

PROJET DE NORME INTERNATIONALE

ISO/DIS 17279-3

ISO/TC 44/SC 10

Secrétariat: DIN

Début de vote:
2020-02-19

Vote clos le:
2020-05-13

Soudage — Micro-assemblage des supraconducteurs à haute température critique de deuxième génération —

Partie 3: Méthode d'essai des assemblages

*Welding — Micro joining of 2nd generation high temperature superconductors —
Part 3: Test methods for joints*

ICS: 25.160.01

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/FDIS 17279-3](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/67a9a027-6081-4640-b3fb-d0672ecb480f/iso-fdis-17279-3>

CE DOCUMENT EST UN PROJET DIFFUSÉ POUR OBSERVATIONS ET APPROBATION. IL EST DONC SUSCEPTIBLE DE MODIFICATION ET NE PEUT ÊTRE CITÉ COMME NORME INTERNATIONALE AVANT SA PUBLICATION EN TANT QUE TELLE.

OUTRE LE FAIT D'ÊTRE EXAMINÉS POUR ÉTABLIR S'ILS SONT ACCEPTABLES À DES FINS INDUSTRIELLES, TECHNOLOGIQUES ET COMMERCIALES, AINSI QUE DU POINT DE VUE DES UTILISATEURS, LES PROJETS DE NORMES INTERNATIONALES DOIVENT PARFOIS ÊTRE CONSIDÉRÉS DU POINT DE VUE DE LEUR POSSIBILITÉ DE DEVENIR DES NORMES POUVANT SERVIR DE RÉFÉRENCE DANS LA RÉGLEMENTATION NATIONALE.

LES DESTINATAIRES DU PRÉSENT PROJET SONT INVITÉS À PRÉSENTER, AVEC LEURS OBSERVATIONS, NOTIFICATION DES DROITS DE PROPRIÉTÉ DONT ILS AURAIENT ÉVENTUELLEMENT CONNAISSANCE ET À FOURNIR UNE DOCUMENTATION EXPLICATIVE.

Le présent document est distribué tel qu'il est parvenu du secrétariat du comité.

TRAITEMENT PARALLÈLE ISO/CEN



Numéro de référence
ISO/DIS 17279-3:2020(F)

© ISO 2020

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/FDIS 17279-3](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/67a9a027-6081-4640-b3fb-d0672ecb480f/iso-fdis-17279-3)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/67a9a027-6081-4640-b3fb-d0672ecb480f/iso-fdis-17279-3>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2020

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en oeuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Geneva
Tél.: +41 22 749 01 11
Fax: +41 22 749 09 47
E-mail: copyright@iso.org
Website: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	5
Introduction.....	7
1 Domaine d'application.....	1
2 Références normatives.....	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles et termes abrégés	1
5 Méthode d'essai des assemblages.....	2
5.1 Généralités	2
5.2 Contrôle visuel.....	2
5.2.1 Domaine d'application.....	2
5.2.2 Qualification du personnel d'essai	2
5.2.3 Matériel d'essai	2
5.2.4 État et préparation de la surface.....	2
5.2.5 Essais	3
5.2.6 Critères d'acceptation	3
5.2.7 Rapport d'essai	3
5.3 Essai par mesure quatre pointes.....	3
5.3.1 Domaine d'application.....	3
5.3.2 Qualification du personnel d'essai.....	3
5.3.3 Matériel d'essai	3
5.3.4 État et préparation de la surface.....	3
5.3.5 Essais	4
5.3.6 Critères d'acceptation	10
5.3.7 Rapport d'essai	10
5.4 Essai d'affaiblissement du champ.....	11
5.4.1 Domaine d'application.....	11
5.4.2 Qualification du personnel d'essai	11
5.4.3 Matériel d'essai	11
5.4.4 État et préparation de la surface.....	11
5.4.5 Essais	11
5.4.6 Critères d'acceptation	14
5.4.7 Rapport d'essai	14
5.5 Essai en champ magnétique.....	14
5.5.1 Domaine d'application.....	14
5.5.2 Qualification du personnel d'essai	14
5.5.3 Matériel d'essai	14
5.5.4 État et préparation de la surface.....	14
5.5.5 Essais	14
5.5.6 Critères d'acceptation	16
5.5.7 Rapport d'essai	16
5.6 Essai de traction	16
5.6.1 Domaine d'application.....	16
5.6.2 Qualification du personnel d'essai	16
5.6.3 Matériel d'essai	16

