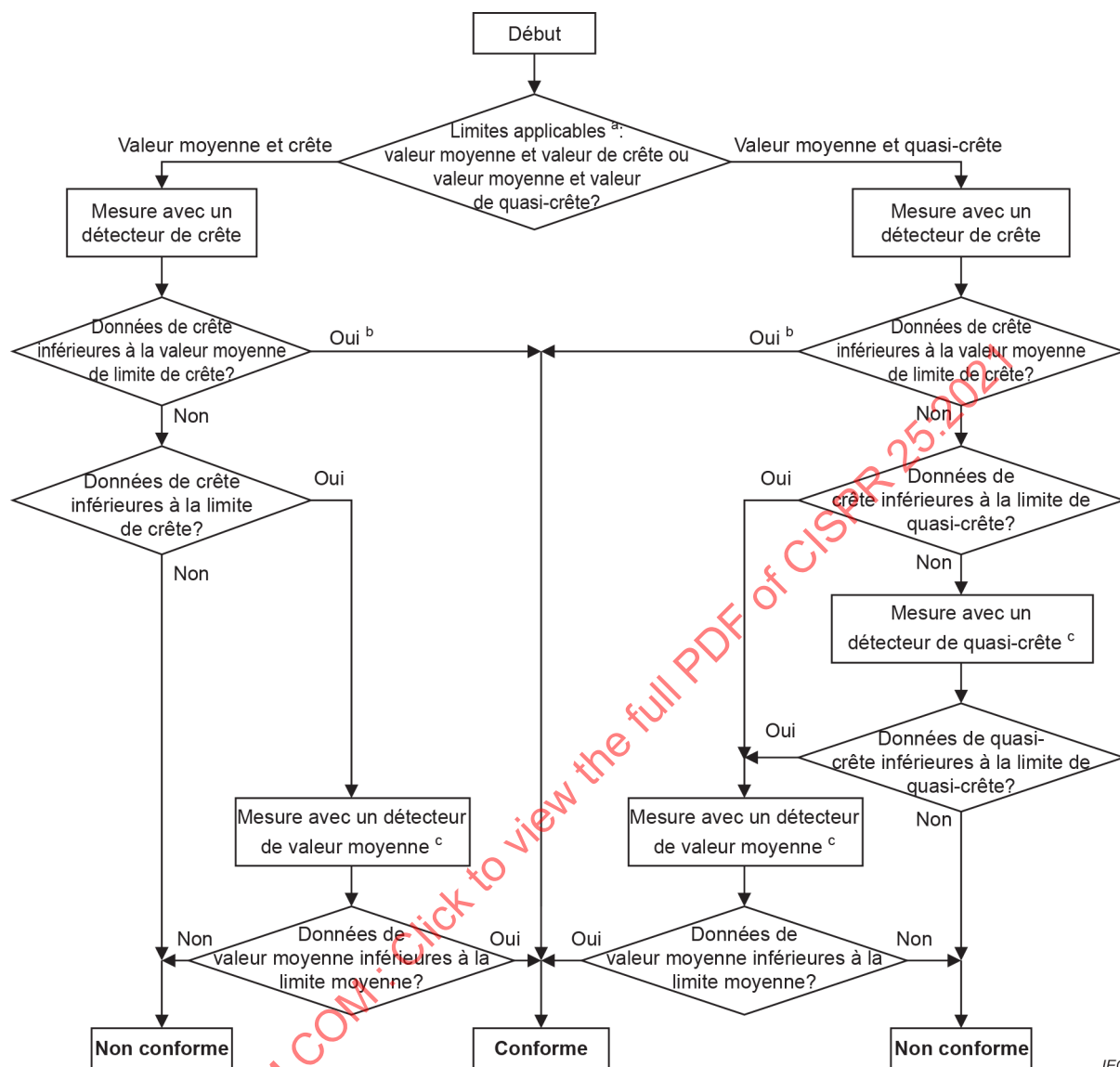
Dans tous les cas, l'EUT doit être conforme à la limite moyenne.

L'EUT doit également être conforme soit à la limite crête, soit à la limite quasi-crête, conformément aux indications ci-dessous:

- pour les fréquences pour lesquelles les limites de crête et de quasi-crête sont définies, l'EUT doit être conforme à l'une ou à l'autre (comme spécifiées dans le plan d'essai);
- pour les fréquences pour lesquelles seule la limite de crête est définie, l'EUT doit être conforme à celle-ci.

La procédure générale applicable pour toutes les bandes de fréquences est décrite à la Figure 1.

Les limites spécifiées dans le présent document tiennent compte de l'incertitude.



IEC

^a La conformité peut normalement être obtenue en respectant à la fois les limites moyennes et de crête ou à la fois les limites moyennes et de quasi-crête, sauf si le plan d'essai définit que la conformité peut être obtenue par le respect de la limite unique appropriée (*limite de crête, moyenne ou de quasi-crête, suivant le cas*).

^b Sachant que les mesures effectuées à l'aide d'un détecteur de crête sont toujours supérieures ou égales à celles effectuées à l'aide d'un détecteur de valeur moyenne et que la limite de crête applicable est toujours supérieure ou égale à la limite moyenne, le processus de détermination de la conformité peut être simplifié et raccourci en ne procédant qu'à une seule mesure à l'aide d'un détecteur de crête.

^c Cet organigramme est valable pour chaque fréquence individuelle, par exemple seules les fréquences supérieures à la limite applicable doivent être remesurées avec un détecteur de quasi-crête ou un détecteur de valeur moyenne.

Figure 1 – Méthode de détermination de la conformité pour l'ensemble des bandes de fréquences

4.1.4 Conditions de fonctionnement

Des conditions différentes de fonctionnement de l'EUT peuvent influencer les résultats de mesure d'émission.

Pendant les essais sur équipements/modules, l'EUT doit fonctionner dans les conditions nominales de charge et de fonctionnement sur le véhicule afin de produire les niveaux d'émission maximaux. Les conditions de fonctionnement doivent être spécifiées dans le plan d'essai.

Afin d'assurer un fonctionnement correct des équipements/modules pendant l'essai, un périphérique d'interface simulant l'installation dans le véhicule doit être utilisé. Selon les modes de fonctionnement prévus, tous les câbles de capteur et d'actionneur importants de l'EUT doivent être raccordés à un périphérique d'interface. Le périphérique d'interface doit être en mesure de faire fonctionner l'EUT conformément au plan d'essai.

Le périphérique d'interface peut être placé à l'intérieur ou à l'extérieur de la cage de Faraday. S'il est placé à l'intérieur de la cage de Faraday, les niveaux de perturbation produits par le périphérique d'interface doivent être au moins inférieurs de 6 dB aux limites d'essais spécifiées dans le plan d'essai.

4.1.5 Rapport d'essai

Le rapport doit contenir les informations qui ont fait l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur, par exemple:

- l'identification de l'échantillon;
- l'heure et la date de l'essai;
- la largeur de bande;
- la taille des pas,
- la limite d'essai exigée;
- les données ambiantes et les données d'essai.

4.2 Cage de Faraday

Le niveau de bruit électromagnétique ambiant doit être inférieur d'au moins 6 dB aux limites spécifiées dans le plan d'essai pour chacun des essais qui doivent être effectués. L'efficacité du blindage de la cage de Faraday doit être suffisante pour garantir que l'exigence en matière de niveau de bruit électromagnétique ambiant soit satisfaite.

NOTE Malgré la présence d'énergie réfléchie à l'intérieur de la cage de Faraday, elle est d'une importance faible pour la mesure des perturbations conduites du fait du couplage direct de l'appareillage de mesure aux conducteurs de l'EUT. La cage de Faraday peut se présenter tout simplement sous la forme d'une cage-écran placée sur le banc et reliée à la masse de manière appropriée.

4.3 Cage de Faraday recouverte d'absorbants (ALSE)

4.3.1 Généralités

Pour les mesures d'émissions rayonnées, l'énergie réfléchie peut provoquer des erreurs pouvant atteindre 20 dB. C'est la raison pour laquelle il est nécessaire d'appliquer des matériaux absorbants RF sur les murs et le plafond d'une cage de Faraday destinée à être utilisée pour les mesures d'émissions rayonnées.

Les exigences suivantes concernant l'ALSE doivent également être satisfaites pour mesurer les émissions RF rayonnées.

4.3.2 Taille

Pour les essais d'émissions rayonnées, la cage de Faraday doit être de taille suffisante pour assurer ce qui suit: ni le véhicule/EUT ni l'antenne d'essai (sauf la partie arrière de l'antenne cornet) ne doivent se situer à moins de 1 m des murs, du plafond et de la surface la plus proche des matériaux absorbants utilisés.

4.3.3 Objets dans l'ALSE

Pour les mesures d'émissions rayonnées en particulier, tout élément qui n'est pas pertinent pour les essais doit être retiré de l'ALSE. Cela est exigé pour réduire le plus possible les effets que peuvent avoir ces éléments. Cette exigence s'applique à tous les appareils non nécessaires, aux chemins de câbles, aux armoires de stockage, aux bureaux, aux chaises, etc. Le personnel non directement impliqué dans les essais doit être exclu de l'ALSE.

4.3.4 Validation des performances de l'ALSE

4.3.4.1 ALSE de véhicules

Les performances du matériau absorbant doivent être supérieures ou égales à 6 dB dans la plage de fréquences comprise entre 70 MHz et 5 925 MHz.

Aucun matériau absorbant ne doit être placé sur le sol pour les essais de niveaux de véhicules.

NOTE Une méthode d'essai est décrite dans l'IEEE STD 1128-1998 [4] ¹.

4.3.4.2 ALSE de composants

Les performances du matériau absorbant doivent être supérieures ou égales à 6 dB dans la plage de fréquences comprise entre 70 MHz et 5 925 MHz.

Pour les essais de composants, aucun matériau absorbant ne doit être placé sur le sol, mais des dalles de ferrite plates de 25 mm d'épaisseur maximale peuvent être utilisées sur le sol pour les essais au niveau de composants si les performances de la chambre dans cette configuration satisfont aux exigences de l'Annexe I.

NOTE Une méthode d'essai est décrite dans l'IEEE STD 1128-1998 [4].

La procédure de validation des performances de l'ALSE décrite à l'Annexe I doit être utilisée pour évaluer les performances de l'ALSE telle que configurée en 6.5 pour les essais des émissions rayonnées des composants. Cette procédure de vérification des performances évalue les influences de la chambre, du matériau absorbant, du plan de masse de référence, de la mise à la masse du plan de masse de référence et de toute autre cause potentielle de variations de mesures.

4.4 Instrument de mesure

4.4.1 Généralités

L'instrument de mesure (y compris les instruments à FFT) doit satisfaire aux exigences de la CISPR 16-1-1. Un balayage en fréquence manuel ou automatique peut être utilisé. Pour les limites indiquées dans le présent document, le détecteur de valeur moyenne approprié est le détecteur linéaire avec les constantes de temps définies dans la CISPR 16-1-1.

NOTE 1 Les analyseurs de spectre et les récepteurs à balayage sont particulièrement utiles pour les mesures de perturbations. Le mode de détection crête des analyseurs de spectre et des récepteurs à balayage fournit une indication qui n'est jamais inférieure à l'indication en mode quasi-crête, cela pour une même largeur de bande. Il peut être pratique de mesurer les émissions à l'aide de la détection de crête compte tenu du balayage plus rapide en détection de crête qu'en détection de quasi-crête.

NOTE 2 Un préamplificateur peut être utilisé entre l'antenne et l'instrument de mesure afin de satisfaire à l'exigence de bruit ambiant de 6 dB (voir 4.2). Si un préamplificateur est utilisé pour satisfaire à l'exigence de bruit ambiant de 6 dB, le laboratoire établit une procédure afin d'éviter de surcharger le préamplificateur (à l'aide d'un atténuateur à échelons, par exemple).

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

4.4.2 Paramètres de l'analyseur de spectre

La valeur du temps de balayage de l'analyseur de spectre doit être réglée en fonction de la bande de fréquences de mesure du CISPR et du mode de détection utilisé.

Pour évaluer la conformité au présent document, des analyseurs de spectre peuvent être utilisés, à condition que les précautions formulées dans la CISPR 16-1-1 quant à l'utilisation des analyseurs de spectre soient respectées et que les émissions à large bande par le produit soumis à essai aient un taux de répétition impulsionnelle supérieur à 20 Hz.

La durée minimale de balayage dans le Tableau 1 s'applique uniquement pour la mesure des émissions lorsque l'intervalle de répétition impulsionnelle est inférieur au temps d'observation minimal à chaque fréquence sur la base d'une taille des pas égale à la moitié de la largeur de bande de résolution, B_{res} . Pour la mesure des signaux avec un intervalle de répétition impulsionnelle supérieur au temps d'observation minimal et pour la mesure des signaux intermittents, la durée minimale de balayage doit être augmentée.

Si l'intervalle de répétition impulsionnelle du signal est connu, le balayage doit avoir lieu avec une durée de balayage permettant un temps d'observation à chaque fréquence supérieur à la réciproque de la fréquence de répétition impulsionnelle du signal.

En guise d'alternative, plusieurs balayages plus rapides avec une fonction de maintien maximal peuvent être utilisés si la durée de balayage totale est supérieure ou égale au temps qui se serait écoulé en utilisant la durée de balayage minimale définie dans le Tableau 1. L'équation suivante peut être utilisée pour calculer la durée de balayage minimale pour plusieurs balayages.

$$T_{\text{s,min}} \geq 2 \times \frac{\Delta f}{B_{\text{res}}} \quad (1)$$

où

$T_{\text{s,min}}$ est la durée de balayage minimale pour plusieurs balayages;

Δf est la plage de fréquences;

B_{res} est la largeur de bande de résolution (RBW).

Pour des recommandations supplémentaires relatives à la mesure de la durée des perturbations et la détermination de la durée de balayage minimale, voir la CISPR 16-2-1 et la CISPR 16-2-3 [7].

Tableau 1 – Paramètres de l'analyseur de spectre

Service/Bande	Plage de fréquences MHz	Détecteur de crête		Détecteur de quasi-crête		Détecteur de valeur moyenne	
		RBW à -3 dB	Temps de balayage minimal	RBW à -6 dB	Temps de balayage minimal	RBW à -3 dB	Temps de balayage minimal
Services de diffusion analogiques							
LW	0,15 à 0,30	9 kHz à 10 kHz	10 s/MHz	9 kHz à 10 kHz	200 s/MHz	9 kHz à 10 kHz	10 s/MHz
MW	0,53 à 1,8						
SW	5,9 à 6,2						
FM	76 à 108	100 à 120 kHz	100 ms/MHz	100 à 120 kHz	20 s/MHz	100 kHz à 120 kHz	100 ms/MHz
Bande TV I	41 à 88						
Bande TV III	174 à 230						
Bande TV IV	470 à 944						
Services de diffusion numérique							
DAB III	167 à 245	1 MHz	100 ms/MHz	Ne s'applique pas		1 MHz	100 ms/MHz
Bande TV III	174 à 230						
TNT	470 à 770						
Bande DAB L	1 447 à 1 494						
SDARS	2 320 à 2 345						
Services mobiles							
CB	26 à 28	9 kHz à 10 kHz	10 s/MHz	9 kHz à 10 kHz	200 s/MHz	9 kHz à 10 kHz	10 s/MHz
VHF	30 à 54	100 kHz à 120 kHz	100 ms/MHz	100 kHz à 120 kHz	20 s/MHz	100 kHz à 120 kHz	100 ms/MHz
VHF	68 à 87						
VHF	142 à 175						
UHF analogique	380 à 512						
RKE et TPMS 1	300 à 330						
RKE et TPMS 2	420 à 450						
UHF analogique	820 à 960						
GPS L5	1 156,45 à 1 196,45	Ne s'applique pas				9 kHz à 10 kHz	1 s/MHz
BDS, B1I	1 553,098 à 1 569,089						
GPS L1	1 567,42 à 1 583,42						
GLONASS L1	1 590,781 à 1 616,594						
Wi-Fi/Bluetooth	2 402 à 2 494	1 MHz	100 ms/MHz	Ne s'applique pas		1 MHz	100 ms/MHz
Wi-Fi	5 150 à 5 350						
Wi-Fi	5 470 à 5 725						
V2X (Wi-Fi)	5 850 à 5 925						

Service/Bande	Plage de fréquences MHz	Détecteur de crête		Détecteur de quasi-crête		Détecteur de valeur moyenne	
		RBW à -3 dB	Temps de balayage minimal	RBW à -6 dB	Temps de balayage minimal	RBW à -3 dB	Temps de balayage minimal
Services de téléphonie mobile numérique							
2G	a)	100 à 120 kHz	100 ms/ MHz	Ne s'applique pas		100 kHz à 120 kHz	100 ms/ MHz
3G		1 MHz	100 ms/ MHz	Ne s'applique pas		1 MHz	100 ms/ MHz
4G							
5G							
a) Les bandes de fréquences associées à ces technologies sont détaillées dans les tableaux des limites.							

Lorsqu'un analyseur de spectre est utilisé pour des mesures, la largeur de bande vidéo doit être au moins égale à trois fois la largeur de bande de résolution (RBW).

4.4.3 Paramètres du récepteur à balayage

Le temps de mesure du récepteur à balayage doit être réglé en fonction de la bande de fréquences de mesure du CISPR et du mode de détection utilisé. Le temps de mesure minimal, la taille des pas maximale et la largeur de bande recommandée (BW) sont indiqués dans le Tableau 2.

Le temps de mesure minimal du Tableau 2 s'applique uniquement pour la mesure des émissions lorsque l'intervalle de répétition impulsionnelle du signal est inférieur au temps de mesure minimal du Tableau 2. Pour la mesure des signaux avec un intervalle de répétition impulsionnelle supérieur au temps de mesure minimal indiqué dans le Tableau 2 et pour la mesure des signaux intermittents, le temps de mesure minimal doit être augmenté.

Si l'intervalle de répétition impulsionnelle du signal est connu, le balayage doit être effectué avec un temps de mesure qui est supérieur à la réciproque de la fréquence de répétition impulsionnelle du signal.

Lors de l'utilisation d'instruments à FFT, il convient que le temps de mesure minimal soit de 1 s.

Pour des recommandations supplémentaires relatives à la mesure de la durée des perturbations et la détermination du temps de mesure minimal, voir la CISPR 16-2-1 et la CISPR 16-2-3 [7].

Tableau 2 – Paramètres du récepteur à balayage

Service/Bande	Plage de fréquences MHz	Détecteur de crête			Détecteur de quasi-crête			Détecteur de valeur moyenne		
		RBW à -6 dB	Taille des pas max.	Temps de mesure minimal	RBW à -6 dB	Taille des pas max.	Temps de mesure minimal	RBW à -6 dB	Taille des pas max.	Temps de mesure minimal
Services de diffusion analogiques										
LW	0,15 à 0,30	9 kHz	5 kHz	50 ms	9 kHz	5 kHz	1 s	9 kHz	5 kHz	50 ms
MW	0,53 à 1,8									
SW	5,9 à 6,2									
FM	76 à 108	120 kHz	50 kHz	5 ms	120 kHz	50 kHz	1 s	120 kHz	50 kHz	5 ms
Bande TV I	41 à 88									
Bande TV III	174 à 230									
Bande TV IV	470 à 944									
Services de diffusion numérique										
DAB III	167 à 245	1 MHz	500 kHz	50 ms	Ne s'applique pas			1 MHz	500 kHz	50 ms
Bande TV III	174 à 230									
TNT	470 à 770									
Bande DAB L	1 447 à 1 494									
SDARS	2 320 à 2 345									
Services mobiles										
CB	26 à 28	9 kHz	5 kHz	50 ms	9 kHz	5 kHz	1 s	9 kHz	5 kHz	50 ms
VHF	30 à 54	120 kHz	50 kHz	5 ms	120 kHz	50 kHz	1 s	120 kHz	50 kHz	5 ms
VHF	68 à 87									
VHF	142 à 175									
UHF analogique	380 à 512									
RKE et TPMS 1	300 à 330									
RKE et TPMS 2	420 à 450									
UHF analogique	820 à 960									
GPS L5	1 156,45 à 1 196,45	Ne s'applique pas						9 kHz	5 kHz	5 ms
BDS, B1I	1 553,098 à 1 569,089									
GPS L1	1 567,42 à 1 583,42									
GLONASS L1	1 590,781 à 1 616,594									
Wi-Fi/Bluetooth	2 402 à 2 494	1 MHz	500 kHz	50 ms	Ne s'applique pas			1 MHz	500 kHz	50 ms
Wi-Fi	5 150 à 5 350									
Wi-Fi	5 470 à 5 725									
V2X (Wi-Fi)	5 850 à 5 925									

Service/Bande	Plage de fréquences MHz	Détecteur de crête			Détecteur de quasi-crête			Détecteur de valeur moyenne		
		RBW à -6 dB	Taille des pas max.	Temps de mesure minimal	RBW à -6 dB	Taille des pas max.	Temps de mesure minimal	RBW à -6 dB	Taille des pas max.	Temps de mesure minimal
Services de téléphonie mobile numérique										
2G	a)	120 kHz	50 kHz	5 ms	Ne s'applique pas			120 kHz	50 kHz	5 ms
3G		1 MHz	500 kHz	50 ms	Ne s'applique pas			1 MHz	500 kHz	50 ms
4G										
5G										
a) Les bandes de fréquences associées à ces technologies sont détaillées dans les tableaux des limites.										

4.5 Alimentation électrique

4.5.1 Généralités

L'alimentation électrique doit disposer d'une régulation adéquate pour maintenir la tension d'alimentation, U_s , dans les plages spécifiées en 4.5.2, en 4.5.3, en 4.5.4, en 4.5.5 et en 4.5.6.

4.5.2 Véhicule à moteur à combustion interne – contact mis, moteur à l'arrêt

La tension de la batterie du véhicule doit être enregistrée avant et après la mesure, contact coupé et batterie débranchée du réseau électrique du véhicule. Les valeurs doivent se situer dans les limites suivantes:

$$U_s = \begin{pmatrix} 12 \\ +2 \\ -1 \end{pmatrix} \text{ V pour les circuits avec une tension d'alimentation nominale de 12 V;}$$

$$U_s = \begin{pmatrix} 24 \\ +4 \\ -2 \end{pmatrix} \text{ V pour les circuits avec une tension d'alimentation nominale de 24 V;}$$

$$U_s = \begin{pmatrix} 48 \\ +8 \\ -4 \end{pmatrix} \text{ V pour les circuits avec une tension d'alimentation nominale de 48 V.}$$

4.5.3 Véhicule à moteur à combustion interne – moteur en marche

La tension de la batterie du véhicule doit être enregistrée avant et après la mesure, moteur au ralenti et batterie branchée au réseau électrique du véhicule. Les valeurs doivent se situer dans les limites suivantes:

$$U_s = \begin{pmatrix} 13 \\ +3 \\ -0 \end{pmatrix} \text{ V pour les circuits avec une tension d'alimentation nominale de 12 V;}$$

$$U_s = \begin{pmatrix} 26 \\ +6 \\ -0 \end{pmatrix} \text{ V pour les circuits avec une tension d'alimentation nominale de 24 V;}$$

$$U_s = \begin{pmatrix} 48 \\ +8 \\ -0 \end{pmatrix} \text{ V pour les circuits avec une tension d'alimentation nominale de 48 V.}$$

NOTE La plupart des essais sur véhicule sont réalisés moteur arrêté, mais avec le contact mis. Par conséquent, s'assurer que la batterie est suffisamment chargée. Un enregistrement permanent de la tension de la batterie peut être mis en œuvre pendant les mesures en tant qu'information complémentaire.

4.5.4 Véhicule électrique hybride ou électrique rechargeable en mode de charge

En cas de charge en courant alternatif, la tension d'alimentation en courant alternatif pendant l'essai doit être la tension nominale – 15 %/+ 10 %. La valeur assignée de la fréquence doit être la fréquence nominale ± 1 %.

L'état de charge (SOC) de la batterie de traction doit être maintenu entre 20 % et 80 % du SOC maximal sur l'ensemble de la mesure de plage de fréquences (ce qui peut mener à diviser la mesure en différentes sous-bandes avec la nécessité de décharger la batterie de traction du véhicule avant de démarrer les sous-bandes suivantes).

Si la consommation de courant peut être ajustée en cas de charge conductive, le courant doit être réglé à au moins 80 % de sa valeur assignée maximale pour la charge en courant alternatif.

Si la consommation de courant peut être ajustée en cas de charge conductive, le courant doit être réglé à au moins 80 % de sa valeur assignée maximale pour la charge en courant continu, sauf si une autre valeur a été convenue dans le plan d'essai.

Dans le cas de batteries multiples, il convient de prendre en considération la valeur moyenne du SOC.

La tension de la batterie du véhicule doit être enregistrée avant et après la mesure en mode de charge et avec la batterie branchée au réseau électrique du véhicule. Les valeurs doivent se situer dans les limites suivantes:

$$U_s = \begin{pmatrix} 14 \\ +1 \\ -1 \end{pmatrix} \text{ V pour les circuits avec une tension d'alimentation nominale de 12 V;}$$

$$U_s = \begin{pmatrix} 24 \\ +4 \\ -2 \end{pmatrix} \text{ V pour les circuits avec une tension d'alimentation nominale de 24 V.}$$

4.5.5 Véhicule électrique hybride ou électrique en mode en marche

La tension de la batterie du véhicule doit être enregistrée avant et après la mesure en mode en marche et la batterie branchée au réseau électrique du véhicule. Les valeurs doivent se situer dans les limites suivantes:

$$U_s = \begin{pmatrix} 14 \\ +1 \\ -1 \end{pmatrix} \text{ V pour les circuits avec une tension d'alimentation nominale de 12 V;}$$

$$U_s = \begin{pmatrix} 24 \\ +4 \\ -2 \end{pmatrix} \text{ V pour les circuits avec une tension d'alimentation nominale de 24 V.}$$

4.5.6 Essais composants/modules

La tension d'alimentation en courant continu pendant l'essai doit être la tension nominale ± 10 %.

La tension d'alimentation en courant alternatif pendant l'essai doit être la tension nominale – 15 %/+ 10 %. La valeur assignée de la fréquence doit être la fréquence nominale ± 1 %.

Sauf indication contraire dans le plan d'essai, les valeurs ci-dessous doivent être utilisées.

$$U_s = \begin{pmatrix} 13^{+1} \\ -1 \end{pmatrix} \text{ V pour les circuits avec une tension d'alimentation nominale de 12 V}$$

$$U_s = \begin{pmatrix} 26^{+2} \\ -2 \end{pmatrix} \text{ V pour les circuits avec une tension d'alimentation nominale de 24 V}$$

$$U_s = \begin{pmatrix} 48^{+4} \\ -4 \end{pmatrix} \text{ V pour les circuits avec une tension d'alimentation nominale de 48 V}$$

L'alimentation doit également être filtrée de manière adéquate afin que le bruit RF produit par l'alimentation soit inférieur d'au moins 6 dB aux limites spécifiées dans le plan d'essai.

Une batterie de véhicule doit être raccordée en parallèle sur l'alimentation lorsque cela est spécifié dans le plan d'essai.

5 Mesure des émissions reçues par une antenne située sur le même véhicule

5.1 Généralités

L'essai doit être effectué dans une ALSE.

5.2 Système de mesure d'antenne

5.2.1 Type d'antenne

Une antenne similaire à celle qui doit équiper le véhicule doit être utilisée comme antenne de mesure pour les bandes pour lesquelles elle a été conçue pour la réception radio.

Si aucune antenne ne doit être fournie avec le véhicule, les types d'antennes indiqués dans le Tableau 3 doivent être utilisés pour l'essai. Le type et la position de l'antenne doivent être indiqués dans le plan d'essai.

Si une antenne active est utilisée, le bruit de fond du signal mesuré au connecteur d'antenne radio peut augmenter (voir également la note en 5.5).

Tableau 3 – Types d'antennes

Fréquence MHz	Type d'antenne
0,15 à 6,2	Unipolaire 1 m
26 à 54	Unipolaire 1/4 d'onde chargé
68 à 1 000	Unipolaire 1/4 d'onde
1 000 à 5 925	Se conformer aux recommandations du constructeur de véhicules

5.2.2 Exigences pour les systèmes de mesure

5.2.2.1 Bandes de radiodiffusion

5.2.2.1.1 Généralités

Pour chaque bande, la mesure doit être effectuée avec des instruments présentant les caractéristiques spécifiées ci-dessous.

5.2.2.1.2 Radiodiffusion analogique en modulation d'amplitude

Grandes ondes (0,15 MHz à 0,3 MHz)

Ondes moyennes (0,53 MHz à 1,8 MHz)

Ondes courtes (5,9 MHz à 6,2 MHz)

Le système de mesure composé d'un élément d'antenne, d'un système d'adaptation d'antenne, d'un ou de plusieurs câbles coaxiaux et d'un préamplificateur, si utilisé, doit avoir les caractéristiques suivantes:

- le bruit de fond du système de mesure doit être d'au moins 6 dB inférieur aux limites applicables.

Système d'adaptation d'antenne:

- l'impédance d'entrée doit avoir une résistance minimale de 100 k Ω en parallèle avec une capacité maximale de 10 pF;
- impédance de sortie: 50 Ω , résistive;
- gain: le gain (ou l'affaiblissement) doit être connu avec une exactitude de $\pm 0,5$ dB. Le gain doit rester dans une enveloppe de 6 dB pour chaque bande de fréquences comme représenté à la Figure 2. La vérification doit être effectuée conformément à l'Annexe B;

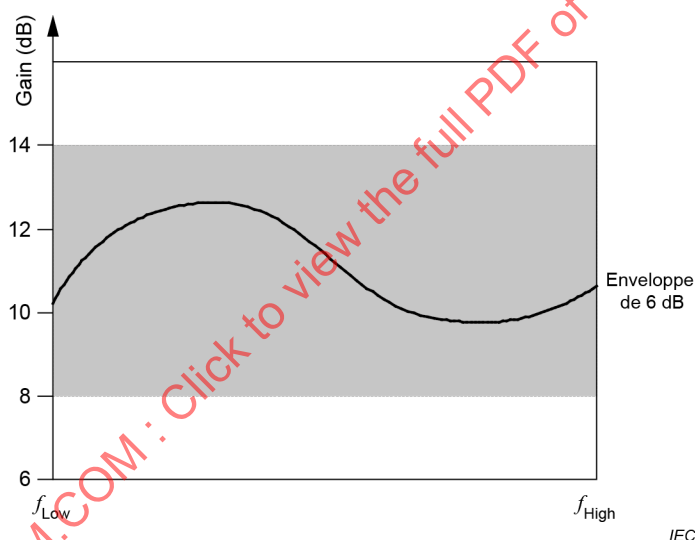


Figure 2 – Exemple de courbe de gain

- point de compression: le point de compression à 1 dB doit se produire à un niveau de tension sinusoïdale (niveau de sortie du générateur) supérieur à 60 dB(μ V). La vérification doit être effectuée conformément à l'Annexe B.

5.2.2.1.3 Diffusion analogique FM et TV et diffusion numérique DAB

Les mesures doivent être réalisées avec un instrument de mesure présentant une impédance d'entrée de 50 Ω . Si le rapport d'onde stationnaire (ROS) de l'antenne est supérieur à 2:1, un réseau d'adaptation en entrée doit être utilisé. Une correction appropriée doit être faite pour tout affaiblissement/gain du système d'adaptation.

5.2.2.2 Services mobiles (26 MHz à 5 925 MHz) et services de téléphonie mobile numérique (2G, 3G, 4G, 5G)

Les mesures doivent être réalisées avec un instrument de mesure présentant une impédance d'entrée de 50 Ω . Si le rapport d'onde stationnaire (ROS) de l'antenne est supérieur à 2:1, un réseau d'adaptation en entrée doit être utilisé. Une correction appropriée doit être faite pour tout affaiblissement/gain du système d'adaptation.

5.3 Méthode de mesure

La tension perturbatrice doit être mesurée à l'extrémité du câble coaxial d'antenne à raccorder au récepteur en utilisant comme référence le contact de masse du connecteur du câble coaxial d'antenne. Le connecteur du câble coaxial d'antenne doit être raccordé à la masse du boîtier de l'équipement radioélectrique embarqué. Le boîtier de l'équipement radioélectrique doit être relié à la masse du véhicule par l'intermédiaire du faisceau de production. Un connecteur de traversée de cloison coaxial doit être utilisé pour la connexion au récepteur de mesure à l'extérieur de la cage de Faraday. Dans le cas d'une antenne de véhicule active alimentée par la radio par l'intermédiaire du câble d'antenne (circuit fantôme), un réseau de découplage similaire à celui utilisé dans la radio doit être installé au niveau du connecteur d'antenne pour alimenter l'antenne active à partir de la tension d'alimentation du véhicule.

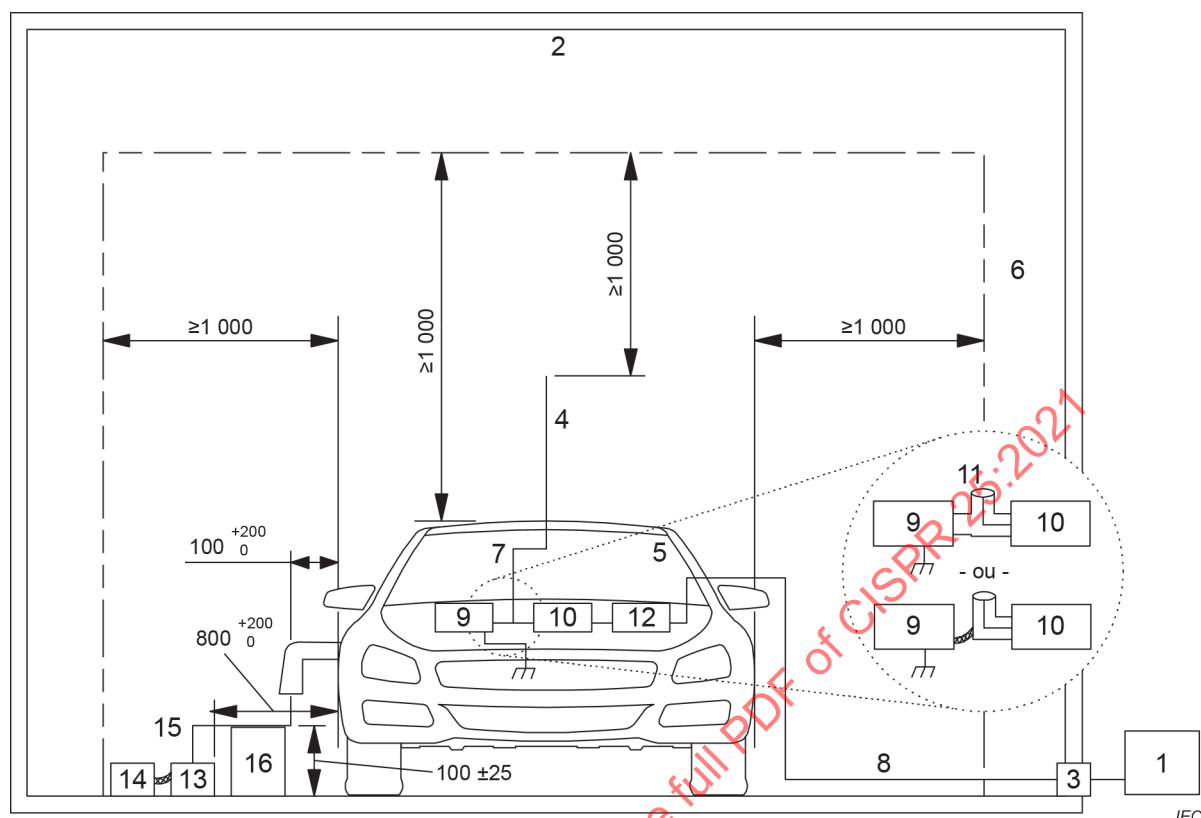
Lorsque des mesures sont réalisées dans les bandes AM (LW, MW, SW), la masse du véhicule/système d'adaptation et la masse de l'ALSE doivent être isolées électriquement l'une de l'autre, par exemple au moyen d'un transformateur d'isolement, d'un filtre de courant de gaine, d'un instrument de mesure alimenté par batterie, de fibres optiques, etc. Une correction appropriée doit être appliquée pour l'affaiblissement d'insertion de tout réseau d'isolation (voir Annexe C pour un exemple de filtre de courant de gaine).

L'utilisation d'un câble coaxial de qualité supérieure (par exemple un câble à double blindage) est recommandée pour la connexion à l'instrument de mesure, de même que l'utilisation d'anneaux en ferrite sur le câble pour la suppression des courants de surface.

Certains véhicules peuvent permettre de monter un récepteur en plusieurs endroits (par exemple sous le tableau de bord, sous le siège, etc.). Dans ces cas, un essai doit être effectué conformément aux spécifications fixées dans le plan d'essai pour chaque emplacement de récepteur.

Le montage d'essai est décrit à la Figure 3.

Dimensions en millimètres



Légende

- 1 Instrument de mesure
- 2 ALSE
- 3 Connecteur de traversée de cloison
- 4 Antenne (voir 5.2)
- 5 Véhicule
- 6 Matériau absorbant type
- 7 Câble coaxial d'antenne
- 8 Câble coaxial de qualité supérieure, par exemple à double blindage (50 Ω)
- 9 Boîtier de l'équipement radioélectrique embarqué
- 10 Système d'adaptation d'impédance (si cela est exigé)
- 11 Connecteur coaxial en "T" modifié
- 12 Réseau d'isolation des masses pour les bandes de radiodiffusion AM (si cela est exigé)
- 13 Réseau fictif d'alimentation (uniquement pour la configuration du mode charge)
- 14 Réseau électrique (uniquement pour la configuration du mode charge)
- 15 Faisceau de charge (uniquement pour la configuration du mode charge)
- 16 Support isolant (uniquement pour la configuration du mode charge)

Figure 3 – Exemple de montage d'essai – Emissions rayonnées par le véhicule (vue de face avec antenne unipolaire)

5.4 Montage d'essai pour le véhicule en mode de charge

5.4.1 Généralités

Les caractéristiques du montage d'essai décrites dans le présent article sont spécifiques aux conditions de fonctionnement en mode de charge.

5.4.2 Véhicule en mode de charge 1 ou en mode de charge 2 (charge avec alimentation en courant alternatif sans communication)

5.4.2.1 Généralités

Cette configuration ne concerne que le mode 1 et le mode 2.

Des exemples de montages d'essai sont représentés à la Figure 4 et à la Figure 5.

