

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Superconductivity –**Part 21: Superconducting wires – Test methods for practical superconducting wires – General characteristics and guidance****Supraconductivité –****Partie 21: Fils supraconducteurs – Méthodes d'essai pour fils supraconducteurs à usage pratique – Caractéristiques générales et lignes directrices**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.220; 29.050; 77.040.10

ISBN 978-2-8322-2691-9

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

CONTENTS

FOREWORD	3
INTRODUCTION	5
1 Scope	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	7
4 Characteristic attributes of practical SC wires	7
5 Categories of properties	7
6 Properties governed by IEC standards	7
6.1 General	7
6.2 Properties referring to the operation of SC wires	7
6.3 Properties related to implementation and engineering	8
Annex A (informative) Characteristic attributes of practical SC wires	9
A.1 General	9
A.2 Critical temperature	9
A.3 Critical magnetic and irreversibility fields	9
A.4 Critical current and <i>n</i> -value	10
A.5 Stability	10
A.6 AC loss	10
A.7 Strain-dependent superconducting properties	10
A.8 Mechanical properties	11
A.9 Uniformity of properties	11
Bibliography	12

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SUPERCONDUCTIVITY –**Part 21: Superconducting wires –
Test methods for practical superconducting wires –
General characteristics and guidance**

FOREWORD

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

International Standard IEC 61788-21 has been prepared by IEC technical committee 90: Superconductivity.

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

FDIS	Report on voting
90/353/FDIS	90/354/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.

A list of all the parts in the IEC 61788 series, published under the general title *Superconductivity*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability 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.

INTRODUCTION

Superconducting (SC) wires are a central and often enabling technology of many important industrial products. Consensus-based standards for SC wires greatly facilitate the creation of procurement specifications, design and engineering of components, certification of quality, description of operating devices, and generalization of use in industrial technologies.

This part of IEC 61788 is ranked as a first priority for both producers and users of superconducting technology: It provides the measurement methods and test procedures for properties critical to use. Adherence to normative information assists the development of commercial markets and the distribution of products. Standardization in this regard is meant to provide common access to, and unarguable reference information about, characteristics that are most important for superconductor-based technologies.

This part of IEC 61788 includes the measurement principles and measurement techniques together with the relevant terminology and definitions. Specifications of SC wire products take into account the function of the different components of SC wires to meet operational needs, maintain operational (superconducting) conditions, and accommodate mechanical forces and strains. The various forms of SC wire products distributed by manufacturers incorporate these aspects to varying degrees, depending on the superconducting materials used and the intended operating conditions/environment. Design and engineering of devices that use SC wire products take into account the unique properties of SC wires during operation. The general features of practical SC wires are described in IEC TR 61788-20 in terms of simple general characteristics to assist in the specification and use of superconducting wire products. Testing, certification, and quality control apply the relevant standard test methods to SC wires, which are specified in this part of IEC 61788.

SUPERCONDUCTIVITY –

Part 21: Superconducting wires – Test methods for practical superconducting wires – General characteristics and guidance

1 Scope

This part of IEC 61788 specifies the test methods used for validating the mechanical, electrical, and superconducting properties of practical SC wires. A wire is considered as being practical if it can be procured in sufficiently continuous lengths under ordinary commercial transactions to build devices. Conductors made of multiple wires, such as cables, are not included in the scope of this part of IEC 61788. Extension of the discussions in this part of IEC 61788 beyond practical SC wires is not intended, even though referenced documents include aspects outside of this scope.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary*. Available from: <http://www.electropedia.org>

IEC 61788-1, *Superconductivity – Part 1: Critical current measurement – DC critical current of Nb-Ti composite superconductors*

IEC 61788-2, *Superconductivity – Part 2: Critical current measurement – DC critical current of Nb₃Sn composite superconductors*

IEC 61788-3, *Superconductivity – Part 3: Critical current measurement – DC critical current of Ag- and/or Ag alloy-sheathed Bi-2212 and Bi-2223 oxide superconductors*

IEC 61788-4, *Superconductivity – Part 4: Residual resistance ratio measurement – Residual resistance ratio of Nb-Ti composite superconductors*

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

IEC 61788-6, *Superconductivity – Part 6: Mechanical properties measurement – Room temperature tensile test of Cu/Nb-Ti composite superconductors*