5.6.4	État et préparation de la surface	16
5.6.5	Essais	16
5.6.6	Critères d'acceptation.....	17
5.6.7	Rapport d'essai	17
5.7	Essai de pliage	17
5.7.1	Domaine d'application	17
5.7.2	Qualification du personnel d'essai.....	17
5.7.3	Matériel d'essai	17
5.7.4	État et préparation de la surface	17
5.7.5	Essais	17
5.7.6	Critères d'acceptation.....	18
5.7.7	Rapport d'essai	18
5.8	Essai de champ magnétique critique	18
5.8.1	Domaine d'application	18
5.8.2	Qualification du personnel d'essai.....	18
5.8.3	Matériel d'essai.....	19
5.8.4	État et préparation de la surface	19
5.8.5	Essais	19
5.8.6	Critères d'acceptation.....	19
5.8.7	Rapport d'essai	19
5.9	Essai de distribution de densité de courant critique	20
5.9.1	Domaine d'application	20
5.9.2	Qualification du personnel d'essai.....	20
5.9.3	Matériel d'essai.....	20
5.9.4	État et préparation de la surface	20
5.9.5	Essais	20
5.9.6	Critères d'acceptation.....	20
5.9.7	Rapport d'essai	20
5.10	Essai au microscope et par diffraction des rayons X.....	21
5.10.1	Domaine d'application	21
5.10.2	Qualification du personnel d'essai.....	21
5.10.3	Matériel d'essai.....	21
5.10.4	État et préparation de la surface	21
5.10.5	Essais	21
5.10.6	Critères d'acceptation.....	22
5.10.7	Rapport.....	22
Annexe A (normative) Rapport des résultats de contrôle visuel.....		23
Annexe B (normative) Rapport des résultats d'essai par mesure quatre pointes		25
Annexe C (normative) Rapport des résultats d'essai d'affaiblissement du champ.....		28
Annexe D (normative) Rapport des résultats d'essai en champ magnétique		31
Annexe E (normative) Rapport des résultats d'essai de traction		33
Annexe F (normative) Rapport des résultats d'essai de pliage		35
Annexe G (normative) Rapport des résultats d'essai de champ magnétique critique.....		37
Annexe H (normative) Rapport des résultats d'essai de distribution de densité de courant critique.....		39
Annexe I (informative) Rapport des résultats d'essai au microscope et par diffraction des rayons X.....		41
Bibliographie		43

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/FDIS 17279-3
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/67a9a027-6081-4640-b3fb-d0672ecb480/iso-fdis-17279-3>

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets). (standards.iteh.ai)

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le Comité technique ISO/TC 44, *Soudage et techniques connexes*, Sous-comité SC 10, *Gestion de la qualité dans le domaine du soudage*.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 17279 se trouve sur le site web de l'ISO.

L'ISO 17279 comprend les parties suivantes sous le titre général *Soudage — Micro-assemblage des supraconducteurs à haute température critique de deuxième génération*:

- *Partie 1: Exigences générales pour la procédure*
- *Partie 2: Qualification du personnel en soudage et d'essai*
- *Partie 3: Méthode d'essai des assemblages*

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/members.html. Les interprétations officielles des documents de

l'ISO/TC 44, lorsqu'elles existent sont disponibles depuis la page :
<https://committee.iso.org/sites/tc44/home/interpretation.html>.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/FDIS 17279-3

