

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

GROUP SAFETY PUBLICATION
PUBLICATION GROUPEE DE SÉCURITÉ

Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V –

Part 2-4: Particular requirements and tests for isolating transformers and power supply units incorporating isolating transformers

Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour des tensions d'alimentation jusqu'à 1 100 V –

Partie 2-4: Règles particulières et essais pour les transformateurs de séparation des circuits et les blocs d'alimentation incorporant des transformateurs de séparation des circuits



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2009 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

GROUP SAFETY PUBLICATION

PUBLICATION GROUÉE DE SÉCURITÉ

Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V –

Part 2-4: Particular requirements and tests for isolating transformers and power supply units incorporating isolating transformers

Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour des tensions d'alimentation jusqu'à 1 100 V –

Partie 2-4: Règles particulières et essais pour les transformateurs de séparation des circuits et les blocs d'alimentation incorporant des transformateurs de séparation des circuits

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

N

ICS 29.180

ISBN 978-2-88910-540-3

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 General requirements	6
5 General notes on tests	6
6 Ratings.....	6
7 Classification.....	7
8 Marking and other information	7
9 Protection against electric shock	7
10 Change of input voltage setting	7
11 Output voltage and output current under load	7
12 No-load output voltage	8
13 Short-circuit voltage	8
14 Heating	9
15 Short-circuit and overload protection	9
16 Mechanical strength	9
17 Protection against harmful ingress of dust, solid objects and moisture.....	9
18 Insulation resistance, dielectric strength and leakage current	9
19 Construction.....	9
20 Components	11
21 Internal wiring.....	11
22 Supply connection and other external flexible cable or cords	11
23 Terminals for external conductors.....	11
24 Provisions for protective earthing	11
25 Screws and connections.....	12
26 Creepage distances, clearances and distances through insulation.....	12
27 Resistance to heat, fire and tracking.....	12
28 Resistance to rusting.....	12
Annexes.....	13
Annex C Creepage distances (cr), clearances (cl) and distances through insulation (dti) Material group II ($400 \leq CTI < 600$).....	13
Annex D Creepage distances (cr), clearances (cl) and distances through insulation (dti) Material group I ($CTI \geq 600$).....	13
Annex R Explanations of the application of 4.2 of IEC 60664-1:2007 (see IEC 61558-1 Subclause 26.2).....	13
Bibliography.....	14
Table 101 – Output voltage difference	8

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SAFETY OF TRANSFORMERS, REACTORS, POWER SUPPLY UNITS
AND SIMILAR PRODUCTS FOR SUPPLY VOLTAGES UP TO 1 100 V –****Part 2-4: Particular requirements and tests
for isolating transformers and power supply units
incorporating isolating transformers**

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International standard IEC 61558-2-4 has been prepared by IEC technical committee 96: Transformers, reactors, power supply units and similar products for low voltages up to 1 100 V.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1997. It constitutes a technical revision. The main changes consist of updating this part in accordance with Part 1 (2005), and increasing the supply voltages up to 1 100 V to be in line with the standards of TC 14.

This part has the status of a group safety publication in accordance with IEC Guide 104 (1997): *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications.*

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

FDIS	Report on voting
96/316/FDIS	96/321/RVD

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

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

This part is intended to be used in conjunction with the latest edition of IEC 61558-1 and its amendments. It is based on the second edition (2005) of that standard.

This part supplements or modifies the corresponding clauses in IEC 61558-1, so as to convert that publication into the IEC standard: *Particular requirements and tests for isolating transformers and power supply units incorporating isolating transformers*.

A list of all parts of the IEC 61558 series can be found on the IEC website under the title: *Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V*.

Future standards in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing standards in this series will be updated at the time of the next edition.

Where a particular subclause of Part 1 is not mentioned in this part, that subclause applies as far as is reasonable. Where this part states "addition", "modification" or "replacement", the relevant text of Part 1 is to be adapted accordingly.

In this part, the following print types are used:

- requirements proper: in roman type;
- *test specifications: in italic type;*
- explanatory matter: in smaller roman type:

In the text of this part, the words in **bold** are defined in Clause 3.

Subclauses, notes, figures and tables additional to those in Part 1 are numbered starting from 101; supplementary annexes are entitled AA, BB, etc.

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

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

NOTE The attention of National Committees is drawn to the fact that equipment manufacturers and testing organizations may need a transitional period following publication of a new, amended or revised IEC publication in which to make products in accordance with the new requirements and to equip themselves for conducting new or revised tests.

It is the recommendation of the committee that the content of this publication be adopted for implementation nationally not earlier than 12 months from the date of publication.

SAFETY OF TRANSFORMERS, REACTORS, POWER SUPPLY UNITS AND SIMILAR PRODUCTS FOR SUPPLY VOLTAGES UP TO 1 100 V –

Part 2-4: Particular requirements and tests for isolating transformers and power supply units incorporating isolating transformers

1 Scope

Replacement:

This part of IEC 61558 deals with the safety of **isolating transformers** for general applications and **power supply units** incorporating **isolating transformers** for general applications. **Transformers** incorporating **electronic circuits** are also covered by this standard.

