IEC 61788-22-2

Edition 1.0 2021-10

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Superconductivity –
Part 22-2: Normal state resistance and critical current measurement – High-T_C Josephson junction:

Supraconductivité –
Partie 22-2: Mesurage de la résistance à l'état normal et du courant critique – Jonction Josephson à T_C élevée

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.050

ISBN 978-2-8322-1039-7

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

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD 4
INTRODUCTION 6
1 Scope 7
2 Normative references 7
3 Terms and definitions 7
4 Symbols 8
5 Principle of measurement method 9
6 Apparatus 9
6.1 General 9
6.2 Cryogenic system 9
6.3 Electrical measurement system 10
6.4 Circuitry 10
7 Estimation of normal state resistance (R_n) and intrinsic critical current (I_{ci}) 11
7.1 Calculation method 11
7.2 Geometric mean criterion for hyperbolic function fitting 12
8 Standard uncertainty 12
8.1 General 12
8.2 Type A uncertainty 12
8.3 Type B uncertainty 14
8.3.1 General 14
8.3.2 Temperature 14
8.3.3 Voltage measurement 16
8.3.4 Current measurement 16
8.4 Budget table 17
8.5 Uncertainty requirement 18
9 Test report 18
9.1 Identification of test device 18
9.2 R_n value 18
9.3 I_{ci} value 18
9.4 Standard uncertainty 18
9.5 Atmospheric pressure 18
9.6 Miscellaneous optional report 18
Annex A (informative) Calculation technique and practical application to high-T_c Josephson junctions 20
A.1 General 20
A.2 Hyperbolic function fitting method 20
A.3 Geometric mean method 21
A.4 Combined method 22
A.5 Estimation of R_n, I_{ci}, $u_{A,R}$ and $u_{A,I}$ 23
A.5.1 General 23
A.5.2 High-T_c Josephson junction (JL350) 23
A.5.3 High-T_c Josephson junction (JL351) 25
A.5.4 High-T_c Josephson junction (TUT) 27
Annex B (informative) Practical application to low-T_c Josephson junctions 30

B.1 General 30
B.2 Estimation of R_n, I_{ci}, $u_{A,R}$ and $u_{A,I}$ 30
B.2.1 General 30
B.2.2 Low-T_c Josephson junction (IU1) 30
B.2.3 Low-T_c Josephson junction (IU2) 31
B.2.4 Low-T_c Josephson junction (IU3) 32
B.2.5 Low-T_c Josephson junction (IU4) 34
Bibliography 35

Figure 1 – Typical circuitry for voltage-current (U–I) characteristic curve measurement 10
Figure 2 – Ideal U–I characteristic curve (red line) and hyperbolic function (RSJ) model curve (dotted line) 11
Figure 3 – Geometric mean criterion and RSJ model fitting for TUT-JJ05 at 75,8 K 15
Figure 4 – Geometric mean criterion and RSJ model fitting for TUT-JJ05 at 76,3 K 16
Figure A.1 – U–I curve based on resistively shunted junction (RSJ) model 21
Figure A.2 – U–I curve affected by noise-rounding and self-heating 21
Figure A.3 – Application of geometric mean method to ideal U–I in Figure A.1 22
Figure A.4 – Application of geometric mean method to U–I with noise-rounding and self-heating effects in Figure A.2 23
Figure A.5 – U–I curve of JL350 24
Figure A.6 – Application of geometric mean method to Figure A.5 24
Figure A.7 – Result of RSJ model fitting for JL350 25
Figure A.8 – U–I curve of JL351 26
Figure A.9 – Application of geometric mean method to Figure A.8 26
Figure A.10 – Result of RSJ model fitting for JL351 27
Figure A.11 – U–I curve of TUT with a small I_m 28
Figure A.12 – Application of geometric mean method to TUT 28
Figure A.13 – Application of adjusted geometrical mean method to TUT 29
Figure A.14 – Result of RSJ model fitting for TUT 29
Figure B.1 – Application of geometric mean method to IU1 31
Figure B.2 – Result of RSJ model fitting for IU1 31
Figure B.3 – Application of geometric mean method to IU2 32
Figure B.4 – Result of RSJ model fitting for IU2 32
Figure B.5 – Application of geometric mean method to IU3 33
Figure B.6 – Result of RSJ model fitting for IU3 33
Figure B.7 – Application of geometric mean method to IU4 34
Figure B.8 – Result of RSJ model fitting for IU4 34

