

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Measurement procedures of magnetic field levels generated by electronic and electrical equipment in the automotive environment with respect to human exposure –

Part 1: Low-frequency magnetic fields

Procédures de mesure de l'exposition humaine aux niveaux de champs magnétiques générés par les accessoires électroniques et électriques dans l'environnement automobile –

Partie 1: Champs magnétiques à basse fréquence



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2022 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 Products & Services Portal - products.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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 Products & Services Portal - products.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Measurement procedures of magnetic field levels generated by electronic and electrical equipment in the automotive environment with respect to human exposure –

Part 1: Low-frequency magnetic fields

Procédures de mesure de l'exposition humaine aux niveaux de champs magnétiques générés par les accessoires électroniques et électriques dans l'environnement automobile –

Partie 1: Champs magnétiques à basse fréquence

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.220.20

ISBN 978-2-8322-5607-7

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

CONTENTS

FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
1 Scope	8
2 Normative references	8
3 Terms, definitions and abbreviated terms	9
3.1 Terms and definitions	9
3.2 Abbreviated terms	9
4 Measurement procedure	9
4.1 Measurement phases	9
4.2 Measuring conditions	10
4.3 Test site	10
4.4 Vehicle set-up	10
4.5 Measurement locations	10
4.5.1 General	10
4.5.2 Inside the vehicle	11
4.5.3 Outside the vehicle	12
5 Measurement technique	12
5.1 Measuring equipment	12
5.2 Measurement of the magnetic field exposure	12
6 Measurement procedure	12
6.1 Vehicle in stationary mode	12
6.1.1 General	12
6.1.2 Phase 1: vehicle preparation and set-up	12
6.1.3 Phase 2: vehicle measurement	13
6.2 Vehicle in driving mode	13
6.2.1 General	13
6.2.2 Phase 1: vehicle preparation and set-up	13
6.2.3 Phase 2: vehicle measurement (at constant speed)	13
6.2.4 Phase 3: additional measurements	14
6.3 Vehicle in dynamic mode	14
6.3.1 General	14
6.3.2 Phase 1: vehicle preparation and set-up	14
6.3.3 Phase 2: vehicle measurement	14
6.4 Vehicle in plug-in charging mode	15
6.4.1 General	15
6.4.2 Phase 1: vehicle preparation and set-up	15
6.4.3 Phase 2: vehicle measurement	15
7 Assessment of measurement uncertainty	16
8 Test report	16
9 Exposure assessment	16
Annex A (informative) Practical measurement advice	17
Annex B (informative) Maximum extents of measurement volumes inside the vehicle	18
B.1 Motivation	18
B.2 Anthropometrical information	18
B.3 Maximum extents of measurement volumes	19

Annex C (informative) Measurement errors due to source proximity and probe orientation	20
C.1 Background.....	20
C.2 Magnitude of proximity and orientation related errors	20
C.3 Dipole source contributions to uncertainty parameters	22
Annex D (informative) Uncertainty estimation.....	24
D.1 General.....	24
D.2 Uncertainty budget.....	24
Annex E (informative) Justification of measurement distances	26
E.1 General.....	26
E.2 Models and numerical methods.....	26
E.2.1 Vehicle model and exposure scenarios	26
E.2.2 Human model	27
E.2.3 Computational method	28
E.3 Computational results	28
E.4 Conclusions	32
Annex F (informative) Magnetic field levels during acceleration and deceleration.....	33
F.1 Example results	33
F.2 Test description	33
F.3 Conclusion.....	33
Bibliography.....	35
Figure 1 – Example of test volumes taking account of all body parts for a left-hand drive vehicle	11
Figure 2 – Plug-in charging cable positioning.....	15
Figure A.1 – Disc spacer around two types of measurement probes.....	17
Figure A.2 – Hemispherical spacer around two types of measurement probes	17
Figure B.1 – Summary of relevant anthropometrical data	18
Figure C.1 – Span (error bars) and mode (O) of error distributions for magnetic dipole	21
Figure C.2 – Span (error bars) and mode (O) of error distributions for linear current.....	21
Figure C.3 – Comparison of predicted error distribution percentiles (O) and fitted models (lines) as a function of s (distance/radius)	23
Figure E.1 – Schematic explanation and geometry of the vehicle cabin.....	27
Figure E.2 – Schematic diagram of electrical motor	27
Figure E.3 – Definition of each part of the human body model.....	28
Figure E.4 – Magnetic field distribution and measuring points	29
Figure F.1 – Results obtained on a car with a full electric powertrain	34
Figure F.2 – Results obtained on a car with a parallel hybrid electric powertrain	34
Table C.1 – Summary of CDF percentile model fitting parameters for dipole source.....	22
Table C.2 – CDF percentiles for dipole source at $s = 3,545$	23
Table D.1 – Uncertainty budget example of the evaluation of magnetic field exposures	25
Table E.1 – Comparison of the ratio of magnetic field and ICNIRP 1998 reference level, and current density and basic restriction for the wire cable	30
Table E.2 – Comparison of the ratio of magnetic field and ICNIRP 1998 reference level, and current density and basic restriction for the electrical motor.....	30

Table E.3 – Comparison of the ratio of magnetic field and ICNIRP 2010 reference level, and internal electric field and basic restriction for the wire cable.....	31
Table E.4 – Comparison of the ratio of magnetic field and ICNIRP 2010 reference level, and internal electric field and basic restriction for the electrical motor.....	31

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62764-1:2022

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MEASUREMENT PROCEDURES OF MAGNETIC FIELD LEVELS
GENERATED BY ELECTRONIC AND ELECTRICAL EQUIPMENT IN THE
AUTOMOTIVE ENVIRONMENT WITH RESPECT TO HUMAN EXPOSURE –****Part 1: Low-frequency magnetic fields****FOREWORD**

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

IEC 62764-1 has been prepared by IEC technical committee 106: Methods for the assessment of electric, magnetic and electromagnetic fields associated with human exposure. It is an International Standard.

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

Draft	Report on voting
106/575/FDIS	106/579/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.

A list of all parts in the IEC 62764 series, published under the general title *Measurement procedures of magnetic field levels generated by electronic and electrical equipment in the automotive environment with respect to human exposure*, can be found on the IEC website.

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

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

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

INTRODUCTION

This document specifies a methodology for determining the exposure to multiple magnetic field sources for passenger cars and light commercial vehicles including standardized operating conditions and measurement volumes and/or surfaces.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62764-1:2022

MEASUREMENT PROCEDURES OF MAGNETIC FIELD LEVELS GENERATED BY ELECTRONIC AND ELECTRICAL EQUIPMENT IN THE AUTOMOTIVE ENVIRONMENT WITH RESPECT TO HUMAN EXPOSURE –

Part 1: Low-frequency magnetic fields

1 Scope

This part of IEC 62764 applies to the assessment of human exposure to low-frequency magnetic fields generated by automotive vehicles. For plug-in vehicles, this includes the electric vehicle supply equipment (EVSE) and associated cables provided by the car manufacturer. This excludes the charging station.

This document specifies the measurement procedure for the evaluation of magnetic field exposures generated by electronic and electrical equipment (excluding intentionally transmitting radio frequency antennas) in selected automotive environments, for passenger cars and commercial vehicles of categories M1 and N1 as defined in ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.3 [1]¹, with respect to human exposure. It provides standardized operating conditions and defines recommended measurements to assess compliance with the applicable exposure requirements.

This document covers the frequency range 1 Hz to 100 kHz and is applicable to any type of engine and/or internal energy source.

This document does not include procedures for assessment of human exposure to electromagnetic fields generated by wireless power transfer (WPT) equipment operating in automotive environments. Exposure assessment procedures for WPT equipment are covered by IEC PAS 63184 [2]. Magnetic field transients shorter than 200 ms occurring when electrical functions are activated are not considered in this document.

Abnormal operation of the vehicle or its equipment is not taken into consideration.

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 61786-1, *Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings – Part 1: Requirements for measuring instruments*

IEC 62311:2019, *Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)*

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

3 Terms, definitions and abbreviated terms

3.1 Terms and definitions

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

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

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

3.1.1

applicable requirement

particular requirement regarding human exposure to low-frequency magnetic fields against which the vehicle is to be assessed using the methods outlined in this document

Note 1 to entry: Examples of such requirements can be found in [3] to [9].

3.1.2

dynamometer

device allowing a vehicle to rotate all its wheels with a given torque while stationary

3.1.3

magnetic field exposure

specific metric that is used to quantify human exposure to low-frequency magnetic fields in the applicable requirement

Note 1 to entry: Examples of such metrics can be found in [3] to [9].

3.1.4

powertrain

main system that generates power and delivers it to the road surface

3.2 Abbreviated terms

EV	electric vehicle
EVSE	electric vehicle supply equipment
HEV	hybrid electric vehicle
ICEV	internal combustion engine vehicle
SOC	state of charge (indicated to the driver)
WPT	wireless power transfer

4 Measurement procedure

4.1 Measurement phases

The measurement procedure is divided into four parts regarding the operational vehicle use:

- 1) vehicle in stationary mode;
- 2) vehicle in driving mode;
- 3) vehicle in dynamic mode;
- 4) vehicle in plug-in charging mode.

These four parts are described in detail in Clause 6.

4.2 Measuring conditions

The measurements cover only sources of persistent magnetic field exposure. Continuous occurring sources, or repetitive transient sources such as fan and wipers, are included. Magnetic field transients shorter than 200 ms occurring when electrical functions are activated are not considered in this document due to the difficulty of performing reliable and repeatable measurements.

NOTE The rotation of the tyres can produce low-frequency magnetic fields (typically below 50 Hz, depending on the speed of the vehicle) in and surrounding the vehicle, due to the static magnetization of the tyres [10], [11]. This can only contribute to measurements inside the vehicle (since no measurements are performed around the vehicle in dynamic mode).

The measurements shall be performed in the vehicle's standard modes of operation, generating reasonably foreseeable levels of magnetic field exposure in measuring volumes that are representative of the occupant (Annex B) and bystander locations.

4.3 Test site

Measurements shall be performed in an area having ambient magnetic field exposure values of less than 10 % of the values given in the requirements in the measurement volumes.

The ambient magnetic field exposure shall be measured without the vehicle, but in conditions that are representative of the vehicle test. This measurement can be performed before each test or periodically in accordance with the laboratory's quality management processes.

A dynamometer (or roller bench) may be used if it rotates all the wheels of the vehicle. It shall be set to simulate the outdoor dynamics of the vehicle including at least its steady-state torque in driving mode and its inertial mass during dynamic mode.

If an outdoor track is used, the slope gradient of the section of the track used for the tests shall be in the range ± 2 %.

NOTE In the case of a dynamometer, the ambient magnetic field exposure can depend on the torque and/or speed of the dynamometer.

4.4 Vehicle set-up

The following configuration is recommended within the passenger compartment, where practicable:

- all seats except the rearmost seats, if adjustable, centre-positioned horizontally and at the lowest position vertically;
- the rearmost seats, if horizontally adjustable, in their rearmost position;
- the headrests fully retracted;
- all seat backs except for the rearmost seats, if adjustable, approximately 15° back from the vertical;
- all seat backs of the rearmost seats, if adjustable, fully tilted backwards;
- the steering wheel centre-positioned vertically and horizontally.

4.5 Measurement locations

4.5.1 General

Measurements are performed in all regions of the vehicle that are accessible by the driver and passengers, and in the immediate vicinity of the vehicle for bystanders. These include the driver and passenger area (cabin), the cargo storage area, the engine and/or the electric powertrain areas, and the areas around the outside of the vehicle.

The measurement distance between the surface of any part of the vehicle and the centre of the probe shall be 20 cm (see Annex A), except for the surfaces of the seats where the distance of 6,5 cm shall be used. These distances (see Annex E) ensure an acceptable measurement uncertainty for a 100 cm² probe (see Annex C).

4.5.2 Inside the vehicle

Measurements shall be performed throughout the volumes accessible in normal vehicle use cases by parts of the human body to which the applicable exposure requirements apply. These volumes shall be defined by the car manufacturer depending on the specific vehicle. For example, in the passenger compartment, occupants are assumed to be seated in positions where restraint systems are provided. An example of test volumes taking account of all body parts is illustrated in Figure 1.

Measurements are not required where the components are mounted (no components or parts shall be removed to perform the measurements).

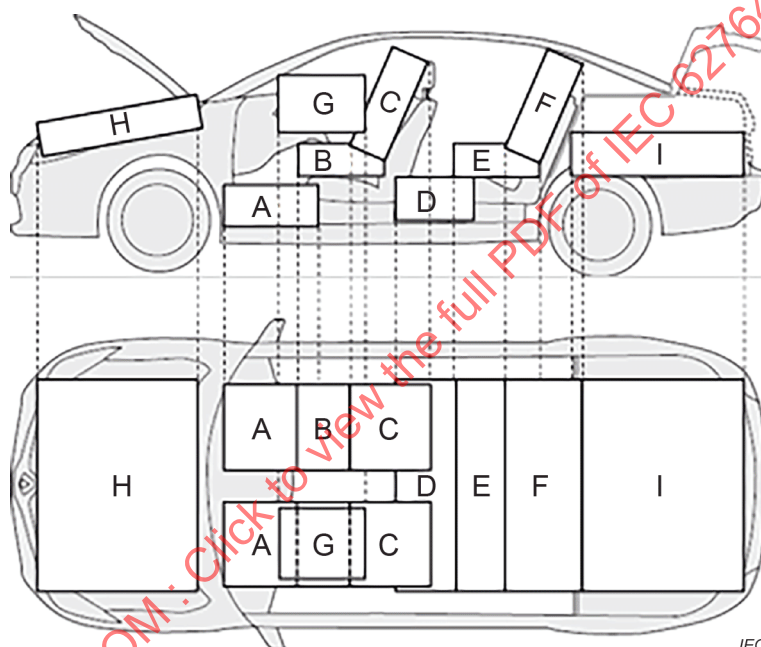


Figure 1 Example of test volumes taking account of all body parts for a left-hand drive vehicle

In the example shown in Figure 1, the following apply.

- For individual seats, the occupants are represented by three volumes corresponding to (A) the feet, (B) the legs, and (C) the trunk and head. For bench seats, the occupants are represented by three common volumes: D, E and F.
- The volume G represents the arms and hands on the steering wheel (which can be on the left-hand side or right-hand side of the vehicle or both, or in the centre).

Measurements shall be performed over the engine and/or the electric powertrain in H and/or I only in stationary and charging modes if the measurement is required, and if people are permitted to access these areas while the engine is running and/or the electric powertrain is active. The bottom of H can be a smooth envelope above all contained components. Volumes B, C, E and F can also take into account the positions of babies and infants.

NOTE These test volumes are examples defined with consideration of all body parts (including potential exposure of extremities in volumes A, D, G, H and I), but it is possible that some standards or regulations do not apply to the whole body.

Measurement in the areas of the driver's position can be achieved by different means including the use of a dynamometer. Appropriate safety measures shall be employed to avoid accidents due to operation of the dynamometer during measurements.

4.5.3 Outside the vehicle

Measurements shall be performed around the outside of the vehicle in all areas accessible to parts of the human body identified in the applicable requirements.

5 Measurement technique

5.1 Measuring equipment

The measuring equipment shall include a probe covering the frequency range from 1 Hz to 100 kHz. The probe shall comply with the requirements of IEC 61786-1, including that the area of the probe shall be at most 100 cm².

5.2 Measurement of the magnetic field exposure

For each volume specified in 4.5.2, the measurement of the magnetic field exposure shall be performed as follows:

- 1) scan the entire volume to determine the location of the maximum magnetic field exposure;
- 2) retain the maximum magnetic field exposure.

To scan the measurement volumes, the probe shall be moved sufficiently slowly to ensure that the spatial maximum is correctly located, especially when measuring sources between 1 Hz and 10 Hz.

The positioning of the probe and the means used to scan the volume shall be defined by the laboratory depending on the probe and their measurement facilities, manually or automatically.

6 Measurement procedure

6.1 Vehicle in stationary mode

6.1.1 General

In this step, measurements are performed with the vehicle stationary.

For ICEVs, EVs and HEVs, these measurements are not required if all the relevant vehicle functions can be tested simultaneously in driving mode.

6.1.2 Phase 1: vehicle preparation and set-up

The following conditions shall be applied.

- For ICEVs: idle (engine running) with transmission disengaged (neutral) for both manual and automatic gearboxes.
- For EVs: ready to drive.
- For HEVs: ready to drive and/or idle (engine running).
- Vehicle parking brake enabled only if all functions can still be activated, otherwise utilize appropriate means to restrain the vehicle.
- Start/stop function (if present) disabled (with engine continuously running).
- Seats and steering wheel set as defined in 4.4.
- Doors closed.

