

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

61788-12

Première édition
First edition
2002-06

Supraconductivité –

Partie 12:

**Mesure du rapport volumique
matrice/supraconducteur –
Rapport volumique cuivre/non-cuivre des
fils en composite supraconducteur Nb₃Sn**

Superconductivity –

Part 12:

**Matrix to superconductor volume
ratio measurement –
Copper to non-copper volume ratio of Nb₃Sn
composite superconducting wires**

© IEC 2002 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 Principe.....	10
5 Appareillage	10
6 Mode opératoire	10
6.1 Préparation de l'éprouvette	10
6.2 Mesure.....	12
6.3 Méthode d'essai pour la seconde éprouvette.....	12
6.4 Poids papier.....	12
7 Calcul de résultats.....	14
8 Fidélité et exactitude de la méthode d'essai	14
9 Rapport d'essai	14
9.1 Rapport volumique cuivre/non-cuivre.....	14
9.2 Identification de l'éprouvette d'essai.....	14
Annexe A (normative) Mesure – Méthode de traitement d'image.....	16
Annexe B (normative) Mesure – Méthode de la masse de cuivre.....	18
Annexe C (normative) Méthode de mesure planimétrique	20
Annexe D (informative) Méthode de polissage de l'éprouvette	22
Annexe E (informative) Différence de rapport cuivre/non-cuivre avant et après traitement thermique de génération Nb ₃ Sn.....	24
Annexe F (informative) Erreur de poids papier lors de la duplication.....	26
Annexe G (informative) Sections des fils Cu/Nb ₃ Sn	28

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	9
4 Principle	11
5 Apparatus.....	11
6 Measurement procedure.....	11
6.1 Preparation of specimen.....	11
6.2 Measurement	13
6.3 Test procedure for the second specimen	13
6.4 Paper mass	13
7 Calculation of results.....	15
8 Precision and accuracy of the test method.....	15
9 Test report.....	15
9.1 Copper to non-copper volume ratio.....	15
9.2 Identification of test specimen	15
Annex A (normative) Measurement – Image processing method	17
Annex B (normative) Measurement – Copper mass method	19
Annex C (normative) Measurement method using planimeter	21
Annex D (informative) Specimen polishing method.....	23
Annex E (informative) Difference of the copper to non-copper volume ratio before and after the Nb ₃ Sn generation heat treatment process.....	25
Annex F (informative) Paper mass error at copy	27
Annex G (informative) Cross-sections of Cu/Nb ₃ Sn wires	29

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SUPRACONDUCTIVITÉ –

Partie 12: Mesure du rapport volumique matrice/supraconducteur – Rapport volumique cuivre/non-cuivre des fils en composite supraconducteur Nb₃Sn

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation internationale de normalisation composée de tous les 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 qui assurent la liaison avec la CEI participent également à cette préparation. 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 du 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 ces normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains 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 61788-12 a été établie par le Comité technique 90 de la CEI: Supraconductivité.

Le texte anglais de cette norme est basé sur les documents 90/123/FDIS et 90/128/RVD. Le rapport de vote 90/128/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Les annexes A, B et C font partie intégrante de cette norme.

Les annexes D, E, F et G sont données uniquement à titre d'information.

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 12: Matrix to superconductor volume ratio measurement –
Copper to non-copper volume ratio of Nb₃Sn composite
superconducting wires**

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 61788-12 has been prepared by IEC technical committee 90: Superconductivity.

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

FDIS	Report on voting
90/123/FDIS	90/128/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 3.

Annexes A, B and C form an integral part of this standard.

Annexes D, E, F and G are for information only.

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 rapport volumique cuivre/non-cuivre des fils supraconducteurs est une valeur numérique importante utilisée pour déterminer la densité de courant critique et sa stabilité, qui sont deux des caractéristiques importantes des fils supraconducteurs. La présente norme couvre une méthode d'essai normalisée pour le rapport volumique cuivre/non-cuivre de fils en composite supraconducteur Nb_3Sn en cuivre stabilisé multiconducteur (ci-dessous désigné par le terme fils Cu/Nb_3Sn).

Les fils Cu/Nb_3Sn peuvent être classés en quatre types en fonction de l'implantation du stabilisateur, comme illustré à l'Annexe G: le type à stabilisateur externe, le type à stabilisateur interne, le type à stabilisateur réparti et le type à stabilisateur contigu avec barrière répartie. Il est admis d'appliquer la méthode d'essai couverte par la présente norme à un type dont la section est du type à stabilisateur externe ou à stabilisateur interne, quel que soit le processus de production employé.

Pour le type de stabilisateur interne, la structure interne de certains des fils Cu/Nb_3Sn empêche la dissolution et l'enlèvement du cuivre. Contrairement aux fils supraconducteurs $Nb-Ti$ à matrice en cuivre, cela empêche l'application de la méthode de la masse de cuivre. De nouvelles méthodes sont par conséquent nécessaires, comme décrit ci-après.

- la méthode du poids papier, par laquelle une photographie de la section du fil à mesurer est reproduite sur du papier à tracer, ou une copie de la photographie est effectuée au moyen d'un photocopieur. Le papier est ensuite coupé en différentes portions pour mesurer le poids de chaque morceau de papier;
- la méthode de traitement de l'image, par laquelle l'image de la photographie de la section est numérisée et les surfaces correspondantes sont analysées par logiciel;
- la méthode du planimètre, par laquelle les surfaces des sections sont mesurées au moyen d'un planimètre.