NOTE 1 Safety includes electrical, thermal and mechanical aspects.

Unless otherwise specified, from here onward, the term **transformer** covers **isolating transformers** for general applications and **power supply units** incorporating **isolating transformers** for general applications.

NOTE 2 For **power supply units** (linear) this part is applicable. For **switch mode power supply units**, IEC 61558-2-16 is applicable together with this part.

This part is applicable to **stationary** or **portable**, single-phase or polyphase, air-cooled (natural or forced) **independent** or **associated dry- type transformers**. The windings may be encapsulated or non-encapsulated.

The **rated supply voltage** does not exceed 1 100 V a.c., and the **rated supply frequency** and the **internal operating frequencies** do not exceed 500 Hz.

The **rated output** does not exceed:

- 25 kVA for single-phase **transformers**;
- 40 kVA for polyphase **transformers**.

This part is applicable to **transformers** without limitation of the **rated output** subject to an agreement between the purchaser and the manufacturer.

NOTE 3 **Transformers** intended to supply distribution networks are not included in the scope.

The **no-load output voltage** or the **rated output voltage** does exceed 50 V a.c. or 120 V ripple-free d.c., and where applicable, does not exceed 500 V a.c. or 708 V ripple-free d.c.

The **no-load output voltage** and the **rated output voltage** may be up to 1 000 V a.c. or 1 415 V ripple-free d.c. for special applications.

This part is not applicable to external circuits and their components intended to be connected to the input terminals and output terminals of the **transformers**.

Transformers covered by this part are used in applications where **double or reinforced insulation** between circuits is required by the installation rules or by the end product standard.

NOTE 4 Attention is drawn to the following:

- for **transformers** intended to be used in vehicles, on board ships, and aircraft, additional requirements (from other applicable standards, national rules, etc.) may be necessary;
- measures to protect the **enclosure** and the components inside the enclosure against external influences such as fungus, vermin, termites, solar-radiation, and icing should also be considered;
- the different conditions for transportation, storage, and operation of the **transformers** should also be considered;
- additional requirements in accordance with other appropriate standards and national rules may be applicable to **transformers** intended for use in special environments.

NOTE 5 Future technological development of **transformers** may necessitate a need to increase the upper limit of the frequencies, until then this part may be used as a guidance document.

2 Normative references

This clause of Part 1 is applicable except as follows.

Addition:

IEC 61558-1 :2005, *Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products – Part 1: General requirements and tests*

3 Terms and definitions

This clause of Part 1 is applicable.

4 General requirements

This clause of Part 1 is applicable.

5 General notes on tests

This clause of Part 1 is applicable.

6 Ratings

This clause of Part 1 is applicable.

Addition:

6.101 The **rated output voltage** shall exceed 50 V a.c. or 120 V ripple-free d.c. but not exceed;

- 250 V a.c. for single-phase **portable transformers**;
- 400 V a.c. for polyphase **portable transformers**, and
- 500 V a.c. or 708 V ripple-free d.c. for other **transformers**. In this case, the **rated output voltage** may be up to 1 000 V a.c. or 1 415 V ripple-free d.c. to be in accordance with the national wiring rules or for a special purpose. This output voltage limitation apply even when output windings, not intended for interconnection, are connected in series.

6.102 The **rated output** shall not exceed:

- 25 kVA for single-phase **transformers**;
- 40 kVA for polyphase **transformers**;

Transformers without limitation of the rated output shall be subject to agreement between the purchaser and the manufacturer.

6.103 The **rated supply frequency** and the **internal operating frequencies** shall not exceed 500 Hz.

6.104 The **rated supply voltage** shall not exceed 1 100 V a.c.

Compliance with the requirements of 6.101 to 6.104 is checked by inspection of the marking.

7 Classification

This clause of Part 1 is applicable.

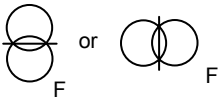
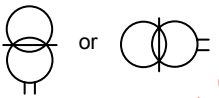
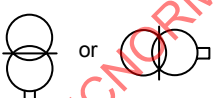
8 Marking and other information

This clause of Part 1 is applicable except as follows:

8.1 h) *Replacement:*

Replace the first sentence by the following: relevant graphical symbols shown in 8.11 indicating the kind of **transformer**;

8.11 *Addition:*

Symbol or Graphical symbol	Explanation or title	Identification
	Fail-safe isolating transformer	60417-5221
	Non-short-circuit-proof isolating transformer	60417-5944
	Short-circuit-proof isolating transformer (inherently or non-inherently)	60417-5945

9 Protection against electric shock

This clause of Part 1 is applicable.

10 Change of input voltage setting

This clause of Part 1 is applicable.

11 Output voltage and output current under load

This clause of Part 1 is applicable.