- Front and rear openings of vehicle (e.g. cargo storage area, hood) closed except when measuring in associated volumes (e.g. H or I).
- Switch on the items of electrical equipment that are considered in 4.2.
- Where a range of settings are available (blower motor, heating), the reasonably foreseeable use mode of operation shall be used.

NOTE As noted in IEC 62311:2019, 5.3, "For practical reasons it is acceptable to perform the assessment with the equipment being operated with settings that produce the maximum exposure levels (e.g., maximum rated load, maximum rated power consumption, maximum speed or other), consistent with reasonably foreseeable use. The equipment is operated for a sufficient period to ensure that the conditions of operation are stable."

CAUTION: The engine fan or other equipment can start automatically without any warning.

6.1.3 Phase 2: vehicle measurement

Perform the measurement of magnetic field exposure in all volumes defined in 4.5 that are required by the applicable regulation being assessed.

NOTE Examples of such regulations can be found in [3] to [9].

During the measurements, the SOC shall be kept above 20 % of the maximum SOC for vehicles having an electric powertrain.

6.2 Vehicle in driving mode

6.2.1 General

In this step, measurements are performed when the vehicle is operated at a constant speed.

6.2.2 Phase 1: vehicle preparation and set-up

The following conditions shall be applied.

- Seats and steering wheel set as defined in 4.4.
- Switch on the items of electrical equipment that are considered in 4.2.
- Where a range of settings are available (blower motor, heating), the reasonably foreseeable use mode of operation shall be used. See NOTE in 6.1.2.

6.2.3 Phase 2: vehicle measurement (at constant speed)

For ICEVs and EVs, drive the vehicle at a constant speed of (40 ± 8) km/h as indicated to the driver: a cruise control regulator can be used.

For HEVs, drive the vehicle:

- either in single mode (e.g. serial hybrid) with both the electrical and the internal combustion propulsion systems functioning to operate the vehicle at (40 ± 8) km/h. The value of the engine speed shall be recorded in the test report;
- or in two separate modes (e.g. parallel hybrid): internal combustion engine operating alone, electric propulsion system operating alone.

In all cases, if the vehicle cannot reach (40 ± 8) km/h, the maximum speed shall be chosen and recorded in the test report.

During driving mode, the vehicle functions activated in stationary mode shall also be activated simultaneously when possible.

Perform the measurement of magnetic field exposure in all volumes defined in 4.5.

During the measurements, the SOC shall be kept above 20 % of the maximum SOC for vehicles having an electric powertrain.

6.2.4 Phase 3: additional measurements

If required in the test plan (see NOTE in 6.1.2), complementary measurements may be carried out in different vehicle driving conditions suspected to generate high magnetic field exposure.

6.3 Vehicle in dynamic mode

6.3.1 General

In this step, measurements are performed when the vehicle is accelerating.

6.3.2 Phase 1: vehicle preparation and set-up

The following conditions shall be applied.

- Seats and steering wheel set as defined in 4.4.
- Switch on the items of electrical equipment that are considered in 4.2.
- Where a range of settings are available (blower motor, heating), the setting assumed to produce the highest magnetic field exposure level shall be used.

6.3.3 Phase 2: vehicle measurement

For each location of the maximum magnetic field exposure determined in the vehicle driving mode test (see 6.2), perform an acceleration and deceleration cycle and measure the maximum magnetic field exposure level during the cycle.

NOTE 1 Annex F presents typical results of magnetic field levels obtained during an experimental test cycle of two electric powertrains.

The acceleration stage shall be performed from 0 km/h to 90 km/h, achieving at least 2,5 m/s² between 10 km/h and 75 km/h. In case the vehicle cannot maintain the specified acceleration for reasons other than power limitations due to battery temperature, or cannot reach the maximum speed due to the vehicle's capabilities (and not due to the limitations of the test facility), the achieved acceleration and/or the maximum speed shall be indicated in the test report.

NOTE 2 An acceleration of 2,5 m/s² is chosen in order to be at least in line with other standards dealing with acceleration-related assessments, such as the GB/T 37130 standard from 2020, the NEDC (New European Driving Cycle, ~1 m/s²) or the WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure, 1,6 m/s²) and taking into consideration that it is possible, without major safety issues during acceleration tests on dynamometer, to apply up to this value.

The deceleration stage shall be performed from 90 km/h to 0 km/h, achieving at least 2,5 m/s² between 75 km/h and 10 km/h. In case the vehicle cannot maintain the specified deceleration, the achieved deceleration shall be indicated in the test report.

NOTE 3 Storage of the vehicle at room temperature for at least 8 h prior to performing the test can prevent power limitations due to battery temperature.

For vehicles having an electric powertrain, the minimum and maximum values of the SOC shall be chosen so that the electric mode of acceleration is fully exercised. These values shall be specified in the test plan and shall be recorded in the test report.

6.4 Vehicle in plug-in charging mode

6.4.1 General

This step is specific to vehicles equipped with an on-board rechargeable electrical energy storage system (EV, plug-in vehicle, etc.). The measurements are performed for each charging system of the vehicle and associated charging modes.

6.4.2 Phase 1: vehicle preparation and set-up

The following conditions shall be applied.

- At the beginning of the measurements, the SOC shall be below 20 % of the maximum SOC for vehicles having an electric powertrain.
- Vehicle parking brake enabled.
- Seats and steering wheel set as defined in 4.4.
- Cable(s) of the plug-in charging system(s) of the vehicle or of the charging station hanging vertically at a distance of $(0,1^{+0,2}_0)$ m from the vehicle body as described in the examples in Figure 2 a) and Figure 2 b).
- The closures of volumes H and/or I closed unless measuring in those volumes.
- Key off.
- Switch off all electrical equipment.

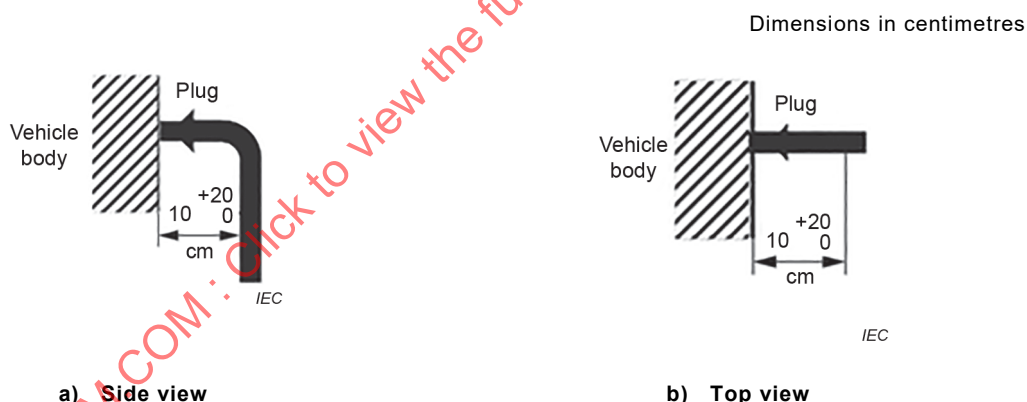


Figure 2 – Plug-in charging cable positioning

6.4.3 Phase 2: vehicle measurement

Perform the measurement of magnetic field exposure in all volumes defined in 4.5 for each charging system of the vehicle and associated charging modes with a SOC less than 80 %.

A measurement shall be performed around the socket of each charging system of the vehicle. For each cable supplied by the car manufacturer and EVSE manufacturer, measurements shall also be performed along and around the cable over its first 0,50 m. For cables including EVSE, measurements shall also be performed over the surface of the EVSE. During the measurements, the SOC shall be kept between 20 % and 80 % of the maximum SOC for vehicles having an electric powertrain.

Other sources, such as the wall-box or charging station, should not be measured.

7 Assessment of measurement uncertainty

The assessment of measurement uncertainty shall include the information described in IEC 62311:2019, Clause 6, and in particular the combined uncertainty due to frequency response flatness, isotropy, linearity, positioning and calibration accuracy of the probe. An uncertainty of 10 % due to the non-uniformity of the magnetic field for the size and the position of the probe shall also be included in the combined uncertainty budget (see Annex C). Annex D also provides information on the uncertainty values that can be used to calculate the overall uncertainty. Other uncertainty quantities related to the functional aspects of the vehicle are not considered in the estimation of the overall uncertainty.

8 Test report

The results of each assessment, test or measurement carried out shall be reported accurately, clearly, unambiguously and objectively and in accordance with the information described in IEC 62311:2019, Clause 9. An example for the structure of the report can be found in ISO/IEC 17025 [12].

Details of the vehicle set-up actually applied during the measurements shall be indicated in the test report, highlighting any deviations from the recommended settings.

For vehicle in driving mode tests, the value of the engine speed and the maximum speed chosen shall be indicated in the test report.

For vehicle dynamic mode tests, the achieved acceleration and/or the maximum speed, as well as the minimum and maximum values of the SOC shall be indicated in the test report.

Details of the areas in which the measurements were performed shall be indicated in the test report.

All the information needed for performing repeatable assessments, tests, calculations, or measurements shall be summarized in a test report.

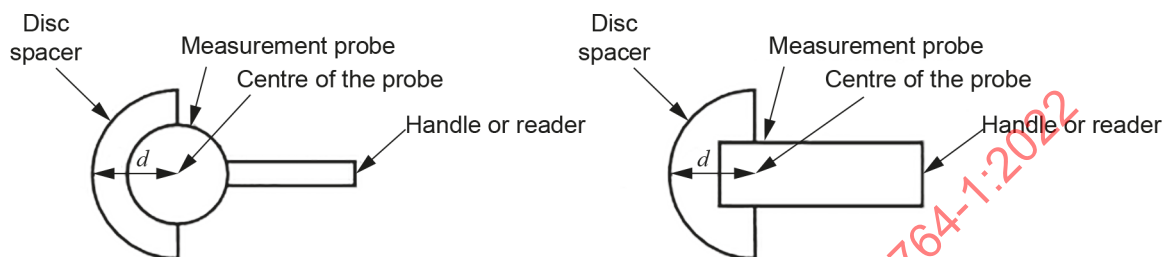
9 Exposure assessment

If the magnetic field exposure measurement exceeds the applicable requirement, further investigations can be necessary in order to check the conformity with applicable limits on physical in-body quantities more directly related to the established health effects. Examples can be found in IEC 62226-1 [13] and IEC 62226-2-1 [14].

Annex A (informative)

Practical measurement advice

To ensure a distance of 6,5 cm or 20 cm, a disc or hemispherical spacer can be added to the measurement probe in order to extend the physical boundaries of the probe to the required measurement distance d , as shown in Figure A.1 and Figure A.2.

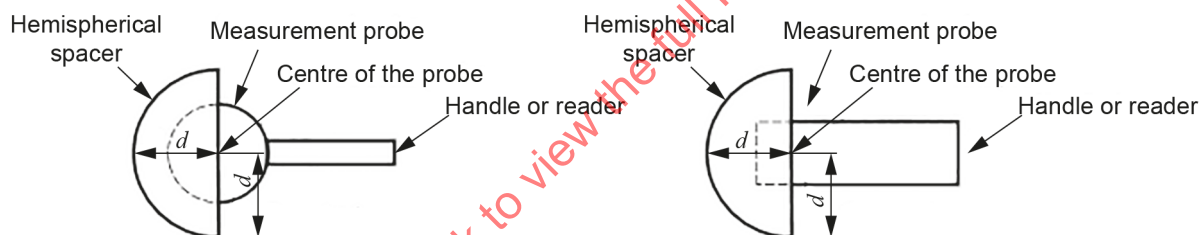


IEC

Key

d required measurement distance

Figure A.1 – Disc spacer around two types of measurement probes



IEC

Key

d required measurement distance

Figure A.2 – Hemispherical spacer around two types of measurement probes

The spacer is made of non-conductive and non-magnetic material. The relative permittivity of the different parts of the spacer shall be less than 1,4. The relative permeability of the different parts of the spacer shall be equal to 1.

Annex B (informative)

Maximum extents of measurement volumes inside the vehicle

B.1 Motivation

Vehicles in the target classes of this document (i.e. M1 and N1, as defined in ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.3 [1]) vary significantly in terms of their internal dimensions and geometry. This makes detailed specification of the locations and extents of the measurement volumes, as outlined in 4.5.2, impossible for a generic standard.

Annex B therefore provides a summary of some relevant anthropometrical data to help guide the user in defining the maximum extents of the volumes to be investigated for any specific vehicle.

B.2 Anthropometrical information

The most relevant anthropometrical parameters for this application are illustrated and quantified in Figure B.1.

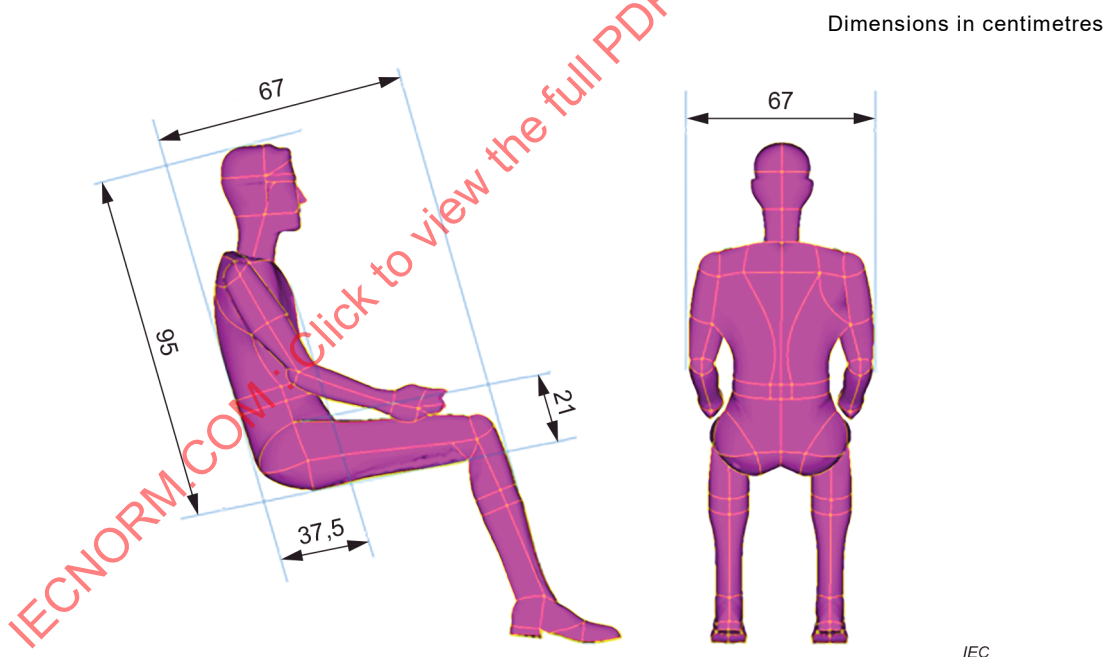


Figure B.1 – Summary of relevant anthropometrical data

People of European descent show the greatest standing and sitting heights (see Figure 9.1 of [15]) and the Dutch are reported to be the tallest group in Europe ([15], p. 174).

The parameters illustrated on the left of Figure B.1 are the maxima of the 95th percentile male and female values for:

- seat to top of head – Dutch adults aged 20 to 60 (Table 10.8 of [15]);
- torso depth – Dutch adults aged 20 to 60 (Table 10.8 of [15]);
- thigh thickness – French drivers (Table 10.9 of [15]);
- thigh length – US army personnel ([16], p. 81).

The distance between the arms of a seated human, illustrated on the right of Figure B.1, is the maximum of the 95th percentile male and female values for US army personnel ([16], p. 121).

The quantities identified in Figure B.1 represent the largest values for the selected parameters over the data available in [15] and [16]. These parameters therefore exceed the 95th percentiles for the global population.

B.3 Maximum extents of measurement volumes

The quantities indicated in Figure B.1 are suggested as guides for the maximum extents for the volumes B, C, E and F as outlined in 4.5.2 in vehicles where space and access are unconstrained. For volumes E and F, for example, the maximum widths would be from 0,335 m to the left of the centre of the left-hand rear seat to 0,335 m to the right of the centre of the right-hand rear seat.

In practice, however, the extents of these volumes are likely to be limited by the internal geometry of the specific vehicle and the requirement to maintain a 20 cm separation between the centre of the probe and the vehicle structure, and may therefore be smaller than the maximum values indicated in Figure B.1.

The maximum extents of the internal volumes A, D and G of 4.5.2 will be determined by the relative geometry of the vehicle (seat edge heights, separation of driver's seat and steering wheel, etc.).

