

**Superconductivity - Part 11: Residual resistance ratio
measurement - Residual resistance ratio of Nb₃Sn
composite superconductors**

This document is a preview generated by EVS

EESTI STANDARDI EESSÕNA

NATIONAL FOREWORD

Käesolev Eesti standard EVS-EN 61788-11:2003 sisaldab Euroopa standardi EN 61788-11:2003 ingliskeelset teksti.

Standard on kinnitatud Eesti Standardikeskuse 17.07.2003 käskkirjaga ja jõustub sellekohase teate avaldamisel EVS Teatajas.

Euroopa standardimisorganisatsioonide poolt rahvuslikele liikmetele Euroopa standardi teksti kättesaadavaks tegemise kuupäev on 11.04.2003.

Standard on kättesaadav Eesti standardiorganisatsioonist.

This Estonian standard EVS-EN 61788-11:2003 consists of the English text of the European standard EN 61788-11:2003.

This standard is ratified with the order of Estonian Centre for Standardisation dated 17.07.2003 and is endorsed with the notification published in the official bulletin of the Estonian national standardisation organisation.

Date of Availability of the European standard text 11.04.2003.

The standard is available from Estonian standardisation organisation.

ICS 17.220, 29.050

Standardite reprodutseerimis- ja levitamiseõigus kuulub Eesti Standardikeskusele

Andmete paljundamine, taastekitamine, kopeerimine, salvestamine elektroonilisse süsteemi või edastamine ükskõik millises vormis või millisel teel on keelatud ilma Eesti Standardikeskuse poolt antud kirjaliku loata.

Kui Teil on küsimusi standardite autorikaitse kohta, palun võtke ühendust Eesti Standardikeskusega:
Aru 10 Tallinn 10317 Eesti; www.evs.ee; Telefon: 605 5050; E-post: info@evs.ee

Right to reproduce and distribute Estonian Standards belongs to the Estonian Centre for Standardisation

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, without permission in writing from Estonian Centre for Standardisation.

If you have any questions about standards copyright, please contact Estonian Centre for Standardisation:
Aru str 10 Tallinn 10317 Estonia; www.evs.ee; Phone: +372 605 5050; E-mail: info@evs.ee

English version

Superconductivity
Part 11: Residual resistance ratio measurement -
Residual resistance ratio of Nb₃Sn composite superconductors
(IEC 61788-11:2003)

Supraconductivité
Partie 11: Mesure du rapport
de résistance résiduelle -
Rapport de résistance résiduelle
des supraconducteurs composites
de Nb₃Sn
(CEI 61788-11:2003)

Supraleitfähigkeit
Teil 11: Messung des
Restwiderstandsverhältnisses -
Restwiderstandsverhältnis von
Nb₃Sn-Verbundsupraleitern
(IEC 61788-11:2003)

This European Standard was approved by CENELEC on 2003-03-01. CENELEC members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration.

Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the Central Secretariat or to any CENELEC member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CENELEC member into its own language and notified to the Central Secretariat has the same status as the official versions.

CENELEC members are the national electrotechnical committees of Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Portugal, Slovakia, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.

CENELEC

European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung

Central Secretariat: rue de Stassart 35, B - 1050 Brussels

Foreword

The text of document 90/131/FDIS, future edition 1 of IEC 61788-11, prepared by IEC TC 90, Superconductivity, was submitted to the IEC-CENELEC parallel vote and was approved by CENELEC as EN 61788-11 on 2003-03-01.

The following dates were fixed:

- latest date by which the EN has to be implemented
at national level by publication of an identical
national standard or by endorsement (dop) 2003-12-01
- latest date by which the national standards conflicting
with the EN have to be withdrawn (dow) 2006-03-01

Annexes designated "normative" are part of the body of the standard.
Annexes designated "informative" are given for information only.
In this standard, annex ZA is normative and annex A is informative.
Annex ZA has been added by CENELEC.

Endorsement notice

The text of the International Standard IEC 61788-11:2003 was approved by CENELEC as a European Standard without any modification.

Annex ZA
(normative)

**Normative references to international publications
with their corresponding European publications**

This European Standard incorporates by dated or undated reference, provisions from other publications. These normative references are cited at the appropriate places in the text and the publications are listed hereafter. For dated references, subsequent amendments to or revisions of any of these publications apply to this European Standard only when incorporated in it by amendment or revision. For undated references the latest edition of the publication referred to applies (including amendments).

NOTE When an international publication has been modified by common modifications, indicated by (mod), the relevant EN/HD applies.