12 No-load output voltage

This clause of Part 1 is applicable except as follows:

Addition:

The **no-load output voltage** is measured when the **transformer** is connected to the **rated supply voltage** at the **rated supply frequency** at ambient temperature defined by Part 1.

12.101 The **no-load output voltage** shall exceed 50 V a.c. or 120 V ripple-free d.c. but not exceed:

- 300 V a.c. for single-phase **portable transformers**;
- 500 V a.c. for polyphase **portable transformers**, and
- 500 V a.c. or 708 V ripple-free d.c. for other **transformers**. In this case, the **no-load output voltage** may be up to 1 000 V a.c. or 1 415 V ripple-free d.c. to be in accordance with the national wiring rules or for special purpose.

For **independent transformers**, this **output voltage** limitation applies even when **output windings**, not intended for interconnection, are connected in series.

12.102 The difference between the **no-load output voltage** and the output voltage under load shall not be excessive.

The difference is expressed as a percentage of the latter voltage calculated according to the following formula:

$$\frac{U_{\text{no-load}} - U_{\text{load}}}{U_{\text{load}}} \times 100 \text{ (\%)}$$

where $U_{\text{no-load}}$ is the no-load output voltage and U_{load} is the output voltage under load.

*Compliance with the requirements of 12.101 and 12.102 is checked by measuring the **no-load output voltage** at the **ambient temperature** when the **transformer**, is connected to the **rated supply voltage** at the **rated supply frequency**.*

The difference shall not exceed the values shown in Table 101.

Table 101 – Output voltage difference

Type of transformer Rated output VA	Difference between no-load output voltage and output voltage under load %
Up to and including 63	20
Over 63 up to and including 250	15
Over 250 up to and including 630	10
Over 630	5

13 Short-circuit voltage

This clause of Part 1 is applicable.

14 Heating

This clause of Part 1 is applicable.

15 Short-circuit and overload protection

This clause of Part 1 is applicable.

16 Mechanical strength

This clause of Part 1 is applicable.

17 Protection against harmful ingress of dust, solid objects and moisture

This clause of Part 1 is applicable.

18 Insulation resistance, dielectric strength and leakage current

This clause of Part 1 is applicable.

19 Construction

This clause of Part 1 is applicable except as follows:

Replace 19.1 by the following:

19.1 The **input** and **output circuits** shall be electrically separated from each other, and the construction shall be such that there is no possibility of any connection between these circuits, either directly or indirectly, via other **conductive parts**, except by deliberate action.

Compliance is checked by inspection and measurements, taking Clauses 18 and 26 into consideration.

19.1.1 The insulation between **input** and **output winding(s)** shall consist of **double** or **reinforced insulation** (rated for the **working voltage**) unless the requirements in 19.1.3 are complied with:

In addition, the following applies:

- for **class I transformers** not intended for connection to the mains supply by means of a plug, the insulation between the **input windings** and the **body** connected to earth shall consist of at least **basic insulation** rated for the **input voltage**. The insulation between the **output windings** and the **body** connected to earth, shall consist of at least **basic insulation** (rated for the **output voltage**);
- for **class I transformers** intended for connection to the mains supply by means of a plug, the insulation between the **input windings** and the **body** shall consist of at least **basic insulation**, and the insulation between the **output windings** and the **body** shall consist of at least **supplementary insulation** (both basic and supplementary insulations rated for the **working voltage**);
- for **class II transformers**, the insulation between the **input windings** and the **body** shall consist of **double** or **reinforced insulation** (rated for the **input voltage**). The insulation between the **output windings** and the **body**, shall consist of **double** or **reinforced insulation** (rated for the **output voltage**).

19.1.2 For **transformers** with intermediate **conductive parts** (e.g. the iron core) not connected to the **body** and located between the **input** and **output windings**, the following requirements are applicable:

19.1.2.1 for **class I** and **class II transformers**, the insulation between the **input** and **output windings** via the intermediate **conductive parts** shall consist of **double** or **reinforced insulation** (rated for the **working voltage**);

- for **class II transformers**, the insulation between the **input windings** and the **body**, and between the **output windings** and the **body** via the intermediate **conductive parts** shall consist of **double** or **reinforced insulation** (rated for the **input** and **output voltage**), for SELV circuits **basic insulation** only is required.
- for **transformer** different from independent (IP00), the insulation between the **input** and **output windings** via the intermediate **conductive parts** shall consist of **double** or **reinforced insulation** (rated for the **working voltage**).