Table 1 – Typical relative standard Type A uncertainty for high-T_c Josephson junctions 14
Table 2 – Budget table for R_n 17
Table 3 – Budget table for I_{ci} 17
Table A.1 – R_n, I_{ci}, $u_{A,R}$ and $u_{A,I}$ values of high-T_c Josephson junctions 23
Table B.1 – R_n, I_{ci}, $u_{A,R}$ and $u_{A,I}$ values of low-T_c Josephson junctions 30

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

SUPERCONDUCTIVITY –

Part 22-2: Normal state resistance and critical current measurement – High-T_c Josephson junction

FOREWORD

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

IEC 61788-22-2 has been prepared by IEC technical committee 90: Superconductivity. It is an International Standard.

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

FDIS	Report on voting
90/484/FDIS	90/486/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

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

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

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

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

INTRODUCTION

IEC 61788-22 (all parts) is a series of International Standards on superconductor electronic devices. Superconductivity offers various possibilities of realizing sensors and detectors for a variety of measurands. Several types of superconductor sensors and detectors have been developed, using such features as superconducting energy gaps, sharp normal-superconducting transition, nonlinear current-voltage characteristics, superconducting coherent states and quantization of magnetic flux. Superconductors are influenced by interaction with electromagnetic fields, photons, ions, etc. The superconductor sensors and detectors have extremely high performance in resolution, time response and sensitivity, which cannot be realized by any other sensors and detectors.

IEC 61788-22-1 lists various types of superconductor sensors and detectors. A key element of some sensors and detectors is Josephson junction. The superconductor material types used for Josephson junctions are divided into two categories: low-T_c superconductor (LTS) and high-T_c superconductor (HTS). This document (IEC 61788-22-2) defines a measurement method of normal state resistance (R_n) and intrinsic critical current (I_{ci}) of HTS Josephson junctions, which are used for magnetic measurement with superconductor quantum interference device (SQUID), detection of millimetre to terahertz band radiation and other applications.

The measurement method covered in this document is intended to give an appropriate and agreeable technical base for those engineers working in the field of superconductor technology. Although the mechanism of high-T_c superconductivity is under investigation, the occurrence of the Josephson effect in such weak link structures as bicrystal, step-edge and ramp edge is reliable, and characteristic parameters for conventional LTS Josephson junctions are valid also for HTS Josephson junctions. The important parameters of HTS Josephson junctions for designing superconductor devices are normal state resistance (R_n) and critical current (I_c), which are combined as I_cR_n product that is obtained experimentally. At this moment, most HTS Josephson junctions exhibit a non-hysteretic characteristic voltage-current (U–I) curve, which is typical for superconductor/normal-conductor/superconductor (SNS) junctions. On U–I curves, two types of distortions are often observed: noise-rounding and self-heating effects. Especially, maximum current values without voltage drop on the U–I curves are often considerably reduced because of the noise-rounding effect, and therefore it is difficult to estimate an intrinsic critical current value. This document provides a method to obtain intrinsic values by selecting a data set range to eliminate the distortions and by fitting a model function even when two effects are present.

The critical current obtained by this standard method is therefore called intrinsic critical current with the variable symbol of I_{ci}, eliminating the noise-rounding effect on U–I curves. On the other hand, the normal state resistance is insensitive to the noise rounding and it is possible to avoid the self-heating effect, so that the variable symbol R_n is used. The $I_{ci}R_n$ product is more essential for designing superconductor devices than the I_cR_n product. I_{ci} values estimated by this document are usually higher than experimental I_c values.

Practical application of this document to HTS Josephson junctions is shown in Annex A. The estimation method in this document is applied to SNS-type LTS Josephson junctions to check universality in Annex B.