<u>Publication</u>	<u>Year</u>	<u>Title</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Year</u>
IEC 60050-815	- ¹⁾	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) Chapter 815: Superconductivity	-	-

¹⁾ Undated reference.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

61788-11

Première édition
First edition
2003-01

Supraconductivité –

Partie 11:

**Mesure du rapport de résistance résiduelle –
Rapport de résistance résiduelle des
supraconducteurs composites de Nb₃Sn**

Superconductivity –

Part 11:

**Residual resistance ratio measurement –
Residual resistance ratio of Nb₃Sn composite
superconductors**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61788-11:2003

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61788-11

Première édition
First edition
2003-01

Supraconductivité –

Partie 11:

**Mesure du rapport de résistance résiduelle –
Rapport de résistance résiduelle des
supraconducteurs composites de Nb₃Sn**

Superconductivity –

Part 11:

**Residual resistance ratio measurement –
Residual resistance ratio of Nb₃Sn composite
superconductors**

© IEC 2003 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

N

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
1 Domaine d'application.....	8
2 Références normatives	8
3 Termes et définitions	8
4 Prescriptions.....	10
5 Appareillage	10
5.1 Matériau de l'embase de mesure	10
5.2 Longueur de l'embase de mesure	10
5.3 Cryostat pour la mesure de la résistance R_2	10
6 Préparation de l'éprouvette	10
7 Acquisition des données	10
7.1 Résistance (R_1) à température ambiante	10
7.2 Résistance (R_2) immédiatement supérieure à la transition supraconductrice	12
7.3 Rapport de résistance résiduelle (RRR)	14
8 Exactitude et stabilité de la méthode d'essai	16
8.1 Température	16
8.2 Mesure de la tension	16
8.3 Courant	16
9 Rapport d'essai	16
9.1 Eprouvette	16
9.2 Valeurs RRR consignées	16
9.3 Rapport des conditions d'essai	16
Annexe A (informative) Informations supplémentaires concernant la mesure du RRR	22
Figure 1 – Rapport entre la température et la tension.....	20
Figure 2 – Courbes de la tension en fonction de la température et définition de chaque tension	20

CONTENTS

FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	9
4 Requirements	11
5 Apparatus	11
5.1 Material of measuring base plate	11
5.2 Length of the measuring base plate	11
5.3 Cryostat for the resistance R_2 measurement	11
6 Specimen preparation	11
7 Data acquisition	11
7.1 Resistance (R_1) at room temperature	11
7.2 Resistance (R_2) just above the superconducting transition	13
7.3 Residual resistance ratio (RRR)	15
8 Accuracy and stability in the test method	17
8.1 Temperature	17
8.2 Voltage measurement	17
8.3 Current	17
9 Test report	17
9.1 Specimen	17
9.2 Report of RRR values	17
9.3 Report of test conditions	17
Annex A (informative) Additional information relating to measurement of RRR	23
Figure 1 – Relationship between temperature and voltage	21
Figure 2 – Voltage versus temperature curves and definition of each voltage	21

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SUPRACONDUCTIVITÉ –

Partie 11: Mesure du rapport de résistance résiduelle – Rapport de résistance résiduelle des supraconducteurs composites de Nb₃Sn

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) 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. 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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente norme internationale 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 61788-11 a été établie par le Comité d'Etudes 90: Supra-conductivité.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
90/131/FDIS	90/134/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 selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2007. A cette date, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SUPERCONDUCTIVITY –**Part 11: Residual resistance ratio measurement –
Residual resistance ratio of Nb₃Sn composite superconductors**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61788-11 has been prepared by IEC Technical Committee 90: Superconductivity.

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

FDIS	Report on voting
90/131/FDIS	90/134/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.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2007. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

Le cuivre ou l'aluminium sont utilisés comme stabilisateurs dans les supraconducteurs multifilamentaires de Nb_3Sn et fonctionnent comme une dérivation électrique lorsque la supraconductivité est interrompue. Ils contribuent également à la reprise de la supraconductivité en dirigeant la chaleur générée dans le supraconducteur vers le fluide de refroidissement environnant. La résistivité du cuivre utilisé dans les supraconducteurs composites dans la zone de température cryogénique est une grandeur importante qui influe sur la stabilité du supraconducteur. Le rapport de résistance résiduelle est défini comme le rapport entre la résistance du supraconducteur à température ambiante et celle immédiatement supérieure à la transition supraconductrice.

La présente Norme internationale décrit la méthode d'essai relative au rapport de résistance résiduelle des supraconducteurs composites de Nb_3Sn . La méthode des courbes est utilisée pour mesurer la résistance immédiatement supérieure à la transition supraconductrice. D'autres méthodes sont décrites à l'article A.2.