19.1.2.2 as alternative to 19.1.2.1 for **class I transformer**, not intended to be connected by means of a plug and for **transformer** different from independent (IP00), if the construction assure that all laminated plates of the iron core are connected to earth (e.g by soldering / welding) and if in the data sheet or instruction sheet clearly state that the safety of the **transformer** depends on the earth connection and that is not possible to use in **class II** equipment, than the following apply: the insulation between the **input windings** and the intermediate **conductive part** connected to earth, and between the **output windings** and the intermediate **conductive part** connected to earth, shall consist of at least **basic insulation** (rated for the **input** and **output voltage**);

19.1.2.3 in addition to 19.1.2.1 and 19.1.2.2 the insulation between the intermediate **conductive parts** and the **input windings**, and between the intermediate **conductive parts** and the **output windings** shall consist of at least **basic insulation** (rated for the **input** and **output voltage**). An intermediate **conductive part** not separated from the **input** or **output windings** or the **body** by at least **basic insulation** is considered to be connected to the relevant part(s).

19.1.3 For **class I transformers** not intended for connection to the mains supply by means of a plug, the insulation between the **input** and **output windings** may consist of **basic insulation** plus **protective screening** instead of **double** or **reinforced insulation**, provided the following conditions are complied with:

- the insulation between the **input winding** and the protective screen shall comply with the requirements for **basic insulation** (rated for the input voltage);
- the insulation between the protective screen and the **output winding** shall comply with the requirements for **basic insulation** (rated for the output voltage);
- the protective screen shall, unless otherwise specified, consist of a metal foil or of a wire wound screen extending at least the full width of the **input winding** and shall have no gaps or holes;
- where the protective screen does not cover the entire width of the **input winding**, additional adhesive tapes or equivalent insulation shall be used to ensure **double insulation** in that area;
- if the protective screen is made of a foil, the turns shall be insulated from each other. In case of only one turn, it shall have an isolated overlap of at least 3 mm;
- the wire of a wire wound screen and the lead out wire of the protective screen shall have a cross-sectional area at least corresponding to the rated current of the overload device to ensure that if a breakdown of insulation should occur, the overload protective device will open the circuit before the lead-out wire is destroyed;
- the lead-out wire shall be soldered to the protective screen or secured in an equally reliable manner.

NOTE For the purpose of this subclause, the term "winding" does not include **internal circuits**

Examples of construction of windings are given in Annex M of Part 1.

19.1.4 There shall be no connection between **output circuits** and the protective earth, unless this is allowed for **associated transformers** by the relevant equipment standard.

19.1.5 There shall be no connection between **output circuits** and the **body**, unless this is allowed for **associated transformers** by the relevant equipment standard.

Compliance is checked by inspection.

19.1.6 The input and output terminals for the connection of external wiring shall be so located that the distance measured between the points of introduction of the conductors into these terminals is not less than 25 mm. If a barrier is used to obtain this distance, the measurement shall be made over and around the barrier which shall be of insulating material and permanently fixed to the **transformer**.

Compliance is checked by inspection and by measurement disregarding intermediate conductive parts.

Addition:

19.101 **Portable transformers** having a **rated output** not exceeding 630 VA shall be class II.

19.102 There shall be no connection between the **output circuits** and the **body**, unless - for **associated transformers** - allowed by the relevant equipment standard.

19.103 For **transformers** for connection to the mains by the means of a plug of any type (incorporating or not), the alternative with **basic insulation** plus **protective screening** is not allowed.

20 Components

This clause of Part 1 is applicable.

21 Internal wiring

This clause of Part 1 is applicable.

22 Supply connection and other external flexible cable or cords

This clause of Part 1 is applicable.

23 Terminals for external conductors

This clause of Part 1 is applicable.

24 Provisions for protective earthing

This clause of Part 1 is applicable.

25 Screws and connections

This clause of Part 1 is applicable.

26 Creepage distances, clearances and distances through insulation

This clause of Part 1 is applicable except as follows:

Addition:

26.101 The values for creepage distances, clearances and distances through insulation for working voltages above 1 000 V may be found by extrapolation.

27 Resistance to heat, fire and tracking

This clause of Part 1 is applicable.

28 Resistance to rusting

This clause of Part 1 is applicable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61558-2-4:2009

Annexes

The annexes of Part 1 are applicable except as follows:

Annex C

Creepage distances (cr), clearances (cl) and distances through insulation (dti) Material group II ($400 \leq \text{CTI} < 600$)

This annex of Part 1 is applicable, except as follows:

Addition:

The values for creepage distances, clearances and distances through insulation for working voltages above 1 000 V may be found by extrapolation.

Annex D

Creepage distances (cr), clearances (cl) and distances through insulation (dti) Material group I ($\text{CTI} \geq 600$)

This annex of Part 1 is applicable, except as follows:

Addition:

The values for creepage distances, clearances and distances through insulation for working voltages above 1 000 V may be found by extrapolation.

Annex R

Explanations of the application of 4.2 of IEC 60664-1:2007 (see IEC 61558-1 Subclause 26.2)

This annex of Part 1 is applicable, except as follows:

Addition:

The values for working voltage above 1 000 V may be found by extrapolation.