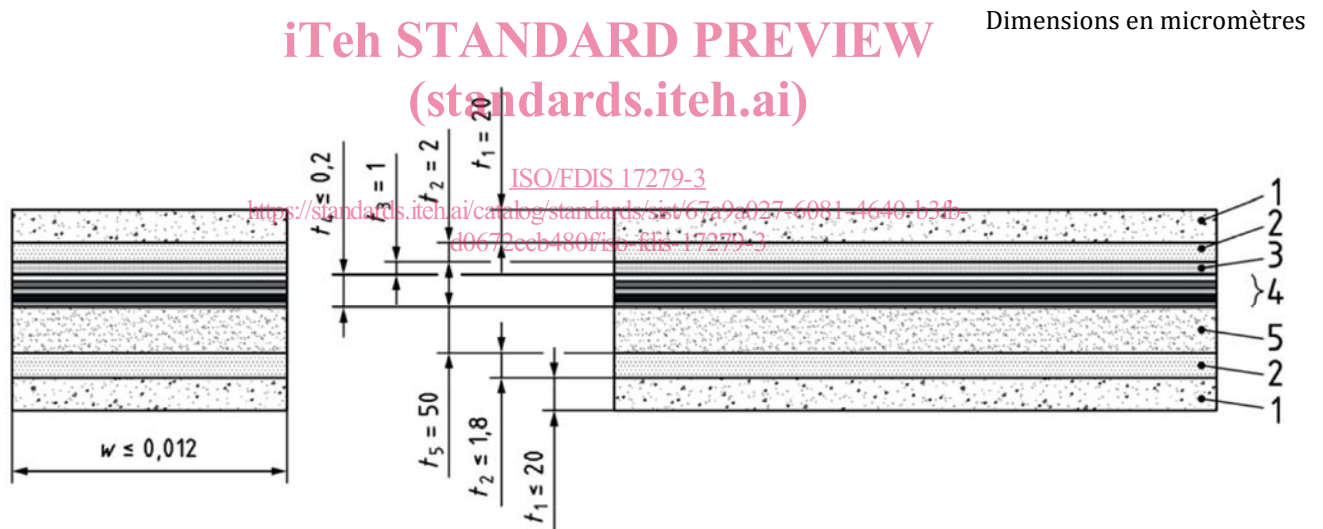
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/67a9a027-6081-4640-b3fb-d0672ecb480f/iso-fdis-17279-3>

Introduction

L'utilisation croissante de supraconducteurs à haute température critique de deuxième génération (2G HTS) et l'invention d'assemblages sans résistance sur les 2G HTS ont créé le besoin de la présente Norme internationale afin de garantir que l'assemblage est réalisé de la manière la plus efficace possible et que tous les aspects de l'opération sont correctement contrôlés. Les normes ISO relatives aux modes opératoires de micro-assemblage et d'évaluation des assemblages sont par conséquent essentielles pour obtenir un assemblage 2G HTS de qualité excellente et uniforme.

Le supraconducteur est un matériau qui conduit l'électricité sans résistance et qui se caractérise par un diamagnétisme en dessous d'une température critique (T_c), d'un champ magnétique critique (B_c) et d'une densité de courant critique (J_c). Une fois déclenché, le courant électrique circule à l'infini en boucle fermée dans le matériau supraconducteur en phase diamagnétique.

Un 2G HTS est constitué de plusieurs couches dont l'épaisseur totale se situe entre 60 et 90 μm ; la couche supraconductrice en $\text{REBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ ne fait qu'entre 1 μm et 3 μm selon les spécifications du fabricant. La Figure 1 montre un schéma des multiples couches typiques, ainsi que les constituants et l'épaisseur de chaque couche du 2G HTS.



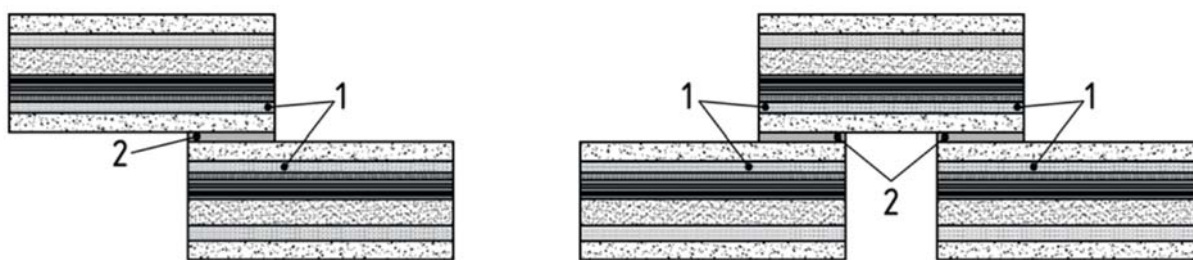
Légende

- 1 stabilisant en cuivre (Cu)
- 2 couche protectrice en argent (Ag)
- 3 couche supraconductrice ReBCO
- 4 couche tampon
- 5 substrat en Hastelloy®C-276

NOTE schéma non à l'échelle.