IEC 61788-8, *Superconductivity – Part 8: AC loss measurements – Total AC loss measurement of round superconducting wires exposed to a transverse alternating magnetic field at liquid helium temperature by a pickup coil method*

IEC 61788-10, *Superconductivity – Part 10: Critical temperature measurement – Critical temperature of composite superconductors by a resistance method*

IEC 61788-11, *Superconductivity – Part 11: Residual resistance ratio measurement – Residual resistance ratio of Nb₃Sn composite superconductors*

IEC 61788-12, *Superconductivity – Part 12: Matrix to superconductor volume ratio measurement – Copper to non-copper volume ratio of Nb₃Sn composite superconducting wires*

IEC 61788-13, *Superconductivity – Part 13: AC loss measurements – Magnetometer methods for hysteresis loss in superconducting multifilamentary composites*

IEC 61788-18, *Superconductivity – Part 18: Mechanical properties measurement – Room temperature tensile test of Ag- and/or Ag alloy-sheathed Bi-2223 and Bi-2212 composite superconductors*

IEC 61788-19, *Superconductivity – Part 19: Mechanical properties measurement – Room temperature tensile test of reacted Nb₃Sn composite superconductors*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	15
INTRODUCTION.....	17
1 Domaine d'application	18
2 Références normatives	18
3 Termes et définitions	19
4 Attributs caractéristiques des fils supraconducteurs pratiques	19
5 Catégories de propriétés	19
6 Propriétés régies par les normes IEC	20
6.1 Généralités	20
6.2 Propriétés relatives au fonctionnement des fils supraconducteurs	20
6.3 Propriétés relatives à la mise en œuvre et à l'ingénierie	20
Annexe A (informative) Attributs caractéristiques des fils supraconducteurs pratiques	22
A.1 Généralités	22
A.2 Température critique.....	22
A.3 Champs magnétiques critiques et champs d'irréversibilité.....	22
A.4 Courant critique et valeur- <i>n</i>	23
A.5 Stabilité	23
A.6 Pertes en courant alternatif.....	23
A.7 Propriétés des supraconducteurs dépendant des contraintes.....	24
A.8 Propriétés mécaniques	24
A.9 Uniformité des propriétés	24
Bibliographie.....	25

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SUPRACONDUCTIVITÉ –

**Partie 21: Fils supraconducteurs –
Méthodes d'essai pour fils supraconducteurs à usage pratique –
Caractéristiques générales et lignes directrices**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 61788-21 a été établie par le comité d'études 90 de l'IEC: Supraconductivité.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
90/353/FDIS	90/354/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/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61788, publiées sous le titre général *Supraconductivité*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC 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.

INTRODUCTION

Les fils supraconducteurs constituent une technologie fondamentale et souvent habilitante pour de nombreux produits industriels importants. L'élaboration de normes consensuelles relatives aux fils supraconducteurs facilite grandement la création de spécifications d'achat, ainsi que la conception et l'ingénierie des composants, la certification de la qualité, la description des dispositifs de commande et la généralisation de l'application au niveau des technologies industrielles.

La présente partie de l'IEC 61788 est considérée comme prioritaire, à la fois pour les producteurs et pour les utilisateurs de technologie de supraconductivité, dans la mesure où elle décrit les méthodes de mesure ainsi que les procédures d'essai relatives à des propriétés d'utilisation critique. Le respect des informations normatives contribue au développement des marchés commerciaux et à la distribution des produits. En ce sens, la normalisation est destinée à donner un accès commun à des caractéristiques d'une importance cruciale dans le cadre des technologies basées sur les supraconducteurs, ainsi qu'à fournir des informations de référence incontestables les concernant.