Bibliography

IEC 61558-2-16, *Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V – Part 2-16: Particular requirements and tests for switch mode power supply units and transformers for switch mode power supply units*¹

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61558-2-4:2009

¹ To be published.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61558-2-4:2009

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	17
1 Domaine d'application	20
2 Références normatives	21
3 Termes et définitions	21
4 Exigences générales	21
5 Généralités sur les essais	21
6 Caractéristiques assignées	21
7 Classification	22
8 Marquage et indications	22
9 Protection contre les chocs électriques	23
10 Changement de la tension primaire d'alimentation	23
11 Tension secondaire et courant secondaire en charge	23
12 Tension secondaire à vide	23
13 Tension de court-circuit	24
14 Echauffements	24
15 Protection contre les courts-circuits et les surcharges	24
16 Résistance mécanique	24
17 Protection contre les effets nuisibles dus à la pénétration de poussière, d'objets solides et de l'humidité	24
18 Résistance d'isolement, rigidité diélectrique et courant de fuite	24
19 Construction	24
20 Composants	27
21 Conducteurs internes	27
22 Raccordement à l'alimentation et câbles souples externes	27
23 Bornes pour conducteurs externes	27
24 Dispositions en vue de la mise à la terre	27
25 Vis et connexions	27
26 Lignes de fuite, distances d'isolement et distances à travers l'isolation	27
27 Résistance à la chaleur, au feu et aux courants de cheminement	27
28 Protection contre la rouille	27
Annexes	28
Annexe C Lignes de fuite (ldf), distances d'isolement (d) et distances à travers l'isolation (dti) – Matériau groupe II ($400 \leq \text{CTI} < 600$)	28
Annexe D Lignes de fuite (ldf), distances d'isolement (d) et distances à travers l'isolation (dti) Matériau groupe I (CTI (600))	28
Annexe R Explications de l'application de 4.2 de la CEI 60664-1:2007 (voir la CEI 61558-1 Paragraphe 26.2)	28
Bibliographie	29
Tableau 101 – Différence de la tension secondaire	24

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**SÉCURITÉ DES TRANSFORMATEURS, BOBINES D'INDUCTANCE,
BLOCS D'ALIMENTATION ET PRODUITS ANALOGUES
POUR DES TENSIONS D'ALIMENTATION JUSQU'À 1 100 V –****Partie 2-4: Règles particulières et essais pour les transformateurs
de séparation des circuits et les blocs d'alimentation incorporant
des transformateurs de séparation des circuits**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 61558-2-4 a été établie par le comité d'études 96 de la CEI: Transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour basse tension jusqu'à 1 100 V.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition publiée en 1997. Elle constitue une révision technique. Les principales modifications consistent en la mise à jour de la présente partie conformément à la Partie 1 (2005), et l'augmentation des tensions d'alimentation jusqu'à 1 100 V pour être en conformité avec les normes du TC 14.

La présente partie a le statut de publication groupée de sécurité conformément au Guide CEI 104 (1997): *Elaboration des publications de sécurité et utilisation des publications fondamentales de sécurité et publications groupées de sécurité.*

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
96/316/FDIS	96/321/RVD

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

Cette publication a été rédigée conformément aux Directives ISO/CEI, Partie 2.

La présente partie est destinée à être utilisée avec la dernière édition de la CEI 61558-1 et ses amendements. Elle est basée sur la seconde édition (2005) de cette norme.

La présente partie complète ou modifie les articles correspondants de la CEI 61558-1, de façon à la transformer en norme CEI: *Règles particulières et essais pour les transformateurs de séparation des circuits et les blocs d'alimentation incorporant des transformateurs de séparation des circuits.*

Une liste de toutes les parties de la série CEI 61558 est disponible sur le site internet de la CEI, sous le titre: *Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour des tensions d'alimentation jusqu'à 1 100 V.*

Les normes futures de cette série porteront dorénavant le nouveau titre général cité ci-dessus. Le titre des normes existant déjà dans cette série sera mis à jour lors d'une prochaine édition.

Lorsqu'un paragraphe particulier de la Partie 1 n'est pas mentionné dans la présente partie, ce paragraphe s'applique pour autant qu'il est raisonnable. Lorsque la présente partie spécifie «addition», «modification» ou «remplacement», le texte correspondant de la Partie 1 doit être adapté en conséquence.

Dans la présente partie, les caractères d'imprimerie suivants sont employés:

- exigences proprement dites: caractères romains;
- *modalités d'essais: caractères italiques;*
- commentaires: petits caractères romains.

Dans le texte de la présente partie, les mots en **gras** sont définis à l'Article 3.

Les paragraphes, notes, figures et tableaux complémentaires à ceux de la Partie 1 sont numérotés à partir de 101; les annexes complémentaires sont appelées AA, BB, etc.

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

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

NOTE L'attention des Comités Nationaux est attirée sur le fait que les fabricants d'appareils et les organismes d'essai peuvent avoir besoin d'une période transitoire après la publication d'une nouvelle publication CEI, ou d'une publication amendée ou révisée, pour fabriquer des produits conformes aux nouvelles exigences et pour adapter leurs équipements aux nouveaux essais ou aux essais révisés.