Figure 1 — Multiples couches typiques d'un 2G HTS, et constituants et épaisseur de chaque couche

Pur l'heure, l'industrie des supraconducteurs recourt aux techniques de brasage fort ou tendre ainsi qu'à tout procédé d'apport de métal comme l'indique la Figure 2, qui montre la haute résistance électrique au niveau de l'assemblage, source de défaillance fatale dans le supraconducteur.



a) Assemblage à recouvrement

b) Assemblage en pont

Légende

- 1 couche supraconductrice ReBCO
- 2 produit d'apport de brasage tendre

Figure 2 — Brasage d'assemblage d'un 2G HTS

Néanmoins, la présente norme s'intéresse plus particulièrement à l'assemblage autogène direct de couches supraconductrices de 1 µm à 3 µm d'épaisseur de 2G HTS tel que présenté sur la Figure 3, sans métaux d'apport et avec récupération des propriétés supraconductrices par procédé de recuit d'oxygénation, qui ne montre quasiment aucune résistance électrique au niveau de l'assemblage.



a) Assemblage à recouvrement

b) Assemblage en pont

Légende

- 1 couche supraconductrice ReBCO

Figure 3 — Assemblage autogène direct de couches supraconductrices de 1 µm à 3 µm d'épaisseur de 2G HTS pour un assemblage supraconducteur

Les parties de la présente Norme internationale sont énumérées dans l'avant-propos.

La Partie 1 spécifie les exigences pour la qualification du mode opératoire d'assemblage de 2G HTS. Il convient que les assemblages de 2G HTS soient capables de réunir les propriétés électriques, magnétiques et mécaniques requises et libres d'imperfections graves en production et en service. Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire de prévoir des contrôles pendant la conception et la fabrication.

La Partie 2 spécifie les exigences pour la qualification du personnel réalisant le soudage et les essais.

La Partie 3 spécifie les méthodes d'essai pour déterminer la capacité des assemblages pour la production de la qualité indiquée. Elle définit des exigences d'essai spécifiques, mais n'attribue pas ces exigences à un groupe de produits spécifique.

Soudage — Micro-assemblage des supraconducteurs à haute température critique de deuxième génération — Partie 3: Méthode d'essai des assemblages

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les exigences pour les méthodes d'essai du micro-assemblage de deuxième génération (2G HTS) pour remplir les exigences des ISO 17279-1 et ISO 17279-2.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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).

ISO 17279-1:2019, *Soudage — Micro-assemblage des supraconducteurs à haute température de deuxième génération — Partie 1: Exigences générales pour la procédure*

ISO 17279-2, *Soudage — Micro-assemblage des supraconducteurs à haute température de deuxième génération — Partie 2: Qualification du personnel en soudage et d'essai*

ISO 15607:2019, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Règles générales*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans les ISO 17279-1 et ISO 15607:2019, Tableau 1 peuvent s'appliquer si les termes pertinents pour un mode opératoire d'assemblage de deuxième génération (2G HTS) s'appliquent.

Aucun terme n'est défini dans le présent document.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

4 Symboles et termes abrégés

Pour les besoins du présent document, les symboles et termes abrégés donnés dans les ISO 17279-1 et ISO 15607:2019, Tableau 1 peuvent s'appliquer si les symboles et termes abrégés pertinents pour un mode opératoire d'assemblage de deuxième génération (2G HTS) s'appliquent.

5 Méthode d'essai des assemblages

5.1 Généralités

L'ISO 17279-1:2019, 5.5.4 décrit les exigences de qualification du personnel d'essai, les méthodes d'essai, l'examen pendant les essais des éprouvettes d'essai, et le contre-essai. En particulier, l'ISO 17279-1:2019, Tableau 1, présente le type d'essais, l'étendue des essais, la confirmation des essais, et les essais requis pour la qualification des modes opératoires conformément à l'ISO 17279-1. L'ISO 17279-1:2019, 5.9, requiert les critères d'acceptation des essais. Le fabricant peut avoir à sa disposition suffisamment de personnel compétent pour les essais et l'utilisation du matériel d'essai, ou peut sous-traiter les essais spécifiques aux organismes spécialisés. Le fabricant peut assister aux essais de la préparation des éprouvettes à l'acquisition et l'analyse des données selon les exigences d'assurance qualité du fabricant.