5.4.2.2 Réseau d'alimentation

La prise d'alimentation électrique peut être placée n'importe où dans l'emplacement d'essai selon les conditions suivantes:

- elle doit être placée sur le plan de masse;
- le faisceau entre la prise du réseau d'alimentation et le ou les AMN doit être aussi court que possible, mais pas nécessairement aligné sur le faisceau de charge;
- le faisceau doit être placé aussi proche que possible du plan de masse.

5.4.2.3 Réseau fictif d'alimentation

Le véhicule doit être raccordé au réseau électrique au moyen d'un ou de plusieurs AMN de 50 μ H/50 Ω (voir E.3).

Le ou les AMN doivent être montés directement sur le plan de masse. Le boîtier du ou des AMN doit être relié au plan de masse. La résistance en courant continu entre la masse de l'accès de mesure de l'AMN et le plan de masse ne doit pas dépasser 2,5 m Ω .

Une charge de 50 Ω doit être appliquée à l'accès de mesure de chaque AMN.

Pour les véhicules dont le socle de connecteur est situé à l'avant ou l'arrière du véhicule, il convient que l'AMN soit placé d'un côté du véhicule et perpendiculairement au socle de connecteur de charge du véhicule et il convient qu'il soit aligné sur le faisceau de charge du véhicule. Pour les véhicules dont le socle de connecteur est situé sur le côté du véhicule, il convient que l'AMN soit placé d'un côté du véhicule et aligné sur le socle de connecteur de charge du véhicule et il convient qu'il soit aligné sur le faisceau de charge du véhicule.

5.4.2.4 Faisceau de charge d'alimentation

Le faisceau de charge d'alimentation doit être posé en ligne droite entre le ou les AMN et le socle de connecteur de charge du véhicule et il doit être acheminé perpendiculairement à l'axe longitudinal du véhicule comme représenté à la Figure 4 et à la Figure 5. La longueur du faisceau projeté depuis le côté du ou des AMN vers le côté du véhicule doit être de 800^{+200}_0 mm.

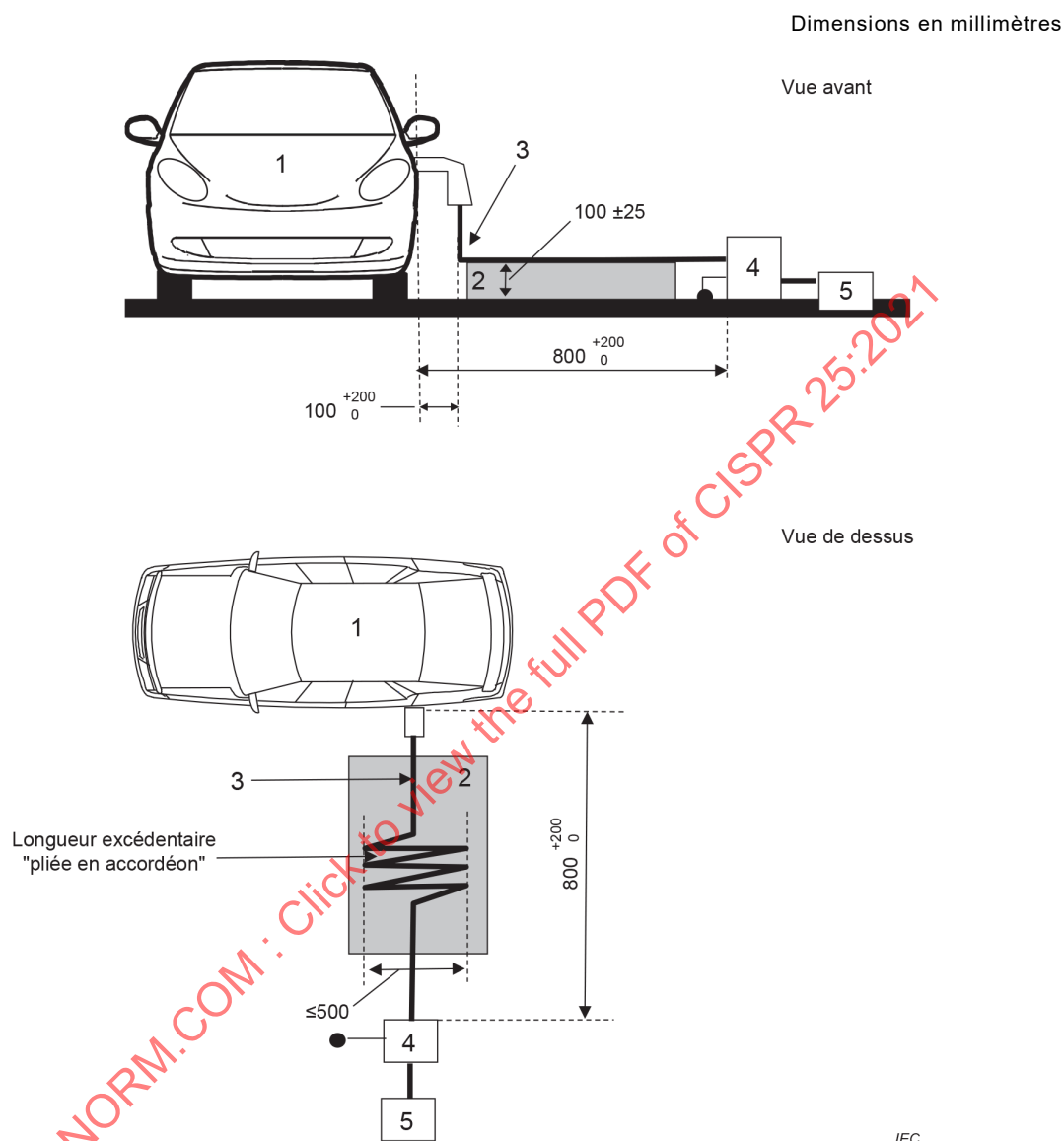
Pour un faisceau plus long, la longueur excédentaire doit être "pliée en accordéon" sur une largeur de moins de 0,5 m, à peu près au milieu de la distance qui sépare l'AMN du véhicule. Si cela s'avère irréalisable en raison du volume ou de la rigidité du faisceau ou parce que l'essai est réalisé dans l'installation de l'utilisateur, la disposition du faisceau en excès doit être notée précisément dans le rapport d'essai.

Le faisceau de charge côté véhicule doit être suspendu verticalement à une distance de 100^{+200}_0 mm de la carrosserie.

L'ensemble du faisceau doit être placé sur un matériau non conducteur, de faible permittivité relative (constante diélectrique) ($\epsilon_r \leq 1,4$), à (100 ± 25) mm au-dessus du plan de masse.

5.4.2.5 Systèmes de mesure

Le système de mesure (récepteur, système d'adaptation d'impédance, câble, etc.) doit être placé comme défini à la Figure 3.

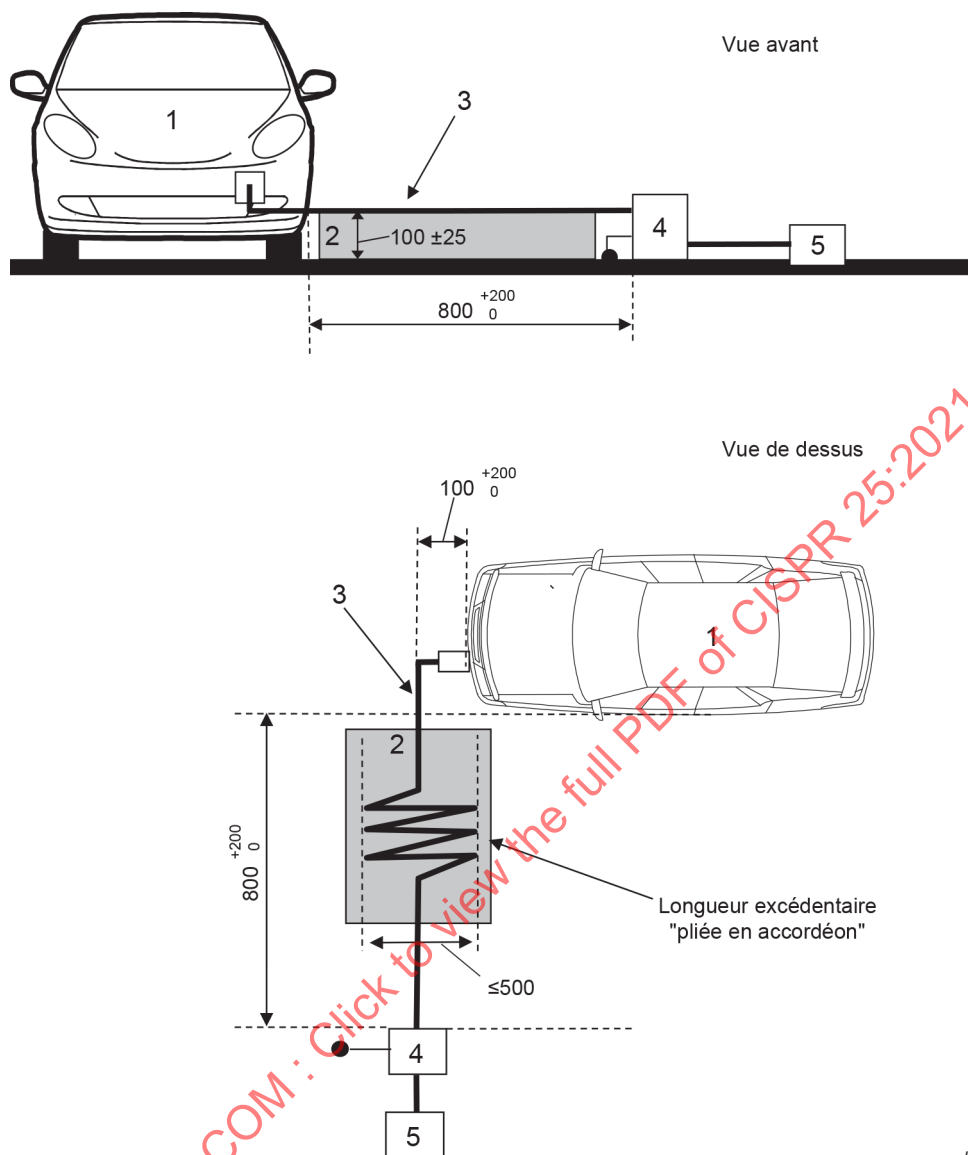


Légende

- 1 Véhicule en essai
- 2 Support isolant
- 3 Faisceau de charge
- 4 Un ou plusieurs AMN reliés à la masse
- 5 Prise du réseau d'alimentation (voir 5.4.2.2)

Figure 4 – Exemple de montage d'essai pour véhicule dont le socle de connecteur se trouve sur le côté du véhicule (mode de charge 1 ou 2, alimenté en courant alternatif, sans communication)

Dimensions en millimètres



IEC

Légende

- 1 Véhicule en essai
- 2 Support isolant
- 3 Faisceau de charge
- 4 Un ou plusieurs AMN reliés à la masse
- 5 Prise du réseau d'alimentation (voir 5.4.2.2)

Figure 5 – Exemple de montage d'essai pour véhicule dont le socle de connecteur se trouve à l'avant ou à l'arrière du véhicule (mode de charge 1 ou 2, alimenté en courant alternatif, sans communication)

5.4.3 Véhicule en mode de charge 3 (charge d'alimentation en courant alternatif avec communication) ou en mode de charge 4 (charge d'alimentation en courant continu avec communication)

5.4.3.1 Généralités

Cette configuration concerne les modes de charge 3 et 4.

Des exemples de montages d'essai sont représentés à la Figure 6 et à la Figure 7.

5.4.3.2 Borne de charge/réseau d'alimentation électrique

La borne de charge peut être placée à l'intérieur ou à l'extérieur de l'emplacement d'essai.

Si la communication locale/privée entre le véhicule et la borne de charge peut être simulée, la borne de charge peut être remplacée par une alimentation à partir du réseau d'alimentation électrique en courant alternatif.

Dans les deux cas, la ou les prises du réseau d'alimentation et des lignes de communication ou de signal doivent être placées dans l'emplacement d'essai dans les conditions suivantes:

- elle doit être placée sur le plan de masse;
- le faisceau entre la prise d'alimentation électrique, de communication locale/privée et le ou les AMN/AN de charge en courant continu/AAN doit être aussi court que possible, mais pas nécessairement aligné sur le faisceau de charge;
- le faisceau entre la prise d'alimentation électrique, de communication locale/privée et le ou les AMN/AN de charge en courant continu/AAN doit être placé sur le plan de masse.

Si la borne de charge est placée à l'intérieur de l'emplacement d'essai, le faisceau entre la borne de charge et la prise d'alimentation électrique, de communication locale/privée doit satisfaire aux conditions suivantes:

- le faisceau du côté de la borne de charge doit être suspendu verticalement et s'étendre jusqu'au plan de masse;
- la longueur excédentaire doit être placée aussi près que possible du plan de masse et "pliée en accordéon" si nécessaire. Si cela s'avère irréalisable en raison du volume ou de la rigidité du câble ou parce que l'essai est réalisé dans l'installation de l'utilisateur, la disposition de l'excès de câble doit être notée précisément dans le rapport d'essai.

5.4.3.3 Réseaux fictifs d'alimentation/réseaux fictifs

Le véhicule doit être raccordé au réseau en courant alternatif au moyen d'un ou plusieurs AMN de 50 μ H/50 Ω (voir E.3).

Le véhicule doit être raccordé au réseau d'alimentation en courant continu au moyen d'un ou de plusieurs AN de charge en courant continu de 5 μ H/50 Ω (voir E.2.3).

Le ou les AMN/AN de charge en courant continu doivent être montés directement sur le plan de masse. Les boîtiers du ou des AMN/AN de charge en courant continu doivent être reliés au plan de masse. La résistance en courant continu entre la masse de l'accès de mesure de l'AMN/AN de charge en courant continu et le plan de masse ne doit pas dépasser 2,5 m Ω .

Une charge de 50 Ω doit être appliquée à l'accès de mesure de chaque AMN/AN de charge en courant continu.

Il convient que l'AMN/AN-HT soit placé à l'avant, aligné sur le socle de connecteur de charge du véhicule et du même côté que celui-ci. Pour les véhicules dont le socle de connecteur est situé sur le côté du véhicule, il convient que l'AMN/AN soit placé d'un côté du véhicule et aligné sur le socle de connecteur de charge du véhicule, et il convient qu'il soit aligné sur le câble de charge du véhicule.

5.4.3.4 Réseau fictif asymétrique

Les lignes de communication locale/privée raccordées aux accès signal/commande et les lignes raccordées aux accès de réseau câblé doivent être raccordées au véhicule au moyen d'un ou plusieurs AAN.

Le ou les différents AAN à utiliser sont définis à l'Annexe E:

- E.4.2 pour les accès signal/commande à lignes symétriques;
- E.4.3 pour les accès de réseau câblé avec CPL sur les lignes d'alimentation;
- E.4.4 pour les accès signal/commande avec CPL sur ligne pilote de commande; et
- E.4.5 pour les accès signal/commande avec ligne pilote de commande.

Le ou les AAN doivent être montés directement sur le plan de masse. Le boîtier du ou des AAN doit être relié au plan de masse.

Une charge de 50 Ω doit être appliquée à l'accès de mesure de chaque AAN.

Pour les véhicules dont le socle de connecteur est situé à l'avant ou l'arrière du véhicule, il convient que l'AAN soit placé d'un côté du véhicule et perpendiculairement au socle de connecteur de charge du véhicule et il convient qu'il soit aligné sur le faisceau de charge du véhicule. Pour les véhicules dont le socle de connecteur est situé sur le côté du véhicule, il convient que l'AAN soit placé d'un côté du véhicule et aligné sur le socle de connecteur de charge du véhicule et il convient qu'il soit aligné sur le faisceau de charge du véhicule.

Si une borne de charge est utilisée, un ou plusieurs AAN ne sont pas exigés pour les accès signal/commande et/ou les accès de réseau câblé. Les lignes de communication locale/privée entre le véhicule et la borne de charge doivent être raccordées à l'équipement associé côté borne de charge de manière à fonctionner comme prévu.

5.4.3.5 Faisceau de charge d'alimentation avec communication locale/privée

Le faisceau de charge d'alimentation avec communication locale/privée doit être posé en ligne droite entre le ou les AMN/AN de charge en courant continu/AAN et le socle de connecteur de charge du véhicule et il doit cheminer perpendiculairement à l'axe longitudinal du véhicule comme représenté à la Figure 6 à la Figure 7). La longueur du faisceau projeté depuis le côté du ou des AMN vers le côté du véhicule doit être de 800^{+200}_0 mm.

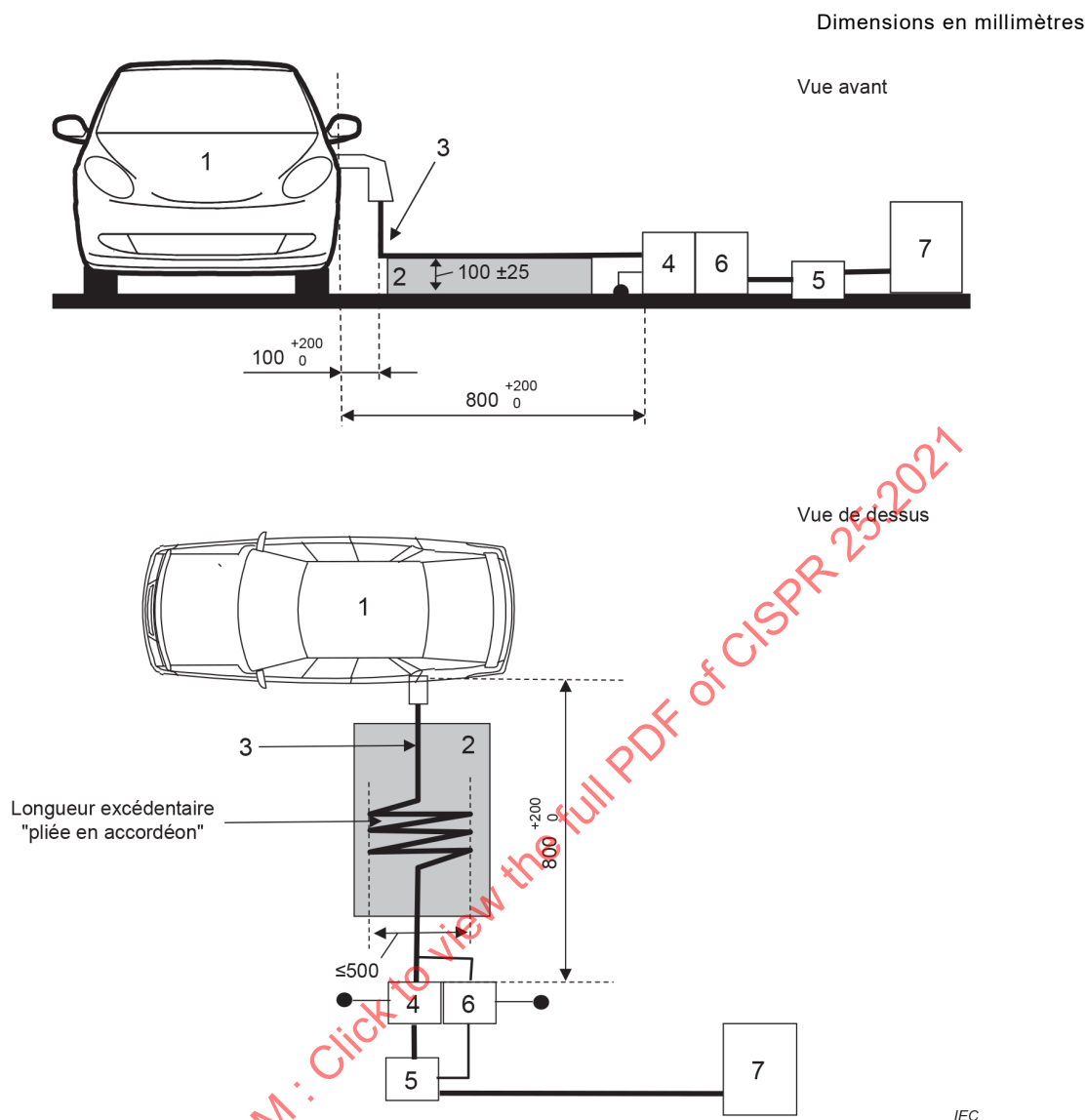
Pour un faisceau plus long, la longueur excédentaire doit être "pliée en accordéon" sur une largeur de moins de 0,5 m. Si cela s'avère irréalisable en raison du volume ou de la rigidité du faisceau ou parce que l'essai est réalisé dans l'installation de l'utilisateur, la disposition du faisceau en excès doit être notée précisément dans le rapport d'essai.

Le faisceau de charge d'alimentation avec communication locale/privée côté véhicule doit être suspendu verticalement à une distance de 100^{+200}_0 mm de la carrosserie.

L'ensemble du faisceau doit être placé sur un matériau non conducteur, de faible permittivité relative (constante diélectrique) ($\epsilon_r \leq 1,4$), à (100 ± 25) mm au-dessus du plan de masse.

5.4.3.6 Systèmes de mesure

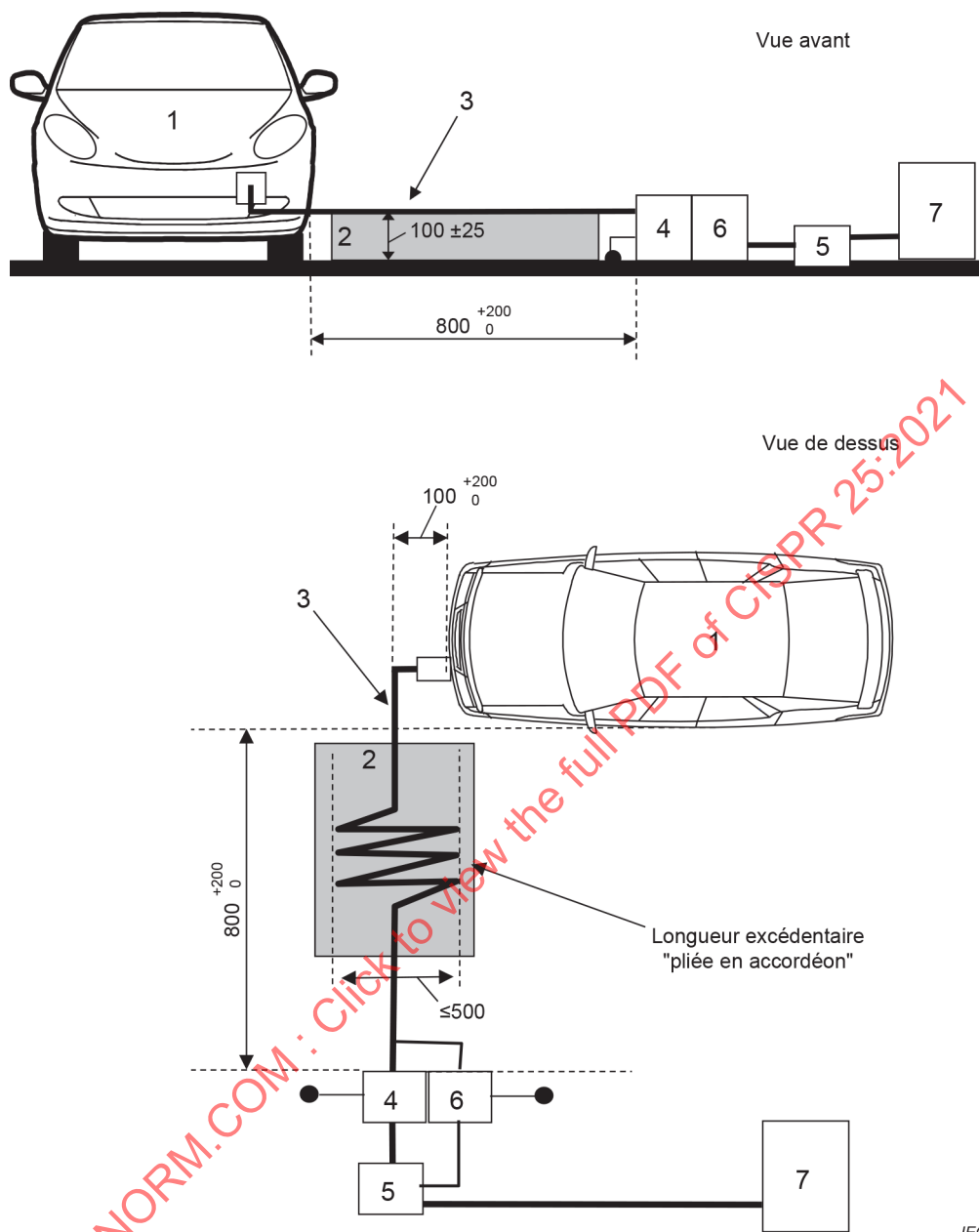
Le système de mesure (récepteur, système d'adaptation d'impédance, câble, etc.) doit être placé comme défini à la Figure 3.

**Légende**

- 1 Véhicule en essai
- 2 Support isolant
- 3 Faisceau de charge avec lignes de communication locale/privée
- 4 Un ou plusieurs AMN en courant alternatif ou un ou plusieurs AN de charge en courant continu reliés à la masse
- 5 Prise du réseau d'alimentation
- 6 Un ou plusieurs AAN reliés à la masse
- 7 Borne de charge

Figure 6 – Exemple de montage d'essai pour véhicule dont le socle de connecteur se trouve sur le côté du véhicule (mode de charge 3 ou mode 4, avec communication)

Dimensions en millimètres



Légende

- 1 Véhicule en essai
- 2 Support isolant
- 3 Faisceau de charge avec lignes de communication locale/privée
- 4 Un ou plusieurs AMN en courant alternatif ou un ou plusieurs AN de charge en courant continu reliés à la masse
- 5 Prise du réseau d'alimentation
- 6 AAN relié à la masse
- 7 Borne de charge

Figure 7 – Exemple de montage d'essai pour véhicule dont le socle de connecteur se trouve à l'avant ou à l'arrière du véhicule (mode de charge 3 ou mode 4, avec communication)

5.5 Exemples de limites des perturbations rayonnées sur véhicules

Pour une réception radio acceptable dans un véhicule équipé de récepteurs radio classiques, il convient que la tension perturbatrice à l'extrémité du câble d'antenne ne dépasse pas les valeurs indiquées dans le Tableau 4 et le Tableau 5. Si des récepteurs différents sont utilisés ou que différents modèles de couplage pour la propagation des perturbations sont valables, les limites peuvent être modifiées et précisées dans la spécification du fabricant du véhicule.

Tableau 4 – Exemples de limites de perturbations – Véhicule complet – Généralités

Service/Bande ^a	Fréquence MHz	Limite de la tension perturbatrice à la borne d'antenne du récepteur en dB (µV)			RBW
		Crête	Quasi-crête	Moyenne	
Services de diffusion analogiques					
LW ^b	0,15 à 0,3	26	13	6	9 kHz
MW ^b	0,53 à 1,8	20	7	0	
SW ^b	5,9 à 6,2	20	7	0	
FM ^b	76 à 108	26	13	0	120 kHz
Bande TV I ^c	41 à 88	16	–	6	
Bande TV III ^c	174 à 230	16	–	6	
Bande TV IV ^c	470 à 944	16	–	6	
Services de diffusion numérique					
DAB III	171 à 245	26	–	16	1 MHz
Bande TV III ^c	174 à 230	26	–	16	
TNT	470 à 770	32 ^d	–	22 ^d	
Bande DAB L	1 447 à 1 494	32	–	22	
SDARS	2 320 à 2 345	32	–	22	
Services mobiles					
CB ^b	26 à 28	20	7	0	9 kHz
VHF ^b	30 à 54	20	7	0	120 kHz
VHF ^b	68 à 87	20	7	0	
VHF ^b	142 à 175	20	7	0	
UHF analogique ^b	380 à 512	20	7	0	
RKE et TPMS 1 ^e	300 à 330	20	–	6	
RKE et TPMS 2 ^e	420 à 450	20	–	6	
UHF analogique ^b	820 à 960	20	7	0	
GPS L5 ^f	1 156,45 à 1 196,45	–	–	10	9 kHz
BDS, B1I ^g	1 553,098 à 1 569,098	–	–	-4,5	
GPS L1 ^h	1 567,42 à 1 583,42	–	–	0	
GLONASS L1 ⁱ	1 590,781 à 1 616,594	–	–	0	
Wi-Fi/Bluetooth	2 402 à 2 494	26	–	6	1 MHz
Wi-Fi	5 150 à 5 350	26	–	6	
Wi-Fi	5 470 à 5 725	26	–	6	
V2X (Wi-Fi)	5 850 à 5 925	50	–	30	

- ^a LW: grandes ondes; MW: ondes moyennes; SW: ondes courtes (modulation d'amplitude, AM)
VHF: très haute fréquence; UHF: ultra haute fréquence (modulation de fréquence, FM)
DAB: radiodiffusion numérique; TV: télévision; TNT: télévision numérique terrestre
RKE: ouverture à distance des portes sans clé; GPS: système de positionnement mondial; GSM: système mondial de télécommunications mobiles),
BDS: système de navigation BeiDou; GLONASS: système mondial de navigation par satellite; V2X: technologie de communication véhiculaire Vehicle-to-Everything
- ^b Dans ce service analogique, les limites de crête et de quasi-crête peuvent être assouplies de 6 dB pour les perturbations de courte durée (par exemple limite PK (ou QPK) de courte durée = limite PK (ou QPK) + 6 dB).
- ^c TV analogique uniquement.
- ^d Cette limite est moins contraignante que la limite analogique et il convient de l'appliquer uniquement dans les cas où la TV analogique n'est plus utilisée.
- ^e Les limites RKE sont définies pour une bande de fréquences étendue. Compte tenu de la sensibilité du système RKE, il convient de définir dans le plan d'essai les modifications de la limite moyenne autour de la fréquence de fonctionnement.
- ^f Les valeurs indiquées dans le tableau s'appliquent pour la plage de fréquences de 1 156,45 MHz à 1 196,45 MHz. Les limites pour l'ensemble de la plage de fréquences GPS L5 sont indiquées à la Figure 8a.
- ^g Les valeurs indiquées dans le tableau s'appliquent pour la plage de fréquences de 1 553,098 MHz à 1 569,098 MHz. Les limites pour l'ensemble de la plage de fréquences BDS, B1I sont indiquées à la Figure 8b.
- ^h Les valeurs indiquées dans le tableau s'appliquent pour la plage de fréquences de 1 567,42 MHz à 1 616,42 MHz. Les limites pour l'ensemble de la plage de fréquences GPS L1 sont indiquées à la Figure 8c.
- ⁱ Les valeurs indiquées dans le tableau s'appliquent pour la plage de fréquences de 1 590,781 MHz à 1 616,594 MHz. Les limites pour l'ensemble de la plage de fréquences GLONASS L1 sont indiquées à la Figure 8d.

NOTE 1 Les signaux stéréo peuvent être plus sensibles aux perturbations que les signaux mono dans la plage de fréquences FM. Ce phénomène a été pris en compte dans les limites de la FM (76 MHz à 108 MHz).

NOTE 2 Toutes les valeurs indiquées dans ce tableau sont valables pour les largeurs de bande définies dans le Tableau 1 et le Tableau 2. Si les mesures sont réalisées avec des largeurs de bande différentes de celles définies dans le Tableau 1 et dans le Tableau 2 du fait des exigences en matière de bruit ambiant, les limites applicables sont alors définies dans le plan d'essai et les limites et largeurs de bande appliquées sont documentées dans le rapport d'essai.

**Tableau 5 – Exemples de limites de perturbations – Véhicule complet –
Téléphonie mobile numérique**

Service/Bande	Fréquence MHz	Limite de la tension perturbatrice à la borne d'antenne du récepteur en dB (µV)		RBW
		Crête	Moyenne	
Services de téléphonie mobile numérique ^{c d}				
4G	460 à 467,5	32	12	1 MHz
5G n71 (617 MHz à 652 MHz) 4G (617 MHz à 652 MHz)	617 à 652	32	12	
5G n12 (729 MHz à 746 MHz) 5G n14 (758 MHz à 768 MHz) 5G n28 (758 MHz à 803 MHz) 5G n29 (717 MHz à 728 MHz) 4G (703 MHz à 803 MHz)	703 à 803	32	12	
3G (729 MHz à 756 MHz) 3G (758 MHz à 768 MHz)		26 ^a	6 ^a	
5G n20 (791 MHz à 821 MHz)	791 à 821	32	12	
3G (791 MHz à 821 MHz)		26	6	
5G n5 (869 MHz à 894 MHz) 5G n18 (860 MHz à 875 MHz) 5G n26 (859 MHz à 894 MHz) 4G (852 MHz à 894 MHz)	852 à 894	32	12	1 MHz
3G (859 MHz à 894 MHz)		26 ^a	6 ^a	
2G (869 MHz à 894 MHz)		26 ^b	6 ^b	120 kHz
5G n8 (925 MHz à 960 MHz) 4G (925 MHz à 960 MHz)	925 à 960	32	12	1 MHz
3G (925 MHz à 960 MHz)		26 ^a	6 ^a	
2G (925 MHz à 960 MHz)		26 ^b	6 ^b	120 kHz
5G n50 (1 432 MHz à 1 517 MHz) 5G n51 (1 427 MHz à 1 432 MHz) 5G n74 (1 475 MHz à 1 518 MHz) 5G n75 (1 432 MHz à 1 517 MHz) 5G n76 (1 427 MHz à 1 432 MHz) 5G n91 (1 427 MHz à 1 432 MHz) 5G n92 (1 432 MHz à 1 517 MHz) 5G n93 (1 427 MHz à 1 432 MHz) 5G n94 (1 432 MHz à 1 517 MHz) 4G (1 427 MHz à 1 518 MHz)	1 427 à 1 518	32	12	1 MHz
3G (1 452 MHz à 1 496 MHz)		26 ^a	6 ^a	
4G	1 525 à 1 559	32	12	1 MHz
5G n3 (1 805 MHz à 1 880 MHz) 4G (1 805 MHz à 1 880 MHz)	1 805 à 1 880	32	12	1 MHz
3G (1 805 MHz à 1 880 MHz)		26 ^a	6 ^a	
2G (1 805 MHz à 1 880 MHz)		26 ^b	6 ^b	120 kHz
5G n2 (1 930 MHz à 1 990 MHz) 5G n25 (1 930 MHz à 1 995 MHz) 5G n34 (2 010 MHz à 2 025 MHz) 5G n39 (1 880 MHz à 1 920 MHz) 5G n70 (1 995 MHz à 2 020 MHz) 4G (1 850 MHz à 2 025 MHz)	1 850 à 2 025	32	12	1 MHz
3G (1 850 MHz à 1 995 MHz) 3G (2 010 MHz à 2 025 MHz)		26 ^a	6 ^a	
2G (1 930 MHz à 1 990 MHz)		26 ^b	6 ^b	120 kHz

Service/Bande	Fréquence MHz	Limite de la tension perturbatrice à la borne d'antenne du récepteur en dB (µV)		RBW
		Crête	Moyenne	
5G n1 (2 110 MHz à 2 170 MHz) 5G n65 (2 110 MHz à 2 200 MHz) 5G n66 (2 110 MHz à 2 200 MHz) 4G (2 110 MHz à 2 200 MHz)	2 110 à 2 200	32	12	1 MHz
3G (2 110 MHz à 2 170 MHz)		26 ^a	6 ^a	
5G n30 (2 350 MHz à 2 360 MHz) 5G n40 (2 300 MHz à 2 400 MHz) 4G (2 300 MHz à 2 400 MHz)	2 300 à 2 400	32	12	1 MHz
3G (2 300 MHz à 2 400 MHz)		26 ^a	6 ^a	
5G n53 (2 483,5 MHz à 2 495 MHz)	2 483,5 à 2 495	32	12	1 MHz
5G n7 (2 620 MHz à 2 690 MHz) 5G n38 (2 570 MHz à 2 620 MHz) V2X 5G n41 (2 496 MHz à 2 690 MHz) 5G n90 (2 496 MHz à 2 690 MHz) 4G (2 496 MHz à 2 690 MHz)	2 496 à 2 690	32	12	1 MHz
3G (2 570 MHz à 2 690 MHz)		26 ^a	6 ^a	
5G n48 (3 550 MHz à 3 700 MHz) 5G n77 (3 300 MHz à 4 200 MHz) 5G n78 (3 300 MHz à 3 800 MHz) 4G (3 300 MHz à 3 800 MHz)	3 300 à 4 200	32	12	1 MHz
3G (3 510 MHz à 3 590 MHz)		26 ^a	6 ^a	
5G n79 (4 400 MHz à 5 000 MHz)	4 400 à 5 000	32	12	1 MHz
4G	5 150 à 5 925	32	12	1 MHz
5G n47 (5 855 MHz à 5 925 MHz) V2X V2X (4G)	5 855 à 5 925	32	12	1 MHz
^a Valeurs si le protocole 3G est mis en œuvre dans le véhicule. ^b Valeurs si le protocole 2G est mis en œuvre dans le véhicule. ^c Les détails sur les bandes de fréquences 2G, 3G et 4G sont disponibles dans l'ETSI TS 136 101 [14]. ^d Les détails sur les bandes de fréquences 5G sont disponibles dans l'ETSI TS 138 101-1 V16.4 [20].				
NOTE 1 Toutes les valeurs indiquées dans ce tableau sont valables pour les largeurs de bande définies dans le Tableau 1 et le Tableau 2. Si les mesures sont réalisées avec des largeurs de bande différentes de celles définies dans le Tableau 1 et dans le Tableau 2 du fait des exigences en matière de bruit ambiant, les limites applicables sont alors définies dans le plan d'essai et les limites et largeurs de bande appliquées sont documentées dans le rapport d'essai.				
NOTE 2 Les bandes de fréquences spécifiées dans la colonne "Fréquence" combinent les différentes bandes de fréquences des services de téléphonie mobile (par exemple la bande de fréquences de 2 300 MHz à 2 400 MHz combine la "Bande 40 – TD 2300" et la "Bande 30 – 2300 WCS", "5G n30" et "5G n40").				