Annex C (informative)

Measurement errors due to source proximity and probe orientation

C.1 Background

Systematic errors occur in measurements if the measured quantity is not uniformly distributed over the volume of the probe. This situation will occur if a probe is placed in sufficiently close proximity to a source, such that the field variation over the volume of the probe exceeds the field uniformity used in the calibration of the probe. These effects can be expected in the measurement of quasi-static magnetic fields using coil-based, isotropic field probes if the field is not spatially uniform over the volume of three orthogonal coils.

Furthermore, if the field is non-uniform over the probe volume then the magnitudes of such errors will vary according to the orientation of the orthogonal elements of the probe relative to the local field. At a specific distance different values will then be indicated for measurements with differing probe orientations.

Consequently, the use of probes with coils of smaller area can enable more precise measurements at a specific distance from the source, or measurements of a specific uncertainty at distances closer to the source.

This Annex C provides guidance on the assessment of measurement uncertainty contributions relating to source proximity and probe orientation effects. These contributions are the dominant source of measurement uncertainty in magnetic field measurements that are carried out in the vicinity of the sources.

C.2 Magnitude of proximity and orientation related errors

The errors arising from source proximity and probe orientation variations in measurements using three-axis coil probes can be predicted for simple theoretical field distributions.

The expected distributions of these errors have been quantified for the dipole field distribution produced by an infinitesimally small current loop [17] and [18], as well as for linear sources including an infinitely long linear current filament and a pair of oppositely directed current filaments [18].

The maximum, minimum and mode of the error distributions relating to the combination of source proximity and probe orientation effects are illustrated in Figure C.1 for the magnetic dipole source, and in Figure C.2 for the single linear current source. The vertical scales of Figure C.1 and Figure C.2 are quite different, although the horizontal scales are the same.

The results of Figure C.1 and Figure C.2 demonstrate that the errors can become large close to the source, where the ratio of the measurement distance to the coil radius (denoted by s) approaches unity. However, they converge at increasing distances as the parameter s becomes large and the field becomes more uniform over the probe volume.

The error distributions are such that for smaller values of s the modal values of the error distributions are very low, with the errors widely spread between the extreme values.

The largest errors result for the dipole source. Results obtained for an example pair of opposing linear currents (not presented here) lie between those for the dipole and for the single linear current [18].

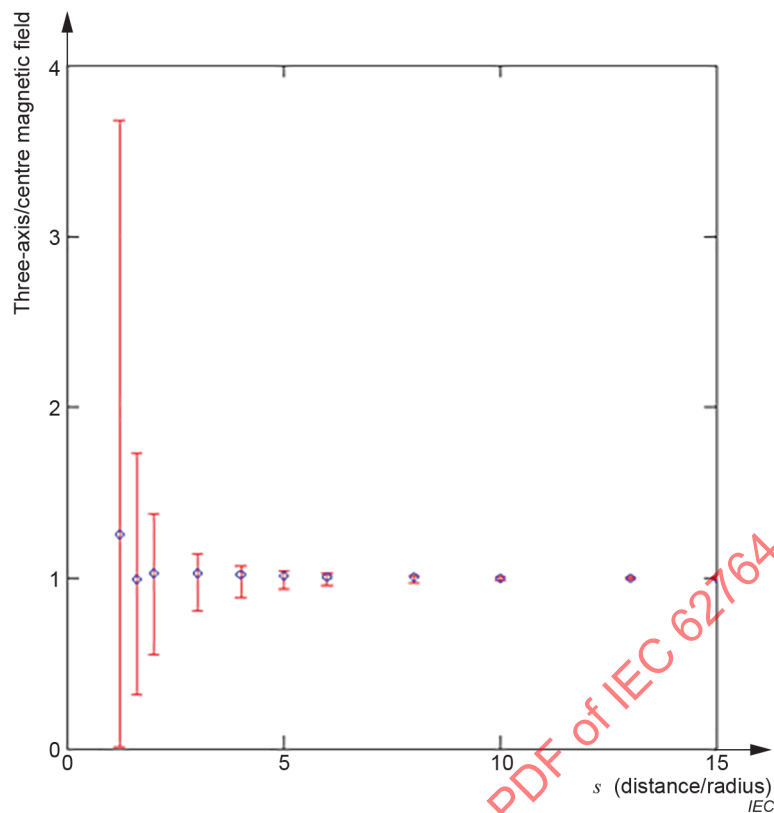


Figure C.1 – Span (error bars) and mode (O) of error distributions for magnetic dipole

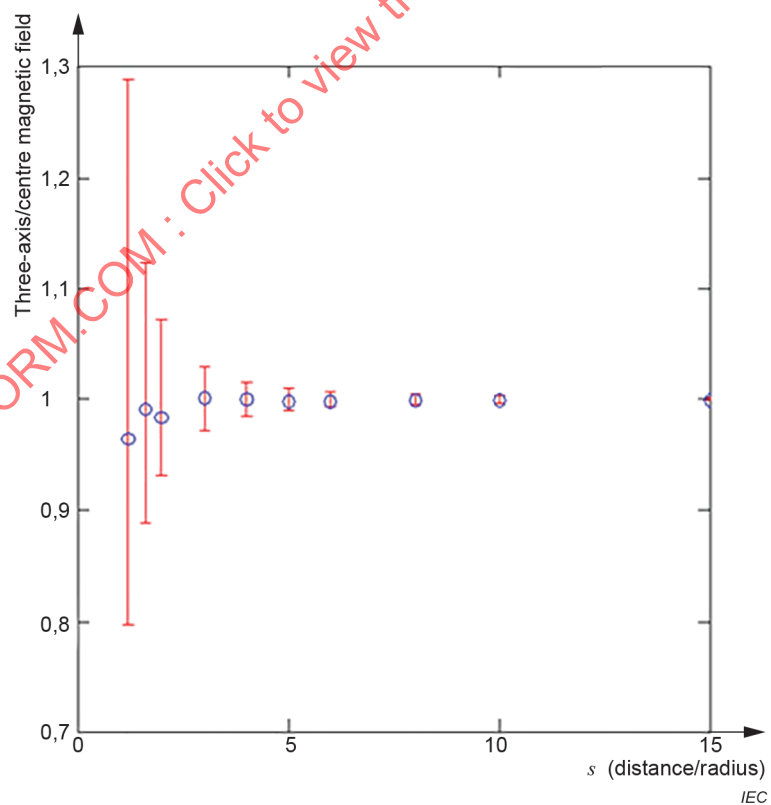


Figure C.2 – Span (error bars) and mode (O) of error distributions for linear current

C.3 Dipole source contributions to uncertainty parameters

The dipole source provides the most extreme field non-uniformity of any simple source, and therefore provides a basis for conservative uncertainty estimates for unknown sources that can produce similar or more uniform field distributions.

Percentiles from the CDFs (cumulative distribution functions) for the proximity errors relating to the point source as a function of measurement distance relative to probe radius (denoted by s) have been fitted for the interval $2 \leq s \leq 10$ to functions of the form:

$$P_X(s) = A_X \exp(B_X s) + C_X$$

where A_X , B_X and C_X are parameters optimized to fit the predicted data for percentile $P_X(s)$ obtained from the dipole source analysis of [18].

The model fitting parameters for the percentiles relating to both the standard and expanded uncertainty measures are summarized in Table C.1, while Figure C.3 illustrates the comparison between the original data and the fitted models.

Table C.1 – Summary of CDF percentile model fitting parameters for dipole source

Percentiles $P_X(s)$ from predicted error CDFs	Model parameters for $2 \leq s \leq 10$		
	A_X	B_X	C_X
$X = 95,4 \%$	84,823	-0,652	1,354
$X = 68,3 \%$	10,064	-0,455	0,258
$X = 31,7 \%$	-37,559	-0,795	-0,353
$X = 4,6 \%$	-88,253	-0,723	-0,849

The total standard uncertainty $U_S(s)$ (i.e. for 68,3 % confidence interval) and the total expanded uncertainty $U_E(s)$ (i.e. for 95,4 % confidence interval) can be estimated using:

$$U_S(s) = \begin{cases} -\sqrt{|P_{31,7}(s)|^2 + \sigma_T^2} \\ +\sqrt{|P_{68,3}(s)|^2 + \sigma_T^2} \end{cases}$$

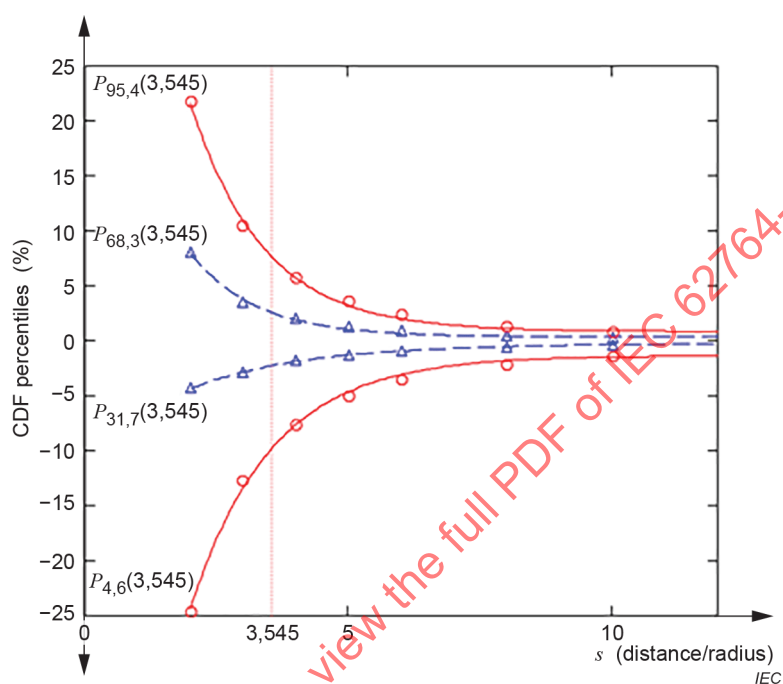
$$U_E(s) = \begin{cases} -\sqrt{|P_{4,6}(s)|^2 + [2\sigma_T]^2} \\ +\sqrt{|P_{95,4}(s)|^2 + [2\sigma_T]^2} \end{cases}$$

where σ_T represents the standard deviation of all other independent sources of measurement uncertainty for the probe.

For the maximum coil area of 100 cm² identified in this document, $s = 3,545$ for measurements at a distance of 20 cm from the source. For this configuration, the relevant percentiles are detailed in Table C.2.

Table C.2 – CDF percentiles for dipole source at $s = 3,545$

Uncertainty metrics	CDF percentiles for source proximity and probe orientation error	
	Lower bound	Upper bound
Standard	$P_{31,7}(3,545) = -2,275$	$P_{68,3}(3,545) = 2,612$
Expanded	$P_{4,6}(3,545) = -9,807$	$P_{95,4}(3,545) = 7,706$

**Figure C.3 – Comparison of predicted error distribution percentiles (O) and fitted models (lines) as a function of s (distance/radius)**

Annex D (informative)

Uncertainty estimation

D.1 General

The measurement procedure for the evaluation of the magnetic field exposures in the automotive environment includes some uncertainty factors that should be considered. This Annex D provides an example of an uncertainty budget for vehicle measurements.

D.2 Uncertainty budget

Table D.1 summarizes an example of the possible uncertainty factors for a probe using the maximum coil area of 100 cm² indicated in this document.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62764-1:2022

Table D.1 – Uncertainty budget example of the evaluation of magnetic field exposures

Item	Tolerance [%]	Distribution	Divisor	c_i	Std. unc. [%]
Probe uncertainty					
Amplitude calibration uncertainty ^a	4	normal	$k = 2$	1	2
Probe anisotropy ^b					
Probe dynamic linearity ^c					
Probe frequency domain response ^d					
Parasitic E-field sensitivity ^e	0,10	normal	$k = 2$	1	0,05
Readout electronics ^f	0	-	-	-	-
Response time ^g	0	-	-	-	-
Signal processing ^h	0	-	-	-	-
Procedure uncertainty					
Receiver reading ⁱ	1	rectangular	$k = \sqrt{3}$	1	0,58
Source proximity and probe orientation ^j	10	normal	$k = 2$	1	5
Repeatability ^k	10	normal	$k = 1$	1	10
Effect of ambient noise at vehicle test location ^l	6,25	normal	$k = 1$	1	6,25
Standard uncertainty ($k = 1$) = 13 %					
Expanded uncertainty ($k = 2$) = 26 %					
^a This is the uncertainty of the probe calibration system with respect to the field amplitude. ^b Probe anisotropy is concerned with defects in the physical implementation of a probe, which can lead to different measurements for different orientations of the probe under uniform field conditions. ^c Probe dynamic range needs to be evaluated covering the dynamic range from 1 % to 200 % of the exposure limit within the probe's specified operating range. ^d Probe frequency response is evaluated for a homogeneous incident field over the specified operational frequency range. ^e Parasitic electric field strength sensitivity is tested with the probe in maximum hold mode whilst sweeping through all possible angles of incidence of the electric field strength at maximum electric field exposure limit. ^f Readout electronics concerns the uncertainty contribution introduced by analogue to digital conversion. ^g If the probe is operating in swept mode, response time is the sampling response error for the probe. ^h This is the uncertainty contribution introduced by analogue or digital signal processing. ⁱ Receiver readings will vary for reasons that include measuring system instability. ^j Measurement errors due to source proximity and probe orientation occur in measurements if the measured quantity is not uniformly distributed over the volume of the probe (see Annex C). ^k Repeatability is relative to the measurements performed at a distance of 20 cm from the source. It is estimated by performing 10 consecutive measurements. ^l The ambient noise level is evaluated by performing measurements using the same equipment set-up as used for evaluating the magnetic field.					

Annex E

(informative)

Justification of measurement distances

E.1 General

In-vehicle exposure scenarios are non-uniform due to proximity to the sources. The ICNIRP "field reference levels" [5], [7] and IEEE "exposure reference level" [9] were derived with the assumption that the human body model is exposed to a uniform field in free space. However, the magnetic field distribution which is generated from vehicle electronic and electrical equipment is non-uniform, and the magnetic field levels around the surface of the electronic and electrical equipment can be higher than the reference levels. In this Annex E the magnetic field at 20 cm and the internal electric field were calculated by 3D numerical computation for two representative examples of electronic and electrical equipment (specifically, a wire cable and an electrical motor). In these scenarios, the human body is located in the vicinity of the cable and the electrical motor. These scenarios are assumed to be representative of reasonably foreseeable in-vehicle exposure scenarios.

E.2 Models and numerical methods

E.2.1 Vehicle model and exposure scenarios

Figure E.1 shows the geometry of the considered environment, which consists of a simplified representation of a right-hand drive vehicle together with a single wire cable terminated to the vehicle body at both ends [19] and a simple motor.

The vehicle body was assumed to be a perfect electrical conductor. The wire cable is positioned at 5 cm above the floor of the vehicle and at 42,5 cm from the left-hand side of the vehicle. The base of the motor is positioned 18 cm above the floor and centred at 42,5 cm from the left-hand side of the vehicle. The motor is assumed to be an air-conditioning fan positioned in the vicinity of the glove box in front of the passenger seat.

The currents in the wire cable and the motor are assumed to be sinusoids with amplitudes and frequencies of 1 A at 400 kHz and 21 A at 262 Hz, respectively.

Figure E.2 shows the schematic diagram of the motor. The motor has 12 coils, a stator core, and a metallic housing. The relative magnetic permeability of the stator core was set to 500. The electrical conductivity and relative magnetic permeability of the housing were set to 10^7 S/m and 500, respectively. The thickness of the housing is 0,2 cm.

The magnetic field over the region that would be occupied by the passenger is calculated for each of the two sources (without the human body in the model).