La présente norme traite de la méthode du poids papier qui est la plus généralement adoptée. Comme méthodes supplémentaires, les Annexes A et B décrivent respectivement la méthode de traitement d'image et la méthode de la masse de cuivre adoptées pour les fils Cu/Nb_3Sn . L'Annexe C spécifie la méthode utilisant un planimètre et l'Annexe D donne un exemple de méthode de polissage.

INTRODUCTION

The copper to non-copper volume ratio of superconducting wires serves as an important numeric value used when determining the critical current density and its stability, which are two of the important characteristics of superconducting wires. This test method is concerned with the standardization of the test method for the copper to non-copper volume ratio of copper stabilized Nb₃Sn multi-filamentary composite superconducting wires (hereinafter referred to as Cu/Nb₃Sn wires).

Cu/Nb₃Sn wires can be classified into four types according to the layout of the stabilizer as shown in Annex G: the external stabilizer type, the internal stabilizer type, the distributed stabilizer type and the contiguous stabilizer with distributed barrier type. The test method specified by this standard may be applicable to a type whose cross-section is of the external stabilizer or the internal stabilizer type regardless of the production process employed.

With regard to the internal stabilizer type, the internal structure of some Cu/Nb₃Sn wires prevents copper from being dissolved and removed. This defies the application of the copper mass method, unlike with copper matrix Nb-Ti superconducting wires. New methods are therefore needed, as detailed in the following:

- the paper mass method, where a photo of the cross-section of the wire being measured is traced onto tracing paper, or a copy is made of the photo using a copying machine; the paper is then cut out into different portions to measure the mass of each piece of paper;
- the image processing method, where the image of the photo of the cross-section is digitized and the areas are analyzed with software;
- the planimeter method, where the cross-sectional areas are measured with a planimeter.

This standard is concerned with the paper mass method which is adopted more generally. As supplementary methods, the image processing method and the copper mass method adopted for Cu/Nb₃Sn wires are specified in Annex A and Annex B, respectively. The method using a planimeter is specified in Annex C. In Annex D, an example of a polishing method is also specified.

SUPRACONDUCTIVITÉ –

Partie 12: Mesure du rapport volumique matrice/supraconducteur – Rapport volumique cuivre/non-cuivre des fils en composite supraconducteur Nb₃Sn

1 Domaine d'application

La présente norme couvre la méthode d'essai de détermination du rapport volumique cuivre/non-cuivre des fils Cu/Nb₃Sn.

La méthode d'essai donnée dans la présente norme est applicable aux fils en composite supraconducteur Nb₃Sn d'une section de 0,1 mm² à 3 mm² et d'un rapport volumique cuivre/non cuivre d'au moins 0,1. Elle ne fait aucunement référence au diamètre du filament; cependant, elle n'est pas applicable aux fils supraconducteurs dont le filament, Sn, CuSn, la barrière métallique et autres parties qui ne sont pas en cuivre dispersés dans la matrice en cuivre ainsi que les fils dont le matériau stabilisateur est dispersé. En outre, le rapport volumique cuivre/non cuivre peut être déterminé sur des échantillons avant ou après le processus de traitement thermique de formation du Nb₃Sn.

Le fil Cu/Nb₃Sn a une structure monolithique avec une section ronde ou rectangulaire.

Bien que son exactitude soit moindre, cette méthode peut être appliquée pour la mesure du rapport volumique cuivre/non cuivre de fils Cu/Nb₃Sn dont la section et le rapport volumique cuivre/non-cuivre ne s'inscrivent pas dans les plages spécifiées ci-dessus.

Il est admis d'appliquer cette méthode d'essai à d'autres fils en composite supraconducteur après y avoir apporté certaines modifications appropriées.

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, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

CEI 61788-5, *Supraconductivité – Partie 5: Mesure du rapport volumique matrice/supraconducteurs – Rapport volumique cuivre/supraconducteur des composites supraconducteurs de Cu/Nb₃Ti*

SUPERCONDUCTIVITY –

Part 12: Matrix to superconductor volume ratio measurement – Copper to non-copper volume ratio of Nb₃Sn composite superconducting wires

1 Scope

This standard describes the test method for determining the copper to non-copper volume ratio of Cu/Nb₃Sn wires.

The test method given hereunder is applicable to Nb₃Sn composite superconducting wires with a cross-sectional area of 0,1 mm² to 3 mm² and a copper to non-copper volume ratio of 0,1 or more. It does not make any reference to the filament diameter; however, it is not applicable to those superconducting wires with their filament, Sn, CuSn, carrier material and other non-copper portions dispersed in the copper matrix or those with the stabilizer dispersed. Furthermore, the copper to non-copper volume ratio can be determined on specimens before or after the Nb₃Sn formation heat treatment process.

The Cu/Nb₃Sn wire has a monolithic structure with a round or rectangular cross-section.

Though degraded in accuracy, this method may be applicable to the measurement of the copper to non-copper volume ratio of the Cu/Nb₃Sn wires whose cross-section and copper to non-copper volume ratio fall outside the specified ranges.

This test method may be applied to other composite superconducting wires after some appropriate modifications.

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*

IEC 61788-5, *Superconductivity – Part 5: Matrix to superconductor volume ratio measurement – Copper to superconductor volume ratio of Cu/Nb-Ti composite superconductors*