INTRODUCTION

Copper or aluminium is used as stabilizer material in multifilamentary Nb₃Sn superconductors and works as an electrical shunt when the superconductivity is interrupted. It also contributes to recovery of the superconductivity by conducting the heat generated in the superconductor to the surrounding coolant. The resistivity of copper used in the composite superconductor in the cryogenic temperature region is an important quantity which influences the stability of the superconductor. The residual resistance ratio is defined as a ratio of the resistance of the superconductor at room temperature to that just above the superconducting transition.

In this International Standard, the test method for the residual resistance ratio of Nb₃Sn composite superconductors is described. The curve method is employed for the measurement of the resistance just above the superconducting transition. Other methods are described in clause A.2.

SUPRACONDUCTIVITÉ –

Partie 11: Mesure du rapport de résistance résiduelle – Rapport de résistance résiduelle des supraconducteurs composites de Nb₃Sn

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61788 spécifie une méthode d'essai pour la détermination du rapport de résistance résiduelle (*RRR*) des conducteurs composites de Nb₃Sn. Cette méthode est destinée à être utilisée avec des éprouvettes de supraconducteurs présentant une structure monolithique avec une section rectangulaire ou circulaire, un rapport *RRR* inférieur à 350, une surface de section inférieure à 3 mm², et qui ont reçu un traitement thermique de réaction. Dans l'absolu, il est prévu que les éprouvettes soient aussi droites que possible; cependant, ce n'est pas toujours le cas, c'est pourquoi il faut s'assurer que la mesure est effectuée sur des éprouvettes en l'état de livraison. Toutes les mesures sont effectuées sans appliquer de champ magnétique.

La méthode décrite dans le corps de texte de la présente norme est la méthode de «référence»; des méthodes d'acquisition facultatives sont présentées à l'annexe A.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, c'est l'édition la plus récente du document normatif indiqué qui s'applique.

CEI 60050-815, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 815: Supraconductivité*

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61788, les définitions de la CEI 60050-815 s'appliquent avec la suivante.

3.1

rapport de résistance résiduelle

RRR (abréviation)

rapport entre la résistance à température ambiante et la résistance immédiatement supérieure à la transition supraconductrice

Le rapport de résistance résiduelle du fil composite est obtenu au moyen de l'équation (1) ci-dessous, où la résistance (*R*₁) à température ambiante (20 °C) est divisée par la résistance (*R*₂) immédiatement supérieure à la transition supraconductrice.

$$RRR = \frac{R_1}{R_2} \quad (1)$$

La figure 1 montre de manière schématique une courbe de la tension en fonction de la température obtenue sur une éprouvette en mesurant la résistance cryogénique. Tracer une droite dans la figure 1 au niveau où la tension augmente fortement (a), puis tracer une autre droite dans la figure 1 au niveau où la tension augmente progressivement (b) avec la température. La valeur de la résistance à l'intersection de ces deux droites, A, est définie comme la résistance (*R*₂) immédiatement supérieure à la transition supraconductrice.

SUPERCONDUCTIVITY –

Part 11: Residual resistance ratio measurement – Residual resistance ratio of Nb₃Sn composite superconductors

1 Scope

This part of IEC 61788 covers a test method for the determination of the residual resistance ratio (*RRR*) of Nb₃Sn composite conductors. This method is intended for use with superconductor specimens that have a monolithic structure with a rectangular or round cross section, *RRR* less than 350 and cross-sectional area less than 3 mm², and have received a reaction heat-treatment. Ideally, it is intended that the specimens are as straight as possible; however, this is not always the case, thus care must be taken to measure the specimen in its as received condition. All measurements are done without an applied magnetic field.

The method described in the body of this standard is the “reference” method; optional acquisition methods are outlined in Annex A.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application 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 60050-815, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 815: Superconductivity*

3 Terms and definitions

For the purposes of this part of IEC 61788, the terms and definitions given in IEC 60050-815 and the following apply.

3.1

residual resistance ratio

RRR (abbreviation)

the ratio of resistance at room temperature to the resistance just above the superconducting transition

The residual resistance ratio of the composite wire is obtained in equation (1) below, where the resistance (R_1) at room temperature (20 °C) is divided by the resistance (R_2) just above the superconducting transition.

$$RRR = \frac{R_1}{R_2} \quad (1)$$

Figure 1 shows schematically a voltage versus temperature curve acquired on a specimen while measuring cryogenic resistance. Draw a line in Figure 1 where the voltage sharply increases (a), and draw also a line in Figure 1 where the voltage increases gradually (b) with temperature. The value of resistance at the intersection of these two lines, A, is defined as resistance (R_2) just above the superconducting transition.