Les modes opératoires et les précautions d'utilisation du matériel d'essai doivent être appliqués lorsque l'équipement est utilisé pour des essais selon la présente norme. L'opérateur de l'équipement spécifique doit établir la capacité à réaliser l'essai requis, et l'étalonnage et la qualification de l'équipement d'essai doivent être mis à jour selon un programme d'assurance qualité approprié. Les procès-verbaux et certificats de qualification doivent être tenus à jour.

Les essais, excepté le contrôle visuel, sont réalisés dans l'environnement cryogénique et ne prétendent pas répondre aux préoccupations de sécurité associées à son utilisation. Il est de la responsabilité de quiconque utilise cette méthode d'établir des pratiques de sécurité et de santé appropriées avant toute utilisation.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

5.2 Contrôle visuel

5.2.1 Domaine d'application

Le présent paragraphe définit la méthode de contrôle visuel des matériaux et des assemblages utilisés dans un 2G HTS.

ISO/FDIS 17279-3
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/67a9a27-0081-4640-b58b-d0672ecb480f/iso-fdis-17279-3>

5.2.2 Qualification du personnel d'essai

Les essais doivent être conduits par un personnel qualifié pour réaliser les essais. Une qualification du personnel doit être effectuée selon un programme d'assurance qualité approprié. Le personnel conduisant les contrôles visuels doit réussir une fois par an un examen où sa vision, avec ou sans correction, satisfait à un test de vision de près Jaeger J2 à une distance de pas moins de 30,5 cm, ainsi qu'à un test de perception des couleurs. Les dossiers des examens de vision doivent être tenus pour l'année courante et doivent être disponibles pour consultation.

5.2.3 Matériel d'essai

Des instruments étalonnés et certifiés doivent être utilisés pour les essais, si nécessaire, et peuvent inclure des instruments de mesure et des gabarits.

5.2.4 État et préparation de la surface

La surface de l'essai doit être uniforme et lisse et doit être propre et libre de calamine, de rouille, d'huile, de graisse, d'oxydes nocifs et d'autres matières étrangères nuisibles telles que les points d'Ag ou de Cu de 2G HTS. Les surfaces des assemblages finis doivent être appropriées pour permettre des essais corrects. Toutes les préparations d'assemblage doivent respecter les dimensions spécifiées sur dessin (qu'elles soient fournies via des cotes sur le dessin ou dans un descriptif de soudage). Si aucune cote n'est fournie dans le cadre du dessin ou des documents de commande, les cotes doivent respecter les dimensions spécifiées par un descriptif de mode opératoire de soudage qualifié (DMOS).

5.2.5 Essais

Les essais doivent être réalisés conformément à un mode opératoire ou une méthode écrit(e) applicable en vertu des essais. La zone d'essai doit inclure l'assemblage et la zone affectée thermiquement (ZAT) adjacente accessible pour une certaine distance à partir du bord de l'assemblage du métal de base. Les essais doivent être effectués dans l'état traité après assemblage et traitement thermique final (recuit d'oxygénation), ou un autre état nécessaire, et être libre de tous revêtements et autres états de surface tels que peinture, placage, etc. Les assemblages doivent être soumis à l'essai dans l'état brut de soudage. Les essais seront conduits avec des éprouvettes de dimensions adaptées.

Un contrôle visuel direct doit être utilisé. Si nécessaire, des miroirs et des lentilles de grossissement seront utilisés pour améliorer l'angle de vision et pour obtenir de l'aide. L'intensité lumineuse minimale à la surface sera 1 000 lux (100 pieds-bougies). Le mode opératoire ou la méthode écrit(e) doit inclure, au minimum et, soit directement, soit par référence à un (des) document(s) applicable(s), un numéro d'identification de mode opératoire et une date, un numéro de révision, une identification des assemblages, des exigences d'essai complètes incluant un éclairage et une méthode d'essai, une évaluation des indications, des critères d'acceptation, la disposition des assemblages après évaluations.

5.2.6 Critères d'acceptation

Les exigences de l'ISO 17279-1:2019, 5.9, Tableau 4, doivent être remplies. Un manque de collage, un manque de fusion, des fissures et des alvéoles ne sont pas acceptables.