Dimensions in centimetres

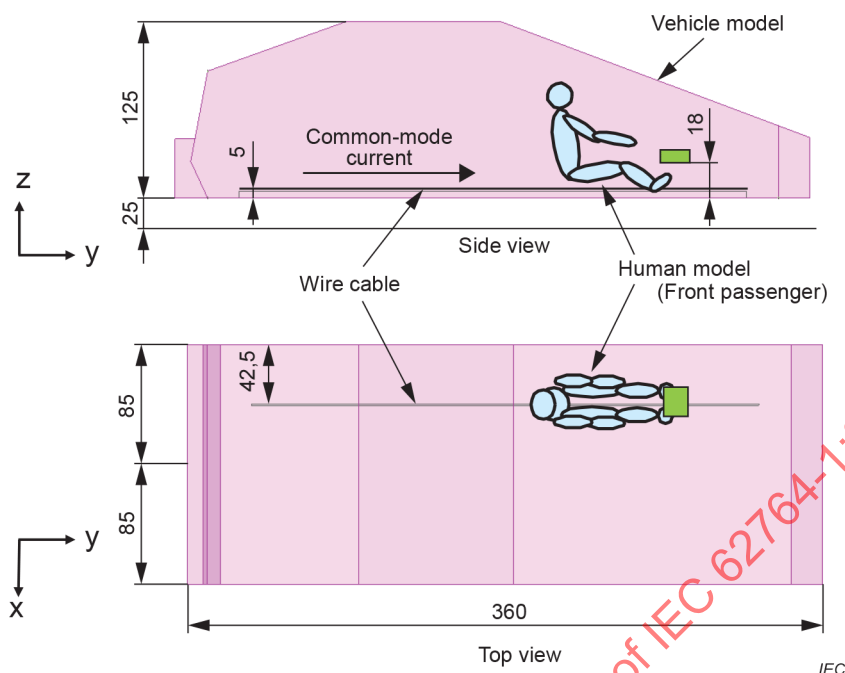


Figure E.1 – Schematic explanation and geometry of the vehicle cabin

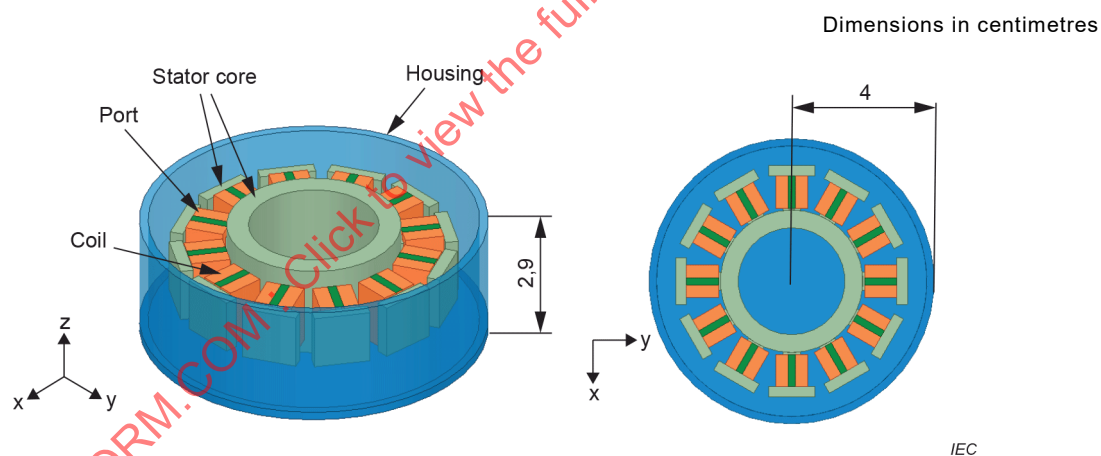


Figure E.2 – Schematic diagram of electrical motor

E.2.2 Human model

The anatomical Japanese male model TARO [20], whose height and mass approximately correspond to mean values for the Japanese population, was chosen as the human model. The model is composed of 51 tissues. The electrical conductivities of these tissues are based on the database developed in [21]. The body was divided, as shown in Figure E.3, into the trunk, arms, thighs, and lower legs.

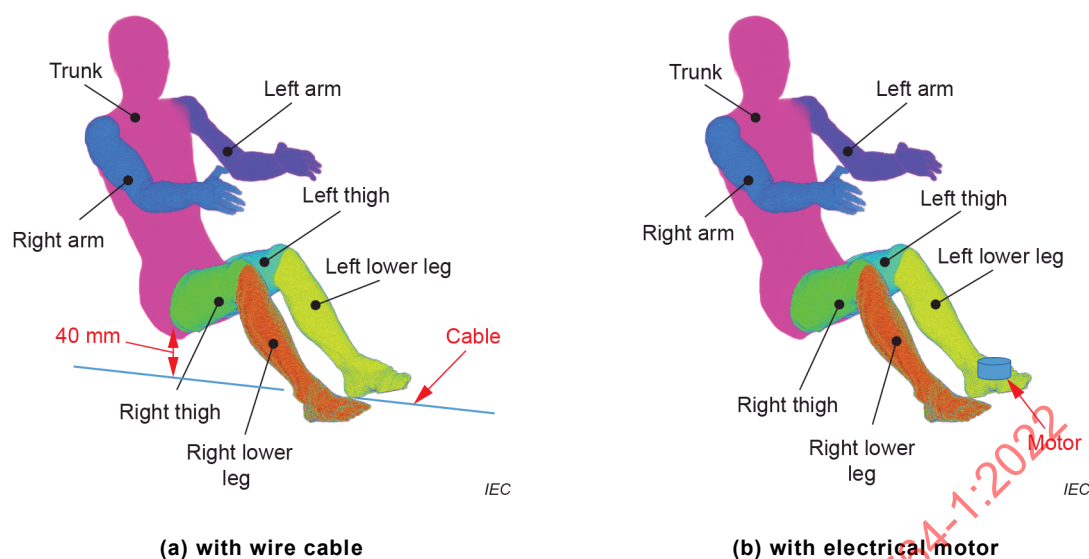


Figure E.3 – Definition of each part of the human body model

E.2.3 Computational method

A two-stage method was used to compute the internal electric field in the human body model. In the first stage of the method, the distribution of the magnetic field from the two sources in the vehicle was computed without the human body model, using a commercial electromagnetic simulator, to obtain the magnetic vector potential. In the second stage, the internal electric field and current density were computed by applying the magnetic vector potential distributions for the two cases to the human body model using the frequency domain scalar-potential finite-difference method, implemented in the solver. The side length of the voxels in the computational domain was 0,2 cm. The 99th percentile value is taken to represent the internal electric fields and current densities [7].

E.3 Computational results

The results for the magnetic field distributions in the case of the wire cable and the electrical motor are shown in Figure E.4 (a) and (b), respectively.

The aim is to establish that measurement of the magnetic field at 20 cm, following the requirements of this document, provides a conservative assessment of the exposure relative to the results that are obtained from basic restriction calculations.

Table E.1 summarizes the results of the magnetic field strength, and the current density induced in each part of the human body model, as well as the ratio of these values to the corresponding ICNIRP 1998 field reference level or basic restriction (as appropriate) in the case of the wire cable source.

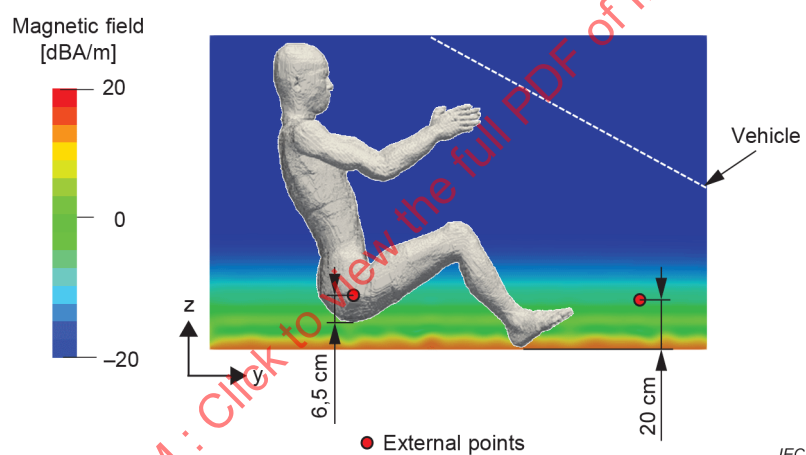
Table E.2 summarizes the results of the magnetic field strength, and the current density induced in each part of the human body model, as well as the ratio of these values to the corresponding ICNIRP 1998 field reference level or basic restriction (as appropriate) in the case of the electrical motor source.

Table E.3 summarizes the results of the magnetic field strength, and the electric field induced in each part of the human body model, as well as the ratio of these values to the corresponding ICNIRP 2010 field reference level or basic restriction (as appropriate) in the case of the wire cable source.

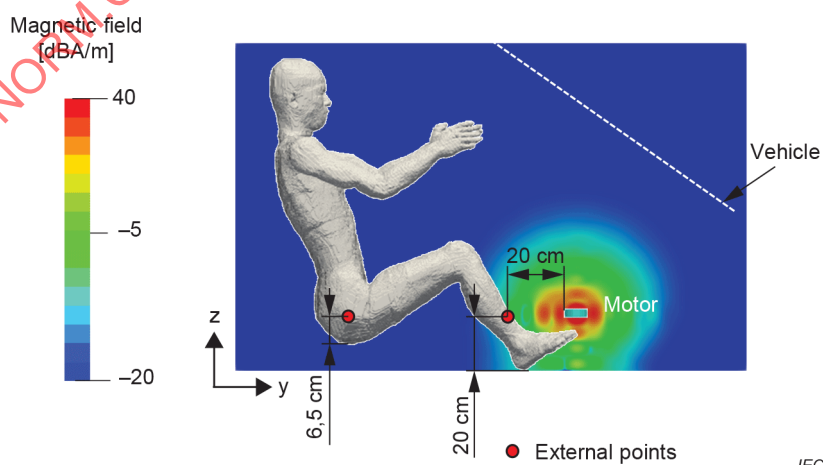
Table E.4 summarizes the results of the magnetic field strength, and the electric field induced in each part of the human body model, as well as the ratio of these values to the corresponding ICNIRP 2010 field reference level or basic restriction (as appropriate) in the case of the electrical motor source.

The magnetic field strength in the absence of the body is computed at a number of points that correspond to the location of the body parts. In addition, the magnetic field strength is the maximum value in each part of the human body and 20 cm from the body and component (See Figure E.4). The magnetic field strength is the spatial peak of the magnetic field computed using a three-axis probe with a cross-sectional area of 100 cm². The current density and the internal electric field are also maximum value at each body. The ratio of the magnetic field strength and the reference level, and the ratio of the internal electric field and the current density, and the basic restriction for ICNIRP 1998 and 2010 are given in Table E.4.

The ratios of the magnetic fields (H_m/H_L) for the points 6,5 cm above the seat and 20 cm above the floor to comply with ICNIRP 1998 are much higher than the ratios of the current densities (J_m/J_b) in the case of the wire cable (Table E.1) and the motor (Table E.2). In a similar way, the ratios of the magnetic fields (H_m/H_L) for the points 6,5 cm above the seat and 20 cm above the floor to comply with ICNIRP 2010 are also much higher than the ratios of the internal electric fields (E_m/E_b) in the case of the wire cable (Table E.3) and the motor (Table E.4).



(a) for the wire cable



(b) for the electrical motor

Figure E.4 – Magnetic field distribution and measuring points

Table E.1 – Comparison of the ratio of magnetic field and ICNIRP 1998 reference level, and current density and basic restriction for the wire cable

Location	Magnetic field			Current density		
	Reference level	Calculated	Ratio	Basic restriction	Calculated	Ratio
	H_L [A/m]	H_m [A/m]	H_m / H_L [%]	J_b [mA/m ²]	J_m [mA/m ²]	J_m / J_b [%]
Trunk	1,83	1,70	92,9	800	29	3,63
Left arm		0,05	2,73		1,6	0,20
Right arm		0,04	2,19		16	0,20
Left thigh		1,10	60,1		34	4,25
Left lower leg		3,20	174		23	2,88
Right thigh		1,10	60,1		51	6,38
Right lower leg		4,60	251		42	5,25
Head		0,03	1,64		19	2,38
Maximum value of human body		4,60	251		51	6,38
6,5 cm above seat	1,83	0,67	36,6	–	–	–
20 cm above floor		0,28	15,3		–	–

Shaded cells are for comparison of magnetic field and current density values.

Table E.2 – Comparison of the ratio of magnetic field and ICNIRP 1998 reference level, and current density and basic restriction for the electrical motor

Location	Magnetic field			Current density		
	Reference level	Calculated	Ratio	Basic restriction	Calculated	Ratio
	H_L [A/m]	H_m [A/m]	H_m / H_L [%]	J_b [mA/m ²]	J_m [mA/m ²]	J_m / J_b [%]
Trunk	15,3	$1,9 \times 10^{-2}$	0,12	2	$5,1 \times 10^{-4}$	0,03
Left arm		$1,8 \times 10^{-2}$	0,12		$1,8 \times 10^{-4}$	0,01
Right arm		$2,2 \times 10^{-2}$	0,14		$1,8 \times 10^{-4}$	0,01
Left thigh		$9,2 \times 10^{-2}$	0,60		$1,2 \times 10^{-3}$	0,06
Left lower leg		8,9	58,1		$1,4 \times 10^{-2}$	0,70
Right thigh		$8,8 \times 10^{-2}$	0,58		$1,2 \times 10^{-3}$	0,06
Right lower leg		15	98,0		$4,5 \times 10^{-2}$	2,25
Head		$6,4 \times 10^{-3}$	0,04		$5,4 \times 10^{-4}$	0,04
Maximum value of human body		15	98,0		$4,5 \times 10^{-2}$	2,25
6,5 cm above seat	15,3	$2,5 \times 10^{-2}$	0,16	–	–	–
20 cm above floor		0,97	6,34		–	–

Shaded cells are for comparison of magnetic field and current density values.

Table E.3 – Comparison of the ratio of magnetic field and ICNIRP 2010 reference level, and internal electric field and basic restriction for the wire cable

Location	Magnetic field			Internal electric field		
	Reference level	Calculated	Ratio	Basic restriction	Calculated	Ratio
	H_L [A/m]	H_m [A/m]	H_m / H_L [%]	E_b [V/m]	E_m [V/m]	E_m / E_b [%]
Trunk	21	1,70	8,1	54	$9,5 \times 10^{-2}$	0,18
Left arm		0,05	0,2		$4,8 \times 10^{-3}$	0,01
Right arm		0,04	0,2		$5,7 \times 10^{-3}$	0,01
Left thigh		1,10	5,2		0,10	0,19
Left lower leg		3,20	15,2		$8,5 \times 10^{-2}$	0,16
Right thigh		1,10	5,2		0,16	0,30
Right lower leg		4,60	21,9		0,21	0,39
Head		0,03	0,1		$3,2 \times 10^{-2}$	0,06
Maximum value of human body		4,6	21,9		0,21	0,39
6,5 cm above seat	21	0,67	36,6	–	–	–
20 cm above floor		0,28	1,33		–	–

Shaded cells are for comparison of magnetic field and internal electric field values.

Table E.4 – Comparison of the ratio of magnetic field and ICNIRP 2010 reference level, and internal electric field and basic restriction for the electrical motor

Location	Magnetic field			Internal electric field		
	Reference level	Calculated	Ratio	Basic restriction	Calculated	Ratio
	H_L [A/m]	H_m [A/m]	H_m / H_L [%]	E_b [V/m]	E_m [V/m]	E_m / E_b [%]
Trunk	160	$1,9 \times 10^{-2}$	0,01	0,4	$2,9 \times 10^{-6}$	$1,1 \times 10^{-3}$
Left arm		$1,8 \times 10^{-2}$	0,01		$7,5 \times 10^{-7}$	$2,4 \times 10^{-4}$
Right arm		$2,2 \times 10^{-2}$	0,01		$7,8 \times 10^{-7}$	$2,5 \times 10^{-4}$
Left thigh		$9,2 \times 10^{-2}$	0,06		$6,2 \times 10^{-6}$	$2,4 \times 10^{-3}$
Left lower leg		8,9	5,56		$1,3 \times 10^{-4}$	0,05
Right thigh		$8,8 \times 10^{-2}$	0,06		$6,1 \times 10^{-6}$	$2,4 \times 10^{-3}$
Right lower leg		15	9,38		$7,3 \times 10^{-4}$	0,55
Head		$6,4 \times 10^{-3}$	$4,00 \times 10^{-3}$		$9,9 \times 10^{-7}$	$4,5 \times 10^{-4}$
Maximum value of human body		15	5,56		$1,3 \times 10^{-4}$	0,33
6,5 cm above seat	160	$2,5 \times 10^{-2}$	0,16	–	–	–
20 cm above floor		0,97	0,61		–	–

Shaded cells are for comparison of magnetic field and internal electric field values.

In Table E.1, Table E.2, Table E.3 and Table E.4, the magnetic field results at 6,5 cm above the seat are to be compared with the basic restriction values corresponding to the trunk (green shaded cells), and the magnetic field results at 20 cm above the floor are to be compared with the basic restriction values corresponding to the left and right lower legs (orange shaded cells).

E.4 Conclusions

Using ICNIRP 1998 and 2010, the magnetic field results are conservative with respect to the basic restrictions (the percentage from the limit is higher in the case of the magnetic field results than it is for the basic restriction values). Therefore, it can be considered that the distances of 6,5 cm above the seats and 20 cm from the surface of any part of the vehicle are conservative with respect to the basic restrictions.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62764-1:2022

Annex F (informative)

Magnetic field levels during acceleration and deceleration

F.1 Example results

This Annex F illustrates magnetic field levels obtained during simple drive cycles on two different cars:

- the first one with a full electric powertrain (see Figure F.1);
- the second one with a parallel hybrid electric powertrain (see Figure F.2).