SUPERCONDUCTIVITY –

Part 22-2: Normal state resistance and critical current measurement – High-T_c Josephson junction

1 Scope

This part of IEC 61788 is applicable to high-T_c Josephson junctions. It specifies terms, definitions, symbols and the measurement and estimation method for normal state resistance (R_n) and intrinsic critical current (I_{ci}), based on a combination of selecting a data set from measured U–I curves with a geometric mean criterion and fitting a hyperbolic function to that data set.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 61788-22-1, *Superconductivity – Part 22-1: Superconducting electronic devices – Generic specification for sensors and detectors*

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams*: available at http://std.iec.ch/iec60617

IEC 60050-815:2015, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 815: Superconductivity*: (available at http://www.electropedia.org/

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 39
INTRODUCTION 41
1 Domaine d'application 42
2 Références normatives 42
3 Termes et définitions 42
4 Symboles 43
5 Principe de la méthode de mesure 44
6 Appareillage 44
6.1 Généralités 44
6.2 Système cryogénique 44
6.3 Système de mesure électrique 45
6.4 Circuits 45
7 Estimation de la résistance à l'état normal (R_n) et du courant critique intrinsèque (I_{ci}) 46
7.1 Méthode de calcul 46
7.2 Critère de moyenne géométrique pour l'ajustement par la fonction hyperbolique 48
8 Incertitude type 48
8.1 Généralités 48
8.2 Incertitude de Type A 48
8.3 Incertitude de Type B 49
8.3.1 Généralités 49
8.3.2 Température 50
8.3.3 Mesurage de la tension 51
8.3.4 Mesurage du courant 52
8.4 Tableau-bilan 52
8.5 Exigence d'incertitude 53
9 Rapport d'essai 53
9.1 Identification du dispositif d'essai 53
9.2 Valeur R_n 53
9.3 Valeur I_{ci} 53
9.4 Incertitude type 53
9.5 Pression atmosphérique 54
9.6 Rapport facultatif divers 54
Annexe A (informative) Technique de calcul et application pratique aux jonctions Josephson à T_c élevée 55
A.1 Généralités 55
A.2 Méthode d'ajustement par la fonction hyperbolique 55
A.3 Méthode de la moyenne géométrique 56
A.4 Méthode combinée 57
A.5 Estimation de R_n, I_{ci}, $u_{A,R}$ et $u_{A,I}$ 58
A.5.1 Généralités 58
A.5.2 Jonction Josephson à T_c élevée (JL350) 59
A.5.3 Jonction Josephson à T_c élevée (JL351) 61

A.5.4 Jonction Josephson à T_c élevée (TUT) 63
Annexe B (informative) Application pratique aux jonctions Josephson à faible T_c 66
B.1 Généralités 66
B.2 Estimation de R_n, I_{ci}, $u_{A,R}$ et $u_{A,I}$ 66
B.2.1 Généralités 66
B.2.2 Jonction Josephson à faible T_c (IU1) 66
B.2.3 Jonction Josephson à faible T_c (IU2) 67
B.2.4 Jonction Josephson à faible T_c (IU3) 68
B.2.5 Jonction Josephson à faible T_c (IU4) 70
Bibliographie 71