5.2.7 Rapport d'essai

Après la réalisation des essais, les résultats doivent être consignés dans le rapport d'essai. Un formulaire d'un rapport d'essai est présenté dans l'Annexe A.

5.3 Essai par mesure quatre pointes

5.3.1 Domaine d'application

Le présent paragraphe définit la méthode d'essai par mesure quatre pointes des matériaux et des assemblages utilisés dans un 2G HTS. Un courant critique (I_c), une densité de courant critique (J_c) et une valeur n peuvent être mesurés à partir de l'essai.

NOTE Typiquement, la résistance du point de contact (résistance de contact) est beaucoup plus faible que la résistance de l'éprouvette d'essai, et peut ainsi être ignorée. Cependant, pour les supraconducteurs dans des conditions cryogéniques, la résistance de contact peut dominer et complètement dissimuler les changements de la résistance de l'éprouvette d'essai elle-même. Les effets de la résistance de contact sont éliminés avec l'utilisation d'un essai par mesure quatre pointes.

5.3.2 Qualification du personnel d'essai

Les essais doivent être conduits par un personnel qualifié pour réaliser les essais. Une qualification du personnel doit être effectuée selon un programme d'assurance qualité approprié.

5.3.3 Matériel d'essai

Des instruments étalonnés et certifiés doivent être utilisés pour les essais.

5.3.4 État et préparation de la surface

Le paragraphe 5.2.4 doit s'appliquer.

5.3.5 Essais

5.3.5.1 Généralités

Les essais doivent être réalisés conformément à un mode opératoire ou une méthode écrit(e) applicable au 2G HTS. Le mode opératoire ou la méthode d'essai écrit(e) doit inclure, au minimum et, soit directement, soit par référence à un (des) document(s) applicable(s), un numéro d'identification de mode opératoire, une date, un numéro de révision, une identification des assemblages, des exigences d'essai complètes incluant une méthode d'essai, une évaluation, et des rapports après évaluations.

La zone d'essai doit inclure l'assemblage et la ZAT adjacente accessible du matériau de base pour une certaine distance à partir du bord de l'assemblage. La longueur totale de l'éprouvette doit être au moins 60 mm, y compris un assemblage de 20 mm. L'essai doit être effectué dans l'état traité après assemblage et traitement thermique final (recuit d'oxygénation), ou un autre état nécessaire, et est réalisé dans l'environnement cryogénique LN₂ ou à une autre température déterminée par le fabricant. L'essai doit être effectué dans un état de surépaisseur avec des matériaux commercialisés tenant compte du coefficient de retrait thermique pour ne pas que les assemblages soient endommagés pendant l'essai.

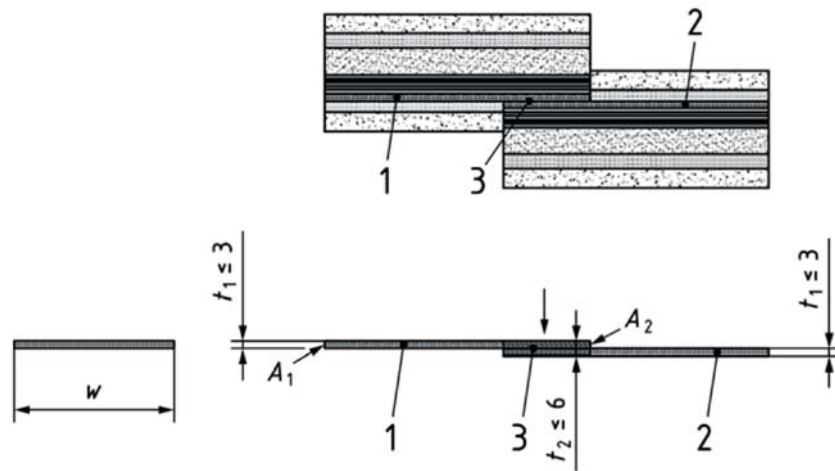
Un schéma de deux couches supraconductrices avec assemblage à recouvrement dans un 2G HTS est présenté à la Figure 4. Lorsqu'un courant traverse une couche supraconductrice (épaisse de 1 µm à 3 µm) d'un 2G HTS de la couche supraconductrice 1 à l'assemblage puis à la couche supraconductrice 2, le courant génère une différence de tension entre la couche supraconductrice 1 et la couche supraconductrice 2. Un 2G HTS sans assemblage et ZAT est sans résistance dans un environnement cryogénique, ainsi l'essentiel de la différence de tension vient de l'assemblage et de la ZAT.