Le comité recommande que le contenu de cette publication soit entériné au niveau national au plus tôt 12 mois après la date de publication.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61558-2-4:2009

SÉCURITÉ DES TRANSFORMATEURS, BOBINES D'INDUCTANCE, BLOCS D'ALIMENTATION ET PRODUITS ANALOGUES POUR DES TENSIONS D'ALIMENTATION JUSQU'À 1 100 V –

Partie 2-4: Règles particulières et essais pour les transformateurs de séparation des circuits et les blocs d'alimentation incorporant des transformateurs de séparation des circuits

1 Domaine d'application

Remplacement:

La présente partie de la CEI 61558 traite de la sécurité des **transformateurs de séparation des circuits** pour applications d'ordre général et des **blocs d'alimentation** incorporant des **transformateurs de séparation des circuits** pour applications d'ordre général. Les **transformateurs** incorporant des **circuits électroniques** sont également couverts par cette norme.

NOTE 1 La sécurité comprend les aspects électrique, thermique et mécanique.

Sauf spécification contraire, dans la suite de ce document, le terme **transformateur** couvre les **transformateurs de séparation des circuits** pour applications d'ordre général et les **blocs d'alimentation** incorporant des **transformateurs de séparation des circuits** pour application d'ordre général.

NOTE 2 Pour les **blocs d'alimentation** (linéaires) cette partie est applicable. Pour les **blocs d'alimentation à découpage**, la CEI 61558-2-16 s'applique conjointement avec cette partie.

La présente partie s'applique aux **transformateurs secs fixes** ou **mobiles**, monophasés ou polyphasés, à refroidissement par air (naturel ou forcé) **indépendants** ou **associés**. Les enroulements peuvent être enrobés ou non enrobés.

La **tension primaire assignée** ne dépasse pas 1 100 V courant alternatif, et la **fréquence primaire assignée** et les **fréquences de fonctionnement interne** ne dépassent pas 500 Hz.

La **puissance assignée** ne dépasse pas:

- 25 kVA pour les **transformateurs** monophasés;
- 40 kVA pour les **transformateurs** polyphasés.

La présente partie est applicable aux **transformateurs** sans limitation de **puissance assignée**, objet d'un accord entre l'acheteur et le constructeur.

NOTE 3 Les **transformateurs** destinés à alimenter les réseaux de distribution ne font pas partie du domaine d'application.

La **tension secondaire à vide** ou la **tension secondaire assignée** dépasse 50 V courant alternatif ou 120 V courant continu lissé, et lorsque cela est applicable, elle ne dépasse pas 500 V courant alternatif ou 708 V courant continu lissé.

La **tension secondaire à vide** et la **tension secondaire assignée** peuvent atteindre 1 000 V courant alternatif ou 1 415 V courant continu lissé pour des applications spéciales.

La présente partie n'est pas applicable aux circuits externes et à leurs composants destinés à être connectés aux bornes primaires et bornes secondaires des **transformateurs**.

Les **transformateurs** couverts par la présente partie sont utilisés dans les applications où la **double isolation** ou l'**isolation renforcée** entre circuits est exigée par les règles d'installation ou par la norme du produit final.

NOTE 4 L'attention est attirée sur les points suivants:

- pour les **transformateurs** destinés à être utilisés dans des véhicules, à bord de navires et d'avions, des exigences supplémentaires (venant d'autres normes applicables, de règles nationales, etc) peuvent être nécessaires;
- il convient également de prendre des mesures pour protéger l'**enveloppe** et les composants à l'intérieur de l'enveloppe contre les influences externes telles que les champignons, la vermine, les termites, le rayonnement solaire et le givre;
- Il convient également de prendre en considération les différentes conditions de transport, de stockage et de fonctionnement des **transformateurs**;
- des exigences supplémentaires en conformité avec les autres normes appropriées et règles nationales peuvent être appliquées aux **transformateurs** destinés à être utilisés dans un environnement particulier.

NOTE 5 Une augmentation de la limite supérieure des fréquences peut s'avérer nécessaire pour des besoins de développement technique futur des **transformateurs**. Jusque là, la présente partie peut être utilisée comme un guide.

2 Références normatives

L'article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit:

Addition:

CEI 61558-1:2005, *Sécurité des transformateurs, alimentations, bobines d'inductance et produits analogues – Partie 1: Exigences générales et essais*

3 Termes et définitions

L'article de la Partie 1 est applicable.

4 Exigences générales

L'article de la Partie 1 est applicable.

5 Généralités sur les essais

L'article de la Partie 1 est applicable.

6 Caractéristiques assignées

L'article de la Partie 1 est applicable.