La présente partie de l'IEC 61788 inclut les principes et les techniques de mesure ainsi que la terminologie et les définitions afférentes. Les spécifications des produits à fils supraconducteurs prennent en compte la fonction des différents composants des fils supraconducteurs afin de répondre aux besoins opérationnels, de maintenir des conditions opérationnelles (de supraconductivité) et de résister aux forces et contraintes mécaniques. Les diverses formes des produits à fils supraconducteurs distribués par les fabricants intègrent ces aspects à des degrés variables, en fonction des matériaux supraconducteurs utilisés ainsi que des conditions de fonctionnement/de l'environnement. La conception et l'ingénierie des appareils utilisant des produits à fils supraconducteurs tiennent compte des propriétés uniques des fils supraconducteurs au cours du fonctionnement. Les caractéristiques générales des fils supraconducteurs pratiques sont décrites dans le rapport technique IEC TR 61788-20 en termes de caractéristiques générales simples en vue de contribuer à la spécification et à l'utilisation des produits à fils supraconducteurs. Dans le cadre des essais, de la certification et du contrôle qualité, les méthodes d'essai normalisées appropriées, spécifiées dans la présente partie de l'IEC 61788, s'appliquent aux fils supraconducteurs.

SUPRACONDUCTIVITÉ –

Partie 21: Fils supraconducteurs – Méthodes d'essai pour fils supraconducteurs à usage pratique – Caractéristiques générales et lignes directrices

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61788 spécifie les méthodes d'essai utilisées pour valider les propriétés mécaniques, électriques et supraconductrices des fils supraconducteurs pratiques. Un fil est considéré comme pratique s'il peut être fourni en longueurs suffisantes pour la construction d'un appareil constituant une pièce suffisamment continue dans le cadre de transactions commerciales ordinaires. Les conducteurs comportant des fils multiples, tels que les câbles, ne sont pas compris dans le domaine d'application de la présente partie de l'IEC 61788. L'extension des discussions tenues dans le cadre de la présente partie de l'IEC 61788 au-delà du domaine des fils supraconducteurs pratiques n'est pas envisagée, même si les documents cités en référence incluent des aspects non couverts ici.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Electrotechnique International*. Disponible sous: <http://www.electropedia.org>

IEC 61788-1, *Supraconductivité – Partie 1: Mesure du courant critique – Courant critique continu de supraconducteurs en composite Nb-Ti*

IEC 61788-2, *Supraconductivité – Partie 2: Mesure du courant critique – Courant critique continu des supraconducteurs composites Nb₃Sn*

IEC 61788-3, *Superconductivity – Part 3: Critical current measurement – DC critical current of Ag- and/or Ag alloy-sheathed Bi-2212 and Bi-2223 oxide superconductors* (disponible en anglais seulement)

IEC 61788-4, *Supraconductivité – Partie 4: Mesure du rapport de résistance résiduelle – Rapport de résistance résiduelle des supraconducteurs composites de Nb-Ti*

IEC 61788-5, *Supraconductivité – Partie 5: Mesure du rapport volumique matrice/supraconducteur – Rapport volumique cuivre/supraconducteur des fils en composite supraconducteur Cu/Nb-Ti*

IEC 61788-6, *Supraconductivité – Partie 6: Mesure des propriétés mécaniques – Essai de traction à température ambiante des supraconducteurs composites de Cu/Nb-Ti*

IEC 61788-8, *Supraconductivité – Partie 8: Mesures des pertes en courant alternatif – Mesure de la perte totale en courant alternatif des fils supraconducteurs ronds exposés à un champ magnétique alternatif transverse par une méthode par bobines de détection*

IEC 61788-10, *Supraconductivité – Partie 10: Mesure de la température critique – Température critique des composites supraconducteurs par une méthode par résistance*

IEC 61788-11, *Supraconductivité – Partie 11: Mesure du rapport de résistance résiduelle – Rapport de résistance résiduelle des supraconducteurs composites de Nb₃Sn*

IEC 61788-12, *Supraconductivité – Partie 12: Mesure du rapport volumique matrice/supraconducteur – Rapport volumique cuivre/non-cuivre des fils en composite supraconducteur Nb₃Sn*

IEC 61788-13, *Supraconductivité – Partie 13: Mesure des pertes en courant alternatif – Méthodes de mesure par magnétomètre des pertes par hystérésis dans les composites multifilamentaires supraconducteurs*

IEC 61788-18, *Supraconductivité – Partie 18: Mesure des propriétés mécaniques – Essai de traction à température ambiante des supraconducteurs composites Bi-2223 et Bi-2212 avec gaine Ag et/ou en alliage d'Ag*

IEC 61788-19, *Supraconductivité – Partie 19: Mesure des propriétés mécaniques – Essai de traction à température ambiante des supraconducteurs composites de Nb₃Sn mis en réaction*