NOT STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/FDIS 17279-3](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/67a9a027-6081-4640-b3fb-d0672ecb480f/iso-fdis-17279-3)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/67a9a027-6081-4640-b3fb-d0672ecb480f/iso-fdis-17279-3>

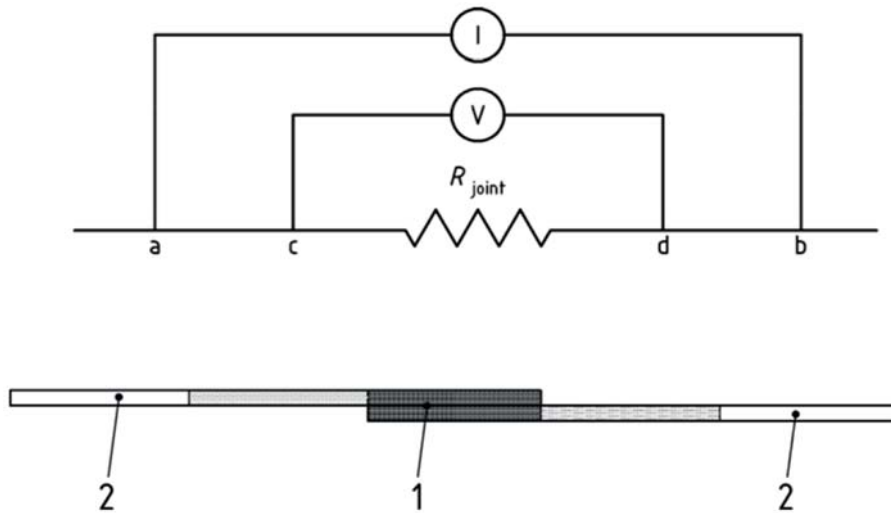
Dimensions en micromètres

**Légende**

- 1 couche supraconductrice supérieure
- 2 couche supraconductrice inférieure
- 3 zone d'assemblage
- w largeur de la couche supraconductrice
- t_1 épaisseur de la couche supraconductrice ($1 \sim 3 \mu\text{m}$)
- t_2 presque $2 t_1$ ou légèrement moins que $2 t_1$ en fonction de la pression pendant l'assemblage
- A_1 surface de coupe transversale de la couche supraconductrice 1 & 2 ($A_1 = t_1 \times w$)
- A_2 surface de coupe transversale de deux couches supraconductrices avec assemblage à recouvrement 1 & 2 ($A_2 = t_2 \times w$)

Figure 4 — Multiples couches typiques d'un 2G HTS, et constituants et épaisseur de chaque couche

La Figure 5 est un schéma d'un essai par mesure quatre points dans un 2G HTS avec assemblage à recouvrement. Quatre pointes sont attachées à l'éprouvette d'essai tel que montré sur la figure. Il est fait circuler un courant sur la longueur de l'éprouvette d'essai à travers les pointes étiquetées a & b sur la Figure 5. Ceci peut être effectué en utilisant une source de courant ou une alimentation électrique ayant un affichage de sortie du courant. Si l'éprouvette d'essai a une résistance au passage du courant électrique, alors il y aura une perte de potentiel (ou de tension) au fur et à mesure de la circulation du courant dans l'éprouvette d'essai, par exemple entre les deux pointes étiquetées c et d sur la figure. La perte de tension entre les pointes c et d peut être mesurée par un voltmètre numérique. La résistance de l'éprouvette d'essai entre les pointes c et d est le rapport de la tension enregistrée sur le voltmètre numérique à la valeur du courant de sortie de l'alimentation électrique. L'impédance élevée du voltmètre numérique réduit au maximum le passage du courant dans la portion de circuit comprenant le voltmètre. Ainsi, puisqu'il n'y a aucune perte de potentiel au niveau de la résistance de contact associée aux pointes c et d, seule la résistance associée à l'assemblage et à la ZAT associée du supraconducteur entre les pointes c et d est mesurée comme une fonction du courant. Les longueurs des 2 ZAT adjacentes à l'assemblage sont environ le double de la longueur de l'assemblage. Cependant, la ZAT dépend de l'apport de chaleur et du temps de maintien pendant l'assemblage. Le fabricant peut déterminer la longueur de la ZAT par un essai par mesure quatre points.