Addition:

6.101 La **tension secondaire assignée** doit être supérieure à 50 V courant alternatif ou 120 V courant continu lissé mais ne doit pas être supérieure à:

- 250 V courant alternatif pour les **transformateurs mobiles** monophasés;
- 400 V courant alternatif pour les **transformateurs mobiles** polyphasés, et

- 500 V courant alternatif ou 708 V courant continu lissé pour les autres **transformateurs**. Dans ce cas, la **tension secondaire assignée** peut aller jusqu'à 1 000 V courant alternatif ou 1 415 V courant continu lissé en accord avec les règles nationales d'installation ou pour des applications spéciales. Cette limitation de la tension secondaire s'applique même lorsque des enroulements secondaires, non destinés à l'interconnexion, sont connectés en série.

6.102 La **puissance assignée** ne doit pas être supérieure à:

- 25 kVA pour les **transformateurs** monophasés;
- 40 kVA pour les **transformateurs** polyphasés.

Les **transformateurs** sans limitation de la puissance assignée doivent être soumis à un accord entre le fabricant et le constructeur.

6.103 La **fréquence d'alimentation assignée** et la **fréquence de fonctionnement interne** ne doivent pas être supérieures à 500 Hz.

6.104 La **tension primaire assignée** ne doit pas être supérieure à 1 100 V courant alternatif.

La conformité aux exigences de 6.101 à 6.104 est vérifiée par examen du marquage.

7 Classification

L'article de la Partie 1 est applicable.

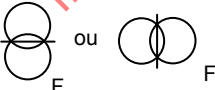
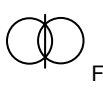
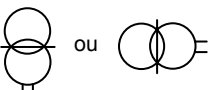
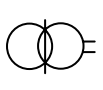
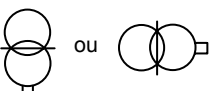
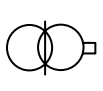
8 Marquage et indications

L'article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit:

8.1 h) Remplacement:

Remplacer la première phrase par le texte suivant: les symboles graphiques correspondants montrés en 8.11 indiquant le type de **transformateurs**;

8.11 Addition:

Symbole ou symbole graphique	Explication ou titre	Identification
 ou 	Transformateur de séparation des circuits non dangereux en cas de défaillance	60417-5221
 ou 	Transformateur de séparation des circuits non résistant aux courts-circuits	60417-5944
 ou 	Transformateur de séparation des circuits résistant aux courts-circuits (par construction ou par dispositif incorporé)	60417-5945

9 Protection contre les chocs électriques

L'article de la Partie 1 est applicable.

10 Changement de la tension primaire d'alimentation

L'article de la Partie 1 est applicable.

11 Tension secondaire et courant secondaire en charge

L'article de la Partie 1 est applicable.

12 Tension secondaire à vide

L'article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit:

Addition:

La **tension secondaire à vide** est mesurée lorsque le **transformateur** est connecté à la **tension primaire assignée** à la **fréquence d'alimentation assignée** à température ambiante définie dans la Partie 1.

12.101 La **tension secondaire à vide** doit être supérieure à 50 V courant alternatif ou 120 V courant continu lissé mais ne doit pas être supérieure à:

- 300 V courant alternatif pour les **transformateurs mobiles** monophasés;
- 500 V courant alternatif pour les **transformateurs mobiles** polyphasés, et
- 500 V courant alternatif ou 708 V courant continu lissé pour les autres **transformateurs**. Dans ce cas, la **tension secondaire à vide** peut aller jusqu'à 1 000 V courant alternatif ou 1 415 V courant continu lissé en accord avec les règles nationales d'installation ou pour des applications spéciales.

Pour les **transformateurs indépendants**, la limitation de la **tension secondaire** s'applique même si les **enroulements secondaires**, non destinés à l'interconnexion, sont connectés en série.

12.102 La différence entre la **tension secondaire à vide** et la tension secondaire en charge ne doit pas être excessive.

La différence est exprimée en pourcentage de la dernière tension calculée d'après la formule suivante:

$$\frac{U_{\text{à vide}} - U_{\text{charge}}}{U_{\text{charge}}} \times 100 \text{ (\%)}$$

où $U_{\text{à vide}}$ est la tension secondaire à vide et U_{charge} est la tension secondaire en charge.

La conformité aux exigences de 12.101 et 12.102 est vérifiée en mesurant la **tension secondaire à vide** à la **température ambiante** quand le **transformateur** est raccordé à la **tension primaire assignée** à la **fréquence d'alimentation assignée**.

La différence ne doit pas dépasser les valeurs du Tableau 101.

Tableau 101 – Différence de la tension secondaire

Type de transformateur Puissance assignée VA	Différence entre la tension secondaire à vide et la tension secondaire en charge %
Jusqu'à 63 inclus	20
Supérieur à 63 et jusqu'à 250 inclus	15
Supérieur à 250 et jusqu'à 630 inclus	10
Supérieur à 630	5

13 Tension de court-circuit

L'article de la Partie 1 est applicable.

14 Echauffements

L'article de la Partie 1 est applicable.

15 Protection contre les courts-circuits et les surcharges

L'article de la Partie 1 est applicable.