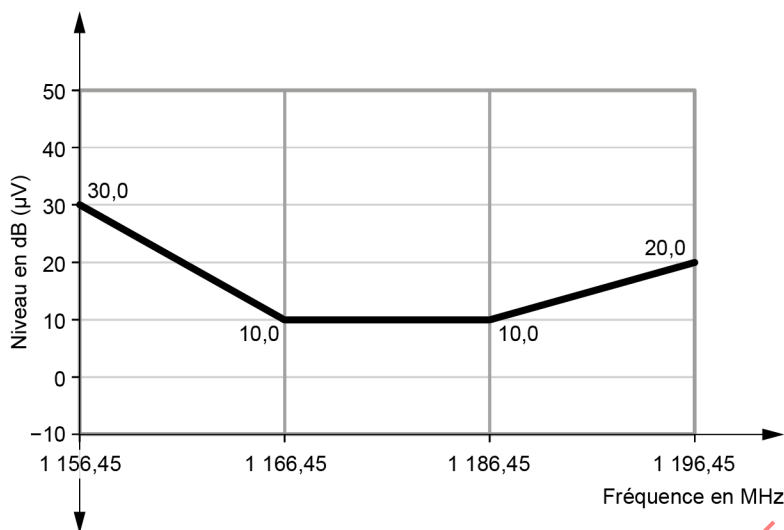


Figure 8a – Bande GPS L5 de 1 156,45 à 1 196,45 MHz

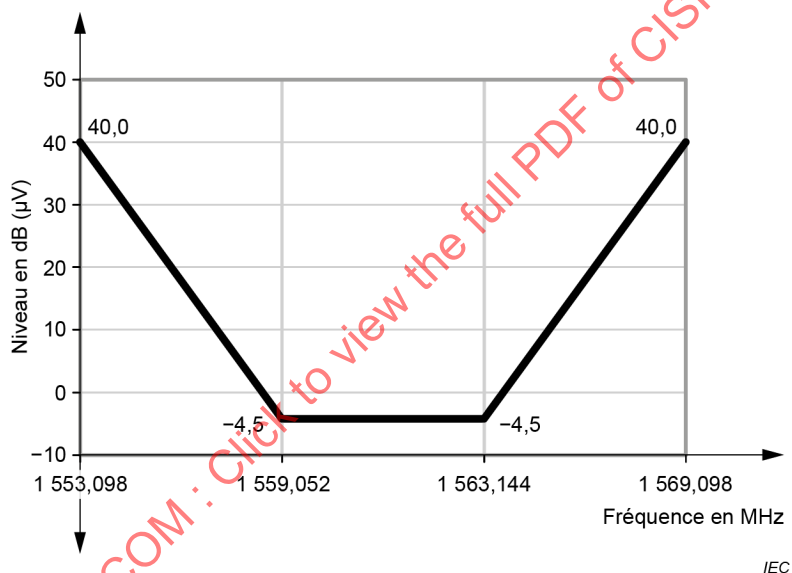


Figure 8b – Bande BDS, B1I de 1 553,098 MHz à 1 569,098 MHz

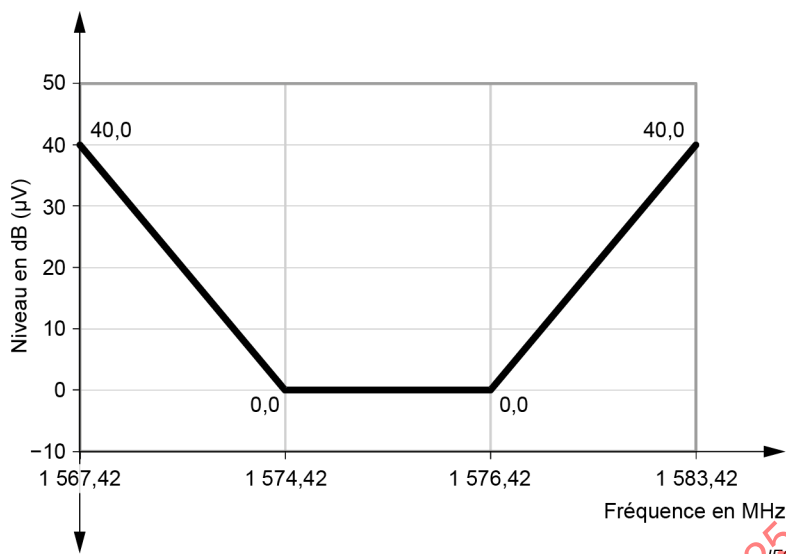


Figure 8c – Bande GPS de 1 567,42 MHz à 1 583,42 MHz

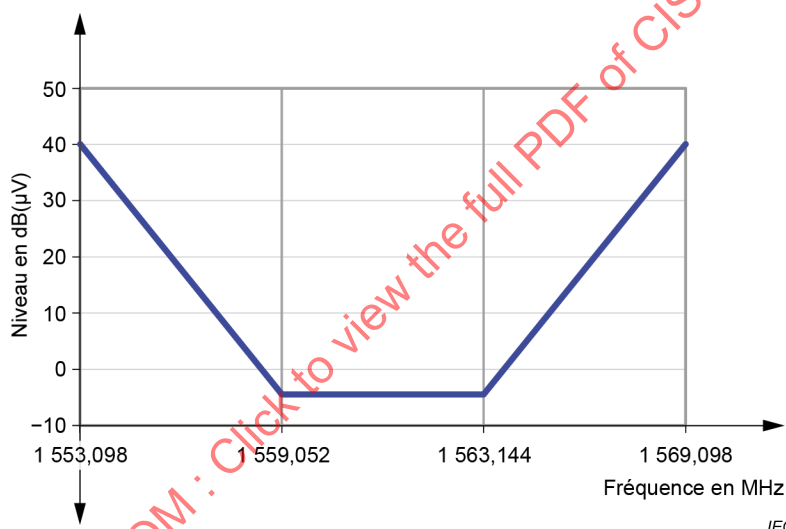


Figure 8d – Bande GLONASS de 1 590,781 MHz à 1 616,594 MHz

Figure 8 – Détails des limites moyennes pour les bandes GPS, BDS, B1I et GLONASS – Véhicule complet

NOTE Si une antenne active est utilisée, le bruit de fond peut augmenter. Le bruit de fond supplémentaire dépend du type d'antenne. Il est soustrait de la valeur mesurée afin de déterminer la valeur réelle des perturbations à l'aide de la formule suivante (tous les termes en µV):

$$U_{\text{Perturbation réelle}} = \sqrt{U_{\text{Mesurée}}^2 - U_{\text{Bruit d'antenne}}^2} \quad (2)$$

Un relâchement de la limite, du fait du bruit de fond de l'antenne active, ne garantit pas la conformité. Des modifications ultérieures de la conception de l'antenne active peuvent conduire à une non-conformité. Ce sujet reste à l'étude. L'Annexe D décrit une méthode de détermination du bruit de fond d'une antenne active.

6 Mesures des composants et des modules

6.1 Généralités

Etant donné que l'emplacement de montage, le type de carrosserie du véhicule et la configuration du faisceau peuvent affecter le couplage des perturbations radioélectriques sur les équipements radioélectriques embarqués, le présent article définit plusieurs niveaux de limites. La classe de niveau à utiliser (en fonction de la bande de fréquences) fait l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

Pour les composants BT, des méthodes d'essai et des exigences sont définies dans cet article.

Pour les composants BT/HT, des méthodes d'essai et des limites supplémentaires sont définies à l'Annexe H.

Pour les composants BT/HT:

- les émissions conduites (méthode de tension) sur les lignes BT doivent être effectuées conformément à la configuration définie en H.3.2 et aux exigences de 6.3.4;
- les émissions conduites (méthode de tension) sur les lignes HT doivent être effectuées conformément à la configuration définie en H.3.2 et aux exigences de H.3;
- les émissions conduites (méthode de courant) sur les lignes BT/HT doivent être effectuées conformément à la configuration définie en H.4.2 et aux exigences de 6.4.

6.2 Equipement d'essai

6.2.1 Plan de masse de référence

Le plan de masse de référence doit être défini comme étant la surface métallique supérieure du banc d'essai ou de la table d'essai.

Le plan de masse de référence doit être en cuivre, en laiton, en bronze ou en acier galvanisé, d'une épaisseur minimale de 0,5 mm.

Les dimensions minimales du plan de masse de référence pour les émissions conduites (méthode de tension) doivent être de 1 000 mm × 400 mm.

Les dimensions minimales du plan de masse de référence pour les émissions conduites (méthode de la sonde de courant) doivent être de 2 500 mm × 400 mm.

Les dimensions minimales du plan de masse de référence pour les émissions rayonnées doivent être de 1 000 mm (largeur) × 2 000 mm (longueur) ou la dimension de l'ensemble du dessous du montage d'essai [EUT et équipements associés (par exemple faisceau avec lignes d'alimentation, simulateur de charge situé sur le banc d'essai et un ou plusieurs AN), à l'exclusion de la batterie et/ou de l'alimentation électrique] plus 200 mm, si cette valeur est plus élevée.

La hauteur du plan de masse de référence (banc d'essai) doit être de (900 ± 100) mm au - dessus du sol.

Le plan de masse de référence doit être relié à la cage de Faraday.

L'intervalle séparant le bord d'une tresse de masse du bord d'une autre tresse de masse ne doit pas être supérieur à 300 mm.

Pour les émissions rayonnées, pour réduire les résonances autour de 10 MHz à 30 MHz comme décrit en détail à l'Annexe I, des tresses de masse supplémentaires peuvent être installées sur le bord avant du plan de masse de référence et sur la face arrière du contrepoids, si le client et le fournisseur en conviennent.

Le rapport entre la longueur maximale et la largeur d'une tresse de masse pour le bord arrière du plan de masse de référence doit être de 7:1.

NOTE Du fait de la résonance du plan de masse de référence, l'emplacement, la largeur et la longueur des tresses de masse peuvent avoir une incidence sur les résultats des mesures. Utiliser un nombre suffisant de tresses de masse faiblement inductives afin d'assurer une connexion de faible impédance à la cage de Faraday/ALSE.

6.2.2 Alimentation et réseau fictif

Pour les essais définis en 6.3, en 6.4, en 6.5 et en 6.6, chaque fil d'alimentation positive de l'EUT doit être relié à l'alimentation par le biais d'un réseau fictif. L'AN doit présenter une inductance nominale de 5 μH . Les caractéristiques d'impédance et une suggestion de schéma sont représentées à l'Annexe E.

Le pôle négatif de l'alimentation électrique est présumé être à la masse. Si l'EUT utilise une masse positive, les montages d'essai représentés aux différentes figures doivent être adaptés en conséquence. En fonction de l'installation prévue de l'EUT sur le véhicule:

- EUT relié à la masse à distance (longueur de ligne de retour d'alimentation du véhicule supérieure à 200 mm): deux réseaux fictifs sont exigés, l'un pour la ligne d'alimentation positive, l'autre pour la ligne de retour d'alimentation;
- EUT relié à la masse localement (longueur de ligne de retour d'alimentation du véhicule inférieure ou égale à 200 mm): un réseau fictif est exigé pour l'alimentation positive.

Le ou les AN doivent être montés directement sur le plan de masse de référence. Le boîtier du ou des AN doit être relié au plan de masse de référence. La résistance en courant continu entre la masse de l'accès de mesure de l'AN et le plan de masse de référence ne doit pas dépasser 2,5 m Ω .

Le retour d'alimentation doit être relié au plan de masse de référence (entre l'alimentation et le ou les AN).

Une charge de 50 Ω doit être appliquée à l'accès de mesure de chaque AN non raccordé à l'instrument de mesure.

6.2.3 Simulateur de charge

Le simulateur de charge comprenant des capteurs et des actionneurs est appliqué au faisceau d'essai raccordé à l'EUT.

Afin d'assurer une reproductibilité suffisante, la même terminaison doit être utilisée à chaque mesure soit en utilisant un équipement de terminaison spécifique (par exemple des réseaux fictifs, des filtres) situé à la frontière RF, soit en utilisant le même simulateur de charge.

6.3 Emissions conduites par les composants/modules – Méthode de tension

6.3.1 Généralités

L'essai doit être effectué dans une ALSE ou dans une cage de Faraday.

Les mesures de tension peuvent caractériser les émissions uniquement sur les fils d'alimentation. La méthode d'essai ne peut pas être utilisée pour caractériser les émissions rayonnées produites, par exemple par différentes structures d'antenne sur les cartes imprimées des composants électroniques et caractériser l'efficacité du blindage. Par conséquent, les mesures de tension ne sont pas capables de caractériser la totalité des émissions produites par l'EUT. Aux fréquences basses (par exemple dans la bande AM), les mesures de tension permettent généralement d'avoir une dynamique plus importante que pour les mesures d'émissions rayonnées.

6.3.2 Montage d'essai

6.3.2.1 Emplacement de l'EUT

L'EUT doit être placé sur un matériau non conducteur, de faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$), à (50 ± 5) mm au-dessus du plan de masse de référence.

Le boîtier de l'EUT ne doit pas être relié au plan de masse de référence, sauf s'il est destiné à simuler la configuration réelle du véhicule.

Toutes les faces de l'EUT doivent se trouver à au moins 100 mm du bord du plan de masse de référence. Si l'EUT est relié à la masse, le point de connexion à la masse doit être également situé à au moins 100 mm du bord du plan de masse de référence.

L'EUT doit se trouver à au moins à 500 mm du mur de la chambre.

6.3.2.2 Emplacement du faisceau d'essai

Les lignes d'alimentation doivent être posées en ligne droite sur un matériau non conducteur de faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$), à (50 ± 5) mm au-dessus du plan de masse de référence.

La ou les lignes d'alimentation situées entre le connecteur du ou des AN et le ou les connecteurs de l'EUT doivent avoir une longueur normalisée, $l_p = \left(200^{+200}_0\right)$ mm.

Pour le système d'allumage, la ou les lignes d'alimentation situées entre le connecteur du ou des AN et la bobine crayon doivent avoir une longueur normalisée, $l_p = \left(200^{+200}_0\right)$ mm.

Pour réduire le plus possible le couplage entre les lignes d'alimentation et les fils d'entrée/de sortie (incluant tous les fils dédiés de retour de signal d'entrée/de sortie), l'espace entre ces types de fils doit être augmenté le plus possible (≥ 200 mm par rapport ou perpendiculairement aux lignes d'alimentation qui relient le ou les AN et l'EUT). Sauf spécification contraire dans le plan d'essai, il convient de placer le faisceau d'essai (à l'exclusion des lignes d'alimentation) sur un matériau de faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$), à (50 ± 5) mm au-dessus du plan de masse de référence.

La longueur totale du faisceau d'essai (à l'exclusion des lignes d'alimentation) ne doit pas dépasser 2 m. Le type de câblage est défini en fonction de l'application réelle et son exigence.

Tous les fils et les câbles doivent être placés à au moins 100 mm du bord du plan de masse de référence.

6.3.2.3 Emplacement du simulateur de charge

De préférence, il convient de placer directement le simulateur de charge sur le plan de masse de référence. Si le simulateur de charge est dans un boîtier métallique, celui-ci doit être relié au plan de masse de référence.

NOTE En variante, le simulateur de charge peut être placé à côté du plan de masse de référence (le boîtier du simulateur de charge étant relié au plan de masse de référence) ou à l'extérieur de la chambre d'essai, à condition que le faisceau d'essai de l'EUT passe à travers une **frontière RF** liée au plan de masse de référence.

Lorsque le simulateur de charge est placé sur le plan de masse de référence, les lignes d'alimentation en courant continu du simulateur de charge doivent être raccordées directement à l'alimentation, sans passer par un ou plusieurs AN.

6.3.3 Procédure d'essai

La configuration générale de la source de perturbations (EUT), des faisceaux de raccordement, etc. représente une condition d'essai normalisée. Toute modification par rapport au montage d'essai normal (par exemple longueur du faisceau d'essai) doit faire l'objet d'un accord avant l'essai et être indiquée dans le rapport d'essai.

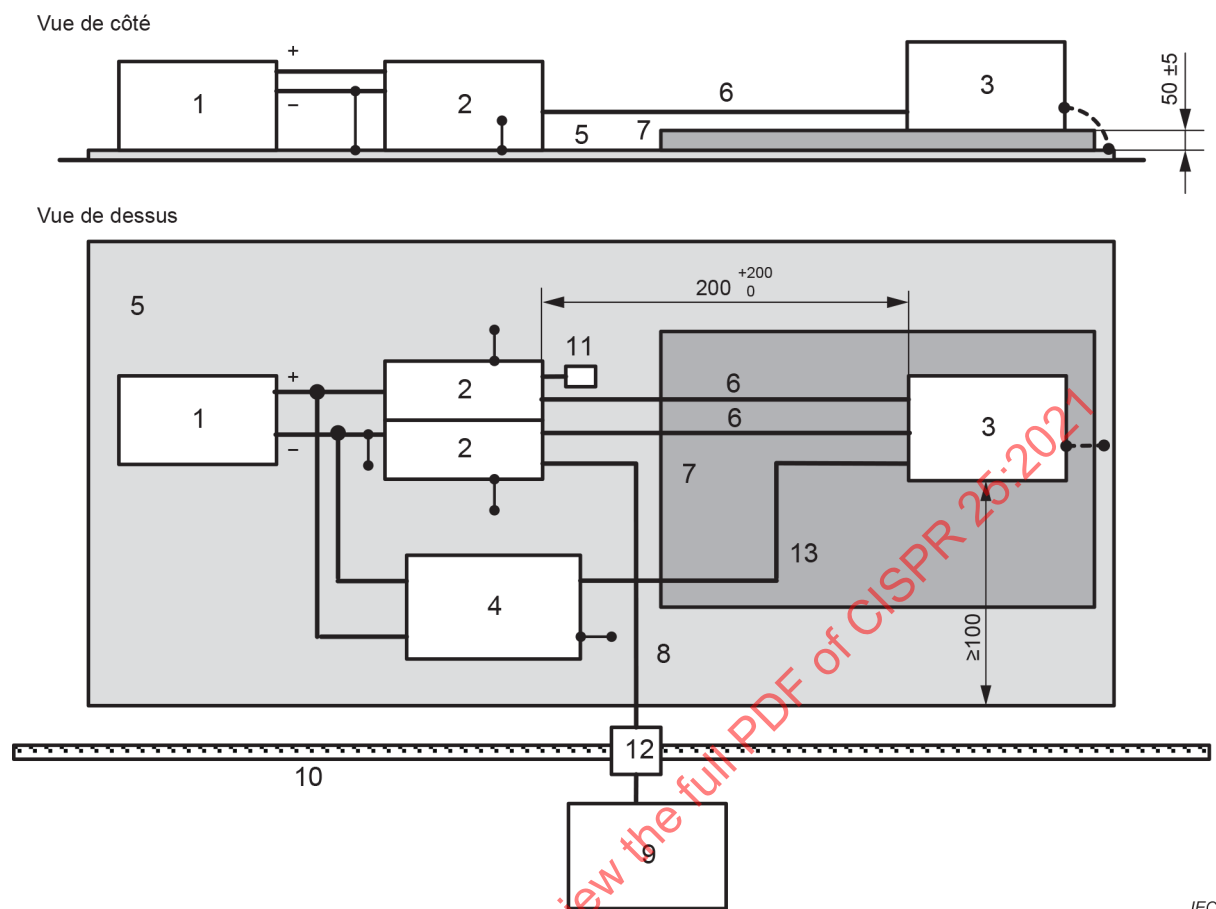
Les émissions conduites sur les lignes d'alimentation sont mesurées successivement sur l'alimentation positive et le retour d'alimentation en connectant l'instrument de mesure à l'accès de mesure de l'AN concerné, une charge de 50 Ω étant appliquée à l'accès de mesure de l'AN des autres lignes d'alimentation.

Pour les mesures de tension, ce qui suit s'applique:

- pour l'EUT relié à la masse à distance (longueur de ligne de retour d'alimentation du véhicule supérieure à 200 mm), les mesures de tension doivent être effectuées sur chaque fil (alimentation et retour) par rapport au plan de masse de référence (voir la Figure 9);
- pour l'EUT relié à la masse localement (longueur de ligne de retour d'alimentation du véhicule inférieure ou égale à 200 mm), les mesures de tension sur les fils d'alimentation doivent être effectuées par rapport au plan de masse de référence (voir la Figure 10);
- les générateurs/alternateurs doivent être chargés avec une batterie et une combinaison de résistances parallèles, et raccordés au réseau fictif de la manière représentée à la Figure 11. Le courant de charge, la vitesse de fonctionnement, la longueur du faisceau et les autres conditions doivent être définis dans le plan d'essai;
- pour les essais des systèmes d'allumage, se référer à la Figure 12.

NOTE Pour les EUT comprenant plusieurs connexions d'alimentation positive et/ou connexions d'alimentation négative, les mesures (effectuées sur l'alimentation et le retour d'alimentation) peuvent être réalisées avec l'ensemble des connexions d'alimentation réunies entre elles au niveau de l'AN et l'ensemble des connexions de retour d'alimentation réunies entre elles au niveau de l'autre AN. Les détails de la connexion AN sont définis dans le plan d'essai.

Dimensions en millimètres – pas à l'échelle

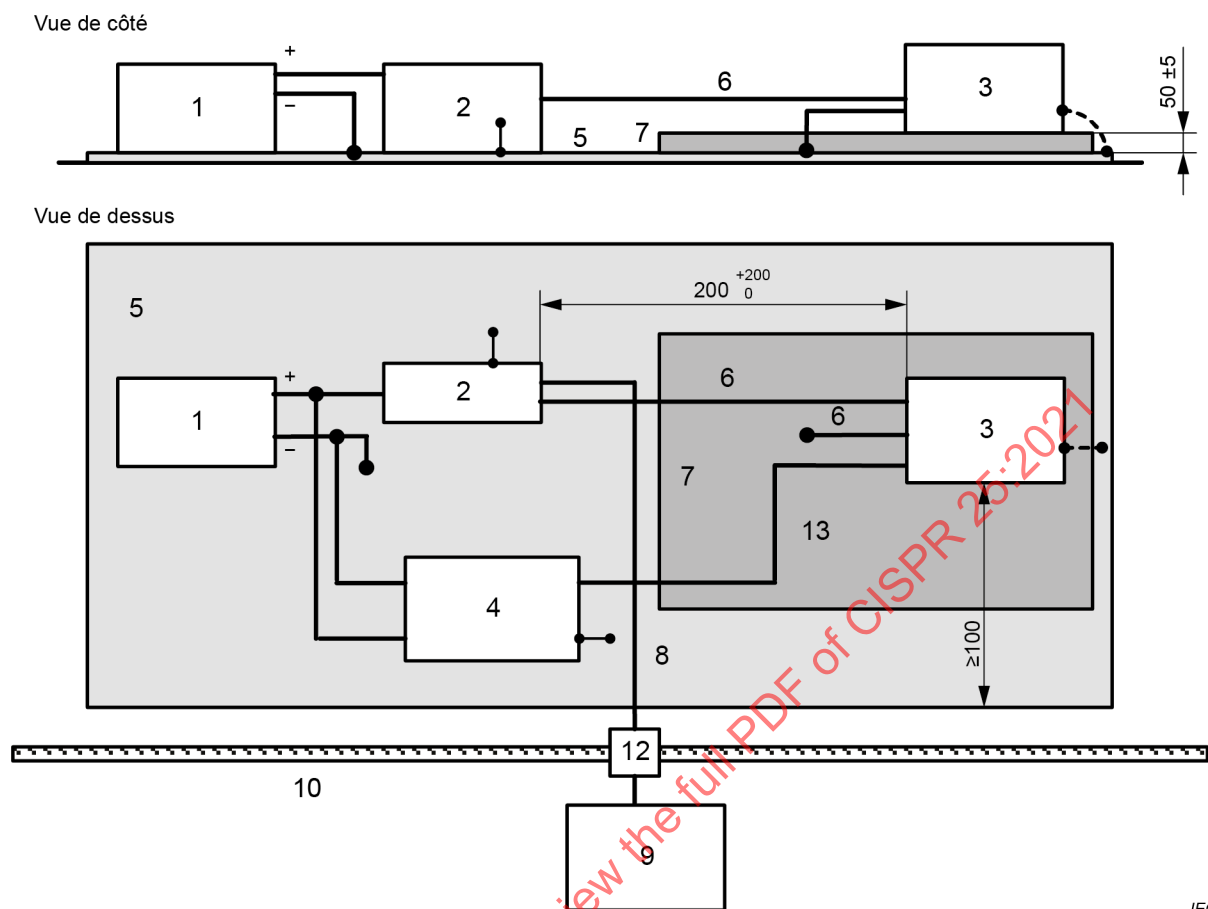
**Légende**

- 1 Alimentation électrique (emplacement à titre indicatif)
- 2 Réseau fictif
- 3 EUT (boîtier relié au plan de masse de référence si cela est exigé dans le plan d'essai)
- 4 Simulateur de charge (boîtier métallique relié à la masse si cela est exigé dans le plan d'essai)
- 5 Plan de masse de référence
- 6 Lignes d'alimentation
- 7 Support à faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$)
- 8 Câble coaxial de qualité supérieure, par exemple à double blindage (50 Ω)
- 9 Instrument de mesure
- 10 Cage de Faraday
- 11 Charge de 50 Ω
- 12 Connecteur de traversée de cloison
- 13 Faisceau d'essai (à l'exclusion des lignes d'alimentation)

Il convient que la longueur du fil de masse de l'EUT, si cela est exigé dans le plan d'essai, ne dépasse pas 150 mm.

Figure 9 – Emissions conduites – Exemple de montage d'essai d'un EUT avec ligne de retour d'alimentation reliée à la masse à distance

Dimensions en millimètres – pas à l'échelle

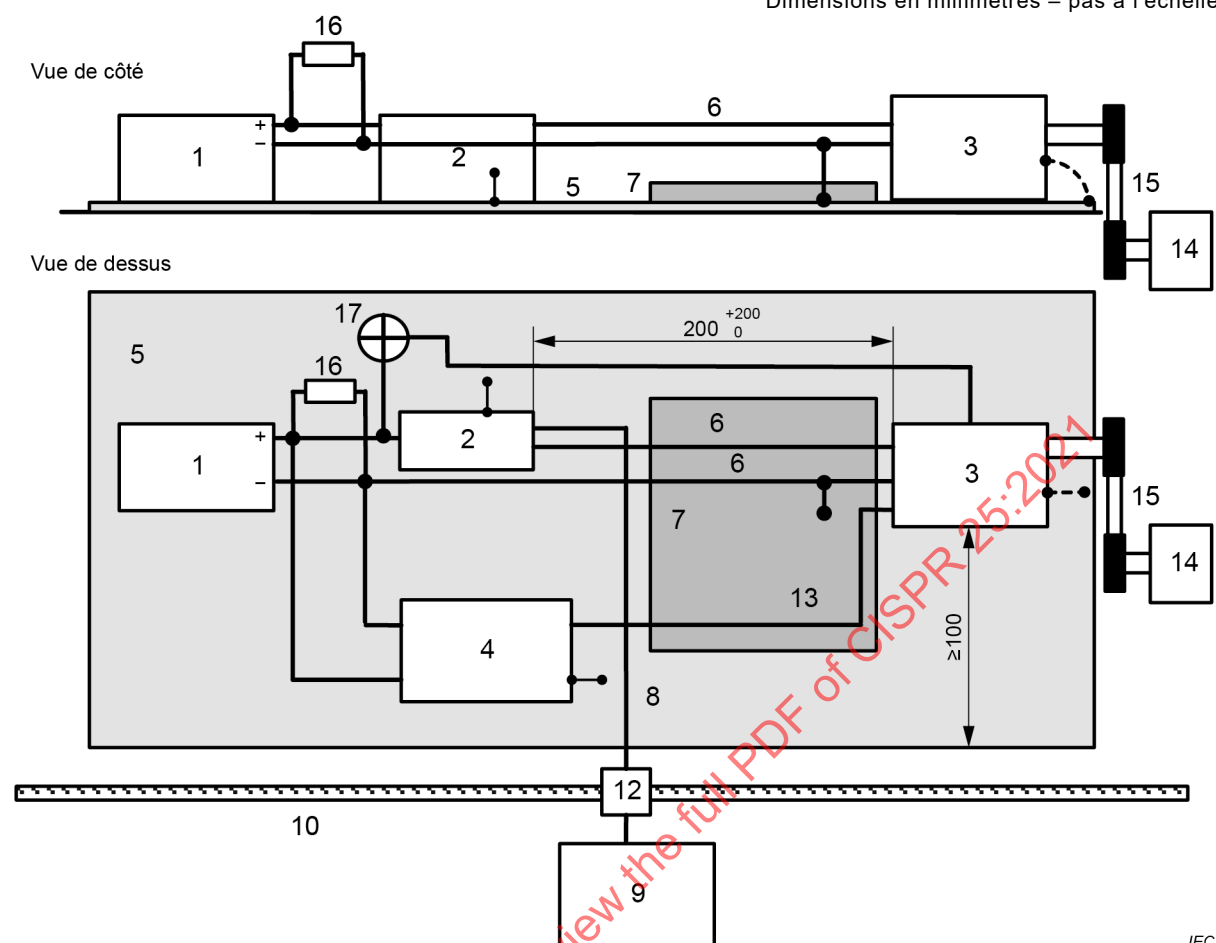


Légende

- 1 Alimentation électrique (emplacement à titre indicatif)
 - 2 Réseau fictif
 - 3 EUT (boîtier relié au plan de masse de référence si cela est exigé dans le plan d'essai)
 - 4 Simulateur de charge (boîtier métallique relié à la masse si cela est exigé dans le plan d'essai)
 - 5 Plan de masse de référence
 - 6 Ligne d'alimentation
 - 7 Support à faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$)
 - 8 Câble coaxial de qualité supérieure, par exemple à double blindage (50 Ω)
 - 9 Instrument de mesure
 - 10 Cage de Faraday
 - 12 Connecteur de traversée de cloison
 - 13 Faisceau d'essai (à l'exclusion des lignes d'alimentation)
- Il convient que la longueur du fil de masse de l'EUT, si cela est exigé dans le plan d'essai, ne dépasse pas 150 mm.

Figure 10 – Emissions conduites – Exemple de montage d'essai d'un EUT avec ligne de retour d'alimentation reliée à la masse localement

Dimensions en millimètres – pas à l'échelle



IEC

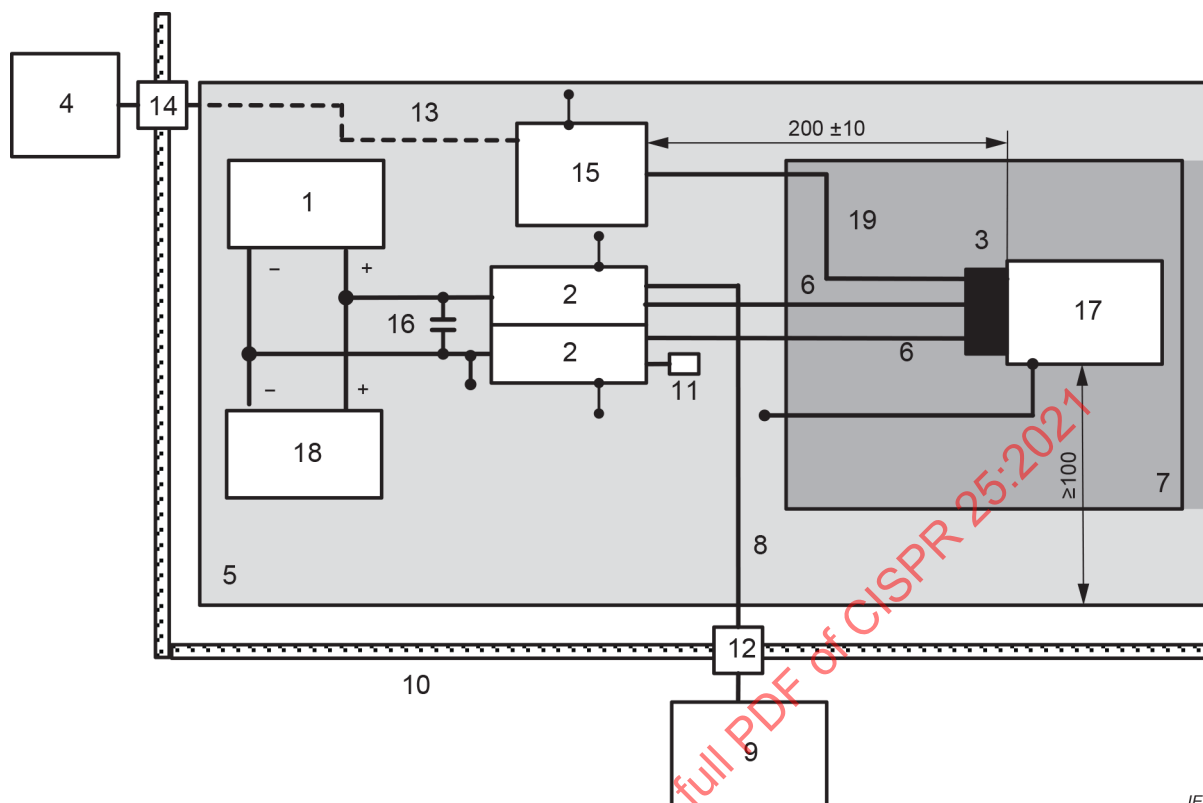
Légende

- 1 Batterie (emplacement à titre indicatif)
- 2 Réseau fictif
- 3 EUT (boîtier relié au plan de masse de référence si cela est exigé dans le plan d'essai)
- 4 Simulateur de charge (boîtier métallique relié à la masse si cela est exigé dans le plan d'essai)
- 5 Plan de masse de référence
- 6 Lignes d'alimentation
- 7 Support à faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$)
- 8 Câble coaxial de qualité supérieure, par exemple à double blindage (50 Ω)
- 9 Instrument de mesure
- 10 Cage de Faraday
- 12 Connecteur de traversée de cloison
- 13 Faisceau d'essai (à l'exclusion des lignes d'alimentation)
- 14 Moteur (air/faibles émissions)
- 15 Courroie/connecteur non conducteur
- 16 Résistance de charge
- 17 Témoin lumineux/résistance de commande (le cas échéant)

Il convient que la longueur du fil de masse de l'EUT, si cela est exigé dans le plan d'essai, ne dépasse pas 150 mm.

Figure 11 – Emissions conduites – Exemple de montage d'essai pour alternateurs et générateurs

Dimensions en millimètres – pas à l'échelle



IEC

Légende

- 1 Alimentation électrique (emplacement à titre indicatif)
- 2 Réseau fictif
- 3 Bobine crayon
- 4 Simulateur d'ECU
- 5 Plan de masse de référence
- 6 Lignes d'alimentation
- 7 Support à faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$)
- 8 Câble coaxial de qualité supérieure, par exemple à double blindage (50 Ω)
- 9 Instrument de mesure
- 10 Cage de Faraday
- 11 Charge de 50 Ω
- 12 Connecteur de traversée de cloison
- 13 Fibres optiques
- 14 Traversée à fibres optiques
- 15 Convertisseur optique
- 16 Condensateur de 1 000 μF
- 17 Simulateur de moteur (boîtier métallique relié au plan de masse de référence avec la longueur de fil définie dans le plan d'essai)
- 18 Batterie
- 19 Ligne de signal

Il convient que la longueur du fil de masse du boîtier de la bobine crayon, si cela est exigé dans le plan d'essai, ne dépasse pas 150 mm.

Figure 12 – Emissions conduites – Exemple de montage d'essai pour composants du système d'allumage

6.3.4 Limites pour les perturbations conduites des composants/modules – Méthode de tension

La classe de niveau à utiliser (en fonction de la bande de fréquences) doit faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

NOTE La méthode utilisée pour la caractérisation du facteur de division de tension du réseau fictif, parfois appelée affaiblissement d'insertion, est indiquée en A.8 de la CISPR 16-1-2:2014.

Le Tableau 6 montre l'exemple de limites pour les perturbations conduites des composants/modules – méthode de tension. Dans la mesure où l'emplacement de montage, le type de carrosserie du véhicule et la configuration du faisceau peuvent affecter le couplage des perturbations radioélectriques sur les équipements radioélectriques embarqués, plusieurs niveaux de limites sont définis.

Tableau 6 – Exemples de limites pour les perturbations conduites – Méthode de tension

Service/Bande	Fréquence MHz	Niveaux en dB(μV)															RBW
		Classe 5			Classe 4			Classe 3			Classe 2			Classe 1			
		Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	
Services de diffusion analogiques																	
LW	0,15 à 0,30	70	57	50	80	67	60	90	77	70	100	87	80	110	97	90	9 kHz
MW	0,53 à 1,8	54	41	34	62	49	42	70	57	50	78	65	58	86	73	66	
SW	5,9 à 6,2	53	40	33	59	46	39	65	52	45	71	58	51	77	64	57	
FM	76 à 108	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42	120 kHz
Bande TV I	41 à 88	34	–	24	40	–	30	46	–	36	52	–	42	58	–	48	
Services mobiles																	
CB	26 à 28	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42	68	55	48	9 kHz
VHF	30 à 54	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42	68	55	48	120 kHz
VHF	68 à 87	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42	
NOTE 1 Toutes les valeurs indiquées dans ce tableau sont valables pour les largeurs de bande définies dans le Tableau 1 et le Tableau 2. Si les mesures sont réalisées avec des largeurs de bande différentes de celles définies dans le Tableau 1 et dans le Tableau 2 du fait des exigences en matière de bruit de fond, les limites applicables sont alors définies dans le plan d'essai.																	
NOTE 2 Si plusieurs bandes utilisent les mêmes limites, l'utilisateur procède aux essais sur les bandes concernées. Si le plan d'essai inclut des bandes qui se chevauchent, le plan d'essai spécifie la limite applicable.																	
NOTE 3 Bien que les limites pour les détecteurs de crête, de quasi-crête et de valeur moyenne soient représentées, les mesures avec les trois détecteurs ne sont pas exigées (voir la Figure 1).																	

6.4 Emissions conduites par les composants/modules – Méthode de la sonde de courant

6.4.1 Généralités

L'essai doit être effectué dans une ALSE ou dans une cage de Faraday.

6.4.2 Montage d'essai

6.4.2.1 Emplacement de l'EUT

L'EUT doit être placé sur un matériau non conducteur, de faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$), à (50 ± 5) mm au-dessus du plan de masse de référence.

Le boîtier de l'EUT ne doit pas être relié au plan de masse de référence, sauf s'il est destiné à simuler la configuration réelle du véhicule.

Tous les côtés de l'EUT doit se trouver à au moins 100 mm du bord du plan de masse de référence et à au moins 500 mm de la paroi de la chambre. Le montage d'essai doit représenter la configuration existant sur le véhicule et il doit spécifier:

- la mise à la masse réalisée à distance ou localement;
- le raccordement électrique du boîtier de l'EUT au plan de masse de référence.

Le montage d'essai est représenté à la Figure 13.