Figure 1 – Circuits typiques pour le mesurage de la courbe caractéristique tension-courant (U–I) 46
Figure 2 – Courbe caractéristique U–I théorique (trait rouge) et courbe de modèle de fonction hyperbolique (RSJ) (trait pointillé) 47
Figure 3 – Critère de moyenne géométrique et ajustement par le modèle RSJ pour une jonction TUT-JJ05 à 75,8 K 50
Figure 4 – Critère de moyenne géométrique et ajustement par le modèle RSJ pour une jonction TUT-JJ05 à 76,3 K 51
Figure A.1 – Courbe U–I fondée sur un modèle de jonction court-circuitée à l'énergie du point zéro (RSJ) 56
Figure A.2 – Courbe U–I altérée par l'arrondissage du bruit et l'autoéchauffement 56
Figure A.3 – Application de la méthode de la moyenne géométrique à une courbe U–I théorique représentée à la Figure A.1 58
Figure A.4 – Application de la méthode de la moyenne géométrique à une courbe U–I avec les effets d'arrondissage du bruit et d'autoéchauffement représentés à la Figure A.2 58
Figure A.5 – Courbe U–I d'une jonction JL350 59
Figure A.6 – Application de la méthode de la moyenne géométrique à la Figure A.5 60
Figure A.7 – Résultat de l'ajustement du modèle RSJ pour une jonction JL350 61
Figure A.8 – Courbe U–I d'une jonction JL351 62
Figure A.9 – Application de la méthode de la moyenne géométrique à la Figure A.8 62
Figure A.10 – Résultat de l'ajustement du modèle RSJ pour une jonction JL351 63
Figure A.11 – Courbe U–I d'une jonction TUT avec une valeur I_m 64
Figure A.12 – Application de la méthode de la moyenne géométrique à une jonction TUT 64
Figure A.13 – Application de la méthode de la moyenne géométrique ajustée à une jonction TUT 65
Figure A.14 – Résultat de l'ajustement du modèle RSJ pour une jonction TUT 65
Figure B.1 – Application de la méthode de la moyenne géométrique à la jonction IU1 67
Figure B.2 – Résultat de l'ajustement du modèle RSJ pour une jonction IU1 67
Figure B.3 – Application de la méthode de la moyenne géométrique à la jonction IU2 68
Figure B.4 – Résultat de l'ajustement du modèle RSJ pour une jonction IU2 68
Figure B.5 – Application de la méthode de la moyenne géométrique à la jonction IU3 69
Figure B.6 – Résultat de l'ajustement du modèle RSJ pour une jonction IU3 69
Figure B.7 – Application de la méthode de la moyenne géométrique à la jonction IU4 70

Figure B.8 – Résultat de l'ajustement du modèle RSJ pour une jonction IU4 70

Tableau 1 – Incertitude type relative de Type A pour les jonctions Josephson à T_c élevée 49
Tableau 2 – Tableau-bilan pour R_n 52
Tableau 3 – Tableau-bilan pour I_{ci} 53
Tableau A.1 – Valeurs R_n, I_{ci}, $u_{A,R}$ et $u_{A,I}$ des jonctions Josephson à T_c élevée 59
Tableau B.1 – Valeurs R_n, I_{ci}, $u_{A,R}$ et $u_{A,I}$ des jonctions Josephson à faible T_c 66

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

SUPRACONDUCTIVITÉ –

Partie 22-2: Mesurage de la résistance à l'état normal et du courant critique – Jonction Josephson à T_c élevée

AVANT-PROPOS

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

L'IEC 61788-22-2 a été établie par le comité d'études 90 de l'IEC: Supraconductivité. Il s'agit d'une Norme internationale.

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

FDIS	Rapport de vote
90/484/FDIS	90/486/RVD

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

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 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 ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

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

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer ce document en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

L'IEC 61788-22 (toutes les parties) est une série de Normes internationales dédiées aux dispositifs électroniques supraconducteurs. La supraconductivité offre différentes possibilités de fabrication de capteurs et de détecteurs pour une grande variété de mesurandes. Plusieurs types de capteurs et détecteurs supraconducteurs ont été développés, qui utilisent des caractéristiques telles que les bandes d'énergie qui séparent l'état supraconducteur de l'état normal, la transition supraconductrice normale brusque, les caractéristiques non linéaires de courant-tension, les états cohérents supraconducteurs, et la quantification du flux magnétique. Les supraconducteurs sont influencés par l'interaction avec les champs électromagnétiques, les photons, les ions, etc. Les capteurs et détecteurs supraconducteurs présentent une performance extrêmement élevée pour la résolution, la réponse temporelle et la sensibilité, qui ne peuvent pas être réalisées par d'autres types de capteurs et de détecteurs.