Both cars are in their final commercial versions.

Magnetic field values as well as the corresponding speed profiles of the cars are plotted against time in each figure.

F.2 Test description

These results were obtained during a simple drive cycle on an outdoor test track compliant with the requirements of this document.

The experimental drive cycle used here consists of the following four stages.

- a) For the first stage, the car is accelerated from 0 km/h up to 130 km/h in 10 km/h steps, dwelling at the stabilized speed at each step for approximately 10 s.
- b) The first deceleration is performed by simply releasing the accelerator pedal.
- c) After reaching standstill, the car is accelerated again, this time with a continuous speed-up of greater than $2,5 \text{ m/s}^2$ as specified in this document, until 130 km/h speed is reached.
- d) Finally, the car is again brought to a standstill, this time stopped by using the brakes.

Measurement of RMS magnetic field values was performed over 1 Hz to 400 kHz using a commercially available field meter with a 100 cm^2 probe.

The probe is located within test volume A, close to the location of the driver's footrest, which was determined as the location where the highest magnetic field levels were measured for both cars in dynamic conditions.

F.3 Conclusion

For these two examples, it can be seen that:

- the maximum magnetic field can be measured over an acceleration and deceleration cycle;
- the acceleration rate and the maximum reached speed do not impact on the maximum observed magnetic field levels.

These results therefore provide the rationale for the requirements proposed for the acceleration and deceleration test mode in the main body of this document.

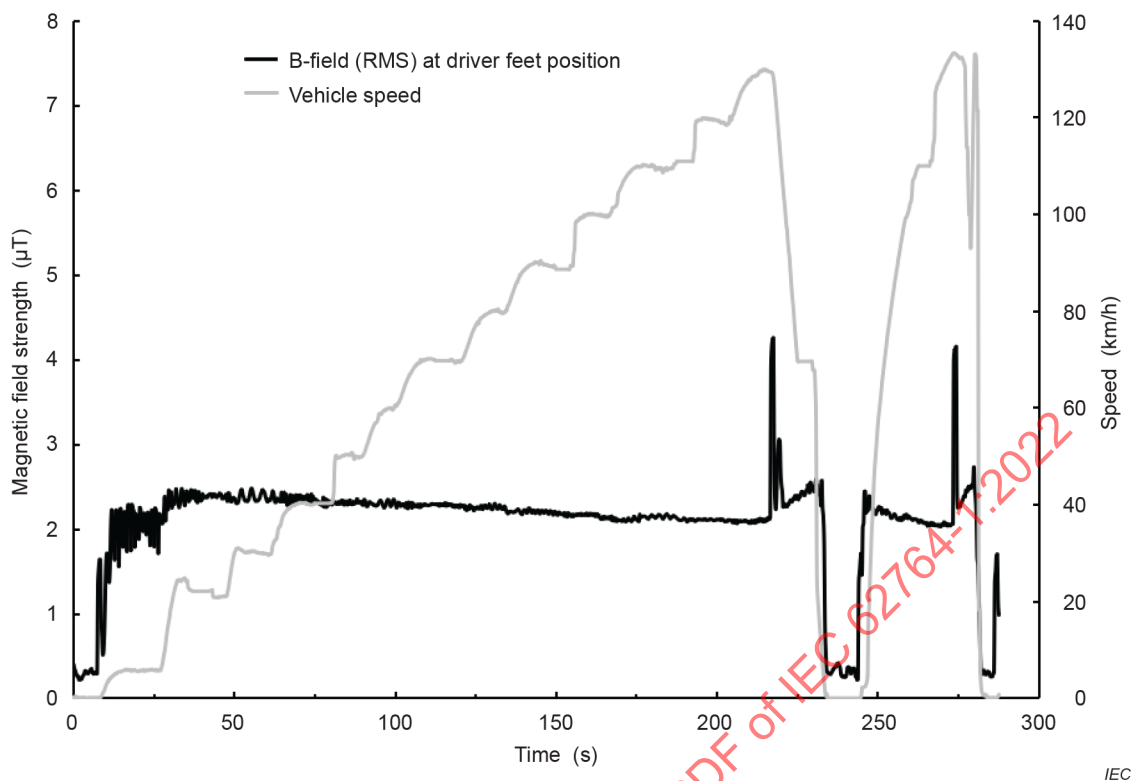


Figure F.1 – Results obtained on a car with a full electric powertrain

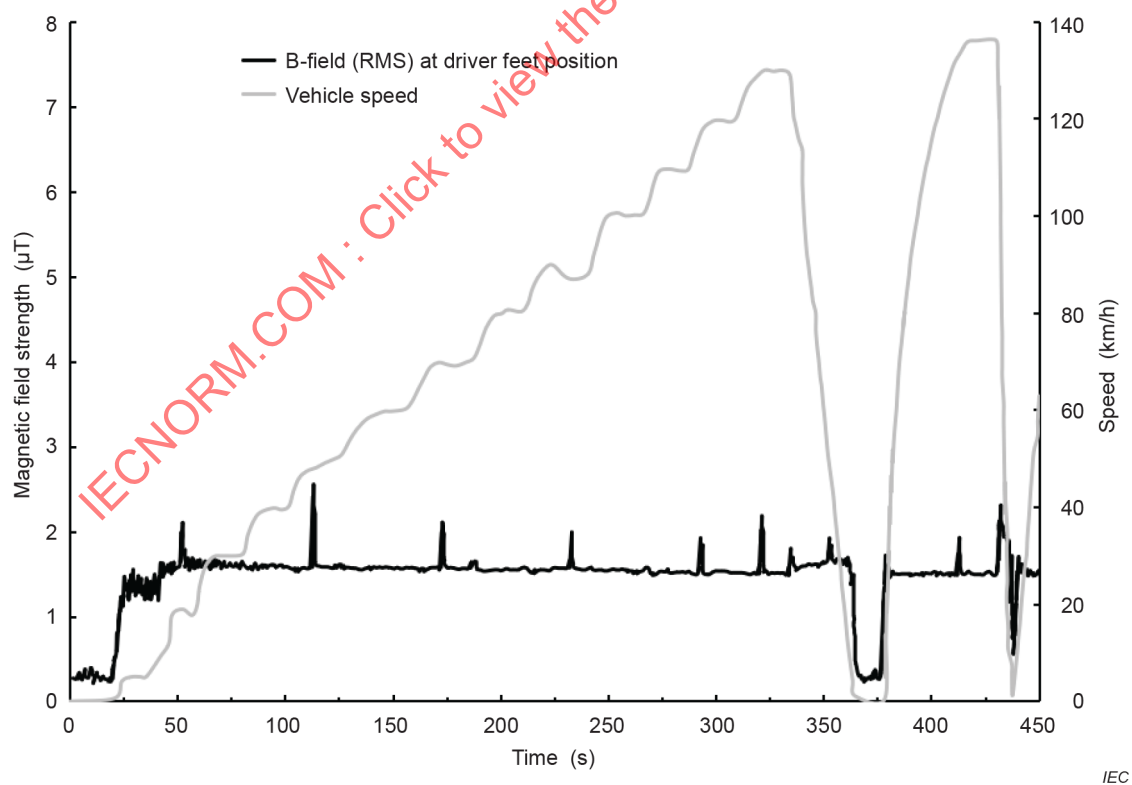


Figure F.2 – Results obtained on a car with a parallel hybrid electric powertrain

Bibliography

- [1] ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.3, 23 January 2014, Consolidated Resolution on the Construction of Vehicles (R.E.3), Economic Commission for Europe (ECE), Inland Transport Committee, World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations, United Nations Economic and Social Council (UNECE)
- [2] IEC PAS 63184:2021, *Assessment methods of the human exposure to electric and magnetic fields from wireless power transfer systems – Models, instrumentation, measurement and numerical methods and procedures (frequency range of 1 kHz to 30 MHz)*
- [3] 1999/519/EC, Council recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz), Official Journal of the European Communities, No. L 199, 30th July 1999, pp. 59–70
- [4] 2013/35/EU, Directive 2013/35/EU of the European Parliament and of the Council of 26 June 2013 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (20th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC) and repealing Directive 2004/40/EC, Official Journal of the European Union, No. L 179, 29th June 2013, pp. 1–21
- [5] ICNIRP, Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz), *Health Physics*, Vol. 74, No. 4, April 1998, pp. 494–522
- [6] ICNIRP, Guidance on determining compliance of exposure to pulsed and complex non-sinusoidal waveforms below 100 kHz with ICNIRP Guidelines, *Health Physics*, Vol. 84, No. 3, March 2003, pp. 383–387
- [7] ICNIRP, Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz), *Health Physics*, Vol. 99, No. 6, December 2010, pp. 818–836
- [8] ICNIRP, Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz), *Health Physics*, Vol. 118, No. 5, May 2020, pp. 483–524
- [9] IEEE Std C95.1-2019, *IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz*
- [10] S. Milham, J.B. Hatfield and R. Tell, Magnetic fields from steel belted radial tires: implications for epidemiologic studies, *Bioelectromagnetics*, Vol. 20, No. 7, October 1999, pp. 440–445
- [11] S. Stankowski, A. Kessi, O. Bécheiraz, K. Meier-Engel and M. Meier, Low frequency magnetic fields induced by car tire magnetization, *Health Physics*, Vol. 90, No. 2, February 2006, pp. 148–153
- [12] ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*
- [13] IEC 62226-1, *Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range – Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body – Part 1: General*

- [14] IEC 62226-2-1, *Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range – Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body – Part 2-1: Exposure to magnetic fields – 2D models*
- [15] S. Pheasant, *Bodyspace, Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work*, 2nd Ed., Taylor and Francis, 2003
- [16] C.C. Gordon et al., 2012 Anthropometric Survey of U.S. Army Personnel: Methods and Summary Statistics, NATICK/TR-15/007, December 2014
- [17] M. Misakian and C. Fenimore, Distributions of measurement error for three-axis magnetic field meters during measurements near appliances, in *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol. 45, No. 1, pp. 244–249, Feb. 1996, doi: 10.1109/19.481341
- [18] A.R. Ruddle, Proximity errors in quasistatic magnetic field measurements on line sources using coil probes, 2019 *Proc. International Symposium on Electromagnetic Compatibility – EMC EUROPE*, Barcelona, Spain, 2019, pp. 185–190, doi: 10.1109/EMCEurope.2019.8871767
- [19] Y. Hakuta, T. Watanabe, T. Takenaka, T. Ito and A. Hirata, Safety Standard Compliance of Human Exposure From Vehicle Cables Using Coupling Factors in the Frequency Range of 0.3–400 kHz, *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, Vol. 63, No. 1, pp. 313–318, Feb. 2021, doi: 10.1109/TEM.2020.2983952
- [20] T. Nagaoka, S. Watanabe, K. Sakurai, E. Kunieda, S. Watanabe, M. Taki, and Y. Yamanaka, Development of realistic high-resolution whole-body voxel models of Japanese adult males and females of average height and weight, and application of models to radio-frequency electromagnetic-field dosimetry, *Phys. Med. Biol.*, Vol. 49, No. 1, pp. 1–15, 2004
- [21] C. Gabriel et al., The dielectric properties of biological tissues: I. Literature survey, *Phys. Med. Biol.*, Vol. 41, pp. 2231–49, 1996

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62764-1:2022

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	41
INTRODUCTION	43
1 Domaine d'application	44
2 Références normatives	44
3 Termes, définitions et abréviations	45
3.1 Termes et définitions	45
3.2 Abréviations	45
4 Procédure de mesure	45
4.1 Phases de mesure	45
4.2 Conditions de mesure	46
4.3 Site d'essai	46
4.4 Configuration du véhicule	46
4.5 Positions de mesure	47
4.5.1 Généralités	47
4.5.2 A l'intérieur du véhicule	47
4.5.3 A l'extérieur du véhicule	48
5 Technique de mesure	48
5.1 Matériel de mesure	48
5.2 Mesurage de l'exposition aux champs magnétiques	48
6 Procédure de mesure	49
6.1 Véhicule en mode arrêt	49
6.1.1 Généralités	49
6.1.2 Phase 1: préparation et configuration du véhicule	49
6.1.3 Phase 2: mesurage du véhicule	49
6.2 Véhicule en mode roulage	49
6.2.1 Généralités	49
6.2.2 Phase 1: préparation et configuration du véhicule	50
6.2.3 Phase 2: mesurage du véhicule (à vitesse constante)	50
6.2.4 Phase 3: mesurages complémentaires	50
6.3 Véhicule en mode dynamique	50
6.3.1 Généralités	50
6.3.2 Phase 1: préparation et configuration du véhicule	50
6.3.3 Phase 2: mesurage du véhicule	51
6.4 Véhicule en mode recharge filaire	51
6.4.1 Généralités	51
6.4.2 Phase 1: préparation et configuration du véhicule	51
6.4.3 Phase 2: mesurage du véhicule	52
7 Évaluation de l'incertitude de mesure	52
8 Rapport d'essai	52
9 Évaluation de l'exposition	53
Annex A (informative) Conseils pratiques pour les mesurages	54
Annex B (informative) Étendues maximales des volumes de mesure à l'intérieur du véhicule	55
B.1 Justification	55
B.2 Informations anthropométriques	55

B.3	Étendues maximales des volumes de mesure	56
Annex C (informative)	Erreurs de mesure dues à la proximité de la source et à l'orientation de la sonde	57
C.1	Contexte	57
C.2	Amplitude des erreurs dues à la proximité de la source et à l'orientation de la sonde	57
C.3	Contributions de la source de type dipôle aux paramètres d'incertitude	59
Annex D (informative)	Estimation des incertitudes	62
D.1	Généralités	62
D.2	Bilan d'incertitudes	62
Annex E (informative)	Justification des distances de mesure	64
E.1	Généralités	64
E.2	Modèles et méthodes numériques	64
E.2.1	Modèle de véhicule et scénarios d'exposition	64
E.2.2	Modèle anatomique humain	65
E.2.3	Méthode de calcul	66
E.3	Résultats du calcul	66
E.4	Conclusions	71
Annex F (informative)	Niveaux de champs magnétiques lors des accélérations et des décélérations	72
F.1	Exemples de résultats	72
F.2	Description de l'essai	72
F.3	Conclusion	72
Bibliographie		74
Figure 1	Exemple de volumes d'essai prenant en compte toutes les parties du corps dans un véhicule DAG (direction à gauche)	47
Figure 2	Positionnement des câbles de recharge filaire	52
Figure A.1	Cale d'entretoise semi-annulaire placée sur deux types de sondes de mesure	54
Figure A.2	Cale d'entretoise hémisphérique placée sur deux types de sondes de mesure	54
Figure B.1	Récapitulatif des données anthropométriques pertinentes	55
Figure C.1	Étendue (barres d'erreurs) et valeur dominante (O) des distributions d'erreurs pour le dipôle magnétique	58
Figure C.2	Étendue (barres d'erreurs) et valeur dominante (O) des distributions d'erreurs pour le courant linéaire	59
Figure C.3	Comparaison des percentiles de distribution des erreurs prédites (O) et des modèles ajustés (courbes) en fonction de s (distance/rayon)	61
Figure E.1	Schéma de principe et géométrie de l'habitacle	65
Figure E.2	Schéma de principe du moteur électrique	65
Figure E.3	Définition de chaque partie du modèle anatomique humain	66
Figure E.4	Distribution du champ magnétique et points de mesure	68
Figure F.1	Résultats obtenus sur un véhicule équipé d'un GMP tout électrique	73
Figure F.2	Résultats obtenus sur un véhicule équipé d'un GMP électrique hybride parallèle	73

Tableau C.1 – Récapitulatif des paramètres d'ajustement de modèle pour les percentiles des CDF pour la source de type dipôle	60
Tableau C.2 – Percentiles des CDF pour la source de type dipôle à $s = 3,545$	60
Tableau D.1 – Exemple de bilan d'incertitudes pour l'évaluation de l'exposition aux champs magnétiques	63
Tableau E.1 – Comparaison du rapport entre le champ magnétique et le niveau de référence de l'ICNIRP 1998 et du rapport entre la densité de courant et la restriction de base pour le câble électrique	69
Tableau E.2 – Comparaison du rapport entre le champ magnétique et le niveau de référence de l'ICNIRP 1998 et du rapport entre la densité de courant et la restriction de base pour le moteur électrique	70
Tableau E.3 – Comparaison du rapport entre le champ magnétique et le niveau de référence de l'ICNIRP 2010 et du rapport entre le champ électrique interne et la restriction de base pour le câble électrique	70
Tableau E.4 – Comparaison du rapport entre le champ magnétique et le niveau de référence de l'ICNIRP 2010 et du rapport entre le champ électrique interne et la restriction de base pour le moteur électrique.....	71

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62764-1:2022

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**PROCÉDURES DE MESURE DE L'EXPOSITION HUMAINE AUX NIVEAUX
DE CHAMPS MAGNÉTIQUES GÉNÉRÉS PAR LES ACCESSOIRES
ÉLECTRONIQUES ET ÉLECTRIQUES DANS L'ENVIRONNEMENT
AUTOMOBILE –****Partie 1: Champs magnétiques à basse fréquence****AVANT-PROPOS**

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

L'IEC 62764-1 a été établie par le comité d'études 106 de l'IEC: Méthodes d'évaluation des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques en relation avec l'exposition humaine. Il s'agit d'une Norme internationale.