6.4.2.2 Emplacement du faisceau d'essai

Le faisceau d'essai entre l'EUT et le simulateur de charge (ou la frontière RF) doit avoir une longueur de $(1\,700 +^{300}_0)$ mm (ou telle qu'accordée dans le plan d'essai) et doit être placé sur un matériau non conducteur de faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$), placé à (50 ± 5) mm au-dessus du plan de masse de référence. Les fils du faisceau d'essai doivent être nominalement parallèles et adjacents, sauf spécification contraire dans le plan d'essai.

6.4.3 Procédure d'essai

La sonde de courant à utiliser doit satisfaire aux exigences de la CISPR 16-1-2 aux fréquences inférieures à 200 MHz.

La sonde de courant doit être montée autour de l'ensemble du faisceau (en incluant tous les fils). Si l'EUT comporte plusieurs connecteurs sur l'unité, ce qui se traduit par de multiples torons de fils, le plan d'essai doit définir les fils qui doivent être inclus dans la sonde pour la mesure. En l'absence de définition, les mesures doivent être effectuées pour chaque toron (connecteur) séparément ainsi qu'en combinaison (c'est-à-dire tous ensemble).

Les faisceaux blindés utilisés pour cet essai doivent être représentatifs de l'application du véhicule en ce qui concerne la construction des câbles et les bornes de connecteur, comme défini dans le plan d'essai.

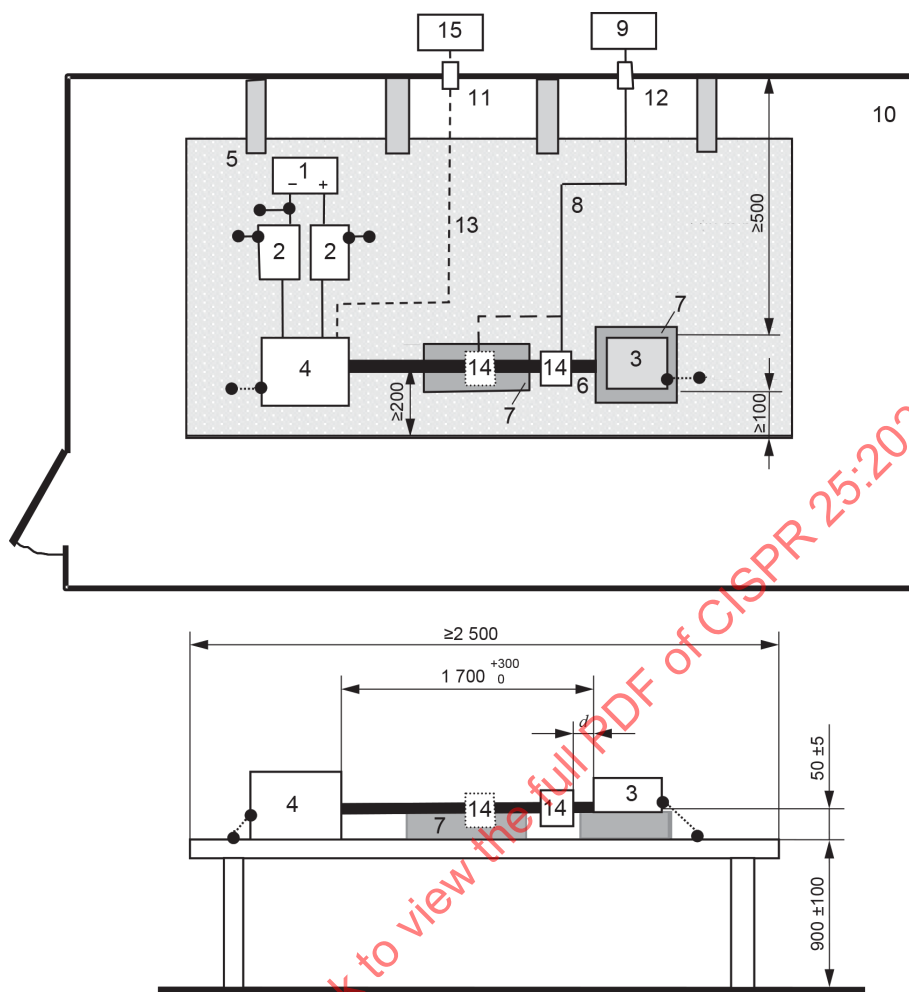
Si le câblage de l'EUT prévoit un trop grand nombre de câbles à logger dans la sonde de mesure, le plan d'essai peut définir les câbles à mesurer et cette information doit être incluse dans le rapport d'essai.

Mesurer les émissions en plaçant la sonde à 50 mm et à 750 mm de l'EUT.

Si l'EUT est équipé d'un connecteur à capot métallique, la sonde doit être fermée sur le câble, à une position immédiatement adjacente au capot du connecteur, mais non autour du capot lui-même.

NOTE Le plan d'essai peut définir des mesures supplémentaires pour lesquelles la sonde est fermée uniquement sur la ligne d'alimentation positive et/ou uniquement sur la ligne d'alimentation négative. Les limites pour ces configurations d'essai particulières sont définies dans le plan d'essai.

Dimensions en millimètres – pas à l'échelle



IEC

Légende

- 1 Alimentation électrique (emplacement à titre indicatif)
- 2 Réseau fictif
- 3 EUT (relié au plan de masse de référence si cela est spécifié dans le plan d'essai)
- 4 Simulateur de charge (boîtier métallique relié au plan de masse de référence si cela est exigé dans le plan d'essai)
- 5 Plan de masse de référence
- 6 Faisceau de câblage
- 7 Support à faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$)
- 8 Câble coaxial de qualité supérieure, par exemple à double blindage (50 Ω)
- 9 Instrument de mesure
- 10 Cage de Faraday
- 11 Traversée à fibres optiques
- 12 Connecteur de traversée de cloison
- 13 Fibres optiques
- 14 Sonde de courant (représentée en 2 positions)
- 15 Système de stimulation et de surveillance
- d Distance entre l'EUT et la position de la sonde la plus proche

Figure 13 – Emissions conduites – Exemple de montage d'essai pour mesures avec sonde de courant

6.4.4 Limites pour les perturbations conduites des composants/modules – Méthode de la sonde de courant

La classe de niveau à utiliser (en fonction de la bande de fréquences) doit faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

Le Tableau 7 montre l'exemple de limites pour les perturbations conduites des composants/modules – méthode de la sonde de courant. Dans la mesure où l'emplacement de montage, le type de carrosserie du véhicule et la configuration du faisceau peuvent affecter le couplage des perturbations radioélectriques sur les équipements radioélectriques embarqués, plusieurs niveaux de limites sont définis.

Tableau 7 – Exemples de limites pour les perturbations conduites – Méthode de la sonde de courant

Service / Bande	Fréquence MHz	Limites de perturbation en dB(µA)															RB W
		Classe 5			Classe 4			Classe 3			Classe 2			Classe 1			
		Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	
Services de diffusion analogiques																	
LW	0,15 à 0,3	50	37	30	60	47	40	70	57	50	80	67	60	90	77	70	9 kHz
MW	0,53 à 1,8	26	13	6	34	21	14	42	29	22	50	37	30	58	45	38	
SW	5,9 à 6,2	19	6	−1	25	12	5	31	18	11	37	24	17	43	30	23	
FM	76 à 108	4	−9	−16	10	−3	−10	16	3	−4	22	9	2	28	15	8	120 kHz
Bande TV I	41 à 88	0	−	−10	6	−	−4	12	−	2	18	−	8	24	−	14	
Services de diffusion numérique																	
DAB III	171 à 245	4	−	−6	10	−	0	16	−	6	22	−	12	28	−	18	1 MHz
Bande TV III	174 à 230	4	−	−6	10	−	0	16	−	6	22	−	12	28	−	18	
Services mobiles																	
CB	26 à 28	10	−3	−10	16	3	−4	22	9	2	28	15	8	34	21	14	9 kHz
VHF	30 à 54	10	−3	−10	16	3	−4	22	9	2	28	15	8	34	21	14	120 kHz
VHF	68 à 87	4	−9	−16	10	−3	−10	16	3	−4	22	9	2	28	15	8	
VHF	142 à 175	4	−9	−16	10	−3	−10	16	3	−4	22	9	2	28	15	8	
NOTE 1 Toutes les valeurs indiquées dans ce tableau sont valables pour les largeurs de bande définies dans le Tableau 1 et le Tableau 2. Si les mesures sont réalisées avec des largeurs de bande différentes de celles définies dans le Tableau 1 et dans le Tableau 2 du fait des exigences en matière de bruit de fond, les limites applicables sont alors définies dans le plan d'essai. NOTE 2 Si plusieurs bandes utilisent les mêmes limites, l'utilisateur procède aux essais sur les bandes concernées. Si le plan d'essai inclut des bandes qui se chevauchent, le plan d'essai spécifie la limite applicable. NOTE 3 Bien que les limites pour les détecteurs de crête, de quasi-crête et de valeur moyenne soient représentées, les mesures avec les trois détecteurs ne sont pas exigées (voir la Figure 1).																	

6.5 Emissions rayonnées par les composants/modules – Méthode de l'ALSE

6.5.1 Généralités

Les mesures de l'intensité du champ rayonné doivent être effectuées dans une ALSE afin de supprimer les niveaux élevés des perturbations extérieures provenant des équipements électriques et des stations de radiodiffusion.

NOTE 1 Les émissions conduites contribuent aux mesures des émissions rayonnées en raison du rayonnement du câblage dans le montage d'essai. Par conséquent, la satisfaction aux exigences en matière d'émissions conduites peut être établie avant de procéder aux essais d'émissions rayonnées.

NOTE 2 Le récepteur embarqué peut être perturbé par une émission directe venant d'un ou de plusieurs câbles dans le faisceau de câblage du véhicule. Ce mode de couplage au récepteur du véhicule affecte tant la manière de mesurer que les moyens de réduction de la perturbation à la source.

NOTE 3 Les composants de véhicules qui ne sont pas effectivement reliés à la masse du véhicule au moyen de fils de masse courts ou dont plusieurs faisceaux transmettent la tension perturbatrice, produisent des émissions rayonnées qui ne sont pas corrélées avec les émissions conduites. Il a été démontré que la méthode des émissions rayonnées donne une meilleure corrélation avec l'essai du véhicule complet pour les composants installés de cette manière.

6.5.2 Montage d'essai

6.5.2.1 Généralités

Pour les mesures d'émissions rayonnées, la disposition de l'EUT, du faisceau d'essai, du simulateur de charge et de l'équipement de mesure doit être équivalente aux exemples représentés à la Figure 15, la Figure 16, la Figure 17 et la Figure 18. Toute modification par rapport à la longueur du faisceau d'essai normal, etc. doit faire l'objet d'un accord avant l'essai et être indiquée dans le rapport d'essai.

6.5.2.2 Antennes

Les mesures doivent être réalisées à l'aide d'antennes à champ électrique à polarisation linéaire ayant une impédance de sortie nominale de 50 Ω .

Pour améliorer la cohérence des résultats entre les laboratoires, les antennes suivantes sont recommandées:

- a) 0,15 MHz à 30 MHz unipolaire verticale de 1 m (si elle n'est pas de 50 Ω , un système d'adaptation d'antenne adéquat doit être utilisé);
- b) 30 MHz à 300 MHz une antenne biconique;
- c) 200 MHz à 1 000 MHz une antenne log-périodique;
- d) 1 000 MHz à 5 925 MHz une antenne cornet ou log-périodique.

La méthode qui doit être utilisée pour caractériser l'antenne unipolaire (tige) verticale est donnée dans la CISPR 16-1-6:2014 et la CISPR 16-1-6:2014/AMD1:2017, Article 5.

Utiliser la méthode 1 m décrite dans le document SAE ARP 958.1 Rév D de février 2003 pour déterminer les facteurs d'antenne biconique, log-périodique et d'antenne cornet.

NOTE Les antennes biconiques ont généralement un ROS de 10:1 dans la plage de fréquences de 30 MHz à 80 MHz. Par conséquent, une erreur de mesure supplémentaire peut se produire lorsque l'impédance d'entrée du récepteur est différente de 50 Ω . L'utilisation d'un atténuateur (3 dB au minimum) à la sortie de l'antenne ou à l'entrée du récepteur ou d'un préamplificateur supplémentaire (si possible) permet de réduire le plus possible cette erreur supplémentaire.

6.5.2.3 Système d'adaptation d'antenne unipolaire

L'adaptation d'impédance correcte de 50 Ω entre l'antenne et l'instrument de mesure doit être maintenue dans les plages de fréquences choisies pour l'essai. Le ROS doit avoir une valeur maximale de 2:1, mesurée au niveau de l'accès de sortie du système d'adaptation. Une correction appropriée doit être effectuée pour tout affaiblissement/ gain du système d'antenne, entre l'antenne et le récepteur.

NOTE S'assurer que les tensions d'entrée ne dépassent pas la puissance d'entrée des impulsions de l'appareil, sinon une surcharge peut se produire. Cela est particulièrement important lorsque des unités d'adaptation actives sont utilisées.

6.5.2.4 Emplacement de l'EUT

L'EUT doit être placé sur un matériau non conducteur, de faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$), à (50 ± 5) mm au-dessus du plan de masse de référence.

Le boîtier de l'EUT ne doit pas être relié au plan de masse de référence, sauf s'il est destiné à simuler la configuration réelle du véhicule.

Le côté de l'EUT qui est le plus proche du bord avant du plan de masse de référence doit être située à une distance de (200 ± 10) mm du bord avant du plan de masse de référence.

6.5.2.5 Emplacement du faisceau d'essai

La longueur totale du faisceau d'essai entre l'EUT et le simulateur de charge (ou la frontière RF) ne doit pas dépasser 2 000 mm (ou la valeur définie dans le plan d'essai). Le type de câblage est défini en fonction de l'application réelle et son exigence.

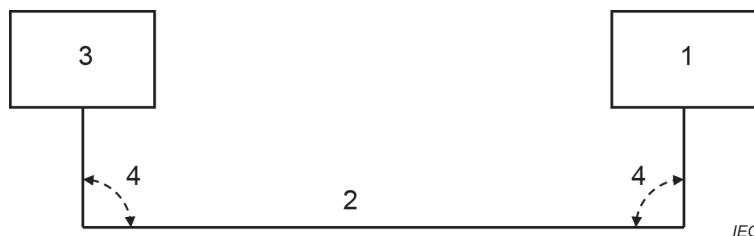
Il doit être veillé à ce que les lignes d'alimentation ne dépassent pas 2 000 mm. En cas d'alimentation séparée à partir du boîtier de charge, l'AN doit être situé de manière à ce que la longueur des lignes d'alimentation puisse être maintenue inférieure à 2 000 mm. Si l'alimentation est dérivée du boîtier de charge, la ligne entre le boîtier de charge et l'AN doit être la plus courte possible pour éviter d'ajouter une longueur excessive aux lignes d'alimentation.

Le faisceau d'essai doit être placé sur un matériau non conducteur de faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$), à (50 ± 5) mm au-dessus du plan de masse de référence.

La longueur du faisceau d'essai parallèle à l'avant du plan de masse de référence doit être de $(1\,500 \pm 75)$ mm.

Le segment long du faisceau d'essai doit être placé parallèlement au bord du plan de masse de référence, face à l'antenne, à une distance de (100 ± 10) mm du bord. La position de l'EUT et du simulateur de charge exige que l'angle de flexion du faisceau doit être égal à $\left(90^{+45}_0\right)$ (voir la Figure 14).

Les faisceaux blindés utilisés pour cet essai doivent être représentatifs de l'application du véhicule en ce qui concerne la construction des câbles et les bornes de connecteur, comme défini dans le plan d'essai.



Légende

- 1 EUT
- 2 Faisceau d'essai
- 3 Simulateur de charge
- 4 Angle $\left(90^{+45}_0\right)^\circ$

Figure 14 – Exigences relatives à la flexion du faisceau d'essai

6.5.2.6 Emplacement du simulateur de charge

De préférence, le simulateur de charge doit être placé directement sur le plan de masse de référence. Si le simulateur de charge est dans un boîtier métallique, celui-ci doit être relié au plan de masse de référence.

NOTE En variante, le simulateur de charge peut être placé à côté du plan de masse de référence (le boîtier du simulateur de charge étant relié au plan de masse de référence) ou à l'extérieur de la chambre d'essai, à condition que le faisceau d'essai de l'EUT passe à travers une frontière RF reliée au plan de masse de référence.

L'agencement du faisceau d'essai qui est relié au simulateur de charge doit être défini dans le plan d'essai et enregistré dans le rapport d'essai.

Lorsque le simulateur de charge est placé sur le plan de masse de référence, les lignes d'alimentation en courant continu du simulateur de charge doivent être raccordées au moyen d'un ou de plusieurs AN.

6.5.2.7 Emplacement de l'antenne de mesure

Le centre de phase de l'antenne de mesure doit être placé à (100 ± 10) mm au-dessus du plan de masse de référence pour les antennes biconique, log-périodique et cornet.

La hauteur du contrepoids de l'antenne tige doit être de $(+ 10/- 20)$ mm par rapport au plan de masse de référence et doit être reliée (largeur totale du contrepoids) au plan de masse de référence.

Pour les essais d'émissions rayonnées, l'ALSE doit être de taille suffisante pour assurer que l'EUT et l'antenne d'essai ne se trouvent pas à moins de 1 m des murs, du plafond et de la surface la plus proche des matériaux absorbants utilisés. Aucune partie des éléments rayonnants de l'antenne ne doit être située à moins de 250 mm du sol.

La distance entre la partie longitudinale (1 500 mm de longueur) du faisceau de câblage et le point de référence de l'antenne doit être de $(1\,000 \pm 10)$ mm. Pour une antenne biconique, aucune partie de l'antenne ne doit se trouver à moins de 700 mm du faisceau de câblage ou de l'EUT.

Le point de référence de l'antenne est défini comme suit:

- l'élément unipolaire vertical des antennes-tiges;
- le centre de phase (point milieu) pour des antennes biconiques;
- l'extrémité de l'antenne pour les éléments log-périodiques;
- l'ouverture de sortie pour les antennes cornet.

Chaque antenne (à l'exception des antennes tiges) doit être étalonnée par rapport à ce point de référence pour une distance de mesure de 1 000 mm (voir 6.5.2.2).

NOTE 1 L'antenne tige est exclue, car l'étalonnage est effectué à l'aide de la méthode définie dans la CISPR 16- 1- 6.

Aux fréquences inférieures ou égales à 1 000 MHz, le centre de phase de l'antenne doit être aligné sur la partie longitudinale du faisceau de câblage.

Aux fréquences supérieures à 1 000 MHz, le centre de phase de l'antenne doit être aligné sur l'EUT.

NOTE 2 Les utilisateurs du présent document savent que les fabricants d'antennes peuvent fournir:

- des facteurs d'antenne indépendants pour les polarisations horizontales et verticales; dans ce cas, il convient d'utiliser des facteurs d'antenne appropriés pour les mesures réalisées dans chaque polarisation;
- un facteur d'antenne unique; dans ce cas, il convient d'utiliser ce facteur d'antenne pour les deux polarisations.

6.5.3 Procédure d'essai

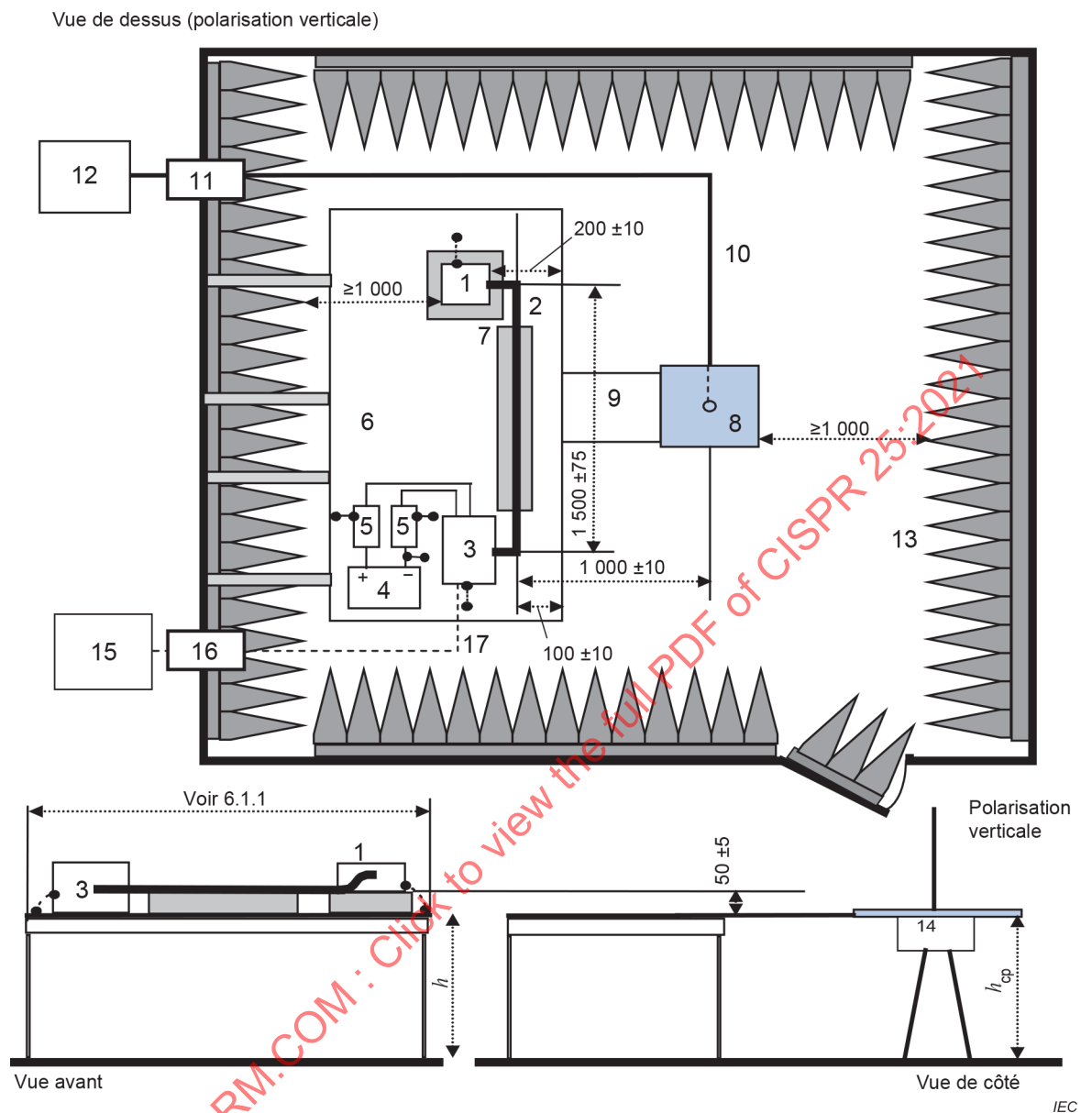
La ou les orientations de l'EUT doivent être définies dans le plan d'essai pour les mesures d'émission rayonnées.

De 150 kHz à 30 MHz, les mesures doivent être effectuées en polarisation verticale uniquement.

De 30 MHz à 5 925 MHz, les mesures doivent être effectuées en polarisation verticale et horizontale.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of CISPR 25:2021

Dimensions en millimètres – pas à l'échelle

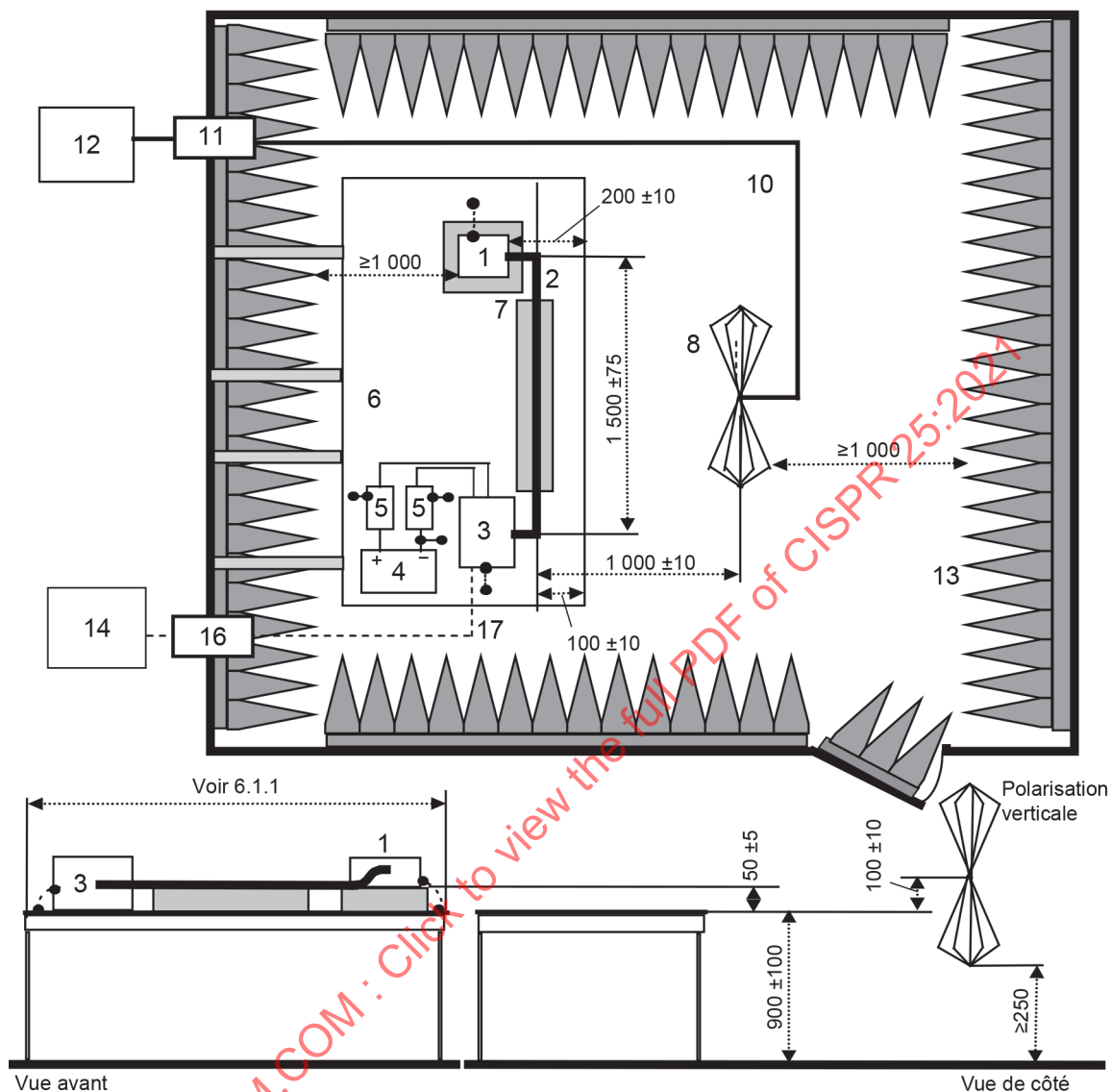
**Légende**

- | | |
|---|---|
| 1 EUT (relié localement au plan de masse de référence si cela est exigé dans le plan d'essai) | 9 Connexion à la masse (liaison pleine largeur entre contrepoids et plan de masse de référence) |
| 2 Faisceau d'essai | 10 Câble coaxial de qualité supérieure, par exemple à double blindage (50 Ω) ou câble à fibres optiques |
| 3 Simulateur de charge (emplacement et connexion à la masse selon 6.5.2.6) | 11 Connecteur de traversée de cloison |
| 4 Alimentation électrique (emplacement à titre indicatif) | 12 Instrument de mesure |
| 5 Réseau fictif (AN) | 13 Matériau absorbant RF |
| 6 Plan de masse de référence (relié à la cage de Faraday) | 14 Système d'adaptation d'antenne (l'emplacement préférentiel est au-dessous du contrepoids; s'il est au-dessus du contrepoids, la base de la tige de l'antenne doit alors être à la hauteur du plan de masse de référence) |
| 7 Support à faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$) | 15 Système de stimulation et de surveillance |
| 8 Antenne tige avec contrepoids (dimensions types: 600 mm × 600 mm) | 16 Traversée à fibres optiques |
| $h = (900 \pm 100)$ mm | 17 Fibres optiques |
| $h_{cp} = (h + 10/-20)$ mm | |

Figure 15 – Exemple de montage d'essai – Antenne tige

Dimensions en millimètres – pas à l'échelle

Vue de dessus (polarisation horizontale)



IEC

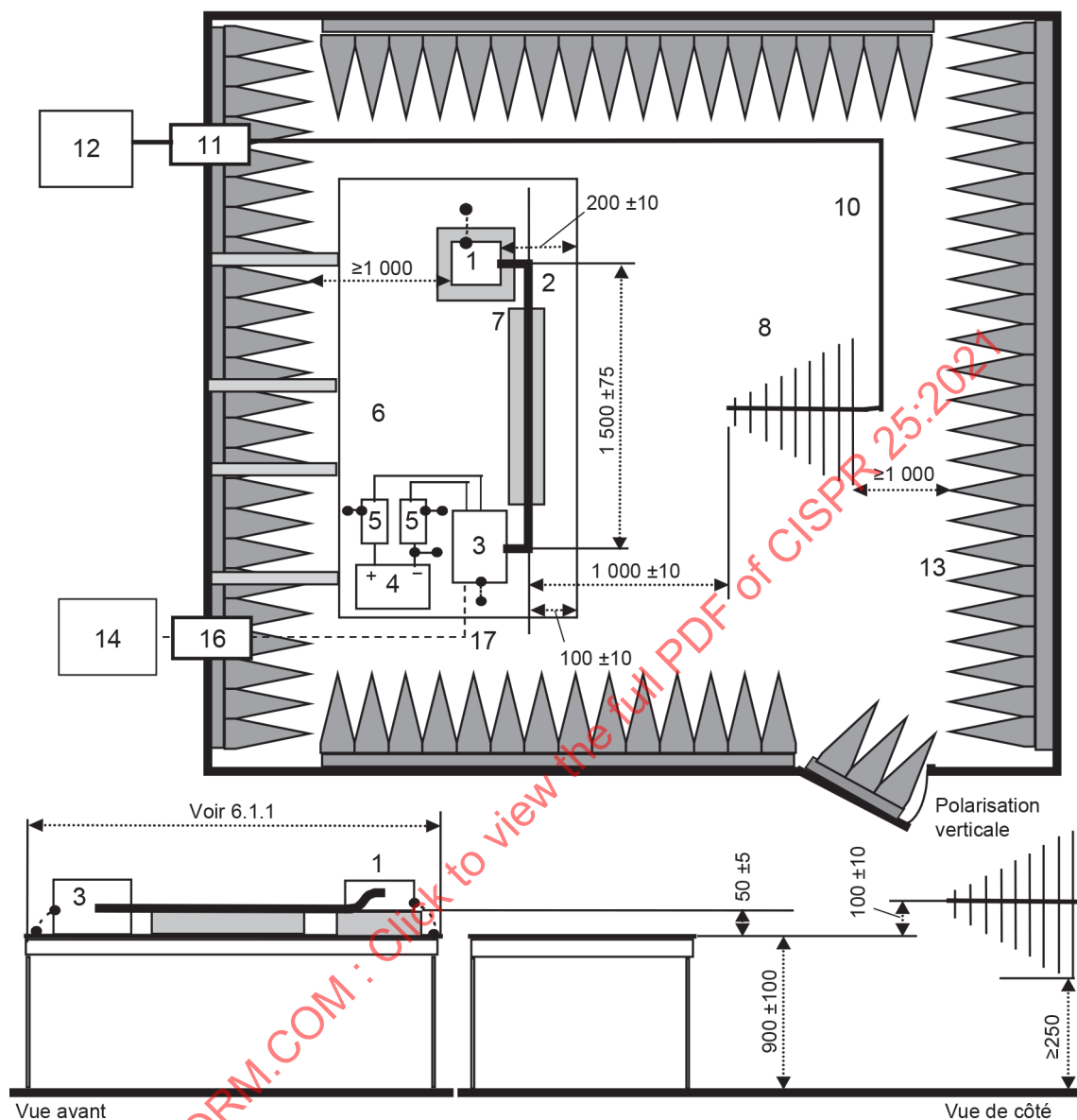
Légende

- | | |
|---|---|
| 1 EUT (relié localement au plan de masse de référence si cela est exigé dans le plan d'essai) | 8 Antenne biconique (aucune partie de l'antenne à moins de 700 mm du faisceau de câblage ou de l'EUT) |
| 2 Faisceau d'essai | 10 Câble coaxial de qualité supérieure, par exemple à double blindage (50 Ω) |
| 3 Simulateur de charge (emplacement et connexion à la masse selon 6.5.2.6) | 11 Connecteur de traversée de cloison |
| 4 Alimentation électrique (emplacement à titre indicatif) | 12 Instrument de mesure |
| 5 Réseau fictif (AN) | 13 Matériau absorbant RF |
| 6 Plan de masse de référence (relié à la cage de Faraday) | 14 Système de stimulation et de surveillance |
| 7 Support à faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$) | 16 Traversée à fibres optiques |
| | 17 Fibres optiques |

Figure 16 – Exemple de montage d'essai – Antenne biconique

Dimensions en millimètres – pas à l'échelle

Vue de dessus (polarisation horizontale)

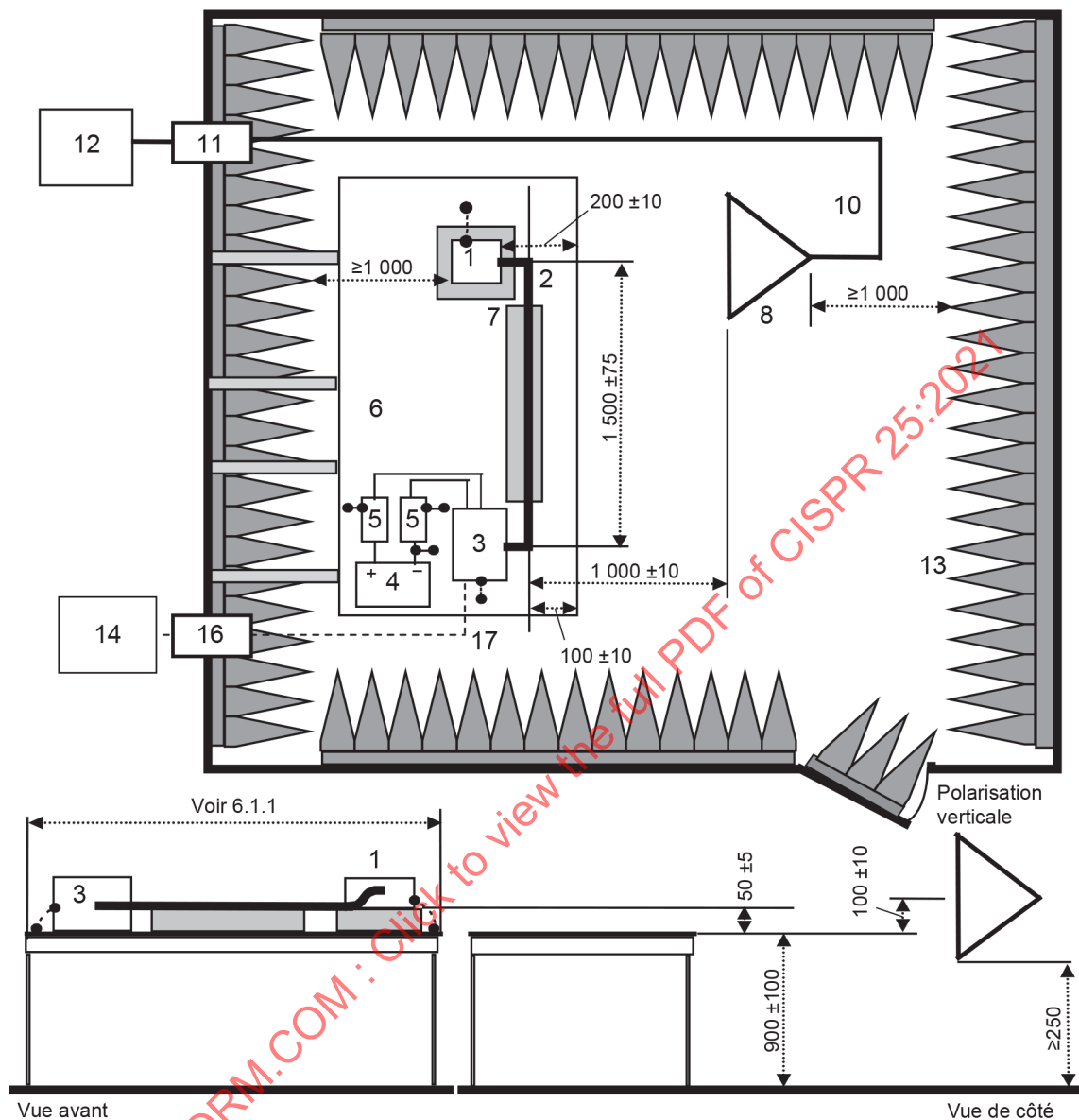
**Légende**

- | | |
|---|--|
| 1 EUT (relié localement au plan de masse de référence si cela est exigé dans le plan d'essai) | 8 Antenne log-périodique |
| 2 Faisceau d'essai | 10 Câble coaxial de qualité supérieure, par exemple à double blindage ($50\ \Omega$) |
| 3 Simulateur de charge (emplacement et connexion à la masse selon 6.5.2.6) | 11 Connecteur de traversée de cloison |
| 4 Alimentation électrique (emplacement à titre indicatif) | 12 Instrument de mesure |
| 5 Réseau fictif (AN) | 13 Matériau absorbant RF |
| 6 Plan de masse de référence (relié à la cage de Faraday) | 14 Système de stimulation et de surveillance |
| 7 Support à faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$) | 16 Traversée à fibres optiques |
| | 17 Fibres optiques |

Figure 17 – Exemple de montage d'essai – Antenne log-périodique

Dimensions en millimètres – pas à l'échelle

Vue de dessus (polarisation horizontale)



Légende

- | | |
|---|--|
| 1 EUT (relié localement au plan de masse de référence si cela est exigé dans le plan d'essai) | 8 Antenne cornet |
| 2 Faisceau d'essai | 10 Câble coaxial de qualité supérieure, par exemple à double blindage (50 Ω) |
| 3 Simulateur de charge (emplacement et connexion à la masse selon 6.5.2.6) | 11 Connecteur de traversée de cloison |
| 4 Alimentation électrique (emplacement à titre indicatif) | 12 Instrument de mesure |
| 5 Réseau fictif (AN) | 13 Matériau absorbant RF |
| 6 Plan de masse de référence (relié à la cage de Faraday) | 14 Système de stimulation et de surveillance |
| 7 Support à faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$) | 16 Traversée à fibres optiques |
| | 17 Fibres optiques |

Figure 18 – Exemple de montage d'essai – Fréquences supérieures à 1 GHz – Antenne cornet

6.5.4 Limites pour les émissions rayonnées des équipements/modules – Méthode de l'ALSE

La classe de niveau à utiliser (en fonction de la bande de fréquences) doit faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

Le Tableau 8 et le Tableau 9 montrent l'exemple de limites pour les perturbations rayonnées des composants/modules – méthode de l'ALSE. Dans la mesure où l'emplacement de montage, le type de carrosserie du véhicule et la configuration du faisceau peuvent affecter le couplage des perturbations radioélectriques sur les équipements radioélectriques embarqués, plusieurs niveaux de limites sont définis. Pour la bande GNSS, une caractéristique de limite spécifique est recommandée. Elle est représentée à la Figure 19.