Légende

- 1 zone d'assemblage
- 2 zone affectée thermiquement (ZAT)
- a câble de courant 1
- b câble de courant 2
- c prise de tension 1
- d prise de tension 2

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iTech.ai)

Figure 5 — Schéma d'un essai par mesure quatre points dans un 2G HTS CC avec assemblage à recouvrement

ISO/FDIS 17279-3

Le mode opératoire d'essai est comme suit: <https://standards.iTech.ai/catalog/standards/sist/67a9a027-6081-4640-b3fb-d0672ecb480f/iso-fdis-17279-3>

- a) Attacher les pointes c et d (ligne de fusion de l'assemblage chacune) à l'éprouvette d'essai, raccorder à un voltmètre numérique, et attacher les pointes a et b (5 mm à partir de c et d chacune) à un ampèremètre et à une source d'alimentation. Un enregistreur graphique à bande peut être raccordé entre les pointes c et d.
- b) Régler le lecteur de thermocouple pour lire le thermocouple K et lire le symbole du thermocouple attaché au thermocouple. Ne pas plier le thermocouple.
- c) Placer le récipient, l'éprouvette d'essai avec les pointes attachées, et le thermocouple. Verser de l'azote liquide ou un autre cryogène dans le récipient. Lire le potentiel sur le thermocouple.
- d) Lorsque le récipient est complètement refroidi et que la température chute à environ 70 K ou autre décidée, allumer l'alimentation électrique. Lorsque la résistance du supraconducteur change avec un courant variable, la sortie de tension va changer. Lire la différence de potentiel sur le voltmètre. Le rapport de la tension au courant traversant l'éprouvette d'essai est la résistance du supraconducteur entre les deux pointes de tension (c et d).

Sur la Figure 5, le courant (I) traverse les deux points d'extrémité (a et b) et la tension (V) est mesurée entre les deux pointes centrales (c et d), à savoir, pour l'assemblage et la ZAT. La résistance moyenne, R , entre les deux pointes centrales (c et d) est calculée à partir de la Formule (1).

$$I = V / R \tag{1}$$

où

V différence de tension;

I passage du courant entre les deux pointes centrales (c et d).

R est aussi donnée par Formule (2) parce que l'essentiel de la différence de tension vient de l'assemblage et de la ZAT.

$$R_{\text{joint}} = \rho_{\text{joint}} \times l_{\text{joint}} / A_2 \quad \text{ou} \quad R_{\text{HAZ}} = \rho_{\text{HAZ}} \times l_{\text{HAZ}} / A_1 \quad (2)$$

où

ρ_{joint} et ρ_{HAZ} résistivité de l'assemblage et de la ZAT en ohm-cm;

l_{joint} et l_{HAZ} longueur de l'assemblage et de la ZAT mesurée en cm;

A_1 et A_2 surfaces de coupe transversale d'une couche supraconductrice et de deux couches supraconductrices avec assemblage à recouvrement en cm^2 , respectivement.

Ainsi, la résistance totale de l'éprouvette d'essai avec assemblage à recouvrement est comme indiquée dans la Formule (3).

$$I = V / (R_{\text{joint}} + R_{\text{HAZ}}) \quad (3)$$

5.3.5.2 Courant critique en champ autonome (I_c)

La valeur du courant critique d'un assemblage ($I_{c,\text{joint}}$) est extrêmement importante pour confirmer l'intégrité de l'assemblage. Les valeurs du courant critique en champ autonome (I_c) du supraconducteur assemblé doivent être mesurées en utilisant un essai par mesure quatre pointes type et dans un bain d'azote liquide (LN_2) ou un autre environnement cryogénique prédéterminé. Bien que cette méthode ne soit pas une méthode définitive, elle est tout à fait efficace dans l'évaluation du premier cycle. Si le courant est tracé par rapport au relevé de la tension dans un 2G HTS, le résultat sera similaire à celui indiqué sur la Figure 6. La courbe V-I est obtenue à partir d'un DAS (Système d'acquisition de données) commercialisé et de LabVIEW. Le DAS et LabVIEW doivent être étalonnés.