L'IEC 61788-22-1 énumère les différents types de capteurs et détecteurs supraconducteurs. La jonction Josephson est un élément clé de certains capteurs et détecteurs. Les types de matériaux supraconducteurs utilisés pour les jonctions Josephson sont répartis en deux catégories: supraconducteur à faible T_c (LTS – *low-T_c superconductor*) et supraconducteur à T_c élevée (HTS – *high-T_c superconductor*). Le présent document (IEC 61788-22-2) définit une méthode de mesure de la résistance à l'état normal (R_n) et du courant critique intrinsèque (I_{ci}) des jonctions Josephson HTS qui permettent le mesurage magnétique à l'aide d'un interféromètre quantique supraconducteur (SQUID – *superconductor quantum interference device*), la détection des rayonnements de bandes de fréquence du millimètre au térahertz, ainsi que d'autres applications.

La méthode de mesure traitée dans le présent document est destinée à fournir une base technique acceptable appropriée aux ingénieurs qui travaillent dans le domaine de la technologie des supraconducteurs. Bien que le mécanisme de la supraconductivité à T_c élevée soit soumis à étude, l'effet Josephson observé dans les structures à faible cohésion telles que les structures bicristallines, à coin échelonné et de type rampe-bord, est fiable, et les paramètres caractéristiques pour les jonctions Josephson classiques LTS sont également valables pour les jonctions Josephson HTS. La résistance à l'état normal (R_n) et le courant critique (I_c), combinés sous la forme du produit I_cR_n obtenu de manière expérimentale constituent les paramètres importants des jonctions Josephson HTS pour la conception des dispositifs supraconducteurs. Actuellement, la plupart des jonctions Josephson HTS présentent une courbe tension-courant (U–I) caractéristique non hystérétique, typique des jonctions supraconducteur-conducteur-normal-supraconducteur (SNS – *superconductor/normal-conductor/superconductor*). Deux types de déformations sont souvent observés sur les courbes U–I: les effets d'arrondissage du bruit et les effets de l'autoéchauffement. Plus particulièrement, l'effet d'arrondissage du bruit entraîne souvent une réduction considérable des valeurs maximales de courant sans chute de tension sur les courbes U–I, ce qui rend par conséquent difficile toute estimation d'une valeur de courant critique intrinsèque. Le présent document fournit une méthode qui permet d'obtenir des valeurs intrinsèques par la sélection d'une plage d'un ensemble de données afin d'éliminer les déformations et par l'ajustement d'une fonction modèle même lors de l'occurrence de deux effets.

Le courant critique obtenu par cette méthode normalisée est appelé par conséquent courant critique intrinsèque avec le symbole de I_{ci} variable, qui permet d'éliminer l'effet d'arrondissage du bruit sur les courbes U–I. D'autre part, la résistance à l'état normal n'est pas sensible à l'arrondissage du bruit et il est possible d'éviter l'effet d'autoéchauffement de manière à utiliser le symbole R_n variable. Le produit $I_{ci}R_n$ se révèle plus essentiel que le produit I_cR_n pour la conception des dispositifs supraconducteurs. Les valeurs I_{ci} estimées par le présent document sont habituellement plus élevées que les valeurs I_c expérimentales.

Une application pratique du présent document aux jonctions Josephson HTS est présentée à l'Annexe A. La méthode d'estimation spécifiée dans le présent document s'applique aux jonctions Josephson LTS de type SNS pour en vérifier le caractère universel (voir l'Annexe B).

SUPRACONDUCTIVITÉ –

Partie 22-2: Mesurage de la résistance à l'état normal et du courant critique – Jonction Josephson à T_c élevée

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61788 est applicable aux jonctions Josephson à T_c élevée. Elle spécifie les termes, définitions et symboles, ainsi que la méthode de mesure et d'estimation de la résistance à l'état normal (R_n) et du courant critique intrinsèque (I_{ci}) fondée sur l'association de la sélection d'un ensemble de données à partir des courbes U–I mesurées avec un critère de moyenne géométrique et de l'ajustement d'une fonction hyperbolique à cet ensemble de données.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 61788-22-1, *Supraconductivité – Partie 22-1: Dispositifs électroniques supraconducteurs – Spécification générique pour les capteurs et détecteurs*

IEC 60617, *Symboles graphiques pour les diagrammes*: disponible à l'adresse http://std.iec.ch/iec60617

IEC 60050-815:2015, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 815: Supraconductivité*: (disponible à l'adresse http://www.electropedia.org/