Tableau 8 – Exemples de limites pour les perturbations rayonnées – Méthode de l'ALSE – Généralités

Service / Bande	Fréquence MHz	Limites de perturbation en dB(µV/m)															RBW
		Classe 5			Classe 4			Classe 3			Classe 2			Classe 1			
		Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	
Services de diffusion analogiques																	
LW	0,15 à 0,3	46	33	26	56	43	36	66	53	46	76	63	56	86	73	66	9 kHz
MW	0,53 à 1,8	40	27	20	48	35	28	56	43	36	64	51	44	72	59	52	
SW	5,9 à 6,2	40	27	20	46	33	26	52	39	32	58	45	38	64	51	44	
FM	76 à 108	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42	120 kHz
Bande TV I	41 à 88	28	–	18	34	–	24	40	–	30	46	–	36	52	–	42	
Bande TV III	174 à 230	20	–	10	26	–	16	32	–	22	38	–	28	44	–	34	
Bande TV IV	470 à 944	41	–	31	47	–	37	53	–	43	59	–	49	65	–	55	
Services de diffusion numérique																	
DAB III	171 à 245	30	–	20	36	–	26	42	–	32	48	–	38	54	–	44	1 MHz
Bande TV III	174 à 230	30	–	20	36	–	26	42	–	32	48	–	38	54	–	44	
TNT	470 à 770	46	–	36	52	–	42	58	–	48	64	–	54	70	–	60	
Bande DAB L	1 447 à 1 494	54	–	44	60	–	50	66	–	56	72	–	62	78	–	68	
SDARS	2 320 à 2 345	58	–	48	64	–	54	70	–	60	76	–	66	82	–	72	
Services mobiles																	
CB	26 à 28	40	27	20	46	33	26	52	39	32	58	45	38	64	51	44	9 kHz
VHF	30 à 54	40	27	20	46	33	26	52	39	32	58	45	38	64	51	44	120 kHz
VHF	68 à 87	35	22	15	41	28	21	47	34	27	53	40	33	59	46	39	
VHF	142 à 175	35	22	15	41	28	21	47	34	27	53	40	33	59	46	39	
UHF analogique	380 à 512	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42	
RKE et TPMS 1	300 à 330	32	–	18	38	–	24	44	–	30	50	–	36	56	–	42	
RKE et TPMS 2	420 à 450	32	–	18	38	–	24	44	–	30	50	–	36	56	–	42	
UHF analogique	820 à 960	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42	68	55	48	

Service / Bande	Fréquence MHz	Limites de perturbation en dB(µV/m)															RBW
		Classe 5			Classe 4			Classe 3			Classe 2			Classe 1			
		Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	
GPS L5	1 156,45 à 1 196,45	–	–	20	–	–	26	–	–	32	–	–	38	–	–	44	9 kHz
BDS, B1I	1 553,098 à 1 569,098	–	–	5,5	–	–	11,5	–	–	17,5	–	–	23,5	–	–	29,5	
GPS L1	1 567,42 à 1 583,42	–	–	10	–	–	16	–	–	22	–	–	28	–	–	34	
GLONASS L1	1 590,781 à 1 616,594	–	–	10	–	–	16	–	–	22	–	–	28	–	–	34	
Wi-Fi/Bluetooth	2 402 à 2 494	52	–	32	58	–	38	64	–	44	70	–	50	76	–	56	1 MHz
Wi-Fi	5 150 à 5 350	59	–	39	65	–	45	71	–	51	77	–	57	83	–	63	
Wi-Fi	5 470 à 5 725	59	–	39	65	–	45	71	–	51	77	–	57	83	–	63	
V2X (Wi-Fi)	5 850 à 5 925	84	–	64	90	–	70	96	–	76	102	–	82	108	–	88	

NOTE 1 Toutes les valeurs indiquées dans ce tableau sont valables pour les largeurs de bande définies dans le Tableau 1 et le Tableau 2. Si les mesures sont réalisées avec des largeurs de bande différentes de celles définies dans le Tableau 1 et dans le Tableau 2 du fait des exigences en matière de bruit ambiant, les limites applicables sont alors définies dans le plan d'essai et les limites et largeurs de bande appliquées sont documentées dans le rapport d'essai.

NOTE 2 Si plusieurs bandes utilisent les mêmes limites, l'utilisateur procède aux essais sur les bandes concernées. Si le plan d'essai inclut des bandes qui se chevauchent, le plan d'essai spécifie la limite applicable.

NOTE 3 Les valeurs indiquées dans le tableau s'appliquent pour la plage de fréquences de 1 156,45 MHz à 1 196,45 MHz. Les limites pour l'ensemble de la plage de fréquences GPS L5 sont indiquées à la Figure 19a.

NOTE 4 Les valeurs indiquées dans le tableau s'appliquent pour la plage de fréquences de 1 553,098 MHz à 1 569,098 MHz. Les limites pour l'ensemble de la plage de fréquences BDS, B1I sont indiquées à la Figure 19b.

NOTE 5 Les valeurs indiquées dans le tableau s'appliquent pour la plage de fréquences de 1 567,42 MHz à 1 616,42 MHz. Les limites pour l'ensemble de la plage de fréquences GPS sont indiquées à la Figure 19c.

NOTE 6 Les valeurs indiquées dans le tableau s'appliquent pour la plage de fréquences de 1 590,781 MHz à 1 616,594 MHz. Les limites pour l'ensemble de la plage de fréquences GLONASS sont indiquées à la Figure 19d.

NOTE 7 Bien que les limites pour les détecteurs de crête, de quasi-crête et de valeur moyenne soient représentées, les mesures avec les trois détecteurs ne sont pas exigées (voir la Figure 1).

**Tableau 9 – Exemples de limites pour les perturbations rayonnées –
Méthode de l'ALSE – Téléphone mobile numérique**

Service / Bande	Fréquence MHz	Limites de perturbation en dB(µV/m)															RBW
		Classe 5			Classe 4			Classe 3			Classe 2			Classe 1			
		Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	
Services de téléphonie mobile numérique ^{c d}																	
4G	460 à 467,5	44	–	24	50	–	30	56	–	36	62	–	42	68	–	48	1 MHz
5G n71 (617 MHz à 652 MHz) 4G (617 MHz à 652 MHz)	617 à 652	46	–	26	52	–	32	58	–	38	64	–	44	70	–	50	1 MHz
5G n12 (729 MHz à 746 MHz) 5G n14 (758 MHz à 768 MHz) 5G n28 (758 MHz à 803 MHz) 5G n29 (717 MHz à 728 MHz) 4G (703 MHz à 803 MHz)	703 à 803	47	–	27	53	–	33	59	–	39	65	–	45	71	–	51	1 MHz
3G (729 MHz à 756 MHz) 3G (758 MHz à 768 MHz)		41 ^a	–	21 ^a	57 ^a	–	27 ^a	53 ^a	–	33 ^a	59 ^a	–	39 ^a	65 ^a	–	45 ^a	
5G n20 (791 MHz à 821 MHz)	791 à 821	48	–	28	54	–	34	60	–	40	66	–	46	72	–	52	1 MHz
3G (791 MHz à 821 MHz)		42	–	22	48	–	28	54	–	34	60	–	40	66	–	46	
5G n5 (869 MHz à 894 MHz) 5G n18 (860 MHz à 875 MHz) 5G n26 (859 MHz à 894 MHz) 4G (852 MHz à 894 MHz)	852 à 894	49	–	29	55	–	35	61	–	41	67	–	47	73	–	53	1 MHz
3G (859 MHz à 894 MHz)		43 ^a	–	23 ^a	49 ^a	–	29 ^a	55 ^a	–	35 ^a	61 ^a	–	41 ^a	67 ^a	–	47 ^a	
2G (869 MHz à 894 MHz)		43 ^b	–	23 ^b	49 ^b	–	29 ^b	55 ^b	–	35 ^b	61 ^b	–	41 ^b	67 ^b	–	47 ^b	120 kHz
5G n8 (925 MHz à 960 MHz) 4G (925 MHz à 960 MHz)	925 à 960	50	–	30	56	–	36	62	–	42	68	–	48	74	–	54	1 MHz
3G (925 MHz à 960 MHz)		44 ^a	–	24 ^a	50 ^a	–	30 ^a	56 ^a	–	36 ^a	62 ^a	–	42 ^a	68 ^a	–	48 ^a	
2G (925 MHz à 960 MHz)		44 ^b	–	24 ^b	50 ^b	–	30 ^b	56 ^b	–	36 ^b	62 ^b	–	42 ^b	68 ^b	–	48 ^b	120 kHz

Service / Bande	Fréquence MHz		Limites de perturbation en dB(µV/m)												RBW			
			Classe 5			Classe 4			Classe 3			Classe 2				Classe 1		
			Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne		Crête	Quasi-crête	Moyenne
5G n50 (1 432 MHz à 1 517 MHz) 5G n51 (1 427 MHz à 1 432 MHz) 5G n74 (1 475 MHz à 1 518 MHz) 5G n75 (1 432 MHz à 1 517 MHz) 5G n76 (1 427 MHz à 1 432 MHz) 5G n91 (1 427 MHz à 1 432 MHz) 5G n92 (1 432 MHz à 1 517 MHz) 5G n93 (1 427 MHz à 1 432 MHz) 5G n94 (1 432 MHz à 1 517 MHz) 4G (1 427 MHz à 1 518 MHz)	1 427 à 1 518	53	–	33	59	–	39	65	–	45	71	–	51	77	–	57	1 MHz	
3G (1 452 MHz à 1 496 MHz)		47 ^a	–	27 ^a	53 ^a	–	33 ^a	59 ^a	–	39 ^a	65 ^a	–	45 ^a	71 ^a	–	51 ^a		
4G	1 525 à 1 559	54	–	34	60	–	40	66	–	46	72	–	52	78	–	58	1 MHz	
5G n3 (1 805 MHz à 1 880 MHz) 4G (1 805 MHz à 1 880 MHz)	1 805 à 1 880	55	–	35	61	–	41	67	–	47	73	–	53	79	–	59	1 MHz	
3G (1 805 MHz à 1 880 MHz)		49 ^a	–	29 ^a	55 ^a	–	35 ^a	61 ^a	–	41 ^a	67 ^a	–	47 ^a	73 ^a	–	53 ^a		
2G (1 805 MHz à 1 880 MHz)		49 ^b	–	29 ^b	55 ^b	–	35 ^b	61 ^b	–	41 ^b	67 ^b	–	47 ^b	73 ^b	–	53 ^b	120 kHz	
5G n39 (1 880 MHz à 1 920 MHz) 5G n2 (1 930 MHz à 1 990 MHz) 5G n25 (1 930 MHz à 1 995 MHz) 5G n70 (1 995 MHz à 2 020 MHz) 5G n34 (2 010 MHz à 2 025 MHz) 4G (1 850 MHz à 2 025 MHz)	1 850 à 2 025	56	–	36	62	–	42	68	–	48	74	–	54	80	–	60	1 MHz	
3G (1 850 MHz à 1 995 MHz) 3G (2 010 MHz à 2 025 MHz)		50 ^a	–	30 ^a	56 ^a	–	36 ^a	62 ^a	–	42 ^a	68 ^a	–	48 ^a	74 ^a	–	54 ^a		
2G (1 930 MHz à 1 990 MHz)		50 ^b	–	30 ^b	56 ^b	–	36 ^b	62 ^b	–	42 ^b	68 ^b	–	48 ^b	74 ^b	–	54 ^b	120 kHz	
5G n1 (2 110 MHz à 2 170 MHz) 5G n65 (2 110 MHz à 2 200 MHz) 5G n66 (2 110 MHz à 2 200 MHz) 4G (2 110 MHz à 2 200 MHz)	2 110 à 2 200	57	–	37	63	–	43	69	–	49	75	–	55	81	–	61	1 MHz	
3G (2 110 MHz à 2 170 MHz)		51 ^a	–	31 ^a	57 ^a	–	37 ^a	63 ^a	–	43 ^a	69 ^a	–	49 ^a	75 ^a	–	55 ^a		
5G n30 (2 350 MHz à 2 360 MHz) 5G n40 (2 300 MHz à 2 400 MHz) 4G (2 300 MHz à 2 400 MHz)	2 300 à 2 400	58	–	38	64	–	44	70	–	50	76	–	56	82	–	62	1 MHz	
3G (2 300 MHz à 2 400 MHz)		52 ^a	–	32 ^a	58 ^a	–	38 ^a	64 ^a	–	44 ^a	70 ^a	–	50 ^a	76 ^a	–	56 ^a		
5G n53 (2 483,5 MHz à 2 495 MHz)	2 483,5 à 2 495	58	–	38	64	–	44	70	–	50	76	–	56	82	–	62	1 MHz	

Service / Bande	Fréquence MHz		Limites de perturbation en dB(µV/m)															RBW
			Classe 5			Classe 4			Classe 3			Classe 2			Classe 1			
			Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	
5G n7 (2 620 MHz à 2 690 MHz) 5G n38 (2 570 MHz à 2 620 MHz) V2X 5G n41 (2 496 MHz à 2 690 MHz) 5G n90 (2 496 MHz à 2 690 MHz) 4G (2 496 MHz à 2 690 MHz)	2 496 à 2 690	58	–	38	64	–	44	70	–	50	76	–	56	82	–	62	1 MHz	
3G (2 570 MHz à 2 690 MHz)		52 ^a	–	32 ^a	58 ^a	–	38 ^a	64 ^a	–	44 ^a	70 ^a	–	50 ^a	76 ^a	–	56 ^a		
5G n48 (3 550 MHz à 3 700 MHz) 5G n77 (3 300 MHz à 4 200 MHz) 5G n78 (3 300 MHz à 3 800 MHz) 4G (3 300 MHz à 3 800 MHz)	3 300 à 4 200	61	–	41	67	–	47	73	–	53	79	–	59	85	–	65	1 MHz	
3G (3 510 MHz à 3 590 MHz)		55 ^a	–	35 ^a	61 ^a	–	41 ^a	67 ^a	–	47 ^a	73 ^a	–	53 ^a	79 ^a	–	59 ^a		
5G n79 (4 400 MHz à 5 000 MHz)	4 400 à 5 000	63	–	43	69	–	49	75	–	55	81	–	61	87	–	67	1 MHz	
4G	5 150 à 5 925	65	–	45	71	–	51	77	–	57	83	–	63	89	–	69	1 MHz	
5G n47 (5 855 MHz à 5 925 MHz) V2X V2X (4G)	5 855 à 5 925	66	–	46	72	–	52	78	–	58	84	–	64	90	–	70	1 MHz	

^a Valeurs si le protocole 3G est mis en œuvre dans le véhicule.

^b Valeurs si le protocole 2G est mis en œuvre dans le véhicule.

^c Les détails sur les bandes de fréquences 2G, 3G et 4G se trouvent dans l'ETSI TS 136 101 [14].

^d Les détails sur les bandes de fréquences 5G se trouvent dans l'ETSI TS 138 101-1 V16.4 [20].

NOTE 1 Toutes les valeurs indiquées dans ce tableau sont valables pour les largeurs de bande définies dans le Tableau 1 et le Tableau 2. Si les mesures sont réalisées avec des largeurs de bande différentes de celles définies dans le Tableau 1 et dans le Tableau 2 du fait des exigences en matière de bruit ambiant, les limites applicables sont alors définies dans le plan d'essai et les limites et largeurs de bande appliquées sont documentées dans le rapport d'essai.

NOTE 2 Si plusieurs bandes utilisent les mêmes limites, l'utilisateur procède aux essais sur les bandes concernées. Si le plan d'essai inclut des bandes qui se chevauchent, le plan d'essai spécifie la limite applicable.

NOTE 3 Les bandes de fréquences spécifiées dans la colonne "Fréquence" combinent les différentes bandes de fréquences des services de téléphonie mobile (par exemple la bande de fréquences de 2 300 MHz à 2 400 MHz combine la "Bande 40 – TD 2 300", la "Bande 30-2 300 WCS" et "5G n30" et "5G n40").

NOTE 4 Bien que les limites pour les détecteurs de crête, de quasi-crête et de valeur moyenne soient représentées, les mesures avec les trois détecteurs ne sont pas exigées (voir la Figure 1).

NOTE 5 Les niveaux d'ALSE sont dérivés des niveaux des véhicules à l'aide de l'équation suivante:

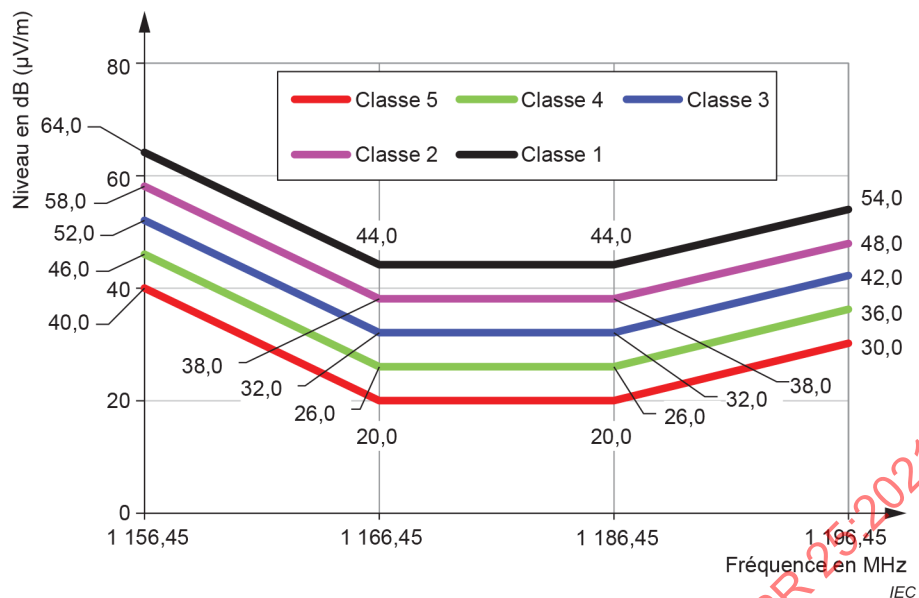


Figure 19a – GPS L5 de 1 156,45 MHz à 1 196,45 MHz

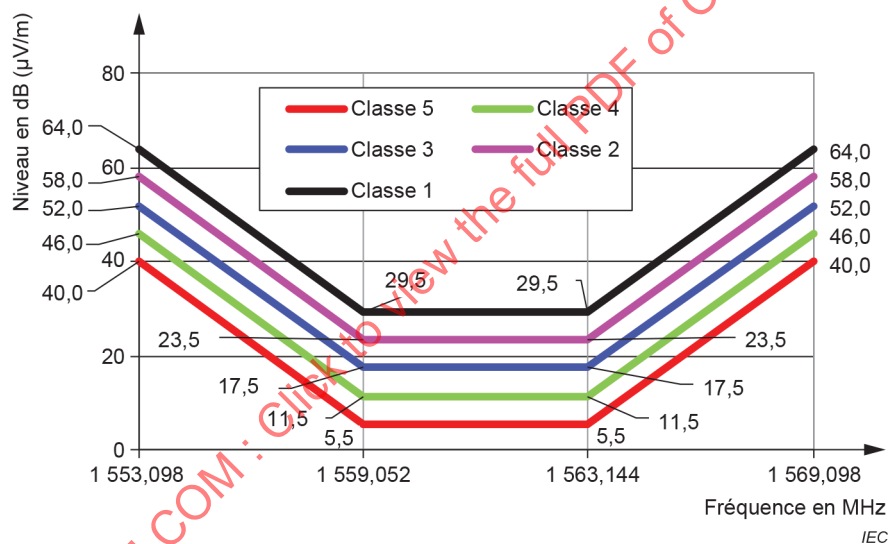


Figure 19b – Bande BDS, B1I de 1 553,098 MHz à 1 569,098 MHz

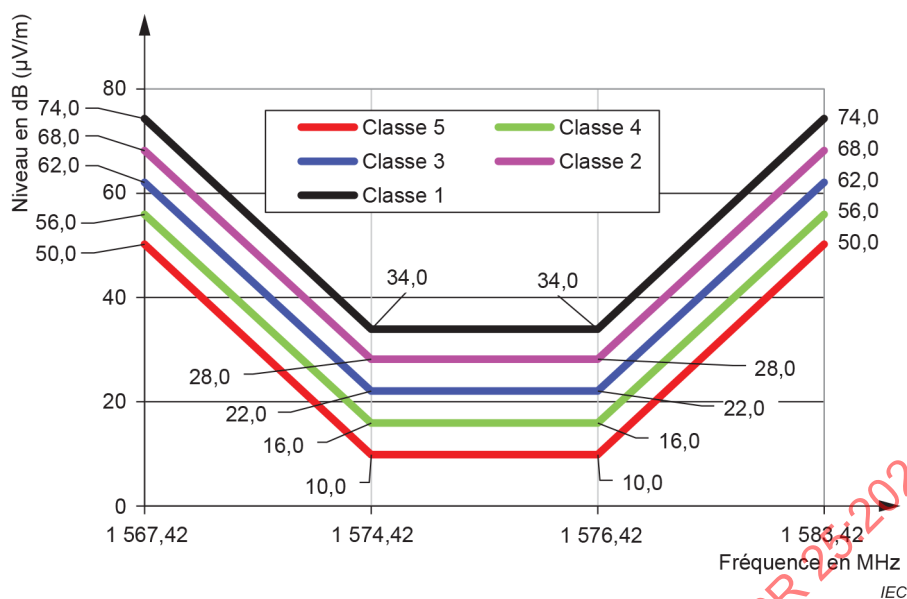


Figure 19c – Bande GPS de 1 567,42 MHz à 1 583,42 MHz

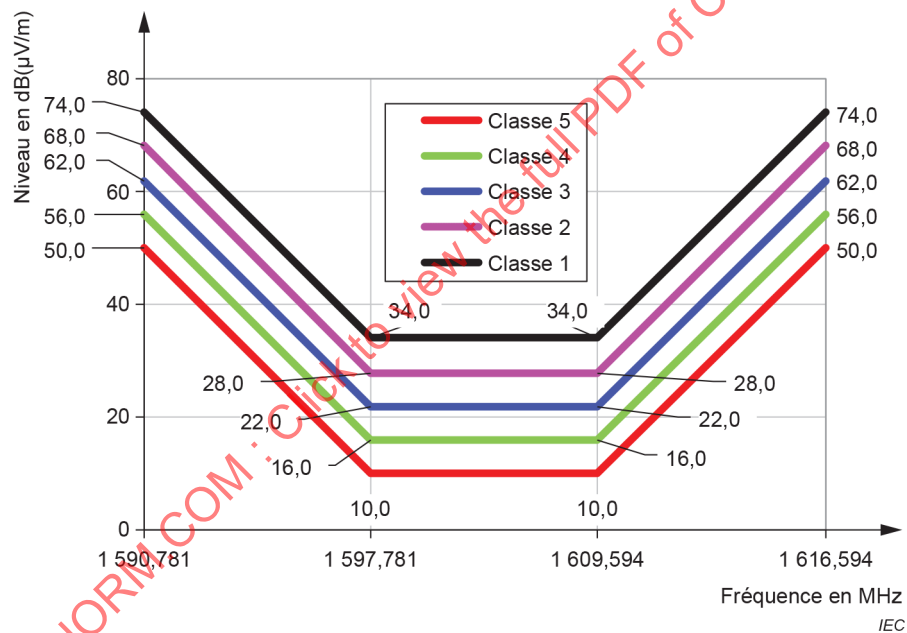


Figure 19d – Bande GLONASS de 1 590,781 MHz à 1 616,594 MHz

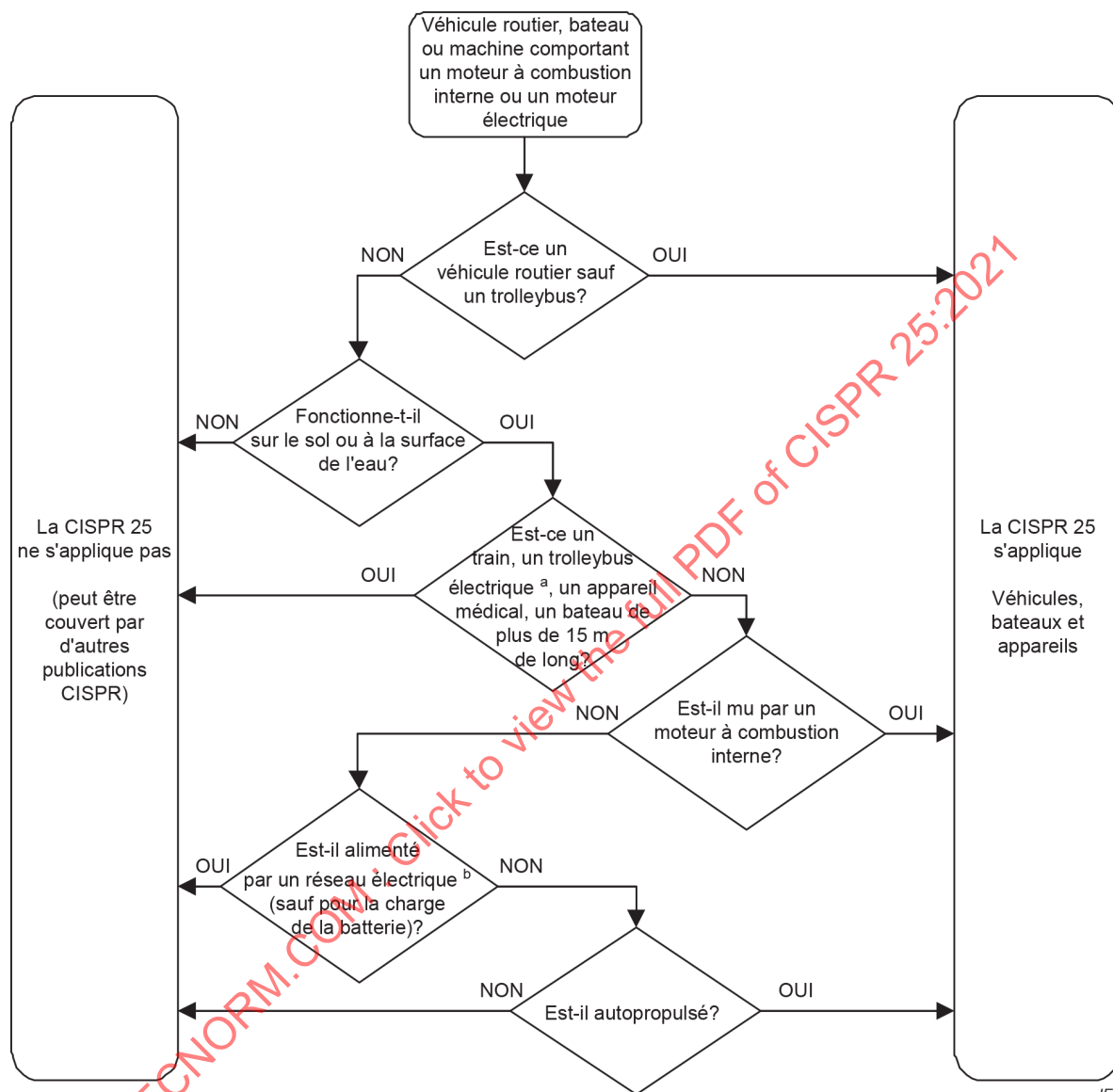
Figure 19 – Détails des limites moyennes pour les bandes GPS, BDS, B1I et GLONASS – Composants

6.6 Emissions rayonnées par les composants/modules – Méthode de la ligne TEM à plaques

Voir l'Annexe F.

Annexe A (informative)

Organigramme d'application de la CISPR 25 aux véhicules et bateaux



^a Dans le cas d'un trolleybus bimode (par exemple propulsé par de l'énergie provenant soit d'un réseau d'alimentation en courant alternatif/continu, soit d'un moteur à combustion interne), la portion principale du réseau d'alimentation en courant alternatif/en courant continu du système de propulsion du véhicule doit être exclue du présent document.

^b La connexion aux réseaux électriques est prise en charge par un autre sous-comité CISPR.

Figure A.1 – Organigramme de contrôle de l'applicabilité du présent document

La Figure A.1 est destinée à apporter une aide afin de déterminer si un produit particulier est couvert par la présente publication. En cas de conflit entre cet organigramme et le domaine d'application du présent document, le domaine d'application doit s'appliquer.

Annexe B (normative)

Système d'adaptation d'antenne – Essai du véhicule

B.1 Paramètres du système d'adaptation d'antenne (150 kHz à 6,2 MHz)

Les exigences relatives à l'équipement de mesure sont définies en 5.2.2.

B.2 Système d'adaptation d'antenne – Vérification

B.2.1 Généralités

Les valeurs de 10 pF et de 60 pF pour le réseau fictif de l'antenne à la Figure B.1 sont utilisées pour représenter une antenne classique (par exemple tige 1 m, câble coaxial 2 m). Le condensateur de 60 pF représente la capacité du câble coaxial entre l'antenne du véhicule et l'entrée de la radio du véhicule.

NOTE Les valeurs réelles avec des antennes sérigraphiées ou des systèmes à diversité peuvent varier de façon importante.

B.2.2 Mesure de gain

Le système d'adaptation d'antenne et l'adaptateur fictif d'antenne (AAA, Artificial Antenna Adapter) doivent être mesurés afin de déterminer si le gain satisfait aux exigences décrites en 5.2.2.1, en utilisant la disposition d'essai représentée à la Figure B.1.

B.2.3 Procédure d'essai

En utilisant la disposition d'essai représentée à la Figure B.1:

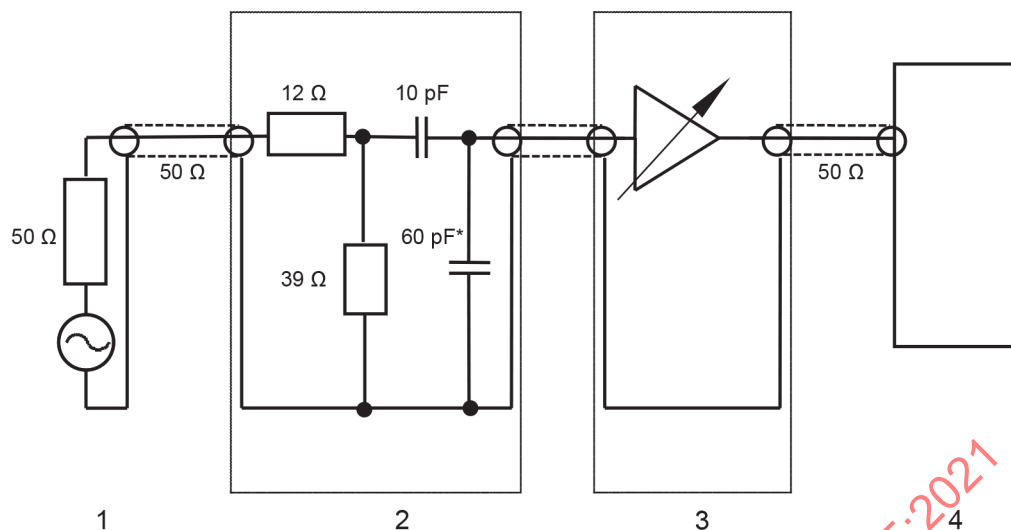
- 1) régler le générateur de signaux pour obtenir un niveau de sortie de 40 dB(μ V);
- 2) tracer la courbe de gain pour chaque segment de fréquence.

NOTE Pour un étalonnage plus précis, les valeurs réelles des composants utilisés dans l'AAA et les paramètres d'entrée du réseau d'adaptation peuvent être mesurées. L'affaiblissement réel d'un équipement de mesure spécifique peut être calculé et utilisé pour obtenir le gain du réseau d'adaptation avec une plus grande précision.

Le gain du système d'adaptation d'antenne doit être évalué. Il peut être obtenu par calcul (avec les valeurs réelles des composants utilisés dans l'AAA et les paramètres d'entrée du système d'adaptation d'antenne) ou à l'aide d'une mesure complémentaire (à l'aide de deux AAA parfaitement identiques).

B.3 Mesure de l'impédance

L'impédance de sortie du système d'adaptation d'antenne avec l'antenne reliée à ce dernier doit être mesurée à l'aide d'un impédancemètre vectoriel (ou d'un équipement d'essai équivalent). L'impédance de sortie doit se trouver dans un cercle sur un abaque de Smith ($100 + j0$) Ω , dont le centre se trouve à $(50 + j0)$ Ω (par exemple ROS inférieur à 2:1).



IEC

Légende

- 1 Générateur de signaux
- 2 Adaptateur fictif d'antenne
- 3 Système d'adaptation d'antenne
- 4 Instrument de mesure

* Cette valeur comprend la capacité du connecteur et, le cas échéant, celle du câble.

Figure B.1 – Montage utilisé pour la vérification

Annexe C (informative)

Filtre de courant de gaine

C.1 Informations générales

La présente annexe donne des informations sur les performances et la vérification d'un filtre de courant de gaine, dont l'utilisation est recommandée lors de la mesure des tensions aux bornes de l'antenne du véhicule dans la plage de fréquences de radiodiffusion AM (LW, MW, SW). Ce dispositif d'antiparasitage isole électriquement l'ALSE de la masse du véhicule.

C.2 Construction du dispositif d'antiparasitage

La courbe de performance ci-dessous (Figure C.1) montre l'affaiblissement des courants de gaine en utilisant 20 tours d'un câble coaxial autour d'un noyau en ferrite.

matériau: N30; $AI = 5\,400\text{ nH}$;
dimensions: noyau torique $58,3 \times 40,8 \times 17,6\text{ mm}$;
fabricant: TDK EPCOS, n° de référence: B64290L0040X830;
nombre de spires: 20 (câble coaxial).

NOTE Pour un affaiblissement plus important, deux filtres de courant de gaine peuvent être placés en série ou davantage de spires peuvent être ajoutées sur un seul noyau.