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

Projet	Rapport de vote
106/575/FDIS	106/579/RVD

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

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

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62764, publiées sous le titre général *Procédures de mesure de l'exposition humaine aux niveaux de champs magnétiques générés par les accessoires électroniques et électriques dans l'environnement automobile*, se trouve sur le site web de l'IEC.

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

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

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'il 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 spécifie une méthodologie pour évaluer l'exposition aux différentes sources de champs magnétiques à bord des véhicules de tourisme et des véhicules utilitaires légers, notamment les conditions de fonctionnement normalisées et les volumes et/ou surfaces de mesure.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62764-1:2022

PROCÉDURES DE MESURE DE L'EXPOSITION HUMAINE AUX NIVEAUX DE CHAMPS MAGNÉTIQUES GÉNÉRÉS PAR LES ACCESSOIRES ÉLECTRONIQUES ET ÉLECTRIQUES DANS L'ENVIRONNEMENT AUTOMOBILE –

Partie 1: Champs magnétiques à basse fréquence

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62764 s'applique à l'évaluation de l'exposition humaine aux champs magnétiques à basse fréquence générés par les véhicules automobiles. Pour les véhicules rechargeables filaires, l'évaluation porte sur les équipements de recharge pour véhicules électriques (EVSE, *Electric Vehicle Supply Equipment*) et les câbles associés fournis par le constructeur automobile. Les bornes de recharge sont exclues de cette évaluation.

Le présent document spécifie la procédure de mesure pour évaluer l'exposition humaine aux champs magnétiques générés par les accessoires électroniques et électriques (à l'exclusion des émetteurs intentionnels de signaux radioélectriques) dans certains environnements automobiles, dans le cadre des véhicules de tourisme et des véhicules utilitaires de catégories M1 et N1 définis dans le document ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.3 [1]¹. Il établit les conditions de fonctionnement normalisées et définit les mesurages recommandés pour évaluer la conformité aux exigences d'exposition applicables.

Le présent document couvre la plage de fréquences de 1 Hz à 100 kHz et s'applique à tout type de moteur d'entraînement et/ou de source d'énergie interne.

Le présent document n'établit aucune procédure pour évaluer l'exposition humaine aux champs électromagnétiques générés par les dispositifs de transfert d'énergie sans fil (WPT, *Wireless Power Transfer*) mis en œuvre dans les environnements automobiles. Les procédures d'évaluation de l'exposition aux champs générés par les dispositifs WPT sont spécifiées dans l'IEC PAS 63184 [2]. Le présent document n'étudie pas les champs magnétiques transitoires d'une durée inférieure à 200 ms qui sont générés lors de l'activation de fonctions électriques.

Le fonctionnement anormal du véhicule ou de ses accessoires n'est également pas pris en compte.

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 61786-1, *Mesure de champs magnétiques continus et de champs magnétiques et électriques alternatifs dans la plage de fréquences de 1 Hz à 100 kHz dans leur rapport à l'exposition humaine – Partie 1: Exigences applicables aux instruments de mesure*

IEC 62311:2019, *Évaluation des équipements électroniques et électriques en relation avec les restrictions d'exposition humaine aux champs électromagnétiques (0 Hz à 300 GHz)*

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

3 Termes, définitions et abréviations

3.1 Termes et définitions

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

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

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

3.1.1

exigence applicable

exigence particulière concernant l'exposition humaine aux champs magnétiques à basse fréquence, par rapport à laquelle doit être évalué le véhicule selon les méthodes décrites dans le présent document

Note 1 à l'article: Des exemples de ces exigences peuvent être consultés dans les ouvrages [3] à [9].

3.1.2

dynamomètre

dispositif qui permet de faire tourner les roues d'un véhicule en les soumettant à un couple donné tout en gardant le véhicule immobile

3.1.3

exposition aux champs magnétiques

métrique spécifique utilisée dans l'exigence applicable pour quantifier l'exposition humaine aux champs magnétiques à basse fréquence

Note 1 à l'article: Des exemples de ces métriques peuvent être consultés dans les ouvrages [3] à [9].

3.1.4

groupe motopropulseur (GMP)

système principal qui produit l'énergie nécessaire à la traction ou à la propulsion

3.2 Abréviations

VE	véhicule électrique
EVSE (Electric Vehicle Supply Equipment)	équipement de recharge pour véhicules électriques
VH	véhicule hybride
VT	véhicule thermique
SOC (State Of Charge)	état de charge (indiqué au conducteur)
WPT (Wireless Power Transfer)	transfert d'énergie sans fil

4 Procédure de mesure

4.1 Phases de mesure

La procédure de mesure se divise en quatre parties, correspondant aux différents modes d'utilisation du véhicule:

- 1) véhicule en mode arrêt;
- 2) véhicule en mode roulage;
- 3) véhicule en mode dynamique;
- 4) véhicule en mode recharge filaire.

Ces quatre parties sont décrites en détail à l'Article 6.

4.2 Conditions de mesure

Seules les sources d'exposition à des champs magnétiques permanents sont mesurées. Les mesurages concernent les sources à fonctionnement continu ou les sources à fonctionnement intermittent comme le ventilateur de climatisation et les essuie-glaces. Le présent document n'étudie pas les champs magnétiques transitoires d'une durée inférieure à 200 ms qui sont générés lors de l'activation de fonctions électriques, car il est difficile d'obtenir des mesures fiables et répétables.

NOTE La rotation des pneumatiques peut produire des champs magnétiques à basse fréquence (généralement au-dessous de 50 Hz, selon la vitesse du véhicule) à l'intérieur et autour du véhicule, qui sont induits par la magnétisation statique des pneumatiques [10], [11]. Ce phénomène peut avoir une incidence uniquement sur les mesurages effectués à l'intérieur du véhicule (car aucun mesurage n'est effectué à l'extérieur du véhicule en mode dynamique).

Les mesurages doivent être effectués dans les modes de fonctionnement normalisés du véhicule, qui génèrent des niveaux d'exposition aux champs magnétiques raisonnablement prévisibles dans les volumes de mesure représentatifs de la position des occupants (voir l'Annex B) et des passants.

4.3 Site d'essai

Les mesurages doivent être effectués dans une zone dont les valeurs d'exposition aux champs magnétiques ambiants sont inférieures à 10 % des valeurs indiquées dans les exigences pour les volumes de mesure.

L'exposition aux champs magnétiques ambiants doit être mesurée en l'absence de véhicule, mais dans des conditions représentatives de l'essai sur véhicule. Ce mesurage peut être effectué avant chaque essai ou périodiquement conformément au processus de management de la qualité du laboratoire.

Un dynamomètre (ou banc à rouleaux) peut être utilisé s'il permet de faire tourner toutes les roues du véhicule. Il doit être réglé de manière à simuler le comportement dynamique du véhicule sur route réelle, avec au minimum son couple établi en mode roulage et sa masse inerte en mode dynamique.

Si une piste d'essai extérieure est utilisée, le gradient de la pente de la portion de voie utilisée pour les essais doit être de ± 2 %.

NOTE Dans le cas d'un dynamomètre, l'exposition aux champs magnétiques ambiants peut varier selon le couple et/ou la vitesse du dynamomètre.

4.4 Configuration du véhicule

La configuration d'habitacle suivante est recommandée, si cela est techniquement possible:

- tous les sièges, à l'exception des derniers sièges à l'arrière, s'ils sont réglables, sont réglés en position de recul centrale et à la position verticale la plus basse;
- les derniers sièges à l'arrière, s'ils sont réglables longitudinalement, sont dans la position la plus reculée possible;
- les repose-têtes sont complètement rabattus;
- tous les dossiers de sièges, à l'exception des derniers sièges à l'arrière, s'ils sont réglables, sont inclinés verticalement vers l'arrière à environ 15°;
- tous les dossiers des derniers sièges à l'arrière, s'ils sont réglables, sont inclinés vers l'arrière au maximum;
- le volant de direction est centré verticalement et horizontalement.

4.5 Positions de mesure

4.5.1 Généralités

Les mesurages sont effectués dans toutes les zones du véhicule accessibles au conducteur et aux passagers, ainsi qu'à proximité immédiate du véhicule par les passants. Ces zones incluent l'espace conducteur et passagers (l'habitacle), le coffre, le GMP thermique et/ou électrique, ainsi que les zones autour de l'extérieur du véhicule.

La distance de mesure entre la surface de toute partie du véhicule et le centre de la sonde doit être de 20 cm (voir l'Annex A), à l'exception des surfaces des sièges où une distance de 6,5 cm doit être utilisée. Ces distances (voir l'Annex E) assurent une incertitude de mesure acceptable pour une sonde d'une surface de 100 cm² (voir l'Annex C).

4.5.2 A l'intérieur du véhicule

Les mesurages doivent être effectués dans les volumes, dans les scénarios d'utilisation normale du véhicule, qui sont accessibles par les parties du corps humain couvertes par les exigences d'exposition applicables. Ces volumes doivent être définis par le constructeur automobile en fonction du véhicule considéré. Par exemple, dans l'habitacle, les occupants sont par hypothèse assis dans des positions sécurisées par des systèmes de retenue. La Figure 1 représente un exemple de volumes d'essai qui prennent en compte toutes les parties du corps.

Les mesurages ne sont pas exigés aux emplacements où les composants sont montés (aucun composant ni élément ne doit être déposé pour les besoins des mesurages).

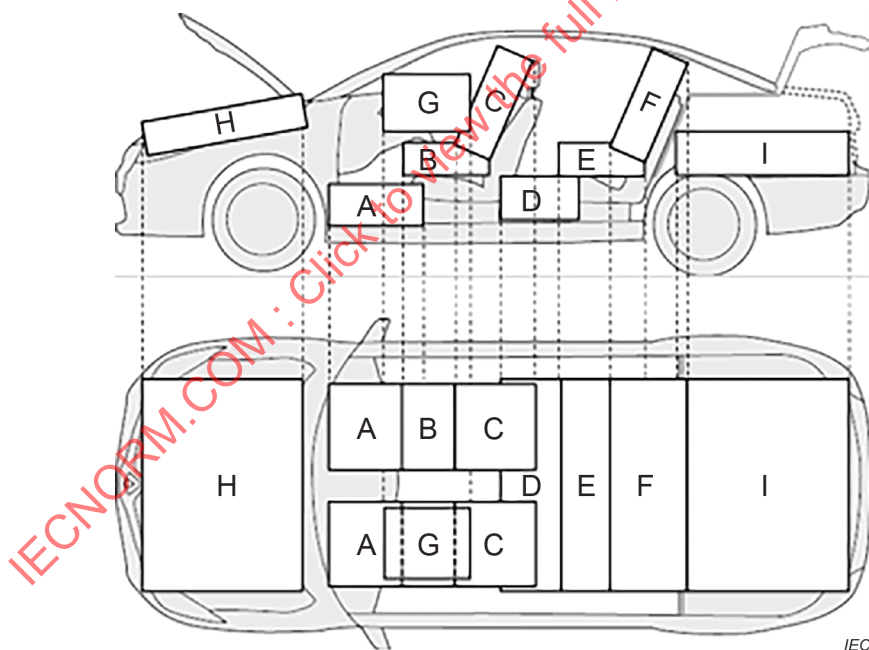


Figure 1 – Exemple de volumes d'essai prenant en compte toutes les parties du corps dans un véhicule DAG (direction à gauche)

Dans l'exemple de la Figure 1, les informations suivantes s'appliquent.

- Pour les sièges individuels, les occupants sont représentés par trois volumes correspondant aux pieds (A), aux jambes (B), au tronc et à la tête (C). Pour les banquettes arrière, les passagers arrière sont représentés par trois volumes communs: D, E et F.
- Le volume G représente les bras et les mains du conducteur sur le volant de direction (qui peut correspondre à une direction à droite ou à une direction à gauche, ou aux deux ou au centre).

Les mesurages doivent être effectués au-dessus du GMP thermique et/ou électrique en H et/ou en I en mode arrêt et en mode recharge uniquement si ces volumes doivent être mesurés, et si les personnes peuvent accéder à ces zones lorsque le moteur est en marche et/ou que le GMP électrique est actif. Pour le fond du volume H, un revêtement lisse peut être appliqué sur l'ensemble des composants situés à l'intérieur du volume. Les volumes B, C, E et F peuvent également prendre en compte les positions des enfants et nourrissons.

NOTE Ces volumes d'essai sont des exemples qui ont été définis en prenant en compte toutes les parties du corps (y compris l'exposition potentielle des extrémités dans les volumes A, D, G, H et I), mais il est possible que certaines normes ou réglementations ne portent pas sur l'ensemble du corps.

Les mesurages dans les zones du conducteur peuvent être effectués selon différentes méthodes, à l'aide d'un dynamomètre par exemple. Des dispositifs de sécurité adéquats doivent être mis en œuvre afin d'éviter tout accident lié au fonctionnement du dynamomètre lors des mesurages.

4.5.3 A l'extérieur du véhicule

Les mesurages doivent être effectués autour de l'extérieur du véhicule dans toutes les zones accessibles aux parties du corps humain, identifiées dans les exigences applicables.

5 Technique de mesure

5.1 Matériel de mesure

Le matériel de mesure doit inclure une sonde couvrant la plage de fréquences de 1 Hz à 100 kHz. La sonde doit satisfaire aux exigences de l'IEC 61786-1; la surface sensible de la sonde doit être de 100 cm² au maximum.

5.2 Mesurage de l'exposition aux champs magnétiques

Pour chaque volume spécifié en 4.5.2, l'exposition aux champs magnétiques doit être mesurée comme suit:

- 1) balayer l'ensemble du volume pour déterminer l'emplacement qui présente la valeur maximale d'exposition aux champs magnétiques;
- 2) consigner la valeur maximale mesurée d'exposition aux champs magnétiques.

Pour balayer les volumes de mesure, la sonde doit être déplacée à une vitesse suffisamment faible pour localiser la valeur maximale du champ magnétique dans l'espace considéré, en particulier lorsque les sources à mesurer émettent des fréquences comprises entre 1 Hz et 10 Hz.

Le positionnement de la sonde et la méthode utilisée pour balayer le volume doivent être définis par le laboratoire en fonction de la sonde utilisée et de leurs installations de mesure, manuelles ou automatiques.

6 Procédure de mesure

6.1 Véhicule en mode arrêt

6.1.1 Généralités

Dans cette étape, les mesurages sont effectués lorsque le véhicule est à l'arrêt.

Pour les VT, les VE et les VH, ces mesurages ne sont pas exigés s'il est possible de soumettre à l'essai simultanément toutes les fonctions d'intérêt du véhicule en mode roulage.

6.1.2 Phase 1: préparation et configuration du véhicule

Les conditions suivantes doivent être appliquées.

- Pour les VT: moteur au ralenti sans vitesse engagée (véhicule au point mort) pour les boîtes manuelles et automatiques.
- Pour les VE: véhicule prêt à démarrer.
- Pour les VH: véhicule prêt à démarrer et/ou moteur au ralenti.
- Frein de stationnement du véhicule engagé uniquement si toutes les fonctions peuvent toujours être activées. Sinon, utiliser des moyens appropriés pour immobiliser le véhicule.
- Fonction Start/Stop (si le véhicule en est équipé) désactivée (moteur toujours en marche).
- Sièges et volant de direction réglés, comme cela est indiqué en 4.4.
- Portières fermées.
- Ouvrants à l'avant et à l'arrière du véhicule (capot moteur, coffre, par exemple) fermés, excepté lors des mesurages effectués dans les volumes associés (H ou I, par exemple).
- Activer les accessoires électriques indiqués en 4.2.
- Lorsque l'accessoire comporte une plage de réglages (moteur de climatisation, chauffage), le mode de fonctionnement raisonnablement prévisible doit être utilisé.

NOTE Comme cela est indiqué dans l'IEC 62311:2019, 5.3, "Pour des raisons pratiques, il est acceptable d'effectuer l'évaluation avec un équipement en fonctionnement, ses réglages générant les niveaux d'exposition maximale (par exemple, charge assignée maximale, puissance consommée maximale assignée, vitesse maximale, ou autres), en cohérence avec l'utilisation raisonnablement prévisible. L'équipement est en fonctionnement pendant une durée suffisante pour garantir la stabilité des conditions de fonctionnement."