16 Résistance mécanique

L'article de la Partie 1 est applicable.

17 Protection contre les effets nuisibles dus à la pénétration de poussière, d'objets solides et de l'humidité

L'article de la Partie 1 est applicable.

18 Résistance d'isolement, rigidité diélectrique et courant de fuite

L'article de la Partie 1 est applicable.

19 Construction

L'article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit:

Remplacer 19.1 par ce qui suit:

19.1 Les **circuits primaires** et **secondaires** doivent être séparés électriquement les uns des autres et la construction doit être telle qu'il n'y ait aucune possibilité de connexion entre ces circuits soit directement, soit indirectement via d'autres **parties conductrices**, sauf en cas d'action délibérée.

La conformité est vérifiée par examen et mesurage en prenant en considération les Articles 18 et 26.

19.1.1 L'isolation entre **enroulement(s) primaire(s)** et **secondaire(s)** doit être constituée d'une **double isolation** ou d'une **isolation renforcée** (dimensionnée pour la **tension locale**) à moins que les exigences de 19.1.3 soient satisfaites.

De plus, ce qui suit s'applique:

- pour les **transformateurs de classe I**, non destinés à être raccordés à l'alimentation du réseau au moyen d'une prise de courant, l'isolation entre les **enroulements primaires** et la **masse** reliée à la terre doit être au moins constituée d'une **isolation principale** dimensionnée pour la **tension primaire**. L'isolation entre les **enroulements secondaires** et la **masse** reliée à la terre doit être au moins constituée d'une **isolation principale** (dimensionnée pour la **tension secondaire**).
- pour les **transformateurs de classe I**, destinés à être raccordés à l'alimentation du réseau au moyen d'une prise de courant, l'isolation entre les **enroulements primaires** et la **masse** doit être au moins constituée d'une **isolation principale** et l'isolation entre les **enroulements secondaires** et la **masse** doivent être au moins constitués d'une **isolation supplémentaire** (les deux isolations, principale et supplémentaire, dimensionnées pour la **tension locale**);
- pour les **transformateurs de classe II**, l'isolation entre les **enroulements primaires** et la **masse** doit être constituée d'une **double isolation** ou d'une **isolation renforcée** (dimensionnée pour la **tension primaire**). L'isolation entre les **enroulements secondaires** et la **masse** doit être constituée d'une **double isolation** ou d'une **isolation renforcée** (dimensionnée pour la **tension secondaire**).

19.1.2 Pour les **transformateurs** avec des **parties conductrices** intermédiaires (par exemple le noyau métallique) non raccordées à la **masse** et situées entre les **enroulements primaires et secondaires**, les exigences suivantes sont applicables:

19.1.2.1 Pour les **transformateurs de classe I** et les **transformateurs de classe II**, l'isolation entre les **enroulements primaires** et les **enroulements secondaires** via les **parties conductrices** intermédiaires doit être constituée d'une **double isolation** ou d'une **isolation renforcée** (dimensionnée pour la **tension locale**);

- pour les **transformateurs de classe II**, l'isolation entre les **enroulements primaires** et la **masse** et entre les **enroulements secondaires** et la **masse** via les **parties conductrices** intermédiaires doit être constituée d'une **double isolation** ou d'une **isolation renforcée** (dimensionnée pour la **tension primaire** et la **tension secondaire**), pour les circuits TBTS, seule une **isolation principale** est exigée.
- pour les **transformateurs** non indépendants (IP00), l'isolation entre les **enroulements primaires** et les **enroulements secondaires** via les **parties conductrices** intermédiaires doit être constituée d'une **double isolation** ou d'une **isolation renforcée** (dimensionnée pour la **tension locale**).

19.1.2.2 En alternative à 19.1.2.1 pour les **transformateurs de classe I** non destinés à être raccordés au moyen d'une prise de courant et pour les **transformateurs** non indépendants (IP00), si la construction assure le raccordement à la terre de toutes les tôles du noyau métallique (par exemple par brasage/soudage) et si la fiche technique ou fiche d'instruction indique clairement que la sécurité du **transformateur** dépend du raccordement à la terre et que son utilisation dans du matériel de **classe II** n'est pas possible alors ce qui suit s'applique: l'isolation entre les **enroulements primaires** et la **partie conductrice** intermédiaire raccordée à la terre et entre les **enroulements secondaires** et la **partie conductrice** intermédiaire raccordée à la terre doit être au moins constituée d'une **isolation principale** (dimensionnée pour la **tension primaire** et la **tension secondaire**).

19.1.2.3 En plus de 19.1.2.1 et 19.1.2.2, l'isolation entre les **parties conductrices** intermédiaires et les **enroulements primaires** et entre les **parties conductrices** intermédiaires et les **enroulements secondaires** doit être au moins constituée d'une **isolation principale** (dimensionnée pour la **tension primaire** et la **tension secondaire**). Une **partie conductrice** intermédiaire non séparée des **enroulements**