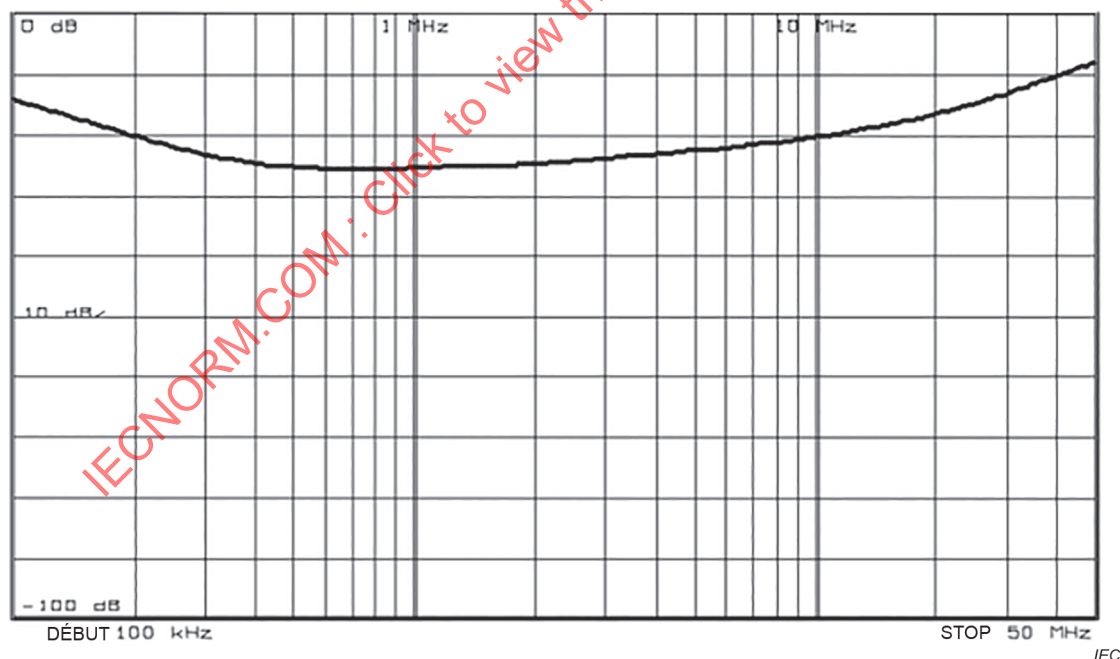


Figure C.1 – Caractéristique S_{21} du filtre de courant de gaine

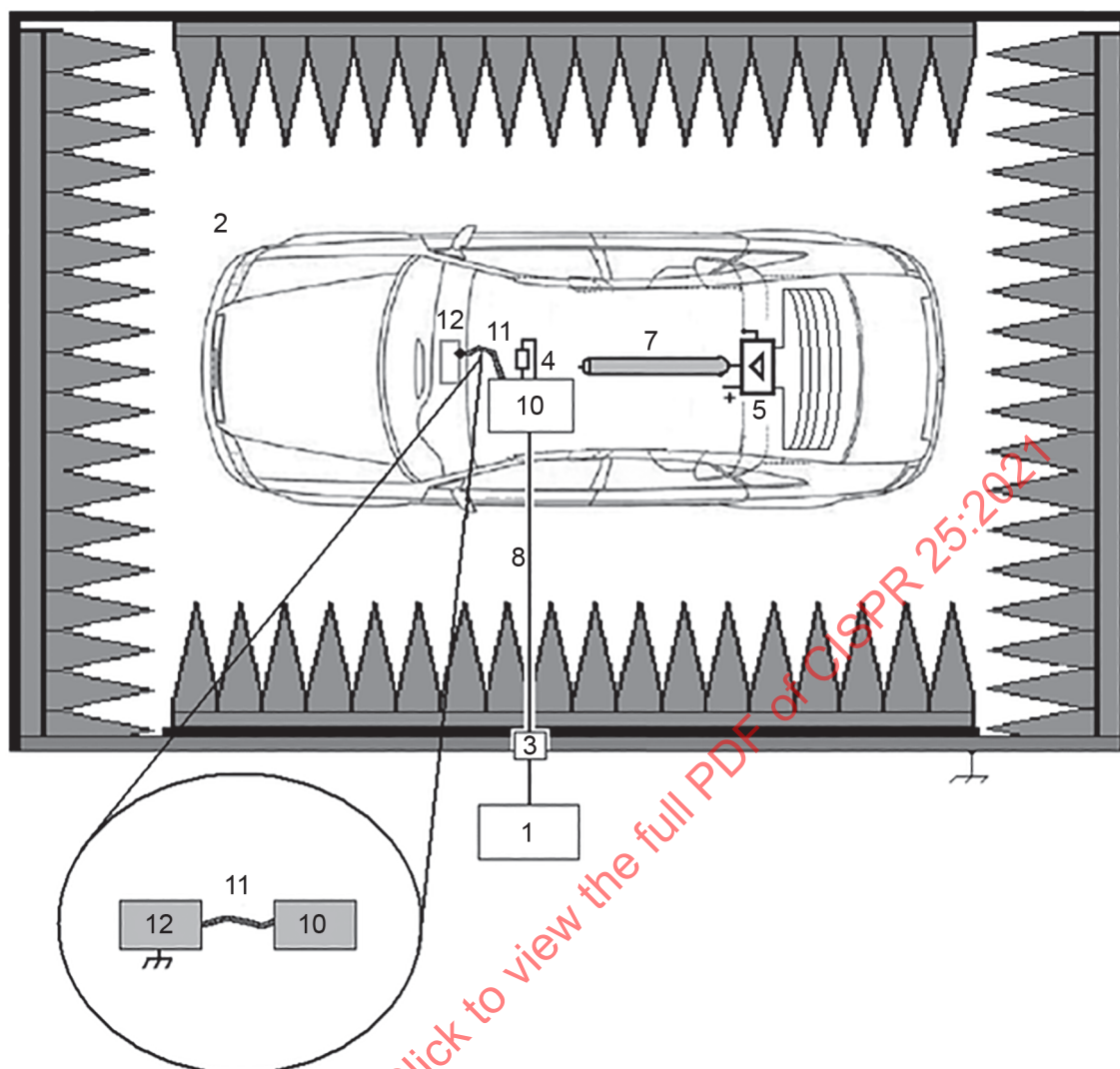
Annexe D (informative)

Recommandations pour la détermination du bruit de fond des antennes de véhicules actives

Le processus de détermination du bruit de fond d'une antenne active installée sur un véhicule se décompose en trois étapes:

- 1) mesure du bruit de fond propre à l'appareil d'essai (récepteur de mesure plus convertisseur d'impédance), la terminaison d'impédance du câble coaxial étant reliée à l'entrée RF du convertisseur d'impédance, dans la plage applicable de l'antenne active ($U_{\text{Bruit des équipements}}$) (voir montage d'essai à la Figure D.1);
- 2) mesure du bruit de fond propre à l'antenne active du véhicule, y compris le bruit de fond propre à l'équipement d'essai ($U_{\text{Bruit des équipements plus bruit d'antenne}}$) (voir montage d'essai à la Figure D.2);
- 3) calcul du bruit de fond de l'antenne active à l'aide de la Formule (D.1) (tous les termes en μV):

$$U_{\text{Bruit d'antenne}} = \sqrt{U_{\text{Bruit des équipements plus bruit d'antenne}}^2 - U_{\text{Bruit des équipements}}^2} \quad (\text{D.1})$$

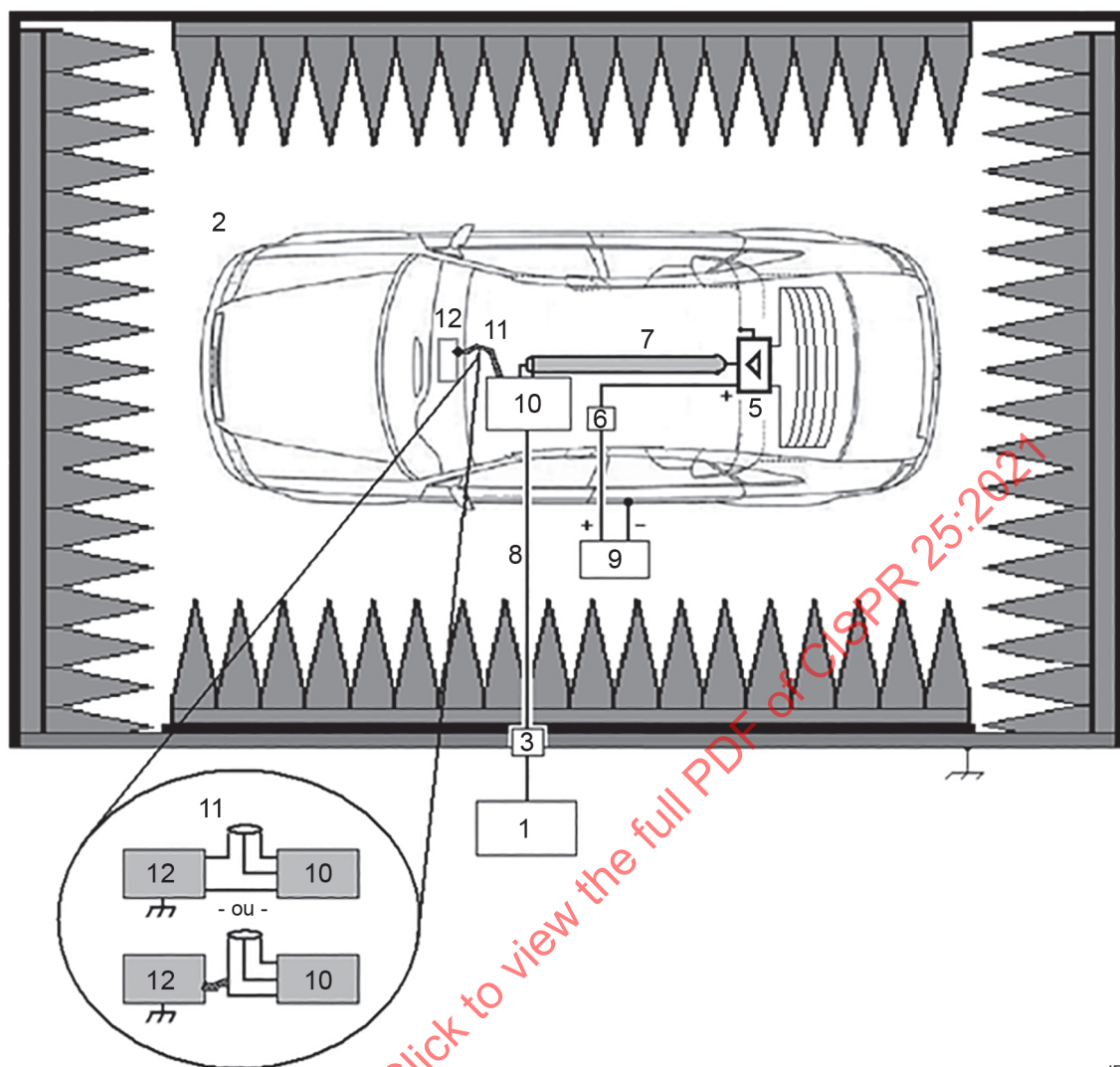


IEC

Légende

- 1 Instrument de mesure
- 2 ALSE
- 3 Connecteur de traversée de cloison
- 4 Résistance en fonction de l'impédance du câble coaxial
- 5 Amplificateur d'antenne du véhicule
-
- 7 Câble coaxial d'antenne
- 8 Câble coaxial de qualité supérieure, à double blindage (50 Ω)
-
- 10 Système d'adaptation d'impédance
- 11 Connexion courte au boîtier de l'équipement radioélectrique embarqué
- 12 Boîtier de l'équipement radioélectrique embarqué

Figure D.1 – Exemple de montage d'essai des véhicules pour le bruit des équipements



IEC

Légende

- 1 Instrument de mesure
- 2 ALSE
- 3 Connecteur de traversée de cloison
-
- 5 Amplificateur d'antenne du véhicule
- 6 Fiche d'alimentation électrique de l'amplificateur d'antenne
- 7 Câble coaxial d'antenne
- 8 Câble coaxial de qualité supérieure, par exemple à double blindage (50 Ω)
- 9 Batterie 12 V externe
- 10 Système d'adaptation d'impédance
- 11 Connecteur en T coaxial modifié ou connexion courte au boîtier de l'équipement radioélectrique embarqué
- 12 Boîtier de l'équipement radioélectrique embarqué

Figure D.2 – Exemple de montage d'essai des véhicules pour la mesure du bruit d'antenne

Annexe E (normative)

Réseau fictif (AN), réseau fictif haute tension (AN-HT), réseau fictif de charge en courant continu (AN de charge en courant continu), réseau fictif d'alimentation (AMN) et réseau fictif asymétrique (AAN)

E.1 Généralités

Différents types d'alimentations électriques et de câblages d'alimentation sont actuellement utilisés pour un composant alimenté en basse tension (BT) et/ou en haute tension (HT) et/ou raccordé au réseau électrique (réseau électrique en courant alternatif, alimentation électrique en courant continu) et pour un véhicule en mode de charge raccordé au réseau électrique (réseau électrique en courant alternatif, alimentation électrique en courant continu). Par conséquent, il est nécessaire d'utiliser des réseaux qui fournissent une impédance de charge spécifique et isolent le composant ou le véhicule de l'alimentation électrique:

- réseau fictif (AN): utilisé pour les alimentations électriques BT;
- réseau fictif haute tension (AN-HT): utilisé pour les alimentations électriques en courant continu à haute tension;
- réseau fictif de charge en courant continu (AN de charge en courant continu): utilisé pour les alimentations électriques en courant continu;
- réseau fictif d'alimentation (AMN): utilisé pour les réseaux électriques en courant alternatif;
- réseau fictif asymétrique (AAN): utilisé pour les lignes d'accès de signal/commande et/ou les lignes d'accès de réseau câblé.

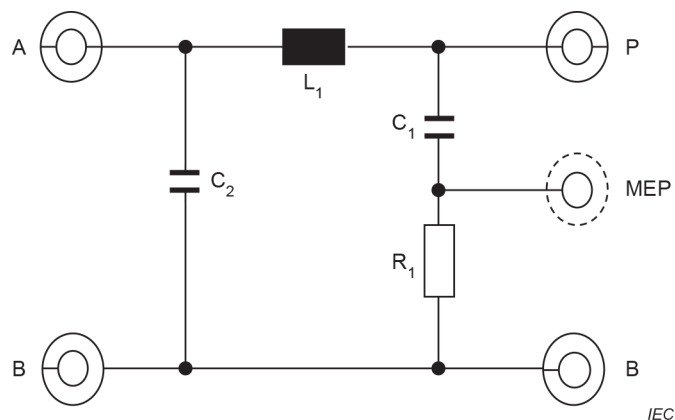
E.2 Réseaux fictifs (AN)

E.2.1 Composant alimenté en BT

Pour un composant alimenté en BT, un AN de 5 $\mu\text{H}/50\ \Omega$ comme défini à la Figure E.1 doit être utilisé.

Une charge de 50 Ω doit être appliquée aux accès de mesure du ou des AN.

L'impédance de l'AN, Z_{PB} , (tolérance $\pm 20\%$) dans la plage de fréquences de mesure de 0,1 MHz à 100 MHz est spécifiée dans le Tableau E.1 et représentée à la Figure E.2. Elle est mesurée entre les bornes P et B (Figure E.1) avec une charge de 50 Ω sur l'accès de mesure, les bornes A et B (Figure E.1) étant court-circuitées.



Légende

L_1 : 5 μ H

C_1 : 0,1 μ F

C_2 : 1 μ F

R_1 : 1 k Ω

A: Accès à l'alimentation électrique

P: Accès à l'EUT

B: Masse

MEP: Accès de mesure

Figure E.1 – Exemple de schéma d'AN de 5 μ H

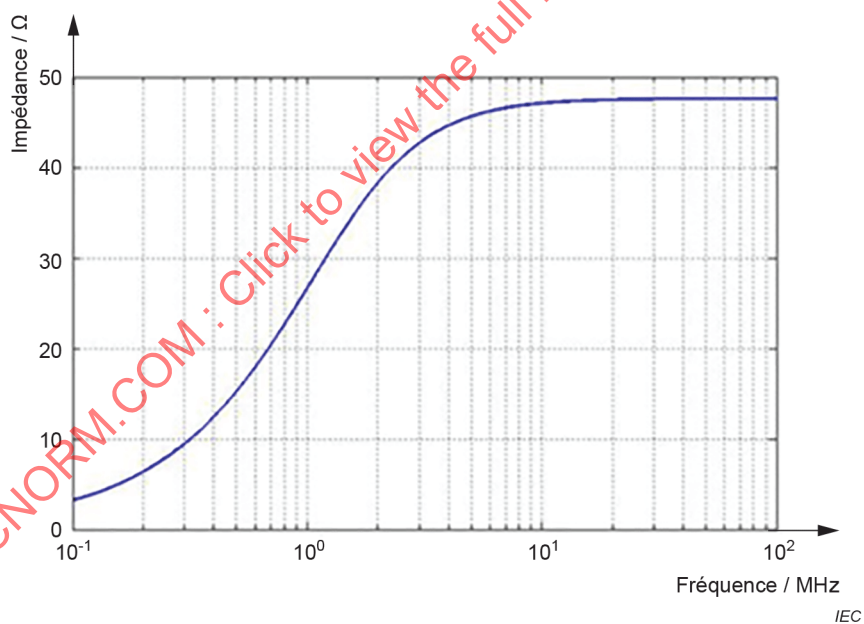


Figure E.2 – Caractéristiques de l'impédance de l'AN, Z_{PB}

Tableau E.1 – Amplitude de l'impédance de l'AN, Z_{PB}

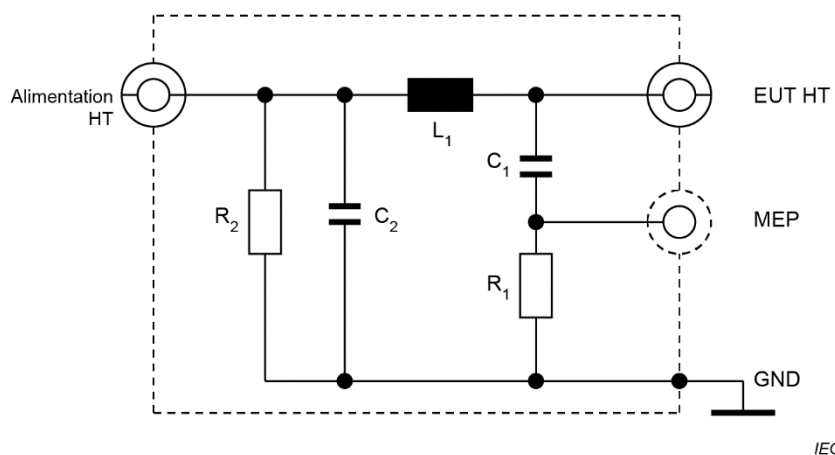
Fréquence MHz	Amplitude de l'impédance		
	Valeur nominale Ω	Tolérance inférieure Ω	Tolérance supérieure Ω
0,10	3,20	2,56	3,84
0,15	4,79	3,83	5,75
0,20	6,37	5,09	7,64
0,30	9,45	7,56	11,34
0,40	12,41	9,93	14,89
0,50	15,23	12,18	18,27
0,70	20,34	16,27	24,41
1,00	26,64	21,31	31,97
1,50	33,88	27,10	40,65
2,00	38,26	30,61	45,92
2,50	40,97	32,77	49,16
3,00	42,70	34,16	51,24
4,00	44,65	35,72	53,59
5,00	45,66	36,53	54,79
7,00	46,59	37,27	55,90
10,00	47,10	37,68	56,53
15,00	47,39	37,91	56,87
20,00	47,49	37,99	56,99
30,00	47,56	38,05	57,07
50,00	47,60	38,08	57,12
100,00	47,61	38,09	57,14

E.2.2 Composant alimenté en HT

Pour un composant alimenté en HT, un AN-HT de 5 $\mu\text{H}/50\ \Omega$, défini à la Figure E.3, doit être utilisé.

Une charge de 50 Ω doit être appliquée aux accès de mesure du ou des AN-HT.

L'impédance de l'AN-HT, Z_{PB} , (tolérance $\pm 20\%$) dans la plage de fréquences de mesure de 0,1 MHz à 100 MHz est représentée à la Figure E.2. Voir Tableau E.1 pour l'impédance nominale et les tolérances supérieure/inférieure sous forme de tableau. Elle est mesurée entre les bornes HT et de masse de l'EUT (à la Figure E.1) avec une charge de 50 Ω sur l'accès de mesure, les lignes d'alimentation HT et les bornes de masse étant court-circuitées.



Légende

L_1 : 5 μ H

C_1 : 0,1 μ F

C_2 : 0,1 μ F (valeur par défaut)

R_1 : 1 k Ω

R_2 : 1 M Ω (décharge de C_2 jusqu'à moins de 50 V c.c. en moins de 20 s)

Alimentation HT: Alimentation électrique haute tension

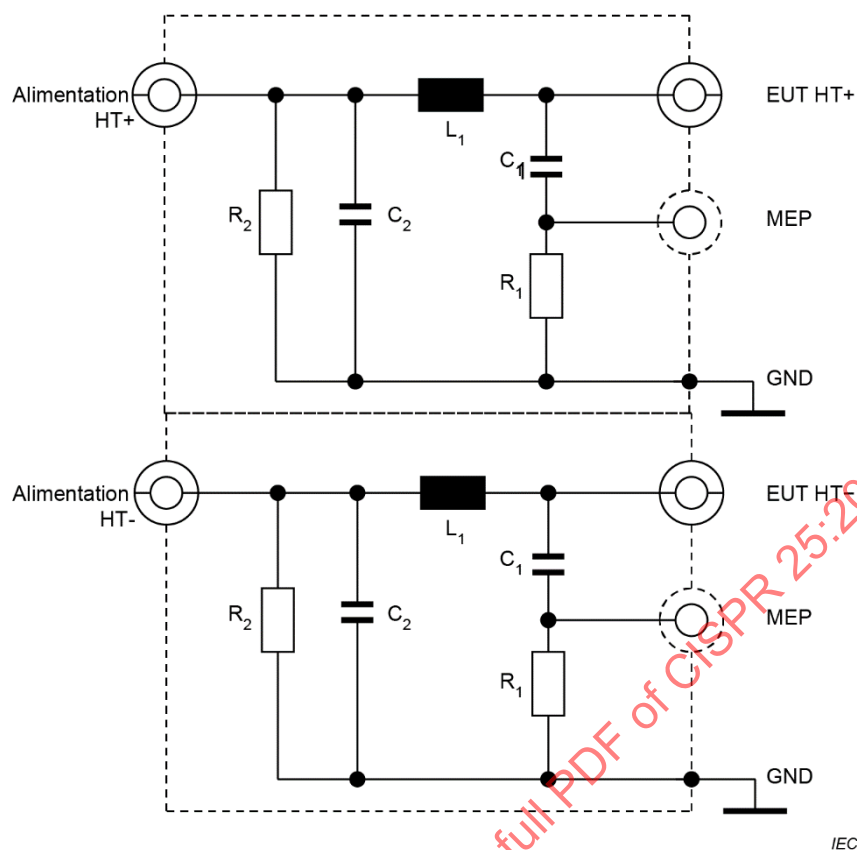
EUT HT: Haute tension de l'EUT

MEP: Accès de mesure

GND: Masse

Figure E.3 – Exemple de schéma d'AN-HT de 5 μ H

Si des AN-HT non blindés sont utilisés dans un seul boîtier blindé, il doit alors y avoir un blindage intérieur entre les AN-HT comme décrit à la Figure E.4.

**Légende** L_1 : 5 μH C_1 : 0,1 μF C_2 : 0,1 μF (valeur par défaut) R_1 : 1 $\text{k}\Omega$ R_2 : 1 $\text{M}\Omega$ (décharge de C_2 jusqu'à moins de 50 V c.c. en moins de 20 s)

Alimentation HT: Alimentation électrique haute tension (positif et négatif)

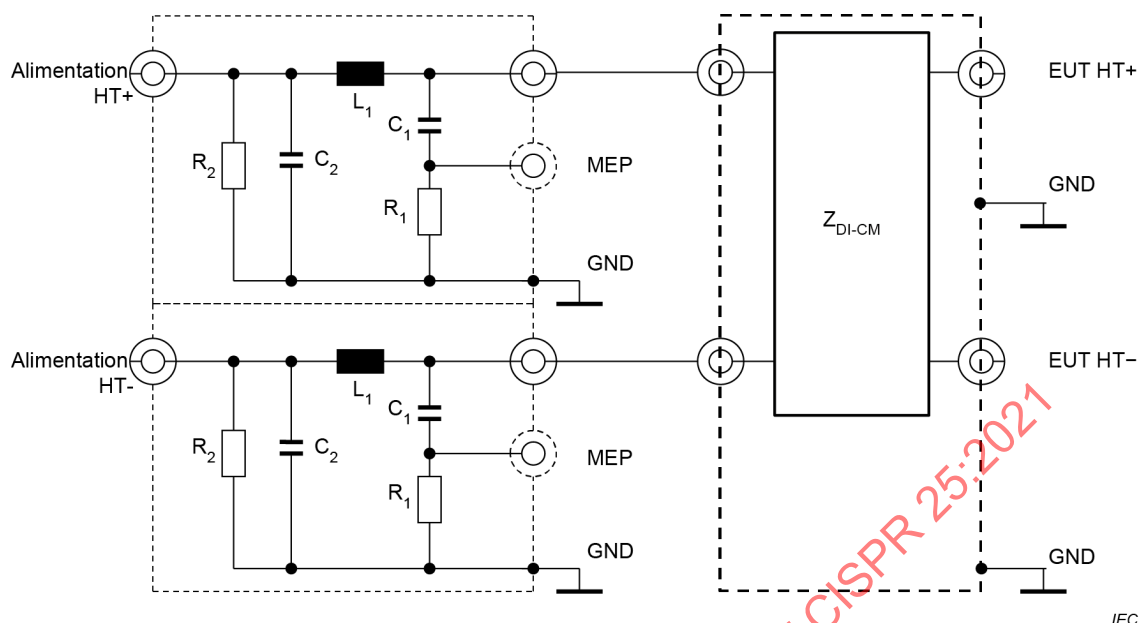
EUT HT: Haute tension de l'EUT (positif et négatif)

MEP: Accès de mesure

GND: Masse

Figure E.4 – Exemple de combinaison d'AN-HT de 5 μH dans un seul boîtier blindé

Un réseau d'adaptation d'impédance facultatif peut être utilisé pour simuler l'impédance en mode commun/différentiel observée par l'EUT raccordé à l'alimentation HT (voir Figure E.5).



Légende

L_1 : 5 μH

C_1 : 0,1 μF

C_2 : 0,1 μF (valeur par défaut)

R_1 : 1 k Ω

R_2 : 1 M Ω (décharge de C_2 jusqu'à moins de 50 V c.c. en moins de 20 s)

Alimentation HT: Alimentation électrique haute tension (positif et négatif)

EUT HT: Haute tension de l'EUT (positif et négatif)

MEP: Accès de mesure

GND: Masse

$Z_{\text{DI-CM}}$: Impédance en mode différentiel et commun

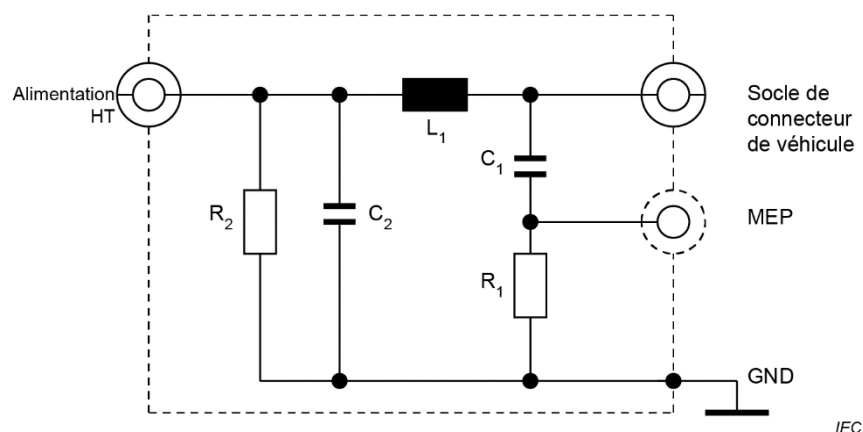
Figure E.5 – Réseau d'adaptation d'impédance raccordé entre les AN-HT et l'EUT

E.2.3 Réseau fictif de charge en courant continu (AN de charge en courant continu)

Pour un véhicule/composant en mode de charge raccordé à une alimentation électrique en courant continu, un AN de charge en courant continu de 5 $\mu\text{H}/50 \Omega$ tel que défini à la Figure E.6 doit être utilisé.

Des charges de 50 Ω doivent être appliquées aux accès de mesure du ou des AN de charge en courant continu.

L'impédance Z_{PB} (tolérance $\pm 20 \%$) de l'AN de charge en courant continu dans la plage de fréquences de mesure comprise entre 0,1 MHz et 100 MHz est représentée à la Figure E.2. Voir Tableau E.1 pour l'impédance nominale et les tolérances supérieure/inférieure sous forme de tableau. Elle est mesurée entre les bornes HT et de masse de l'EUT HT (à la Figure E.6) avec une charge de 50 Ω sur l'accès de mesure, les bornes HT de la ligne d'alimentation étant court-circuitées.



Légende

L_1 : 5 μH

C_1 : 0,1 μF

C_2 : 1 μF (valeur par défaut. Si une autre valeur est utilisée, elle doit être justifiée)

R_1 : 1 k Ω

R_2 : 1 M Ω (décharge de C_2 jusqu'à moins de 50 V c.c. en moins de 20 s)

Alimentation HT: Alimentation électrique haute tension

Vehicle inlet (socle de connecteur de véhicule): connexion au socle de connecteur de véhicule

MEP: Accès de mesure

GND: Masse

NOTE Le blindage de l'AN de charge en courant continu est facultatif.

Figure E.6 – Exemple de schéma d'AN de charge en courant continu de 5 μH

E.3 Réseaux fictifs d'alimentation (AMN)

Pour un véhicule ou un composant (par exemple chargeur/onduleur) en mode de charge raccordé à un réseau électrique en courant alternatif, un AMN de 50 $\mu\text{H}/50 \Omega$ tel que défini dans la CISPR 16-1-2:2014, paragraphe 4.4, doit être utilisé.

Des charges de 50 Ω doivent être appliquées aux accès de mesure du ou des AMN.

E.4 Réseau fictif asymétrique (AAN)

E.4.1 Généralités

Différentes technologies sont actuellement utilisées pour les lignes d'accès de signal/commande et/ou lignes d'accès de réseau câblé pour réaliser la communication entre la borne de charge et le véhicule ou le composant (par exemple le chargeur). Par conséquent, il est nécessaire de faire une distinction entre certaines lignes d'accès de signal/commande (par exemple ligne pilote de commande, lignes CAN) et/ou les lignes d'accès de réseau câblé.

Des charges de 50 Ω doivent être appliquées aux accès de mesure du ou des AAN.

Les AAN définis en E.4.2, en E.4.3, en E.4.4 et en E.4.5 sont utilisés pour les lignes d'accès de signal/commande et/ou les lignes d'accès de réseau câblé non blindées.

Si des lignes d'accès de signal/commande blindées sont utilisées, il convient alors d'utiliser les AAN blindés définis dans la CISPR 32:2015, Annexe G, à la Figure G.10 et à la Figure G.11.

E.4.2 Accès de signal/commande avec lignes symétriques

Des lignes symétriques peuvent être utilisées pour le mode de charge en courant continu du véhicule.

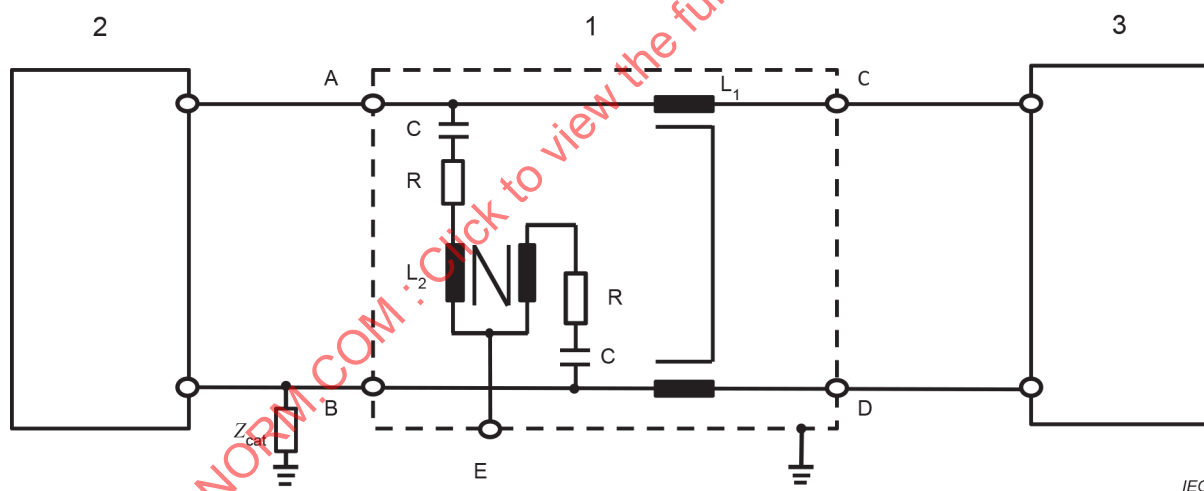
Un réseau fictif asymétrique (AAN), à connecter entre le véhicule et la borne de charge ou tout AE utilisé pour simuler la communication, est défini dans la CISPR 16-1-2:2014, E.2 (circuit de réseau en T) (voir exemple à la Figure E.7).

L'AAN présente une impédance de mode commun de $150\ \Omega$. L'impédance Z_{cat} permet d'ajuster la symétrie du câblage et de la périphérie associée et est en général exprimée sous la forme d'un affaiblissement de conversion longitudinale (ACL). Il convient que la valeur de l'ACL soit préalablement déterminée par des mesures ou qu'elle soit définie par le fabricant de la borne de charge/du faisceau de charge. La valeur choisie de l'ACL et son origine doivent être indiquées dans le rapport d'essai.

La communication CAN est un exemple de lignes symétriques utilisées pour le mode de charge en courant continu des véhicules.

Si une borne de charge d'origine peut être utilisée pour l'essai, un AAN peut ne pas être exigé pour la communication CAN.

Si la communication CAN est émulée et que la présence de l'AAN gêne la communication CAN, il convient alors de ne pas utiliser d'AAN.



Légende

1: AAN

2: Véhicule

3: Borne de charge

L_1 : $2 \times 38\text{ mH}$

L_2 : $2 \times 38\text{ mH}$

R: $200\ \Omega$

C: $4,7\ \mu\text{F}$

Z_{cat} : Impédance d'ajustement symétrique

A: Ligne symétrique 1 (dans le véhicule)

B: Ligne symétrique 2 (dans le véhicule)

C: Ligne symétrique 1 (côté borne de charge)

D: Ligne symétrique 2 (côté borne de charge)

E: Accès de mesure avec une charge de $50\ \Omega$

Figure E.7 – Exemple d'AAN pour l'accès de signal/commande avec lignes symétriques (par exemple CAN)

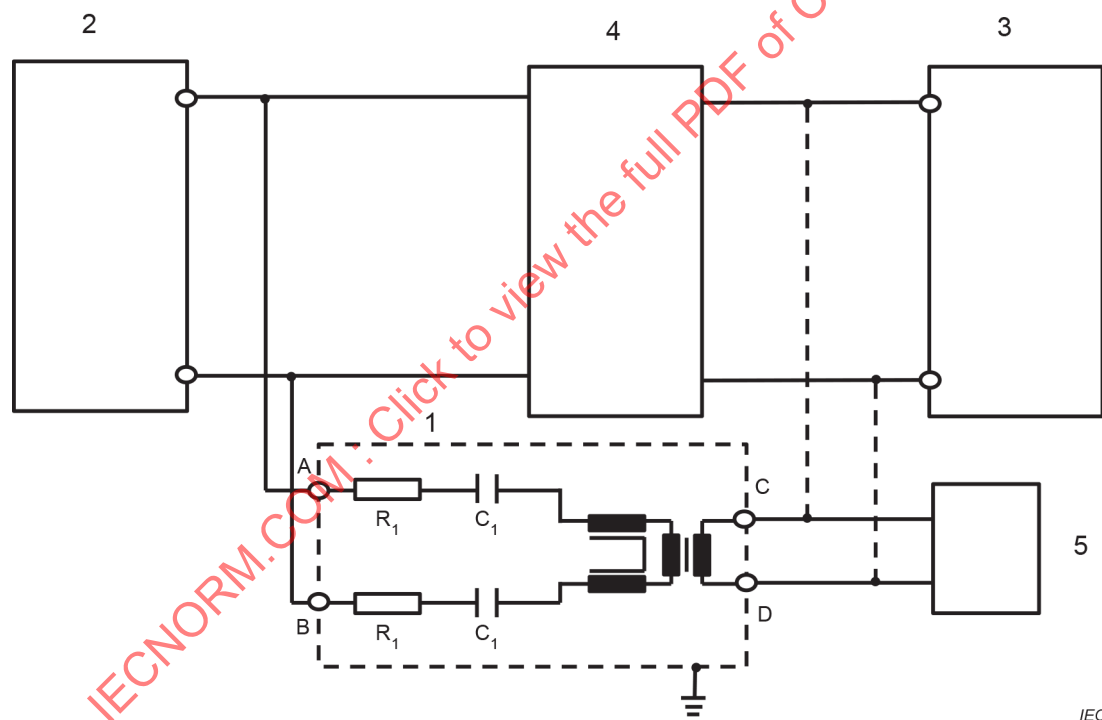
E.4.3 Accès de réseau câblé avec CPL sur les lignes d'alimentation

Le CPL sur les lignes d'alimentation peut être utilisé pour le mode de charge en courant alternatif ou en courant continu des véhicules.

Si une borne de charge d'origine peut être utilisée pour l'essai, un AAN et/ou AMN/AN de charge en courant continu peut ne pas être exigé pour la communication CPL.

Si la présence de l'AMN/AN de charge en courant continu gêne la communication CPL avec la borne de charge d'origine ou que la communication CPL est simulée au moyen d'une pièce d'AE (par exemple un modem CPL) en lieu et place de la borne de charge d'origine, un AAN doit être ajouté entre l'AE (par exemple le modem CPL) et la sortie AMN/AN de charge en courant continu (côté véhicule), comme représenté à la Figure E.8.

Le circuit représenté à la Figure E.8 fournit une terminaison de mode commun par l'AMN/AN de charge en courant continu/AN-HT. Afin de réduire le plus possible les émissions provenant du modem CPL de l'infrastructure de charge, un atténuateur est placé entre la ligne d'alimentation et le modem CPL côté équipement associé dans le circuit pour les essais d'émission. Cet atténuateur est composé de deux résistances combinées à l'impédance d'entrée/sortie du modem CPL. La valeur des résistances dépend de l'impédance de conception des modems CPL et de l'affaiblissement autorisé pour le système CPL.



Légende

- | | |
|--|---|
| 1: AAN | C_1 : 4,7 nF |
| 2: Véhicule | A: CPL sur ligne d'alimentation en courant alternatif ou en courant continu (côté véhicule) |
| 3: Borne de charge/Alimentation électrique | B: CPL sur ligne d'alimentation en courant alternatif ou en courant continu (côté véhicule) |
| 4: AN-HT ou AMN ou AN de charge en courant continu | C: Ligne CPL (côté borne de charge ou équipement associé) |
| 5: AE | D: Ligne CPL (côté borne de charge ou équipement associé) |
| R_1 : 2,5 k Ω | |

La valeur des résistances dépend de l'affaiblissement autorisé et de l'impédance de conception du modem CPL (dans ce cas, affaiblissement de 40 dB, impédance de conception CPL de 100 Ω)

Figure E.8 – Exemple d'AAN avec accès de réseau câblé avec CPL sur les lignes d'alimentation en courant alternatif ou en courant continu

E.4.4 Accès de signal/commande avec CPL (technologie) sur la ligne pilote de commande

Le CPL sur la ligne pilote de commande peut être utilisé pour le mode de charge en courant alternatif ou en courant continu des véhicules.

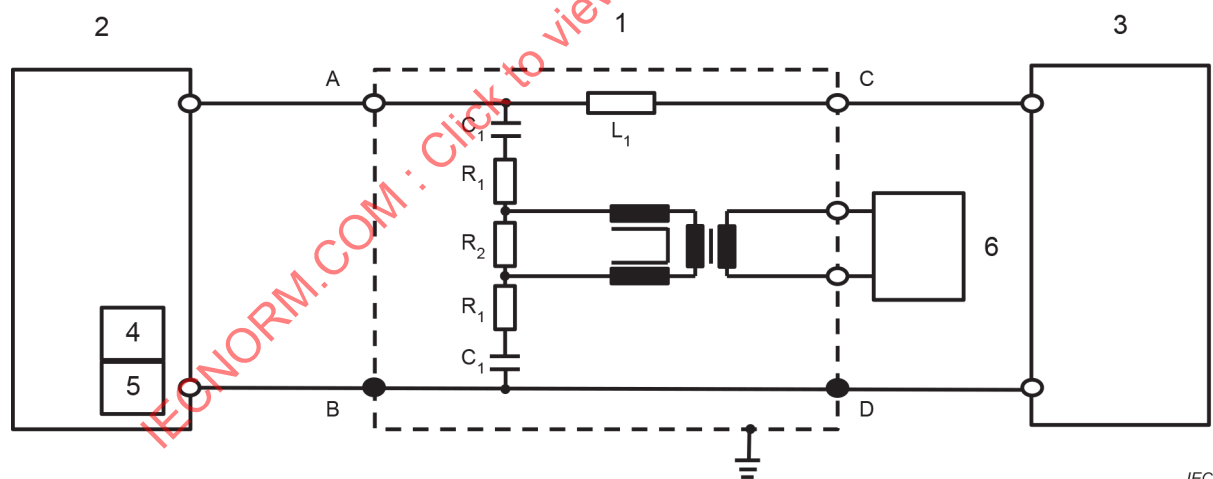
Certains systèmes de communication utilisent la ligne pilote de commande (par opposition au PE) avec une communication (haute fréquence) superposée. En règle générale, la technologie développée pour les courants porteurs en ligne (CPL) est utilisée à cet effet. D'une part, les lignes de communication fonctionnent de manière dissymétrique et, d'autre part, deux réseaux de communication différents fonctionnent sur la même ligne. Par conséquent, un AAN particulier doit être utilisé comme défini à la Figure E.9.