ATTENTION: Le ventilateur moteur ou d'autres organes moteurs peuvent se mettre en marche automatiquement sans mise en garde préalable.

6.1.3 Phase 2: mesurage du véhicule

Mesurer l'exposition aux champs magnétiques dans tous les volumes définis en 4.5, qui doivent être évalués dans le cadre de la réglementation applicable.

NOTE Des exemples de ces réglementations peuvent être consultés dans les ouvrages [3] à [9].

Durant les mesurages, le SOC doit être maintenu à 20 % au-dessus du SOC maximal pour les véhicules équipés d'un GMP électrique.

6.2 Véhicule en mode roulage

6.2.1 Généralités

Dans cette étape, les mesurages sont effectués lorsque le véhicule roule à une vitesse constante.

6.2.2 Phase 1: préparation et configuration du véhicule

Les conditions suivantes doivent être appliquées.

- Sièges et volant de direction réglés, comme cela est indiqué en 4.4.
- Activer les accessoires électriques indiqués en 4.2.
- Lorsque l'accessoire comporte une plage de réglages (moteur de climatisation, chauffage), le mode de fonctionnement raisonnablement prévisible doit être utilisé. Voir la NOTE en 6.1.2.

6.2.3 Phase 2: mesurage du véhicule (à vitesse constante)

Pour les VT et les VE, amener le véhicule à une vitesse constante de (40 ± 8) km/h, selon les indications fournies au conducteur: il est possible d'utiliser un régulateur de vitesse.

Pour les VH, faire rouler le véhicule:

- soit en monomode (hybride série, par exemple): les systèmes de propulsion électrique et thermique fonctionnent simultanément pour permettre au véhicule d'atteindre une vitesse de (40 ± 8) km/h. La valeur du régime moteur doit être consignée dans le rapport d'essai;
- soit en deux modes distincts (hybride parallèle, par exemple): le moteur thermique uniquement en fonctionnement, puis le système de propulsion électrique uniquement en fonctionnement.

Dans tous les cas, si le véhicule ne peut pas atteindre une vitesse de (40 ± 8) km/h, la vitesse maximale doit être choisie et consignée dans le rapport d'essai.

En mode roulage, les fonctions du véhicule activées en mode arrêt doivent également être activées simultanément lorsque cela est possible.

Mesurer l'exposition aux champs magnétiques dans tous les volumes définis en 4.5.

Durant les mesurages, le SOC doit être maintenu à 20 % au-dessus du SOC maximal pour les véhicules équipés d'un GMP électrique.

6.2.4 Phase 3: mesurages complémentaires

Si le plan d'essai l'exige (voir la NOTE en 6.1.2), des mesurages complémentaires peuvent être effectués dans les différentes conditions de roulage du véhicule qui sont susceptibles de générer une forte exposition aux champs magnétiques.

6.3 Véhicule en mode dynamique

6.3.1 Généralités

Dans cette étape, les mesurages sont effectués lorsque le véhicule est en phase d'accélération.

6.3.2 Phase 1: préparation et configuration du véhicule

Les conditions suivantes doivent être appliquées.

- Sièges et volant de direction réglés, comme cela est indiqué en 4.4.
- Activer les accessoires électriques indiqués en 4.2.
- Lorsque l'accessoire comporte une plage de réglages (moteur de climatisation, chauffage), le réglage présumé générer le niveau le plus élevé d'exposition aux champs magnétiques doit être utilisé.

6.3.3 Phase 2: mesurage du véhicule

Pour chaque emplacement présentant la valeur maximale d'exposition aux champs magnétiques déterminée lors de l'essai du véhicule en mode roulage (voir 6.2), exécuter un cycle d'accélération et de décélération, puis mesurer le niveau maximal d'exposition aux champs magnétiques obtenu au cours du cycle.

NOTE 1 L'Annex F fournit des résultats types de niveaux de champs magnétiques obtenus à l'issue d'un cycle d'essais expérimentaux effectués sur deux GMP électriques.

La phase d'accélération doit être effectuée de 0 km/h à 90 km/h, avec une accélération minimale de $2,5 \text{ m/s}^2$ entre 10 km/h et 75 km/h. Lorsque le véhicule ne peut pas maintenir l'accélération spécifiée pour d'autres raisons qu'une limitation de puissance consécutive à une élévation de température de la batterie ou que le véhicule ne peut pas atteindre la vitesse maximale en raison des capacités du véhicule (et non des contraintes de l'installation d'essai), l'accélération atteinte et/ou la vitesse maximale doivent être consignées dans le rapport d'essai.

NOTE 2 L'accélération de $2,5 \text{ m/s}^2$ a été retenue afin de s'aligner le plus possible sur les autres normes portant sur des évaluations de performance durant les phases d'accélération, comme l'édition 2020 de la norme GB/T 37130, la norme d'homologation NEDC (New European Driving Cycle, $\sim 1 \text{ m/s}^2$) ou WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure, $1,6 \text{ m/s}^2$), et en tenant compte qu'il est possible de réaliser l'essai jusqu'à cette valeur sans introduire de problèmes de sécurité majeurs lors des essais d'accélération sur dynamomètre.

La phase de décélération doit être effectuée de 90 km/h à 0 km/h, avec une décélération minimale de $2,5 \text{ m/s}^2$ entre 75 km/h et 10 km/h. Lorsque le véhicule ne peut pas maintenir la décélération spécifiée, la décélération atteinte doit être consignée dans le rapport d'essai.

NOTE 3 Les limitations de puissance consécutives à une élévation de température de la batterie peuvent être évitées en maintenant le véhicule à température ambiante pendant au moins 8 h avant de démarrer les essais.

Pour les véhicules équipés d'un GMP électrique, les valeurs minimale et maximale du SOC doivent être choisies de telle sorte que le mode électrique d'accélération soit optimal. Ces valeurs doivent être spécifiées dans le plan d'essai et doivent être consignées dans le rapport d'essai.

6.4 Véhicule en mode recharge filaire

6.4.1 Généralités

Cette étape concerne les véhicules équipés d'un système de stockage d'énergie électrique rechargeable embarqué (VE, véhicules rechargeables filaires, etc.). Les mesurages sont effectués pour chaque système de recharge du véhicule et leurs modes de recharge associés.

6.4.2 Phase 1: préparation et configuration du véhicule

Les conditions suivantes doivent être appliquées.

- Au début des mesurages, le SOC doit être à 20 % au-dessous du SOC maximal pour les véhicules équipés d'un GMP électrique.
- Frein de stationnement du véhicule engagé.
- Sièges et volant de direction réglés, comme cela est indiqué en 4.4.
- Le ou les câbles du ou des systèmes de recharge filaire du véhicule ou de la borne de recharge qui pendent verticalement à une distance de $(0,1^{+0,2}_0) \text{ m}$ de la caisse du véhicule sont décrits dans les exemples de la Figure 2 a) et de la Figure 2 b), respectivement.
- Les ouvrants des volumes H et/ou I sont fermés, excepté lors des mesurages effectués dans ces volumes.
- Retirer la clé de contact.
- Désactiver tous les accessoires électriques.

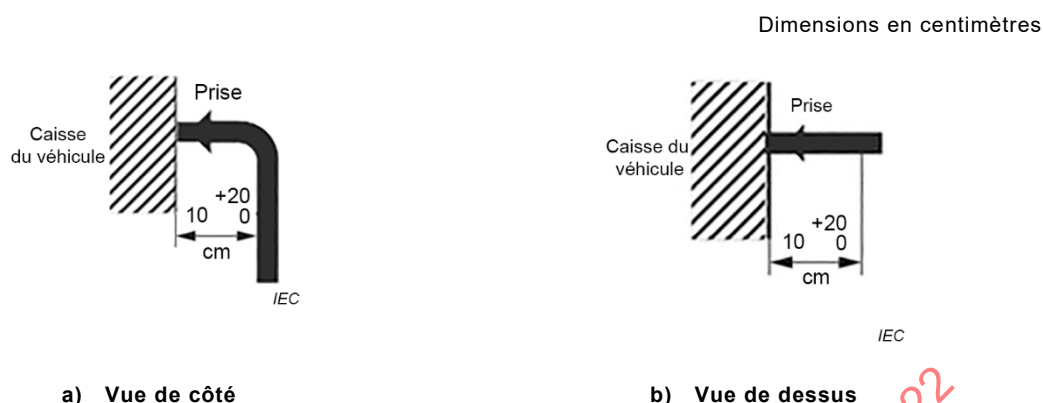


Figure 2 – Positionnement des câbles de recharge filaire

6.4.3 Phase 2: mesurage du véhicule

Mesurer l'exposition aux champs magnétiques dans tous les volumes définis en 4.5 pour chaque système de recharge du véhicule et leurs modes de recharge associés avec un SOC inférieur à 80 %.

Un mesurage doit être effectué autour de la prise de chaque système de recharge du véhicule. Pour chaque câble fourni par le constructeur automobile et le constructeur d'EVSE, des mesurages doivent également être effectués sur la longueur et autour du câble sur les 50 premiers centimètres. Pour les câbles, incluant un EVSE, des mesurages doivent également être effectués sur la surface de l'EVSE. Durant les mesurages, le SOC doit être maintenu entre 20 % et 80 % du SOC maximal pour les véhicules équipés d'un GMP électrique.

Il convient de ne pas mesurer les autres sources, comme le boîtier de recharge mural ou la borne de recharge.

7 Évaluation de l'incertitude de mesure

L'évaluation de l'incertitude de mesure doit inclure les informations décrites dans l'IEC 62311:2019, Article 6, notamment l'incertitude combinée due à la planéité de la réponse en fréquence, à l'isotropie, à la linéarité, au positionnement et à l'exactitude d'étalonnage de la sonde. Une incertitude de 10 % due à la non-uniformité du champ magnétique vis-à-vis de la taille et de la position de la sonde doit également être appliquée dans le bilan d'incertitude composée (voir l'Annex C). L'Annex D fournit également des informations concernant les valeurs d'incertitude qui peuvent être utilisées pour calculer l'incertitude globale. L'estimation de l'incertitude globale ne tient pas compte des autres grandeurs d'incertitude liées aux aspects fonctionnels du véhicule.

8 Rapport d'essai

Les résultats de chaque évaluation, essai ou mesurage effectués doivent être consignés de manière exacte, claire, non ambiguë et objective, conformément aux informations décrites dans l'IEC 62311:2019, Article 9. Un exemple de structure de rapport peut être consulté dans l'ISO/IEC 17025 [12].

Les caractéristiques de la configuration du véhicule utilisée pour les mesurages doivent être consignées dans le rapport d'essai, en précisant tout écart éventuel par rapport aux réglages recommandés.

Pour les essais du véhicule en mode roulage, la valeur du régime moteur et la vitesse maximale choisie doivent être consignées dans le rapport d'essai.

Pour les essais du véhicule en mode dynamique, l'accélération atteinte et/ou la vitesse maximale atteinte, ainsi que les valeurs minimale et maximale du SOC doivent être consignées dans le rapport d'essai.

Le rapport d'essai doit également préciser les caractéristiques des zones dans lesquelles ont été effectués les mesurages.

Toutes les informations nécessaires à la réalisation d'évaluations, d'essais, de calculs ou de mesurages répétables doivent être récapitulées dans le rapport d'essai.

9 Évaluation de l'exposition

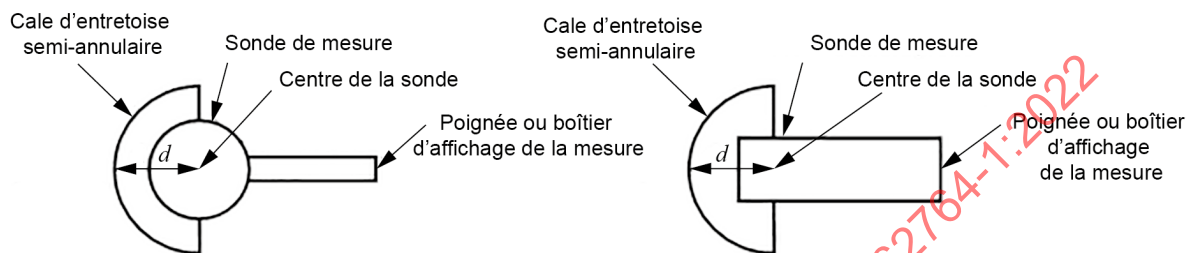
Si l'exposition aux champs magnétiques mesurée dépasse l'exigence applicable, il peut être nécessaire de mener des investigations supplémentaires afin de vérifier la conformité aux limites applicables concernant les grandeurs physiques corporelles internes qui sont davantage en lien direct avec les effets sur la santé avérés. Des exemples peuvent être consultés dans l'IEC 62226-1 [13] et l'IEC 62226-2-1 [14].

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62764-1:2022

Annex A (informative)

Conseils pratiques pour les mesurages

Pour assurer une distance de 6,5 cm ou 20 cm, une cale d'entretoise semi-annulaire ou hémisphérique peut être placée sur l'extrémité de la sonde afin d'augmenter les limites physiques de celle-ci jusqu'à atteindre la distance de mesure exigée d (voir Figure A.1 et Figure A.2).

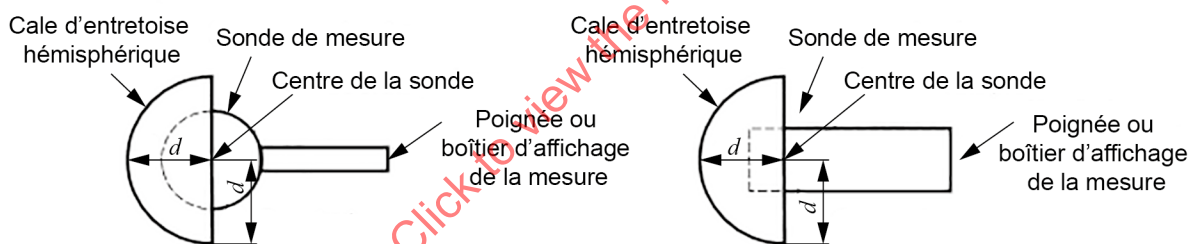


IEC

Légende

d distance de mesure exigée

Figure A.1 – Cale d'entretoise semi-annulaire placée sur deux types de sondes de mesure



IEC

Légende

d distance de mesure exigée

Figure A.2 – Cale d'entretoise hémisphérique placée sur deux types de sondes de mesure

La cale d'entretoise est réalisée dans un matériau non conducteur et non magnétique. La permittivité relative des différentes parties de la cale d'entretoise doit être inférieure à 1,4. La perméabilité relative des différentes parties de la cale d'entretoise doit être égale à 1.

Annex B (informative)

Étendues maximales des volumes de mesure à l'intérieur du véhicule

B.1 Justification

Dans les classes ciblées par le présent document (à savoir les classes M1 et N1 définies dans le document ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.3 [1]), les véhicules montrent de grandes différences de dimensions intérieures et de géométries. C'est pourquoi une norme générique ne peut pas spécifier de manière détaillée les emplacements et les étendues des volumes de mesure, décrits en 4.5.2.

L'Annex B fournit donc un récapitulatif de quelques données anthropométriques pertinentes afin de fournir un appui à l'utilisateur lors de la définition des étendues maximales des volumes à étudier pour les véhicules considérés.

B.2 Informations anthropométriques

Les paramètres anthropométriques les plus pertinents pour cette application sont représentés et quantifiés à la Figure B.1.