Il offre une impédance de mode commun de $(150 \pm 20) \Omega$ (2 MHz à 30 MHz) sur la ligne pilote de commande (en presumant une impédance de conception du modem de 100Ω). Les deux types de communications (pilote de commande, CPL) sont séparés par le réseau.

Par conséquent, une simulation de communication type est utilisée combinée avec ce réseau. L'atténuateur constitué par les résistances et l'impédance de conception du modem CPL permet de s'assurer que le signal sur le faisceau de charge est dominé par les signaux de communication du véhicule plutôt que par le modem CPL de l'équipement associé.

Les valeurs d'inductance et de capacité dans les réseaux ajoutés pour le CPL (technologie) sur la ligne pilote de commande représentée à la Figure E.9 ne doivent pas être à l'origine de dysfonctionnements de la communication entre le véhicule et l'équipement associé ou la borne de charge. Il peut donc s'avérer nécessaire d'adapter ces valeurs afin d'assurer une communication correcte.

Si la communication CPL est émulée et que la présence de l'AAN empêche une communication CPL correcte, il convient alors de ne pas utiliser d'AAN.



Légende

- | | |
|--|--|
| 1: AAN | R_2 : 270Ω |
| 2: Véhicule | C_1 : $2,2 \text{ nF}$ |
| 3: Borne de charge | L_1 : $100 \mu\text{H}$ |
| 4: Pilote de commande (dans le véhicule) | A: Ligne pilote de commande (côté véhicule) |
| 5: CPL (dans le véhicule) | B/D: Terre de protection |
| 6: AE | C: Ligne pilote de commande (côté borne de charge) |
| R_1 : 39Ω | |

Les valeurs des trois résistances dépendent de l'impédance de conception du modem CPL raccordé au côté équipement associé. Les valeurs données dans le schéma sont valables pour une impédance de conception de 100Ω .

Figure E.9 – Exemple de circuit AAN pour l'accès de signal/commande avec CPL sur le pilote de commande

E.4.5 Accès de signal/commande avec ligne pilote de commande

La ligne pilote de commande peut être utilisée pour le mode de charge en courant alternatif ou en courant continu des véhicules.

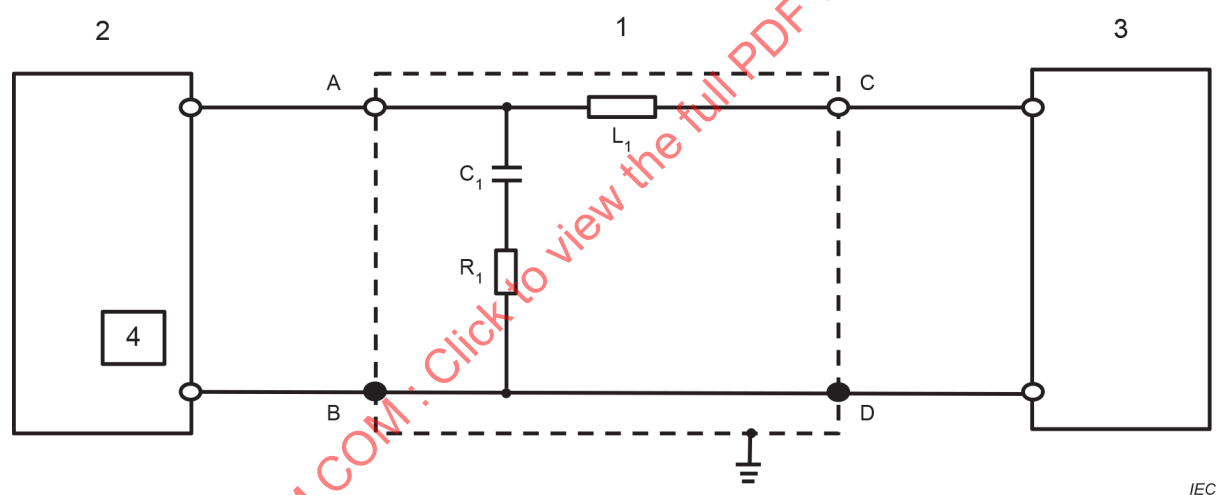
Certains réseaux de communication utilisent la ligne pilote de commande (par opposition au PE). D'une part, les lignes de communication fonctionnent de manière dissymétrique et, d'autre part, deux réseaux de communication différents fonctionnent sur la même ligne. Par conséquent, un AAN particulier doit être utilisé comme défini à la Figure E.10.

Il offre une impédance de $(150 \pm 20) \Omega$ (2 MHz à 30 MHz) sur la ligne pilote de commande.

Par conséquent, une simulation de communication type est utilisée combinée avec ce réseau.

Les valeurs d'inductance et de capacité dans les réseaux sur la ligne pilote de commande représentées à la Figure E.10 ne doivent pas être à l'origine de dysfonctionnements de la communication entre le véhicule et la borne de charge. Il peut donc s'avérer nécessaire d'adapter ces valeurs afin d'assurer une communication correcte.

Si la communication du pilote de commande est émulée et que la présence de l'AAN gêne la communication correcte du pilote de commande, il convient alors de ne pas utiliser d'AAN.



Légende

1: AAN

2: Véhicule

3: Borne de charge

4: Pilote de commande (dans le véhicule)

R_1 : 150 Ω

C_1 : 1,1 nF

L_1 : 100 μ H

A: Ligne pilote de commande (côté véhicule)

B/D: Terre de protection

C: Ligne pilote de commande (côté borne de charge)

Figure E.10 – Exemple de circuit AAN pour la ligne pilote

Annexe F (informative)

Emissions rayonnées par les composants/modules – Méthode de la ligne TEM à plaques

F.1 Généralités

Une ligne TEM à plaques est un guide d'ondes ouvert à impédance caractéristique qui se compose d'un plan de masse de référence et d'un conducteur actif (cloison). Les valeurs d'impédance caractéristique les plus souvent utilisées sont 50 Ω et 90 Ω . Les informations relatives aux dimensions et à la construction d'une ligne TEM à plaques sont données à la Figure F.2 et la Figure F.3.

Les utilisateurs sont invités à étudier cette méthode d'essai et à l'expérimenter en vue d'enrichir les connaissances s'y rapportant, afin qu'un consensus puisse être atteint quant à la pertinence d'inclure ou non à l'avenir cette méthode dans le présent document.

Une ligne TEM à plaques peut être utilisée dans une plage de fréquences allant de 150 kHz à 400 MHz, plage dans laquelle le faisceau constitue le principal élément rayonnant/couplant.

La plage de fréquences peut être étendue jusqu'à 1 000 MHz, à condition:

- qu'il puisse être démontré que le mode TEM est le mode dominant ²;
- que l'EUT soit positionné sous la cloison; et
- que la hauteur de l'EUT soit inférieure ou égale à 1/3 de la hauteur de la cloison.

Les mesures doivent être effectuées dans une cage de Faraday afin d'éliminer les niveaux élevés de perturbations extérieures. Pour plus de détails, voir la Figure F.1.

Il convient que l'influence de la cage de Faraday sur l'impédance mesurée (c'est-à-dire le coefficient de réflexion mesuré à l'aide d'un analyseur de réseau) de la ligne TEM à plaques soit inférieure à 6 dB par rapport à un site d'essai sur le terrain. Pour cela, il peut être nécessaire d'équiper partiellement la cage de Faraday de matériaux absorbants. La Figure F.1 représente un exemple de disposition similaire.

F.2 Montage d'essai

F.2.1 Généralités

Pour les mesures d'émissions rayonnées, la disposition de l'EUT, du faisceau d'essai, du simulateur de charge et de l'équipement de mesure doit être équivalente à l'exemple représenté à la Figure F.1.

Toute modification par rapport à la position et à la longueur du faisceau d'essai (par exemple le câblage original du véhicule) et par rapport à l'emplacement de l'EUT doit faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

Afin d'obtenir des résultats d'essai reproductibles, l'EUT et la disposition d'essai doivent être placés dans la ligne TEM à plaques dans la même position lorsque la mesure est répétée.

² Pour la conception représentée à la Figure F.2, il est supposé que le mode TEM est dominant jusqu'à 400 MHz. Pour la conception représentée à la Figure F.3, il est présumé que le mode TEM est dominant jusqu'à 1 000 MHz.

F.2.2 Adaptation d'impédance de ligne TEM à plaques

L'adaptation d'impédance correcte de $50\ \Omega$ entre la ligne TEM à plaques et l'instrument de mesure doit être maintenue pour toutes les fréquences. Pour cela, des transformateurs de lignes de transmission sans perte (une cloison de sections non linéaires ou un guide d'ondes externe supplémentaire) ou un réseau passif à constantes localisées peuvent être utilisés.

Si le système d'adaptation est un réseau passif à constantes localisées, les résultats des mesures doivent être corrigés de la manière appropriée pour tenir compte des affaiblissements d'insertion.

F.2.3 Emplacement de l'EUT

L'EUT doit être placé à (50 ± 5) mm au-dessus du plan de masse de référence sur un matériau non conducteur de faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$) et doit se trouver du même côté que la charge de $50\ \Omega$ de la ligne TEM à plaques comme représenté à la Figure F.1). Le boîtier de l'EUT ne doit pas être relié au plan de masse de référence, sauf en cas de simulation de la configuration réelle du véhicule. Si l'EUT ne se trouve pas sous la cloison, il doit se trouver à $\left(200^{+50}_0\right)$ mm du bord de ladite cloison.

F.2.4 Emplacement et longueur du faisceau d'essai

La longueur du faisceau d'essai prise parallèlement à la cloison doit être de $(1\ 000 \pm 50)$ mm.

La longueur totale du faisceau d'essai entre l'EUT et le simulateur de charge (ou la frontière RF) est généralement égale à 1 700 mm et ne doit pas dépasser 2 000 mm. Le faisceau d'essai utilisé peut être le même que celui utilisé avec la méthode d'essai de l'ALSE (voir 6.5).

La partie longue du faisceau d'essai doit être comprise dans le tiers intérieur de la largeur de la cloison. Idéalement, elle est placée sous l'axe central de la cloison.

Le type de câblage est défini en fonction de l'application souhaitée et son exigence. Le faisceau d'essai doit être placé sur un matériau non conducteur de faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$), à (50 ± 5) mm au-dessus du plan de masse de référence. Les emplacements de l'EUT et du simulateur de charge exigent un angle de flexion du faisceau de $(90 \pm 15)^\circ$.

F.2.5 Emplacement du simulateur de charge

Il convient que le simulateur de charge soit situé à $\left(200^{+50}_0\right)$ mm du bord de la cloison. Si cette exigence ne peut pas être satisfaite, la position réelle du simulateur de charge doit être mentionnée dans le rapport d'essai.

Le simulateur de charge doit être placé directement sur le plan de masse de référence. Si le simulateur de charge est dans un boîtier métallique, celui-ci doit être relié au plan de masse de référence. D'autre part, le simulateur de charge peut être placé à côté du plan de masse de référence (le boîtier du simulateur de charge étant relié au plan de masse de référence) ou à l'extérieur de la chambre d'essai, à condition que le faisceau d'essai de l'EUT passe par une frontière RF reliée au plan de masse de référence. Lorsque le simulateur de charge est placé sur le plan de masse de référence, les lignes d'alimentation en courant continu du simulateur de charge doivent être raccordées au moyen du ou des AN (voir 6.2.2).

F.3 Procédure d'essai

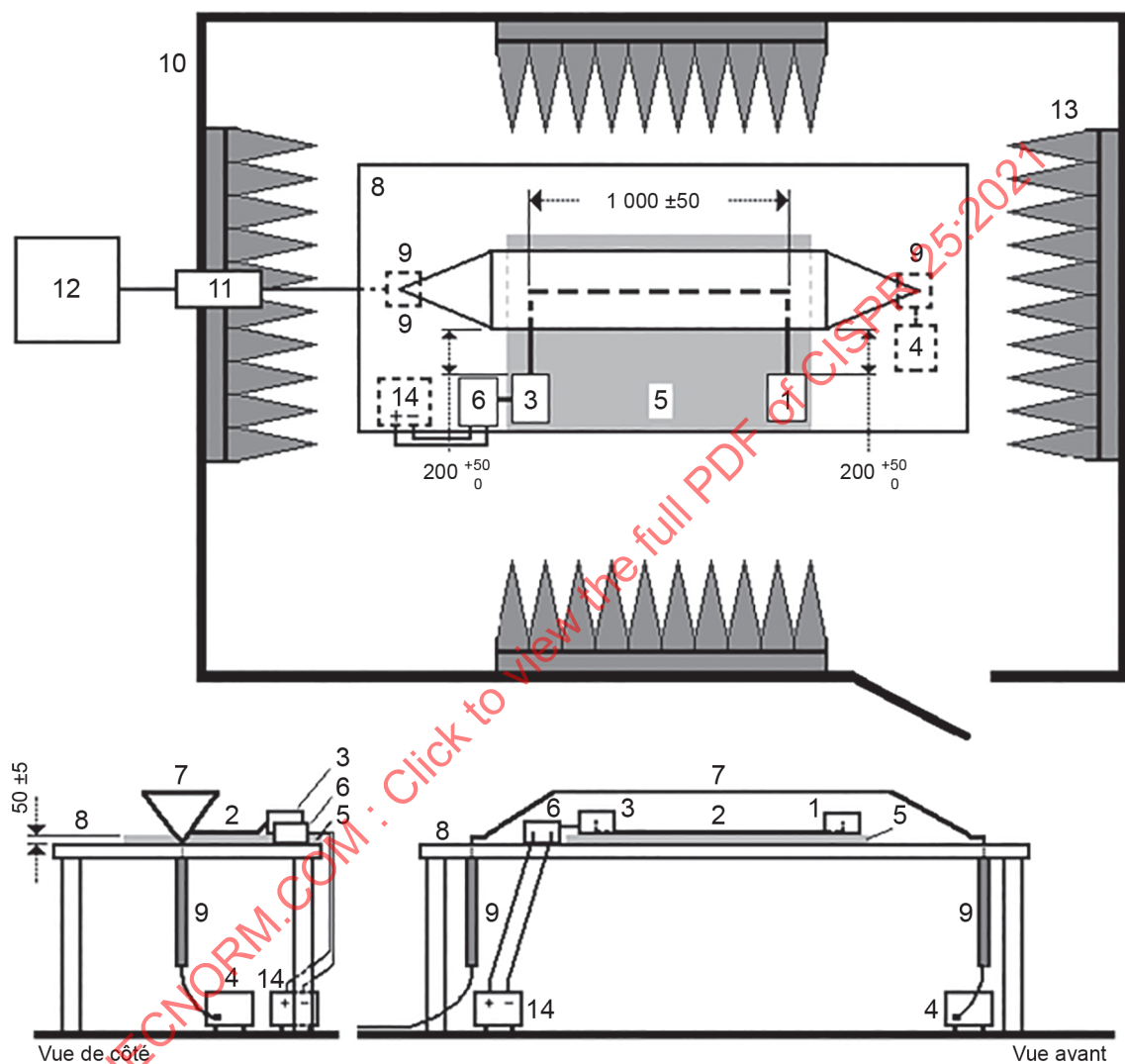
La disposition générale de l'EUT, du faisceau et des périphériques correspond à une condition d'essai normalisée. Tout écart par rapport à cette configuration d'essai normale doit faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur avant essai et être mentionné dans le rapport d'essai.

L'EUT doit fonctionner sur une charge type ou selon les conditions de fonctionnement correspondant à la situation sur le véhicule, afin de produire les niveaux d'émission maximaux. Ces conditions de fonctionnement doivent être définies dans le plan d'essai afin de s'assurer que le client et le fournisseur exécutent des essais identiques.

La configuration de l'EUT et de l'équipement de mesure doit être fonctionnellement équivalente à l'exemple décrit à la Figure F.1 et doit être définie dans le plan d'essai.

Vue de dessus

Dimensions en millimètres



IEC

Légende

- | | |
|--|--|
| 1 EUT | 8 Plan de masse de référence |
| 2 Faisceau d'essai | 9 Système d'adaptation (si applicable) |
| 3 Simulateur de charge | 10 Paroi de la cage de Faraday |
| 4 Charge de 50 Ω (emplacement facultatif) | 11 Connecteur de traversée de cloison |
| 5 Support à faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$) | 12 Instrument de mesure |
| 6 Réseau fictif (AN) | 13 Matériaux absorbants (si applicable) |
| 7 Cloison | 14 Alimentation électrique (emplacement à titre indicatif) |

Figure F.1 – Exemple de montage d'essai de base d'une ligne TEM à plaques dans une cage de Faraday

F.4 Limites pour les émissions rayonnées par les composants/modules – Méthode de la ligne TEM à plaques

Certaines sources de perturbations sont des émetteurs permanents qui exigent une limite plus basse que celle spécifiée pour une source de perturbations qui n'est présente que périodiquement ou sur une courte durée.

Les limites de l'énergie électromagnétique rayonnée peuvent différer selon le type de source de perturbations et de disposition (couplage entre l'antenne et les équipements électroniques du véhicule).

Pour évaluer les émissions rayonnées par les composants/module, la tension RF à la sortie de la ligne TEM à plaques doit être mesurée.

**Tableau F.1 – Exemples de limites pour les perturbations rayonnées –
Méthode de la ligne TEM à plaques**

Service / Bande	Fréquence MHz	Niveaux en dB(μV)															RBW
		Classe 5			Classe 4			Classe 3			Classe 2			Classe 1			
		Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	
Services de diffusion analogiques																	
LW	0,15 à 0,30	47	34	27	57	44	37	67	54	47	77	64	57	87	74	67	9 kHz
MW	0,53 à 1,8	41	28	21	49	36	29	57	44	37	65	52	45	73	60	53	
SW	5,9 à 6,2	41	28	21	47	34	27	53	40	33	59	46	39	65	52	45	
FM	76 à 108	32	19	12	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	120 kHz
Bande TV I	41 à 88	22	–	12	28	–	18	34	–	24	40	–	30	46	–	36	
Bande TV III	174 à 230	22	–	12	28	–	18	34	–	24	40	–	30	46	–	36	
Bande TV IV	470 à 944	22	–	12	28	–	18	34	–	24	40	–	30	46	–	36	
Services de diffusion numérique																	
DAB III	167 à 245	16	–	6	22	–	12	28	–	18	34	–	24	40	–	30	1 MHz
Bande TV III	174 à 230	32	–	22	38	–	28	44	–	34	50	–	40	56	–	46	
TNT	470 à 770	26	–	16	32	–	22	38	–	28	44	–	34	50	–	40	
Services mobiles et services de téléphonie mobile numérique ^{c d}																	
CB	26 à 28	40	28	21	46	34	27	52	40	33	58	46	39	64	52	45	9 kHz
VHF	30 à 54	32	19	12	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	120 kHz
VHF	68 à 87	26	13	6	32	19	12	38	25	18	44	31	24	50	37	30	
VHF	142 à 175	26	13	6	32	19	12	38	25	18	44	31	24	50	37	30	
UHF analogique	380 à 512	26	13	6	32	19	12	38	25	18	44	31	24	50	37	30	
RKE et TPMS 1	300 à 330	20	–	6	26	–	12	32	–	18	38	–	24	44	–	30	
RKE et TPMS 2	420 à 450	20	–	6	26	–	12	32	–	18	38	–	24	44	–	30	

Service / Bande	Fréquence MHz	Niveaux en dB(µV)															RBW
		Classe 5			Classe 4			Classe 3			Classe 2			Classe 1			
		Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	Crête	Quasi-crête	Moyenne	
4G	460 à 467,5	36	–	16	42	–	22	48	–	28	54	–	34	60	–	40	1 MHz
5G n71 (617 à 652 MHz) 4G (617 à 652 MHz)	617 à 652	36	–	16	42	–	22	48	–	28	54	–	34	60	–	40	
5G n12 (729 MHz à 746 MHz) 5G n14 (758 MHz à 768 MHz) 5G n28 (758 MHz à 803 MHz) 5G n29 (717 MHz à 728 MHz) 4G (703 MHz à 803 MHz)	703 à 803	36	–	16	42	–	22	48	–	28	54	–	34	60	–	40	1 MHz
3G (729 MHz à 756 MHz) 3G (758 MHz à 768 MHz)		26	–	6	32	–	12	38	–	18	44	–	24	50	–	30	
5G n20 (791 MHz à 821 MHz)	791 à 821	36	–	16	42	–	22	48	–	28	54	–	34	60	–	40	1 MHz
3G (791 MHz à 821 MHz)		26	–	6	32	–	12	38	–	18	44	–	24	50	–	30	
UHF analogique	820 à 960	26	13	6	32	19	12	38	25	18	44	31	24	50	37	30	120 kHz
5G n5 (869 MHz à 894 MHz) 5G n18 (860 MHz à 875 MHz) 5G n26 (859 MHz à 894 MHz) 4G (852 MHz à 894 MHz)	852 à 894	36	–	16	42	–	22	48	–	28	54	–	34	60	–	40	1 MHz
3G (859 MHz à 894 MHz)		26 ^a	–	6 ^a	32 ^a	–	12 ^a	38 ^a	–	18 ^a	44 ^a	–	24 ^a	50 ^a	–	30 ^a	
2G (869 MHz à 894 MHz)		32 ^b	–	12 ^b	38 ^b	–	18 ^b	44 ^b	–	24 ^b	50 ^b	–	30 ^b	56 ^b	–	36 ^b	120 kHz
5G n8 (925 MHz à 960 MHz) 4G (925 MHz à 960 MHz)	925 à 960	36	–	16	42	–	22	48	–	28	54	–	34	60	–	40	1 MHz
3G (925 MHz à 960 MHz)		26 ^a	–	6 ^a	32 ^a	–	12 ^a	38 ^a	–	18 ^a	44 ^a	–	24 ^a	50 ^a	–	30 ^a	
2G (925 MHz à 960 MHz)		32 ^b	–	12 ^b	38 ^b	–	18 ^b	44 ^b	–	24 ^b	50 ^b	–	30 ^b	56 ^b	–	36 ^b	120 kHz

a	Valeurs si le protocole 3G est mis en œuvre dans le véhicule.
b	Valeurs si le protocole 2G est mis en œuvre dans le véhicule.
c	Les détails sur les bandes de fréquences 2G, 3G et 4G se trouvent dans l'ETSI TS 136 101 [14].
d	Les détails sur les bandes de fréquences 5G se trouvent dans l'ETSI TS 138 101-1 V16.4 [20].
NOTE 1 Toutes les valeurs indiquées dans ce tableau sont valables pour les largeurs de bande définies dans le Tableau 1 et le Tableau 2. Si les mesures sont réalisées avec des largeurs de bande différentes de celles définies dans le Tableau 1 et dans le Tableau 2 du fait des exigences en matière de bruit ambiant, les limites applicables sont alors définies dans le plan d'essai et les limites et largeurs de bande appliquées sont documentées dans le rapport d'essai.	
NOTE 2 Si plusieurs bandes utilisent les mêmes limites, l'utilisateur procède aux essais sur les bandes concernées. Si le plan d'essai inclut des bandes qui se chevauchent, le plan d'essai spécifie la limite applicable.	
NOTE 3 Bien que les limites pour les détecteurs de crête, de quasi-crête et de valeur moyenne soient représentées, les mesures avec les trois détecteurs ne sont pas exigées (voir la Figure 1).	

Ces limites ont été établies pour une conception de ligne TEM à plaques de $90\ \Omega$, représentée à la Figure F.3. Si d'autres caractéristiques d'impédance de ligne TEM à plaques que celles à $90\ \Omega$ sont utilisées, les limites doivent être adaptées conformément à l'Equation (F.1) ci-dessous:

$$K_{\frac{90\Omega}{Z_2}} = 20 \lg \sqrt{\frac{90\Omega}{Z_2}} \text{ dB} \quad (\text{F.1})$$

Exemple de ligne TEM à plaques avec impédance caractéristique de $50\ \Omega$:

$$K_{\frac{90\Omega}{50\Omega}} = 20 \lg \sqrt{\frac{90\Omega}{50\Omega}} = 2,54 \text{ dB} \quad (\text{F.2})$$

Limites de $Z_{50\ \Omega}$ = Limites de $Z_{90\ \Omega}$ – $K_{90\ \Omega/50\ \Omega}$ = Limites de $Z_{90\ \Omega}$ – 2,54 dB

où

K est le facteur de correction pour les limites en dB;

Z est l'impédance caractéristique de la ligne TEM à plaques en Ω .

F.5 Conception de la ligne TEM à plaques

Des exemples de construction de ligne TEM à plaques de $50\ \Omega$ et de $90\ \Omega$ sont représentés respectivement à la Figure F.2 et à la Figure F.3. Le rapport b/h détermine l'impédance caractéristique. Si la dimension b est supérieure à h , l'Equation (F.3) suivante s'applique:

$$Z = \frac{120 \times \pi}{\frac{b}{h} + 2,42 - 0,44 \times \frac{h}{b} + \left[1 - \frac{h}{b}\right]^6} \quad (\text{F.3})$$

où

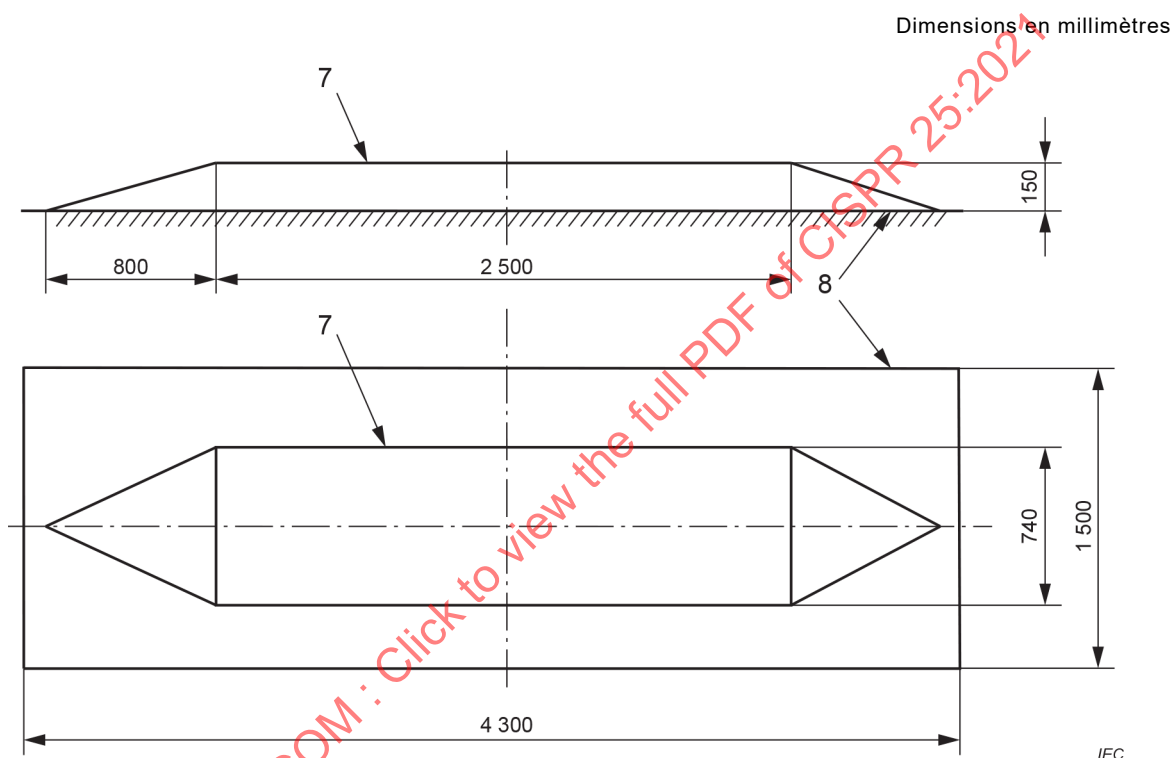
Z est l'impédance caractéristique de la ligne TEM à plaques en Ω ;

b est la largeur de la cloison de la ligne TEM à plaques en mm;

h est la hauteur de la cloison de la ligne TEM à plaques au-dessus du plan de masse de référence en mm;

π est égal à 3,141 59.

NOTE Les lignes TEM à plaques classiques sont construites de manière à présenter une impédance de 50 Ω ou de 90 Ω avec b/h respectivement égal à 5 et 1,83. La terminaison peut être une charge résistive ou une section d'adaptation conique à laquelle est appliquée une charge résistive coaxiale de 50 Ω . Une charge résistive peut être une résistance en carbone, un ruban conducteur, un substrat en céramique recouvert de film épais, etc., adapté à l'impédance caractéristique de la ligne TEM à plaques et qui réduit le plus possible le rapport d'onde stationnaire.

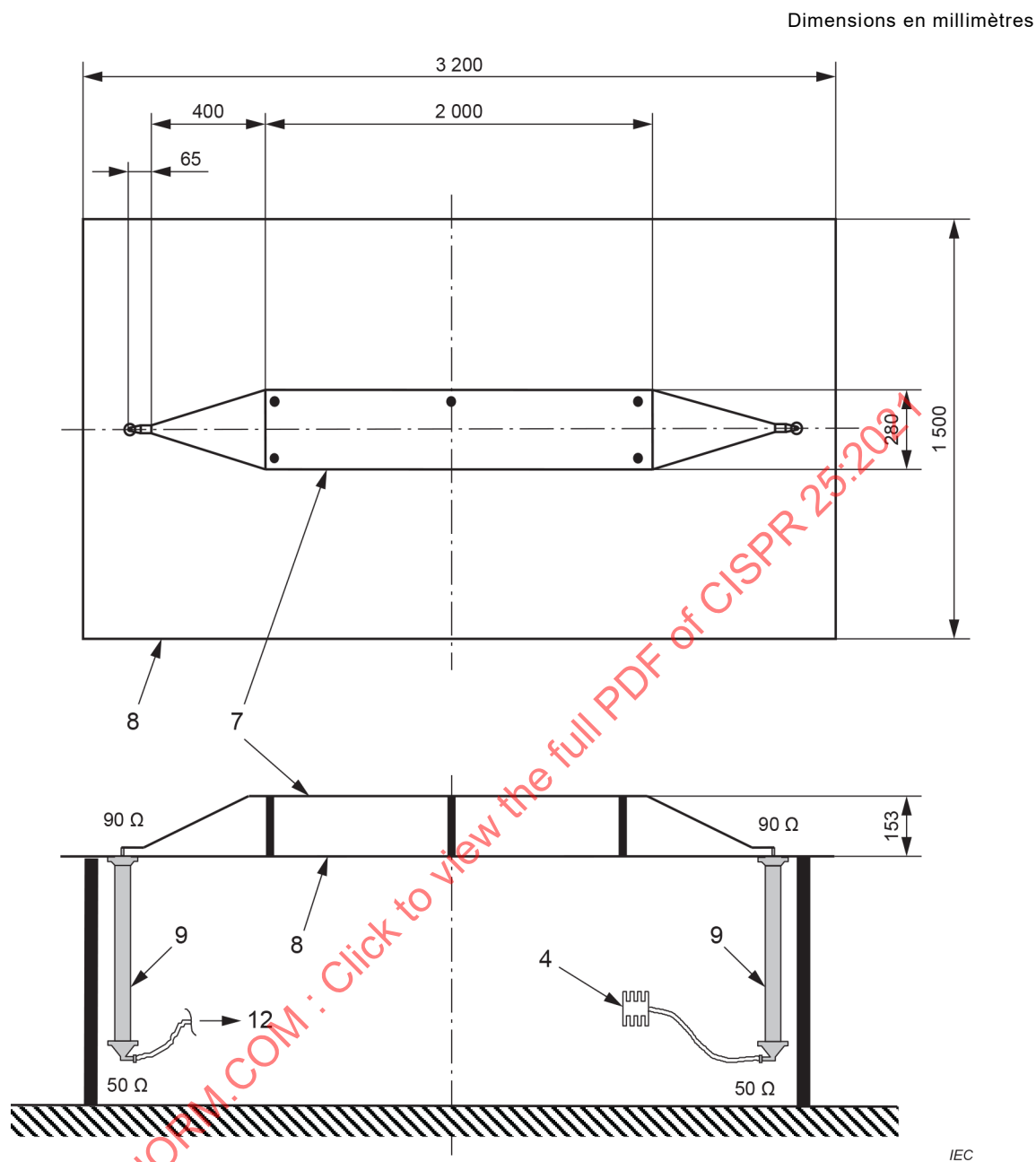


Légende

7 Cloison

8 Plan de masse de référence

Figure F.2 – Exemple pour une ligne TEM à plaques de 50 Ω

**Légende**

- 4 Charge de 50 Ω
- 7 Cloison
- 8 Plan de masse de référence
- 9 Système d'adaptation
- 12 Instrument de mesure

Figure F.3 – Exemple pour une ligne TEM à plaques de 90 Ω

Annexe G (informative)

Brouillage avec les radiocommunications mobiles en présence de bruit impulsif – Méthodes d'évaluation de la dégradation

G.1 Généralités

La présente annexe définit différentes méthodes permettant d'évaluer la dégradation des communications radio liées au bruit impulsif.

G.2 Présentation des méthodes d'évaluation de la dégradation des canaux radioélectriques

G.2.1 Généralités

Des programmes d'essais ont été menés aux Etats-Unis par la Federal Communications Commission (FCC) et la Motor Vehicle Manufacturers Association (MVMA) [ultérieurement renommée American Automobile Manufacturers Association (AAMA), aujourd'hui dissoute]. Ces programmes d'essais avaient pour objectif de mieux comprendre les effets des véhicules à moteur sur la réception des communications mobiles.

Les essais ont mesuré la dégradation, subjective et objective, des performances des systèmes de communication à de très nombreuses fréquences de récepteurs, en utilisant différentes classes de sources de bruits d'allumage des véhicules automobiles comme un flux de trafic ou une matrice contrôlée de véhicules. La corrélation existant entre des mesures objectives et des mesures subjectives de la dégradation a été étudiée à l'aide d'échelles d'évaluation de la qualité des communications utilisées par la FCC et la MVMA.

G.2.2 Essais subjectifs

G.2.2.1 Essais subjectifs portant sur les nuisances

La FCC a mené des essais subjectifs portant sur les nuisances en utilisant un seul véhicule et un groupe de véhicules simulant les conditions de circulation. La FCC a élaboré et utilisé une échelle d'évaluation subjective basée sur le degré de nuisance, grille traditionnellement utilisée pour évaluer les effets du bruit ambiant sur les performances au travail, les risques d'accident et la fatigue des personnels.

Niveau	Gêne due au bruit
5	imperceptible ou presque
4	perceptible
3	gênante
2	très gênante
1	trop gênante pour que deux individus puissent s'entendre parler sans difficulté

Ce système en niveaux est très similaire à celui décrit dans la Recommandation UIT- R BS.1284-2 [3] qu'il convient d'utiliser pour des futurs travaux si des essais portant sur les nuisances devaient être menés.

Qualité	Détérioration
5 excellente	5 imperceptible
4 bonne	4 perceptible, mais pas gênante
3 moyenne	3 un peu gênante
2 mauvaise	2 gênante
1 très mauvaise	1 très gênante

La notion de nuisance est une réaction psychologique hautement subjective. Il a été démontré que le degré de nuisance lié aux bruits qu'un individu entend est influencé par un très grand nombre de facteurs physiques et physiologiques (y compris l'état de santé, la fatigue, les relations interpersonnelles et les problèmes familiaux).

G.2.2.2 Essais subjectifs sur l'intelligibilité

G.2.2.2.1 Généralités

Les systèmes de communication mobiles terrestres étant utilisés principalement pour transmettre des messages vocaux, il convient que le principal critère de performance de ces systèmes soit l'intelligibilité des signaux reçus en cas de bruit d'allumage.

La procédure la plus couramment utilisée pour déterminer l'intelligibilité d'un canal vocal est une méthode subjective nécessitant la participation de panels de locuteurs et d'auditeurs qualifiés chargés de déterminer le pourcentage de discours intelligible. Les résultats obtenus à l'aide de cette méthode ont l'avantage de présenter une bonne répétabilité. Malheureusement, ce type de méthode basée sur une évaluation subjective est coûteux en temps et en argent. C'est pourquoi elles ne sont utilisées que rarement.

L'échelle d'évaluation subjective de l'intelligibilité proposée par la MVMA est la suivante:

Niveau	Description
5	message parfaitement intelligible;
4	message relativement aisé à comprendre;
3	message compréhensible en interprétant le sens de certains mots;
2	message à peine compréhensible;
1	message totalement incompréhensible.

G.2.2.2.2 Méthode d'essai d'intelligibilité

Dans un premier temps, le niveau d'affaiblissement est réglé sur 20 dB, la source de bruit d'allumage du véhicule étant nulle, le niveau d'entrée en radiofréquence est progressivement réduit par paliers de 1 dB et évalué par le panel d'auditeurs à chaque nouveau palier, jusqu'au niveau 1 de l'échelle d'évaluation (correspondant au niveau d'intelligibilité le plus faible). Le niveau d'entrée en radiofréquence est ensuite progressivement augmenté par paliers de 1 dB jusqu'à atteindre le niveau d'affaiblissement initial de 20 dB.

Le niveau d'entrée en radiofréquence est ensuite progressivement diminué par paliers de 3 dB, jusqu'à ce que le panel attribue le niveau 5 de l'échelle d'évaluation (correspondant à une intelligibilité excellente). Le niveau d'entrée en radiofréquence est ensuite progressivement diminué par paliers de 3 dB jusqu'à atteindre le niveau d'affaiblissement initial de 20 dB.

Le processus est ensuite répété dans son intégralité, la source de bruit du véhicule fonctionnant.

Les résultats des deux essais (sans et avec la source de bruit) ont ensuite été comparés et la dégradation subjective a été définie comme la différence (exprimée en décibels) entre le niveau de radiofréquence obtenu pour chaque niveau d'intelligibilité pour chaque essai.

G.2.3 Essais objectifs

G.2.3.1 Généralités

L'incertitude des mesures subjectives est liée au caractère ambigu de la définition de l'échelle d'évaluation et à la variabilité du jugement des panels. Cette variabilité est d'ailleurs largement liée à des facteurs psychologiques. Il convient que l'incertitude des mesures objectives soit inférieure à celle des essais subjectifs.

Une étude actuellement menée par l'Institute for Telecommunication Sciences [1] élabore une méthode permettant d'obtenir une mesure objective de l'intelligibilité, cette méthode donnant de bons résultats pour le discours transmis par des canaux de transmission corrompus par des bruits analogiques et des bruits numériques. La mesure de la distorsion est obtenue à l'aide du codage LPC (Linear Predictive Coding), technique mathématique très répandue, connue pour les applications qui en sont faites dans les domaines de l'analyse et la synthèse de la parole.

G.2.3.2 Méthode d'essai objective

Pour élaborer une mesure objective de l'intelligibilité d'un discours corrompu, le discours distordu et le discours original non dégradé par le bruit doivent être comparés. Une mesure subjective de l'intelligibilité du discours distordu doit également être disponible afin d'évaluer la qualité de la mesure objective utilisée. Pour satisfaire à ces deux exigences, un discours présélectionné non dégradé par le bruit est d'abord enregistré sur une bande. Il est ensuite diffusé par les canaux de transmission vocale à soumettre à essai, puis enregistré à la sortie de ces canaux de transmission. L'intelligibilité de l'enregistrement ainsi obtenu peut alors être évaluée à l'aide d'une méthode subjective, le discours enregistré peut être comparé au discours original à l'aide d'une technique mathématique pour obtenir une évaluation objective.

Le discours sélectionné pour être diffusé par une voie de transmission pour en évaluer l'intelligibilité se compose, non pas de phrases complètes ou de syllabes sans signification, mais de groupes de mots isolés phonétiquement équilibrés. Ces mots phonétiquement équilibrés ont été utilisés, car il a été démontré que les résultats obtenus avec les méthodes d'évaluation subjectives présentaient une bonne répétabilité, critère indispensable pour cette étude (pendant des essais utilisant un véhicule comme source de bruit, il a été procédé à des évaluations subjectives par des panels d'auditeurs, qui ont été comparées aux résultats obtenus avec des méthodes d'évaluation objective, ce qui a permis d'obtenir une bonne corrélation).

G.2.4 Conclusions relatives à l'évaluation de la dégradation

De nombreuses études ont été menées au fil des années en vue d'élaborer une méthode objective simple et économique permettant d'évaluer la dégradation des récepteurs mobiles terrestres liée au bruit d'allumage. Le codage LPC (Linear Predictive Coding) ne présente aucun de ces deux critères (par rapport à l'appareil utilisé dans les mesures selon la CISPR 12 [6] et la CISPR 25), mais constitue néanmoins une bonne méthode objective, du point de vue technique, pour évaluer la dégradation des performances des récepteurs.

Les essais subjectifs se sont révélés efficaces pour évaluer la dégradation des performances des récepteurs mobiles. Des deux méthodes d'évaluation subjectives utilisées, celle portant sur l'intelligibilité s'est révélée plus performante que celle portant sur les nuisances pour caractériser les effets du bruit radioélectrique sur une liaison. Cependant, la plupart des mesures objectives réalisées dans le cadre des essais subjectifs ont présenté une faible corrélation. La méthode du codage LPC (Linear Predictive Coding) a permis d'obtenir des résultats présentant une bonne corrélation avec ceux obtenus avec la méthode d'essai subjectif de l'intelligibilité. Néanmoins, les essais subjectifs sont préférentiels en raison de leur plus grande simplicité et de leur moindre coût.

Si seules les méthodes d'essai subjectives sont considérées et en raison du grand nombre d'essais menés, il est recommandé d'utiliser l'intelligibilité plutôt que les nuisances comme critère d'indexation des performances des systèmes.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of CISPR 25:2021

Annexe H (normative)

Méthodes d'essai pour les systèmes d'alimentation électriques pour réseaux haute tension dans les véhicules électriques et hybrides

H.1 Généralités

Les composants/modules utilisés dans les véhicules électriques sont des composants électroniques raccordés au réseau BT et/ou des réseaux d'alimentation HT.

La technologie existante du véhicule fournit deux catégories de systèmes électriques. La première catégorie comprend les systèmes BT courants (généralement non blindés) et la deuxième les systèmes HT (généralement blindés).

La présente annexe définit des méthodes de montage d'essai et limites supplémentaires pour la mesure des émissions conformément à l'Article 6 lors de la considération des composants du système d'alimentation HT.

Pour les systèmes composés à la fois de lignes BT (généralement non blindées) et de lignes HT (généralement blindées), les mesures sur les lignes BT (généralement non blindées) doivent être réalisées en utilisant des méthodologies et du montage d'essai définis dans la présente annexe et avec les limites définies à l'Article 6.

Exemples de composants du système d'alimentation HT:

- onduleur avec moteur électrique;
- chargeur embarqué;
- convertisseur continu-continu;
- chauffage électrique;
- batterie haute tension;
- tous les appareils ayant une connexion HT en plus de l'alimentation BT.

Les limites définies dans la présente annexe pour les émissions conduites sont uniquement valables pour les systèmes HT blindés. Elles reposent sur les limites définies à l'Article 6 pour les systèmes non blindés (c'est-à-dire les systèmes BT ou les systèmes HT non blindés) en tenant compte du facteur de découplage identifié entre les deux réseaux.

La présente annexe spécifie les essais suivants:

- mesures des tensions RF conduites sur les lignes d'alimentation blindées avec réseaux fictifs blindés;
- mesures des courants RF conduits sur les câbles blindés des systèmes d'alimentation;
- mesures des émissions RF rayonnées des composants/modules;
- interaction entre accès HT et BT du système en raison du couplage.

H.2 Equipement d'essai

H.2.1 Plan de masse de référence

Le plan de masse de référence doit être défini comme étant la surface métallique supérieure du banc d'essai ou de la table d'essai.

Le plan de masse de référence doit être en cuivre, en laiton, en bronze ou en acier galvanisé, d'une épaisseur minimale de 0,5 mm.

Les dimensions minimales du plan de masse de référence pour les émissions conduites (méthode de tension) doivent être de 1 000 mm × 400 mm.

Les dimensions minimales du plan de masse de référence pour les émissions conduites (méthode de la sonde de courant) doivent être de 2 500 mm × 400 mm.

La largeur minimale du plan de masse de référence pour les émissions rayonnées doit être de 1 000 mm ou la largeur de l'ensemble du dessous du montage d'essai (EUT et équipements associés (par exemple faisceau avec lignes d'alimentation, simulateur de charge situé sur le banc d'essai et AN/AN-HT/AMN/AAN), à l'exclusion de la batterie et/ou de l'alimentation électrique) plus 200 mm, si cette valeur est plus élevée.

La longueur minimale du plan de masse de référence pour les émissions rayonnées doit être de 2 000 mm ou la longueur de l'ensemble du dessous du montage d'essai (EUT et équipements associés (par exemple faisceau avec lignes d'alimentation, simulateur de charge situé sur le banc d'essai et AN/AN-HT/AMN/AAN), à l'exclusion de la batterie et/ou de l'alimentation électrique) plus 200 mm, si cette valeur est la plus élevée.

La hauteur du plan de masse de référence (banc d'essai) doit être de (900 ± 100) mm au-dessus du sol.

L'intervalle séparant le bord d'une tresse de masse du bord d'une autre tresse de masse ne doit pas être supérieur à 300 mm. Le rapport entre la longueur maximale et la largeur d'une tresse de masse doit être égal de 7:1.

NOTE Du fait de la résonance du plan de masse de référence, l'emplacement, la largeur et la longueur des tresses de masse peuvent avoir une incidence sur les résultats des mesures. Utiliser un nombre suffisant de tresses de masse faiblement inductives afin d'assurer une connexion de faible impédance à la cage de Faraday.

H.2.2 Alimentation électrique, AN, AN-HT, AMN et AAN

Pour les essais définis en H.3, en H.4, en H.5 et en H.6, chaque fil d'alimentation positive de l'EUT doit être relié à l'alimentation par le biais d'un réseau fictif. Les caractéristiques d'impédance et une suggestion de schéma sont représentées à l'Annexe E.

Le ou les AN/AN-HT/AMN/AAN doivent être montés directement sur le plan de masse de référence. Le ou les boîtiers du ou des AN/AN-HT/AMN/AAN doivent être reliés au plan de masse de référence. La résistance en courant continu entre la masse de l'accès de mesure du ou des AN/AN-HT/AMN/AAN et le plan de masse de référence ne doit pas dépasser 2,5 mΩ.

Une charge de 50 Ω doit être appliquée à l'accès de mesure de l'AN/AN-HT non raccordé à l'instrument de mesure.

H.2.3 Simulateur de charge

Le simulateur de charge comprenant des capteurs et des actionneurs est appliqué au faisceau d'essai raccordé à l'EUT.

Afin d'assurer une reproductibilité suffisante, la même terminaison doit être utilisée à chaque mesure soit en utilisant un équipement de terminaison spécifique (par exemple des réseaux fictifs, des filtres) situé à la frontière RF, soit en utilisant le même simulateur de charge.

H.3 Emissions conduites provenant des composants/modules sur les lignes d'alimentation HT – Méthode de tension

H.3.1 Généralités

L'essai doit être effectué dans une ALSE ou dans une cage de Faraday.

L'emplacement de l'EUT, du faisceau d'essai et du simulateur de charge sur le plan de masse est représenté à la Figure H.1, la Figure H.2, la Figure H.3 et la Figure H.4. Les conditions du plan de masse de référence définies en H.2.1 (émissions conduites – méthode de tension) s'appliquent.

H.3.2 Montage d'essai

Le montage est adapté de 6.3.2 et est représenté à la Figure H.1. Il convient que la configuration du blindage et toute connexion à la masse de protection soient représentatives de l'application du véhicule et elles doivent être définies dans le plan d'essai. La connexion à la masse du chargeur de batterie doit également être définie dans le plan d'essai. Les EUT et les charges doivent être reliés à la masse à l'aide d'une impédance comme cela est défini dans le plan d'essai. Il convient d'utiliser la batterie HT du véhicule. Sinon, l'alimentation HT externe doit être raccordée par l'intermédiaire du filtrage de passage.

Sauf spécification contraire, l'EUT doit être placé sur un matériau non conducteur, de faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$), à (50 ± 5) mm au-dessus du plan de masse de référence.

Sauf spécification contraire dans le plan d'essai (par exemple utilisation de faisceaux de véhicule originaux), la longueur des faisceaux doit être:

- égale à 200^{+200}_0 mm pour les lignes BT;
- égale à $1\,700^{+300}_0$ mm pour les lignes HT et à $(1\,500 \pm 75)$ mm pour le faisceau d'essai HT parallèle à l'avant du plan de masse de référence;
- inférieure à 1 000 mm pour les lignes triphasées entre l'EUT et le ou les moteurs électriques.

Sauf si cela matériellement impossible, tous les faisceaux doivent être placés sur un matériau non conducteur, de faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$), à (50 ± 5) mm au-dessus du plan de masse de référence.

Les lignes HT doivent être placées à une distance minimale de 100 mm du bord du plan de masse de référence.

Les lignes d'alimentation blindées pour la ligne terminale HT positive (HT+), la ligne terminale HT négative (HT-) et les lignes triphasées HT peuvent être des câbles coaxiaux séparés ou dans un blindage commun selon le système de connecteurs utilisé. Le faisceau HT original du véhicule peut être éventuellement utilisé.

Sauf spécification contraire dans le plan d'essai, le boîtier de l'EUT doit être raccordé au plan de masse de référence, directement ou par l'intermédiaire d'une impédance définie.

La Figure H.2 représente une configuration plus complexe ajoutant l'émulation d'un moteur électrique ou d'une machine de charge au montage, par exemple si l'EUT est un bloc d'alimentation électrique. Le boîtier du moteur électrique doit être relié au plan de masse de référence, le cas échéant.

Si l'émulation d'une machine de charge est utilisée:

- le plan d'essai doit définir les conditions de connexion entre l'EUT et l'émulation de la machine de charge, ainsi que les conditions de mise à la masse nécessaires;
- l'émulation de la machine de charge remplace le "moteur électrique", la "connexion mécanique", le "palier mécanique filtré" et le "frein ou le moteur à propulsion";
- les lignes en courant alternatif peuvent être alimentées par un filtre de ligne d'alimentation.

Le moteur électrique peut être placé sur un plan de masse séparé. Dans ce cas, le plan d'essai doit définir la configuration de la connexion entre ce plan de masse du moteur séparé et le plan de masse de référence de l'EUT (représentant la configuration de mise à la masse du véhicule).

La Figure H.3 et la Figure H.4 représentent un exemple de montage pour des systèmes avec onduleur/chargeur.

NOTE 1 Prendre des précautions en cas d'utilisation d'un filtre de ligne d'alimentation (point 16 de la légende) sur la ligne d'alimentation HT. Ce filtre augmente la capacité en mode commun entre HT+ et la référence de masse ou HT– et la référence de masse et peut entraîner la génération de résonances supplémentaires.

NOTE 2 Selon l'emplacement du boîtier dans le véhicule et le matériau utilisé pour le châssis (par exemple métal ou autre matériau), l'impédance de la connexion du blindage avec le châssis du véhicule peut considérablement varier.

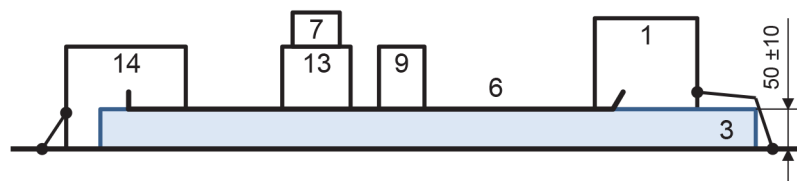
La tension doit être mesurée successivement sur les lignes HT+ et HT– en connectant l'instrument de mesure à l'accès de mesure de l'AN-HT concerné, une charge de 50 Ω étant appliquée à l'accès de mesure de l'AN-HT de l'autre ligne d'alimentation.

Si l'EUT comprend également des lignes BT, la tension doit être mesurée successivement sur les lignes BT+ et/ou BT– en connectant l'instrument de mesure à l'accès de mesure du ou des AN concernés, une charge de 50 Ω étant appliquée à l'accès de mesure du ou des deux AN-HT.

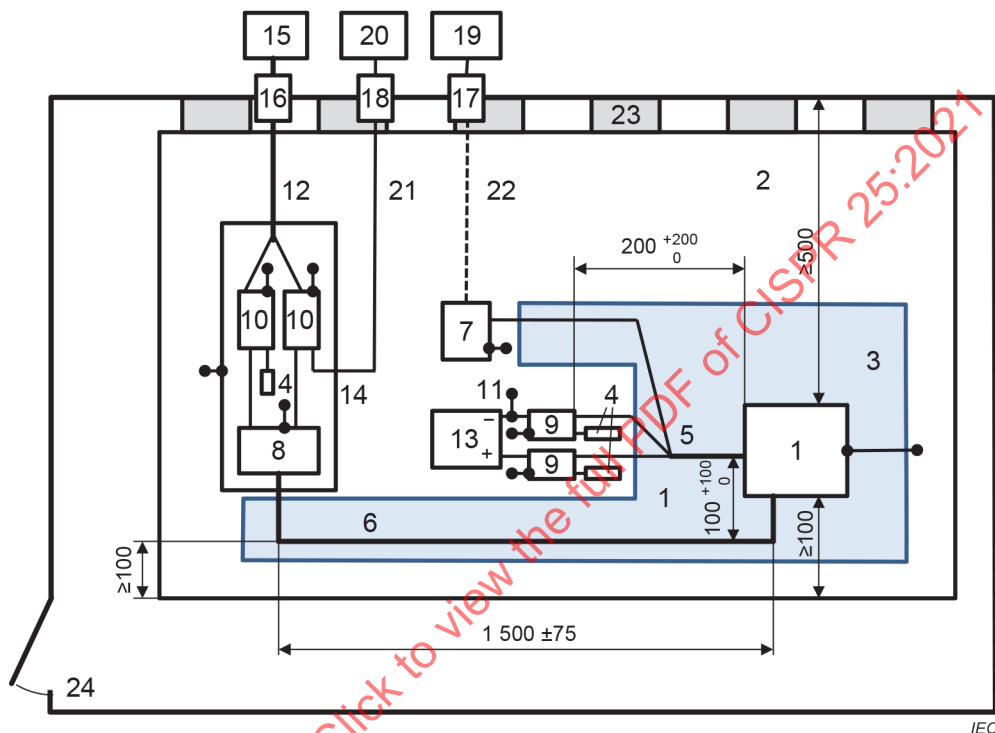
Aucune mesure ne doit être effectuée sur les lignes en courant alternatif.

Dimensions en millimètres – pas à l'échelle

Vue de côté



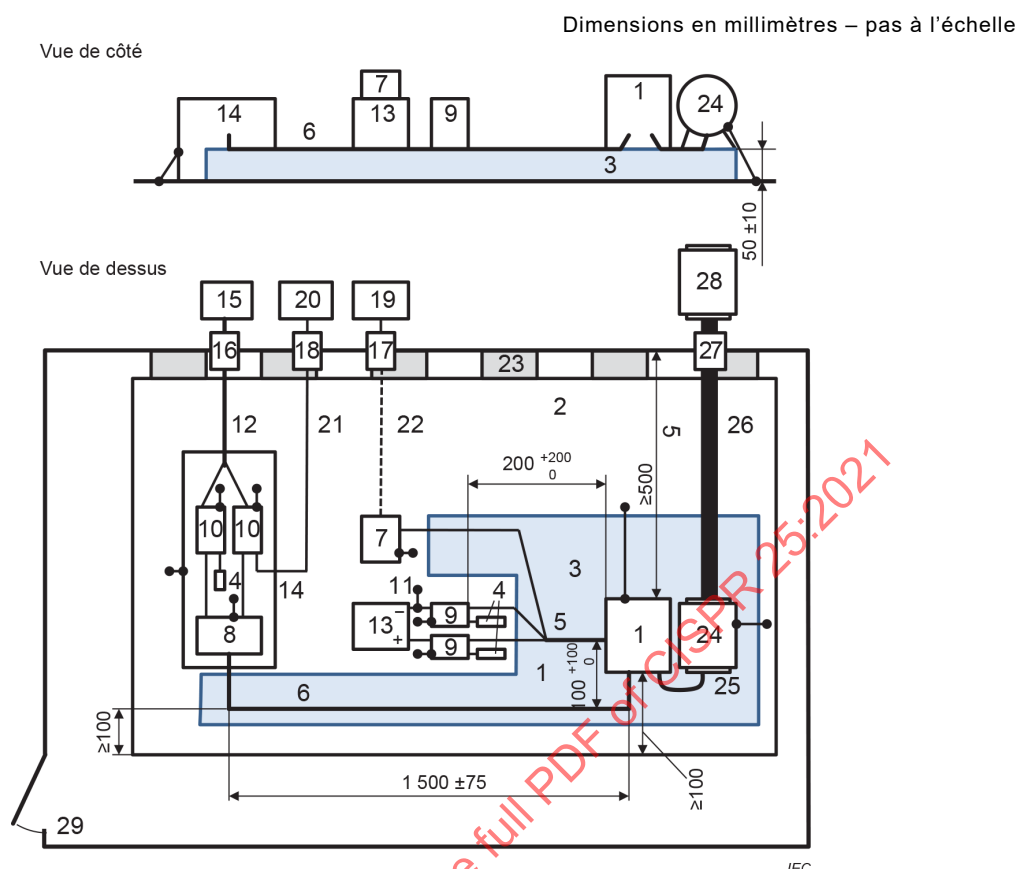
Vue de dessus



Légende

- | | | | |
|----|---|----|--|
| 1 | EUT | 13 | Alimentation électrique BT 12 V/24 V/48 V (il convient de la placer sur le plan de masse de référence) |
| 2 | Plan de masse de référence | 14 | Boîtier blindé supplémentaire |
| 3 | Support à faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$), épaisseur 50 mm | 15 | Alimentation électrique HT (blindée si placée à l'intérieur de la cage de Faraday) |
| 4 | Charge de 50 Ω | 16 | Filtre de ligne d'alimentation |
| 5 | Faisceau BT | 17 | Traversée à fibres optiques |
| 6 | Lignes HT (HT+, HT-) | 18 | Connecteur de traversée de cloison |
| 7 | Simulateur de charge BT | 19 | Système de stimulation et de surveillance |
| 8 | Réseau d'adaptation d'impédance (facultatif) | 20 | Instrument de mesure |
| 9 | AN-BT | 21 | Câble coaxial de qualité supérieure, par exemple à double blindage (50 Ω) |
| 10 | AN-HT | 22 | Fibre optique |
| 11 | Lignes d'alimentation BT | 23 | Tresses de masse (voir 6.2.1) |
| 12 | Lignes d'alimentation HT | 24 | Cage de Faraday |

Figure H.1 – Emissions conduites – Exemple de montage d'essai pour les EUT avec systèmes d'alimentation blindés et onduleur



Légende

- | | | | |
|----|---|----|--|
| 1 | EUT | 15 | Alimentation électrique HT (il convient qu'elle soit blindée si elle est placée à l'intérieur de la cage de Faraday) |
| 2 | Plan de masse de référence | 16 | Filtre de ligne d'alimentation |
| 3 | Support à faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$), épaisseur 50 mm (un support non conducteur peut être utilisé pour le moteur électrique) | 17 | Traversée à fibres optiques |
| 4 | Charge de 50 Ω | 18 | Connecteur de traversée de cloison |
| 5 | Faisceau BT | 19 | Système de stimulation et de surveillance |
| 6 | Lignes HT (HT+, HT-) | 20 | Instrument de mesure |
| 7 | Simulateur de charge BT | 21 | Câble coaxial de qualité supérieure, par exemple à double blindage (50 Ω) |
| 8 | Réseau d'adaptation d'impédance (facultatif) | 22 | Fibre optique |
| 9 | AN-BT | 23 | Tresses de masse (voir 6.2.1) |
| 10 | AN-HT | 24 | Moteur électrique |
| 11 | Lignes d'alimentation BT | 25 | Lignes d'alimentation triphasée du moteur |
| 12 | Lignes d'alimentation HT | 26 | Connexion mécanique (par exemple non conductrice) |
| 13 | Alimentation électrique BT 12 V/24 V/48 V (il convient de la placer sur le plan de masse de référence) | 27 | Pénétration dans la chambre (par exemple palier mécanique filtré) |
| 14 | Boîtier blindé supplémentaire | 28 | Frein ou moteur à propulsion |
| | | 29 | Cage de Faraday |

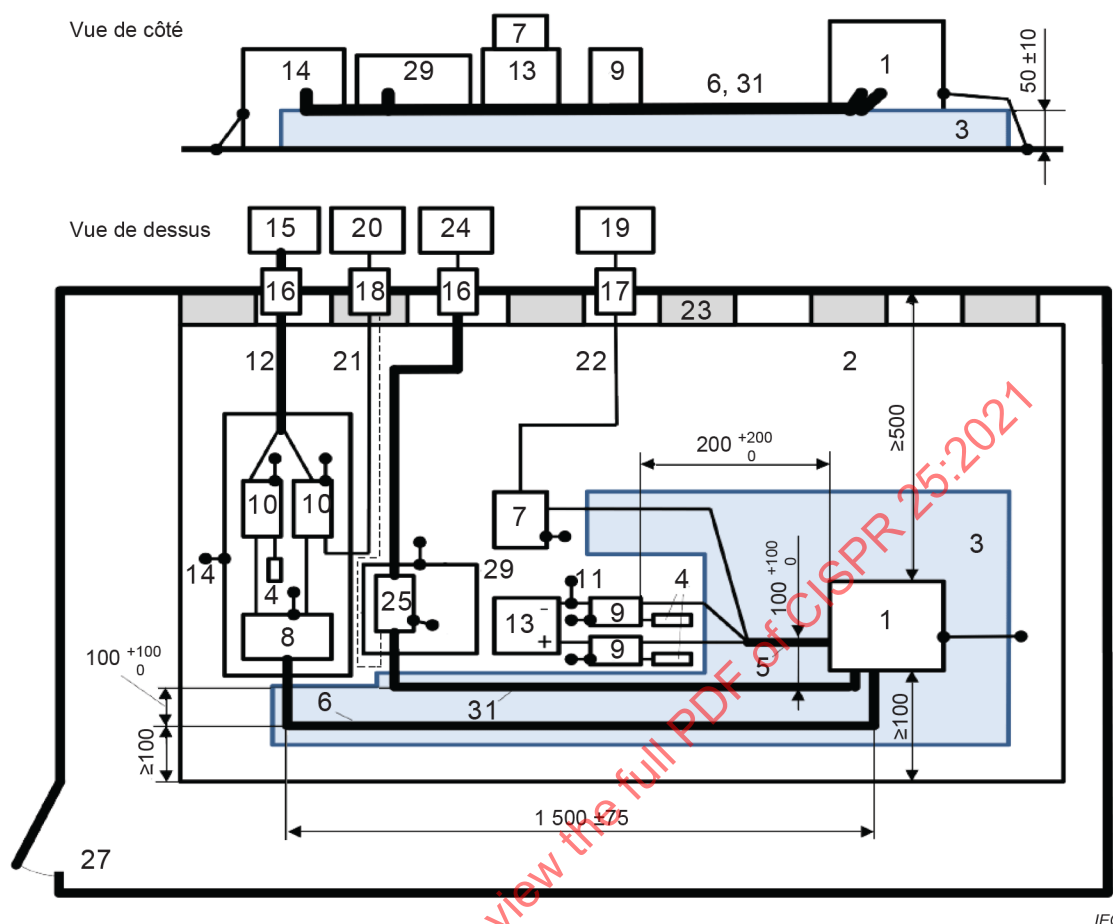
NOTE 1 Le moteur électrique, la connexion mécanique, le palier mécanique filtré et le frein ou le moteur à propulsion peuvent être remplacés par l'émulation d'une machine de charge.

NOTE 2 Le transfert d'énergie mécanique à l'extérieur de la chambre peut exiger plusieurs interfaces et peut être réalisé à l'aide de différentes solutions topologiques (par exemple remplacer les axes sous tension par deux arbres mécaniques ou modifier la configuration de la chambre).

NOTE 3 Noter que la géométrie du ou des arbres connectés au dispositif soumis à essai (DUT, Device Under Test) a une incidence importante sur la corrélation avec les résultats sur le véhicule. Il convient que toute solution mécanique destinée aux essais des composants soit, dans la mesure du possible, représentative de l'utilisation et de la géométrie du véhicule, par exemple la longueur des arbres de transmission, la terminaison RF des arbres de transmission, y compris leur connexion galvanique à la pénétration mécanique de la chambre.

Figure H.2 – Emissions conduites – Exemple de montage d'essai pour les EUT avec systèmes d'alimentation blindés et moteur électrique fixé au banc

Dimensions en millimètres



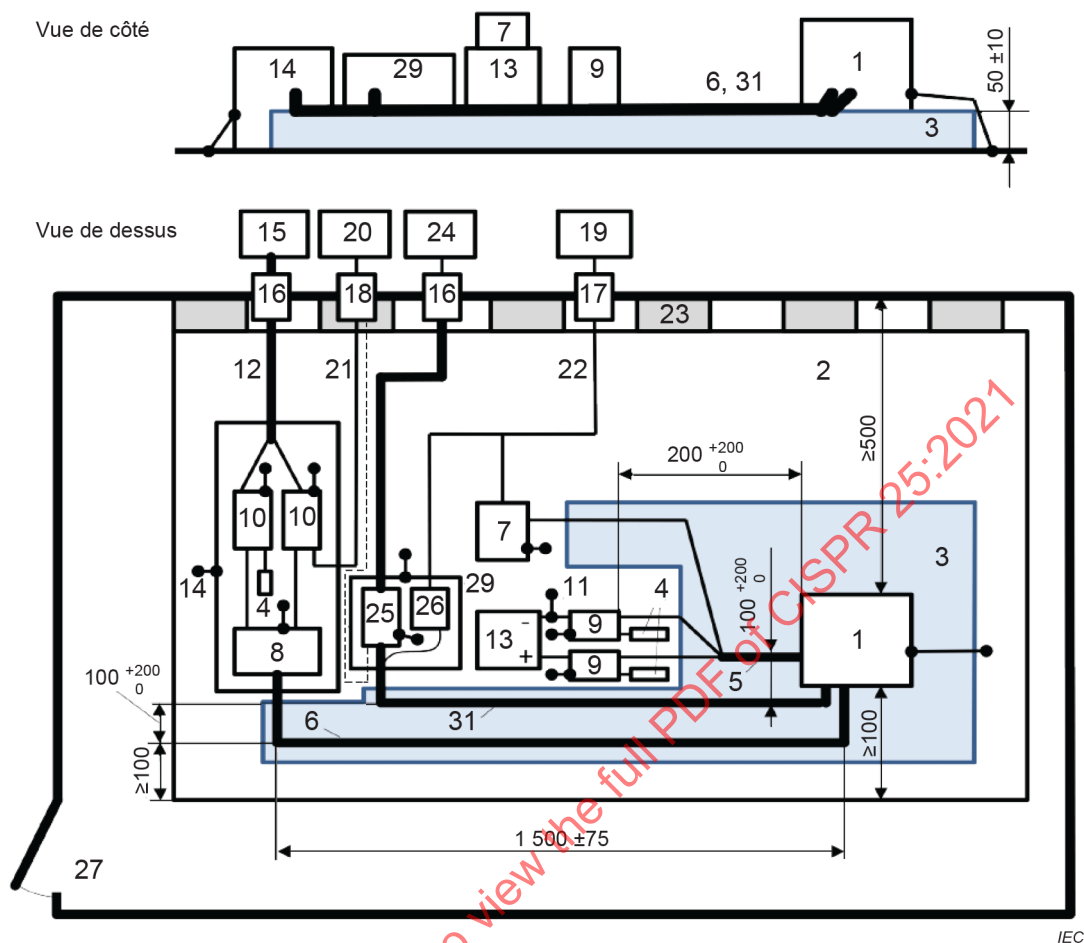
IEC

Légende

- | | |
|---|---|
| 1 EUT | 15 Alimentation électrique HT (il convient qu'elle soit blindée si elle est placée à l'intérieur de la cage de Faraday) |
| 2 Plan de masse de référence | 16 Filtre de ligne d'alimentation |
| 3 Support à faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$), épaisseur 50 mm | 17 Traversée à fibres optiques |
| 4 Charge de 50 Ω | 18 Connecteur de traversée de cloison |
| 5 Faisceau BT | 19 Système de stimulation et de surveillance |
| 6 Lignes HT (HT+, HT-) | 20 Instrument de mesure |
| 7 Simulateur de charge BT | 21 Câble coaxial de qualité supérieure, par exemple à double blindage (50 Ω) |
| 8 Réseau d'adaptation d'impédance (facultatif) | 22 Fibre optique |
| 9 AN-BT | 23 Tresses de masse (voir 6.2.1) |
| 10 AN-HT | 24 Simulateur de charge en courant continu (il convient qu'un simulateur de charge non résistif soit blindé s'il est placé à l'intérieur de la cage de Faraday) |
| 11 Lignes d'alimentation BT | 25 AMN pour réseau électrique en courant alternatif (facultatif) |
| 12 Lignes d'alimentation HT | 27 Cage de Faraday |
| 13 Alimentation électrique BT 12 V/24 V/48 V (il convient de la placer sur le plan de masse de référence) | 29 Boîtier blindé supplémentaire (facultatif) |
| 14 Boîtier blindé supplémentaire | 31 Faisceau de charge en courant alternatif |

Figure H.3 – Emissions conduites – Exemple de montage d'essai pour les EUT avec systèmes d'alimentation et onduleur blindés

Dimensions en millimètres

**Légende**

- | | |
|---|--|
| 1 EUT | 16 Filtre de ligne d'alimentation |
| 2 Plan de masse de référence | 17 Traversée à fibres optiques |
| 3 Support à faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$), épaisseur 50 mm | 18 Connecteur de traversée de cloison |
| 4 Charge de 50 Ω | 19 Système de stimulation et de surveillance |
| 5 Faisceau BT | 20 Instrument de mesure |
| 6 Lignes HT (HT+, HT-) | 21 Câble coaxial de qualité supérieure, par exemple à double blindage (50 Ω) |
| 7 Simulateur de charge BT | 22 Fibre optique |
| 8 Réseau d'adaptation d'impédance (facultatif) | 23 Tresses de masse (voir 6.2.1) |
| 9 AN-BT | 24 Réseau d'alimentation en courant alternatif |
| 10 AN-HT | 25 AMN pour réseau électrique en courant alternatif |
| 11 Lignes d'alimentation BT | 26 Simulateur de charge pour la charge en courant alternatif |
| 12 Lignes d'alimentation HT | 27 Cage de Faraday |
| 13 Alimentation électrique BT 12 V/24 V/48 V (il convient de la placer sur le plan de masse de référence) | 29 Boîtier blindé supplémentaire (facultatif) |
| 14 Boîtier blindé supplémentaire | 31 Lignes en courant alternatif |
| 15 Simulateur de charge en courant continu (il convient qu'un simulateur de charge non résistif soit blindé s'il est placé à l'intérieur de la cage de Faraday) | |

Figure H.4 – Emissions conduites – Exemple de montage d'essai pour les EUT avec systèmes d'alimentation et chargeur blindés

H.4 Emissions conduites provenant des composants/modules sur les lignes d'alimentation HT – Méthode de la sonde de courant

H.4.1 Généralités

L'essai doit être effectué dans une ALSE ou dans une cage de Faraday.

L'emplacement de l'EUT, du faisceau d'essai et du simulateur de charge sur le plan de masse est représenté à la Figure H.5, la Figure H.6, la Figure H.7 et la Figure H.8. Les conditions du plan de masse de référence définies en H.2.1 (émissions conduites – méthode de la sonde de courant) s'appliquent.

H.4.2 Montage d'essai

Le montage est adapté de 6.4.2 et est représenté à la Figure H.5. Il convient que la configuration du blindage et toute connexion à la masse de protection soient représentatives de l'application du véhicule et elles doivent être définies dans le plan d'essai. La connexion à la masse du chargeur de batterie doit également être définie dans le plan d'essai. Les EUT et les charges doivent être reliés à la masse à l'aide d'une impédance comme cela est défini dans le plan d'essai. Il convient d'utiliser la batterie HT du véhicule. Sinon, l'alimentation HT externe doit être raccordée par l'intermédiaire du filtrage de passage.

Sauf spécification contraire, l'EUT doit être placé sur un matériau non conducteur, de faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$), à (50 ± 5) mm au-dessus du plan de masse de référence.

Sauf spécification contraire dans le plan d'essai (par exemple utilisation de faisceaux de véhicule originaux), la longueur des faisceaux doit être:

- égale à $1\,700^{+300}_0$ mm pour les lignes BT et à $(1\,500 \pm 75)$ mm pour le faisceau d'essai BT parallèle à l'avant du plan de masse de référence;
- égale à $1\,700^{+300}_0$ mm pour les lignes HT et à $(1\,500 \pm 75)$ mm pour le faisceau d'essai HT parallèle à l'avant du plan de masse de référence;
- inférieure à 1 000 mm pour les lignes triphasées entre l'EUT et le ou les moteurs électriques.

Sauf si cela matériellement impossible, tous les faisceaux doivent être placés sur un matériau non conducteur, de faible permittivité relative ($\epsilon_r \leq 1,4$), à (50 ± 5) mm au-dessus du plan de masse de référence. Les lignes BT doivent être placées à une distance minimale de 200 mm du bord du plan de masse de référence. La distance entre les lignes BT et les lignes HT doit être de 100^{+100}_0 mm.

Les lignes d'alimentation (généralement blindées) pour la ligne terminale HT positive (HT+), la ligne terminale HT négative (HT-) et les lignes triphasées HT peuvent être des câbles coaxiaux séparés ou dans un blindage commun selon le système de connecteurs utilisé. Le faisceau HT original du véhicule peut être éventuellement utilisé.

Les faisceaux utilisés pour cet essai doivent être représentatifs de l'application du véhicule en ce qui concerne la construction des câbles et les bornes de connecteur, comme défini dans le plan d'essai.

Sauf spécification contraire dans le plan d'essai, le boîtier de l'EUT doit être raccordé au plan de masse de référence, directement ou par l'intermédiaire d'une impédance définie.

La Figure H.6 représente une configuration plus complexe ajoutant l'émulation d'un moteur électrique ou d'une machine de charge au montage, par exemple si l'EUT est un bloc d'alimentation électrique.

Le moteur électrique peut être placé sur un plan de masse séparé. Dans ce cas, le plan d'essai doit définir la configuration de la connexion entre ce plan de masse du moteur séparé et le plan de masse de référence de l'EUT (représentant la configuration de mise à la masse du véhicule). Le boîtier du moteur électrique doit être relié au plan de masse, le cas échéant.

Si l'émulation d'une machine de charge est utilisée:

- le plan d'essai doit définir les conditions de connexion entre l'EUT et l'émulation de la machine de charge, ainsi que les conditions de mise à la masse nécessaires;
- l'émulation de la machine de charge remplace le "moteur électrique", la "connexion mécanique", le "palier mécanique filtré" et le "frein ou le moteur à propulsion";
- les lignes en courant alternatif peuvent être alimentées par un filtre de ligne d'alimentation.

NOTE 1 Utiliser un filtre de ligne d'alimentation (point 16 des légendes) sur la ligne d'alimentation HT. Ce filtre augmente la capacité en mode commun entre HT+ et la référence de masse ou HT– et la référence de masse et peut entraîner la génération de résonances supplémentaires.

NOTE 2 Selon l'emplacement du boîtier dans le véhicule et le matériau utilisé pour le châssis (par exemple métal ou autre matériau), l'impédance de la connexion du blindage avec le châssis du véhicule peut considérablement varier.

Les mesures par sonde de courant doivent être effectuées sur les lignes d'alimentation HT+ et HT– et les lignes triphasées du moteur électrique, séparément (le cas échéant) et ensemble. Mesurer les émissions avec la sonde positionnée à $d = 50$ mm et $d = 750$ mm (selon la longueur du faisceau) de l'EUT.

Si l'EUT possède également des lignes électriques en courant alternatif (par exemple un chargeur embarqué), les mesures avec la sonde de courant doivent également être effectuées sur le faisceau de courant alternatif complet. Mesurer les émissions avec la sonde positionnée à $d = 50$ mm et $d = 750$ mm (selon la longueur du faisceau) de l'EUT.

Les écarts par rapport au montage d'essai courant doivent être définis dans le plan d'essai et/ou le rapport d'essai. Si le moteur électrique et le bloc d'alimentation ne font qu'une unité, la mesure selon Figure H.5 ne s'applique pas (non nécessaire).

NOTE 3 Prendre des précautions en cas d'utilisation d'une ligne de terre de protection susceptible d'influencer le résultat de l'essai.

La Figure H.7 et la Figure H.8 représentent un exemple de montage pour des systèmes avec onduleur/chargeur.