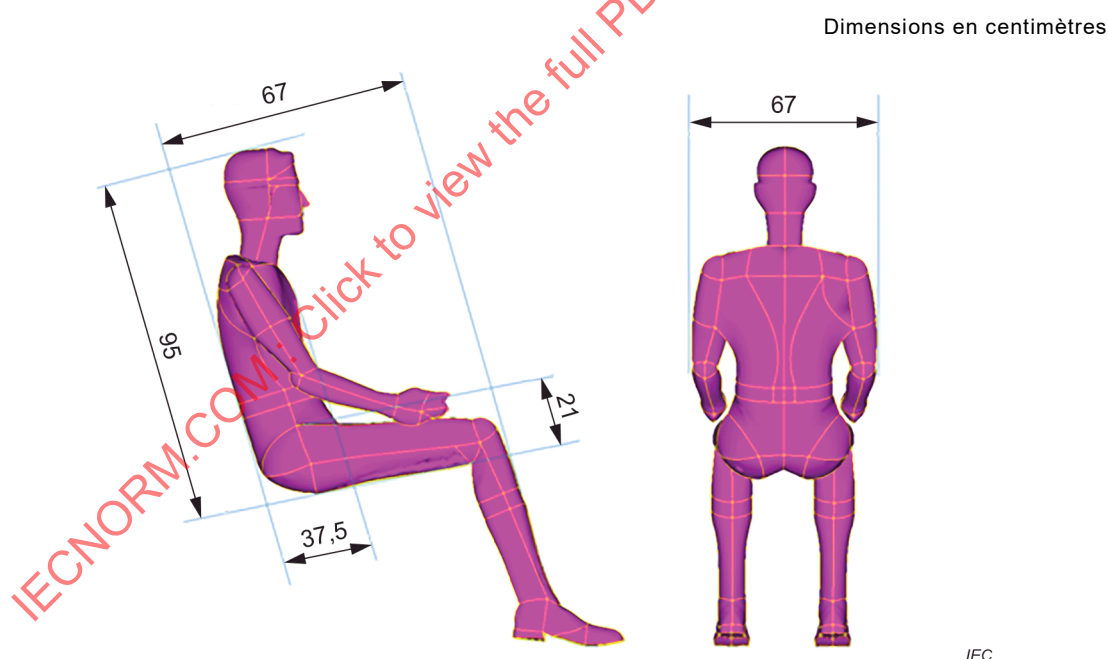


Figure B.1 – Récapitulatif des données anthropométriques pertinentes

Les personnes d'origine européenne présentent les tailles les plus élevées en positions debout et assise (voir Figure 9.1 du [15]) tandis que la population néerlandaise est considérée comme le groupe le plus grand en Europe (voir [15], p. 174).

Les paramètres indiqués à gauche de la Figure B.1 correspondent aux valeurs maximales du 95^e percentile chez les hommes et les femmes pour les caractéristiques suivantes:

- distance siège-haut de la tête – adultes néerlandais âgés de 20 à 60 ans (voir Tableau 10.8 du [15]);
- profondeur du torse – adultes néerlandais âgés de 20 à 60 ans (voir Tableau 10.8 du [15]);
- épaisseur des cuisses – conducteurs français (voir Tableau 10.9 du [15]);
- longueur des cuisses – membres de l'Armée américaine (voir [16], p. 81).

La distance entre les bras d'une personne assise, identifiée à droite sur la Figure B.1, correspond à la valeur maximale du 95^e percentile chez les hommes et les femmes pour les membres de l'Armée américaine (voir [16], p. 121).

Les grandeurs identifiées sur la Figure B.1 représentent les valeurs les plus élevées des paramètres retenus parmi les données disponibles dans [15] et [16]. Ces paramètres sont donc supérieurs au 95^e percentile de la population mondiale.

B.3 Étendues maximales des volumes de mesure

Les grandeurs identifiées sur la Figure B.1 sont suggérées comme lignes directrices pour établir les étendues maximales des volumes B, C, E et F décrits en 4.5.2 à l'intérieur des véhicules, où l'espace et l'accès ne sont pas restreints. Pour les volumes E et F, par exemple, les largeurs maximales seraient comprises entre 0,335 m à gauche du centre du siège arrière gauche et 0,335 m à droite du centre du siège arrière droit.

En pratique, néanmoins, les étendues de ces volumes sont susceptibles d'être limitées par la géométrie interne du véhicule considéré et l'exigence de maintenir une séparation de 20 cm entre le centre de la sonde et la structure du véhicule. Les étendues peuvent donc être inférieures aux valeurs maximales indiquées à la Figure B.1.

Les étendues maximales des volumes internes A, D et G décrits en 4.5.2 sont déterminées par la géométrie relative du véhicule (hauteurs des bords de sièges, séparation entre le siège conducteur et le volant de direction, etc.).

Annex C **(informative)**

Erreurs de mesure dues à la proximité de la source et à l'orientation de la sonde

C.1 Contexte

Des erreurs de mesure systématiques sont observées si la grandeur mesurée n'est pas uniformément distribuée sur le volume de la sonde. De telles erreurs se produisent notamment lorsque la sonde est trop proche de la source; la variation du champ sur le volume de la sonde dépasse l'uniformité de champ utilisée lors de l'étalonnage de la sonde. Ces effets peuvent être observés lors du mesurage de champs magnétiques quasi statiques à l'aide de sondes de champs isotropes à base d'enroulements si le champ n'est pas spatialement uniforme sur le volume des trois bobines orthogonales.

En outre, si le champ n'est pas uniforme sur le volume de la sonde, l'amplitude de ces erreurs varie en fonction de l'orientation des éléments orthogonaux de la sonde par rapport au champ local. A une distance spécifique, les valeurs mesurées sont différentes selon l'orientation de la sonde.

L'emploi de sondes équipées de bobines de surface inférieure peut donc donner des mesures plus précises à une distance spécifique de la source ou des mesures avec une incertitude spécifique à des distances inférieures à la source.

L'Annex C fournit des recommandations pour évaluer les contributions des effets de la proximité de la source et de l'orientation de la sonde à l'incertitude de mesure. Ces contributions constituent la source dominante de l'incertitude de mesure lors des mesurages de champs magnétiques, effectués à proximité des sources.

C.2 Amplitude des erreurs dues à la proximité de la source et à l'orientation de la sonde

Les erreurs dues à la proximité de la source et à l'orientation de la sonde lors des mesurages effectués à l'aide de sondes équipées de bobines triaxiales peuvent être prédites pour des distributions théoriques simples des champs.

Les distributions présumées de ces erreurs ont été quantifiées pour la distribution d'un champ dipolaire généré par une boucle infinitésimale de courant [17] et [18], ainsi que pour des sources linéaires comme un filament infiniment long parcouru par un courant linéaire et une paire de filaments parcourus par des courants de direction opposée [18].

Les valeurs maximales, les valeurs minimales et la valeur dominante des distributions d'erreurs liées à la combinaison des effets de la proximité de la source et de l'orientation de la sonde sont représentées à la Figure C.1 pour la source de type dipôle magnétique et à la Figure C.2 pour la source de type courant linéaire. Les échelles verticales de la Figure C.1 et de la Figure C.2 sont relativement différentes, même si les échelles horizontales sont identiques.

Les résultats représentés à la Figure C.1 et à la Figure C.2 montrent que les erreurs peuvent être plus grandes à proximité de la source, lorsque le rapport de la distance de mesure au rayon de la bobine (noté s) tend vers 1. Toutefois, les erreurs convergent à mesure que les distances augmentent, car le paramètre s augmente et le champ devient plus uniforme sur le volume de la sonde.

Les distributions d'erreurs sont telles que pour des valeurs faibles de s , les valeurs modales des distributions d'erreurs sont très faibles, avec une distribution étendue des erreurs entre les valeurs extrêmes.

Les erreurs les plus grandes sont observées avec la source de type dipôle. Les résultats obtenus pour un exemple de deux courants linéaires de direction opposée (non décrits ici) se situent entre ceux obtenus pour le dipôle et le courant linéaire [18].

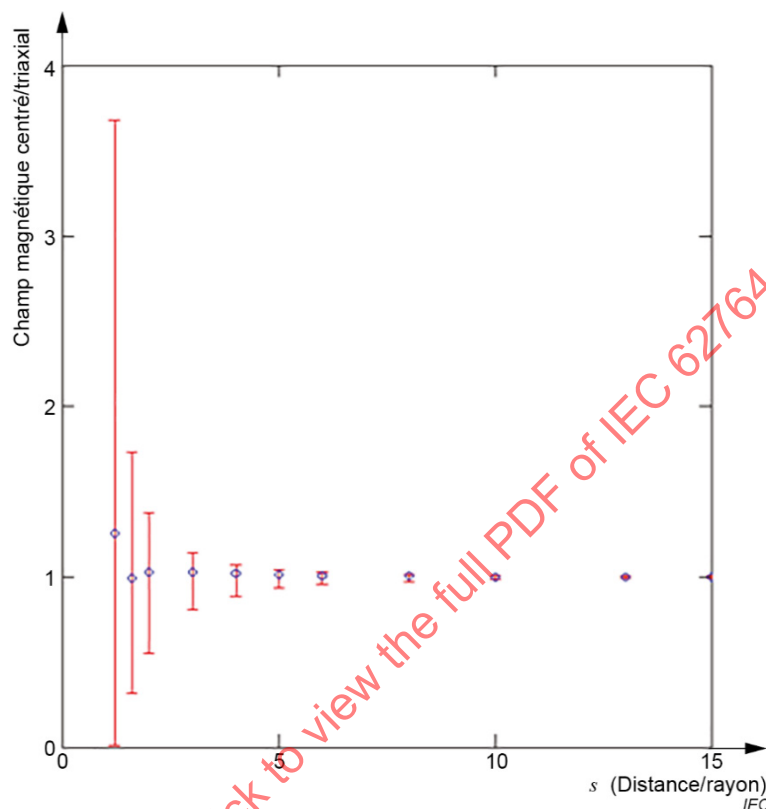


Figure C.1 – Étendue (barres d'erreurs) et valeur dominante (O) des distributions d'erreurs pour le dipôle magnétique

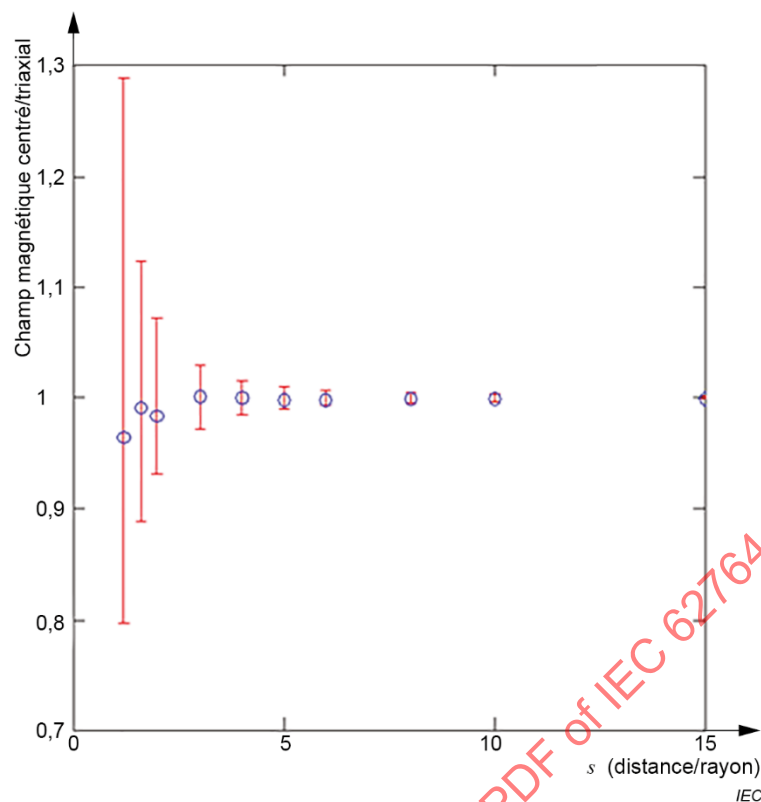


Figure C.2 – Étendue (barres d'erreurs) et valeur dominante (O) des distributions d'erreurs pour le courant linéaire

C.3 Contributions de la source de type dipôle aux paramètres d'incertitude

La source de type dipôle constitue le cas de plus extrême de non-uniformité de champ d'une source simple, ce qui fournit une référence pour déterminer une estimation majorante de l'incertitude pour des sources inconnues qui peuvent produire des distributions de champ similaires ou plus uniformes.

Les percentiles des fonctions de répartition (CDF, *Cumulative Distribution Function*) des erreurs causées par la proximité de la source ponctuelle en fonction du rapport de la distance de mesure sur le rayon de la sonde (noté s) ont été ajustés pour l'intervalle $2 \leq s \leq 10$ comme suit:

$$P_X(s) = A_X \exp(B_X s) + C_X$$

où A_X , B_X et C_X sont les paramètres optimisés pour l'ajustement des données prédites pour le percentile $P_X(s)$, obtenues lors de l'analyse de la source de type dipôle du [18].

Le Tableau C.1 récapitule les paramètres d'ajustement de modèle pour les percentiles liés aux mesures de l'incertitude type et de l'incertitude élargie. La Figure C.3 compare les données initiales et les modèles ajustés.

Tableau C.1 – Récapitulatif des paramètres d'ajustement de modèle pour les percentiles des CDF pour la source de type dipôle

Percentiles $P_X(s)$ des fonctions de répartition des erreurs prédites	Paramètres du modèle pour $2 \leq s \leq 10$		
	A_X	B_X	C_X
$X = 95,4 \%$	84,823	-0,652	1,354
$X = 68,3 \%$	10,064	-0,455	0,258
$X = 31,7 \%$	-37,559	-0,795	-0,353
$X = 4,6 \%$	-88,253	-0,723	-0,849

L'incertitude type totale $U_S(s)$ (c'est-à-dire pour l'intervalle de confiance 68,3 %) et l'incertitude élargie totale $U_E(s)$ (c'est-à-dire pour l'intervalle de confiance 95,4 %) peuvent être estimées comme suit:

$$U_S(s) = \begin{cases} -\sqrt{|P_{31,7}(s)|^2 + \sigma_T^2} \\ +\sqrt{|P_{68,3}(s)|^2 + \sigma_T^2} \end{cases}$$

$$U_E(s) = \begin{cases} -\sqrt{|P_{4,6}(s)|^2 + [2\sigma_T]^2} \\ +\sqrt{|P_{95,4}(s)|^2 + [2\sigma_T]^2} \end{cases}$$

où σ_T représente l'écart-type de toutes les autres sources indépendantes de l'incertitude de mesure relative à la sonde.

Pour la surface de bobine maximale de 100 cm² indiquée dans le présent document, $s = 3,545$ pour les mesurages effectués à une distance de 20 cm de la source. Le Tableau C.2 répertorie les percentiles d'intérêt pour cette configuration.

Tableau C.2 – Percentiles des CDF pour la source de type dipôle à $s = 3,545$

Métriques d'incertitude	Percentiles des CDF pour les erreurs dues à la proximité de la source et à l'orientation de la sonde	
	Limite inférieure	Limite supérieure
Incetitude type	$P_{31,7}(3,545) = -2,275$	$P_{68,3}(3,545) = 2,612$
Incetitude élargie	$P_{4,6}(3,545) = -9,807$	$P_{95,4}(3,545) = 7,706$

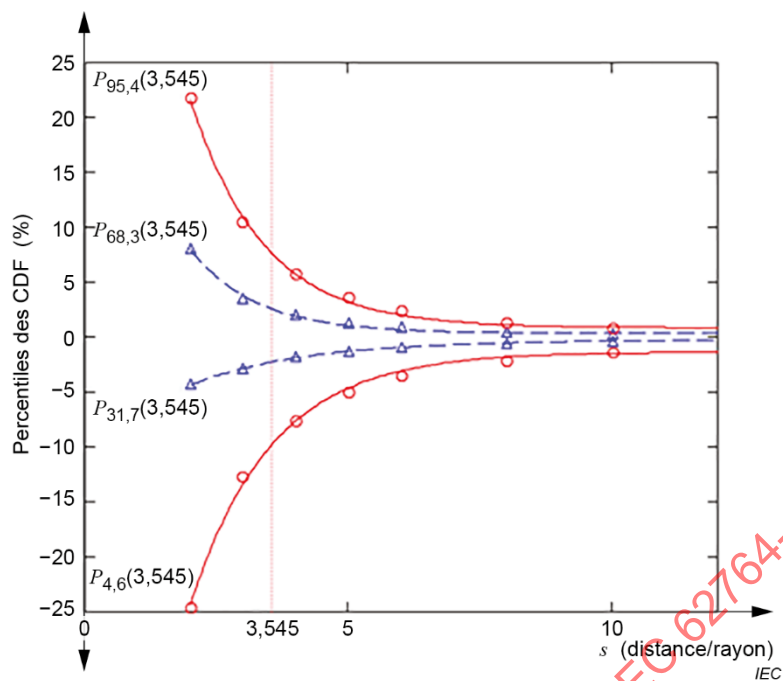


Figure C.3 – Comparaison des percentiles de distribution des erreurs prédites (O) et des modèles ajustés (courbes) en fonction de s (distance/rayon)

Annex D (informative)

Estimation des incertitudes

D.1 Généralités

La procédure de mesure employée pour évaluer les expositions aux champs magnétiques dans l'environnement automobile inclut des facteurs d'incertitude qu'il convient de prendre en compte. L'Annex D fournit un exemple de bilan d'incertitudes pour les mesurages du véhicule.

D.2 Bilan d'incertitudes

Le Tableau D.1 donne un exemple des facteurs d'incertitude possibles lorsque les mesurages sont effectués à l'aide d'une sonde avec une surface de bobine maximale de 100 cm², correspondant à la valeur indiquée dans le présent document.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62764-1:2022