REFERENTIEL NORMATIF du CNES

RNC

Référence: **RNC-ECSS-Q-70-08**
Version A du 10/12/2002
Document source : **ECSS-Q-70-08A** – Edition A du 6 août 1999

ASSURANCE PRODUIT DES PROJETS SPATIAUX

Brasage manuel des connexions électriques de haute fiabilité

Traduction française

Ce document inclut une partie liminaire « version applicable et conditions d'application »

Approuvé pour le RNC : le Président du CDN Amin MAMODE SQE/D	

cnes	**VERSION APPLICABLE et CONDITIONS D'APPLICATION** **Le document référencé ici est mis en application pour l'établissement des spécifications des projets du CNES selon les modalités décrites ci-après.**

Titre :	**Assurance produit des projets Spatiaux**
	Brasage manuel des connexions électriques de haute fiabilité
	Version française
	Version A du 10/12/2002
Référence source :	**ECSS-Q-70-08A**
Date de publication:	**6/08/1999**
	Version originale anglaise
Mots clés	Brasage, connexions
Résumé / Position du document / Intérêt	La présente norme définit les exigences techniques et les dispositions d'assurance qualité relatives au brasage manuel des connexions électriques de haute fiabilité destinées à être utilisées dans des satellites et équipements associés.

SUIVI DES VERSIONS DU DOCUMENT RNC

NB : Avant utilisation vérifier sur le serveur du RNC (http://rnc.cnes.fr) que la version utilisée est la version applicable

Version.	DATE	PAGES MODIFIEES	OBSERVATIONS
A	10/12/2002		Intégration au RNC

TRADUCTION : Raptrad 2001
Traduit par :
CNES, Direction SQE
2 place Maurice Quentin
75039 Paris CEDEX 01
France
avec l'autorisation du Comité Directeur de l'ECSS

Version validée

<u>MODALITES D'APPLICATION :</u> sans changement.

EUROPEAN COOPERATION
FOR SPACE STANDARDIZATION
(COOPERATION EUROPEENNE POUR LA NORMALISATION SPATIALE)

Assurance produit des projets spatiaux

Brasage manuel des connexions électriques de haute fiabilité

Secrétariat ECSS
ESA-ESTEC
Division des Normes et
Exigences Noordwijk, Pays Bas

Traduit par :
CNES, Direction SQE
2 place Maurice Quentin
75039 Paris CEDEX 01
France
avec l'autorisation du Comité Directeur de l'ECSS

Pour toute information, contacter :
CNES
DTS/AQ/MR/SN
Gestion Normes
18 avenue Edouard Belin
31401 Toulouse CEDEX 4
Téléphone : (33) 5 61 282919
Fax : (33) 5 61 27 3562

Copyright 1999 © Agence Spatiale Européenne au profit des membres de l'ECSS

Avant-propos

La présente norme fait partie de la série des normes ECSS destinées à être appliquées au management, à l'ingénierie et à l'assurance produit dans les projets spatiaux et dans les applications spatiales. L'ECSS, coopération européenne pour la normalisation spatiale (European Cooperation for Space Standardization), est l'aboutissement des efforts communs de l'Agence Spatiale Européenne, des agences spatiales nationales et des associations industrielles européennes travaillant au développement et au maintien de normes communes.

Les exigences de la présente norme sont exprimées en termes d'objectifs à réaliser, plutôt qu'en fonction de la façon d'effectuer le travail nécessaire.

La présente norme a été préparée par le Groupe de Travail ECSS-Q-70-08 et est basée sur ESA PSS-01-708 et NASA-STD-8739.3. Elle a été revue par le Comité Technique de l'ECSS et approuvée par le Comité Directeur de l'ECSS.

(Cette page est laissée blanche intentionnellement)

Sommaire

Avant-propos **3**

Introduction **11**

1 Domaine d'application **13**

2 Références normatives **15**

3 Termes, définitions et abréviations **17**

3.1 Termes et définitions 17

3.2 Abréviations 27

4 Principes et conditions préalables à l'obtention de connexions brasées fiables **28**

4.1 Principes 28

4.2 Conditions préalables 28

5 Conditions de préparation **30**

5.1 Propreté des installations 30

5.2 Conditions ambiantes 30

5.3 Précautions contre les charges électrostatiques 30

5.4 Exigences relatives à l'éclairage 31

5.5 Equipements et outils 31

6 Choix des matériaux **36**

6.1 Brasure 36

6.2 Flux 36
6.3 Solvants 39
6.4 Matériaux isolants souples 39
6.5 Bornes 40
6.6 Fils 40
6.7 Cicuits imprimés 40
6.8 Revêtement conforme, matériau adhésif, matière d'enrobage 41

7 Préparation du brasage 43

7.1 Préparation des conducteurs, bornes et coupelles à braser 43
7.2 Préparation de la panne de brasage 45
7.3 Maintenance des électrodes de brasage de type résistance 46
7.4 Manipulation (poste de travail) 46
7.5 Stockage (poste de travail) 46
7.6 Etuvage des cartes imprimées 46

8 Assemblage des composants 48

8.1 Exigences générales 48
8.2 Exigences relatives à la mise en forme des broches de composant 51
8.3 Assemblage de bornes sur une carte imprimée 53
8.4 Fixation des broches de composant à la carte imprimée 54
8.5 Fixation des composants aux bornes 60
8.6 Modules cordwood 61
8.7 Fixation des connecteurs aux circuits intégrés 61

9 Fixation des conducteurs aux bornes, coupelles à braser et câbles . 63

9.1 Généralités 63
9.2 Terminaison des fils 63
9.3 Bornes américaines et lisses 64
9.4 Bornes fendues 65
9.5 Bornes en forme de crochet 68
9.6 Cosses 68
9.7 Coupelles à braser (type de connecteur) 70
9.8 Application de tube isolant 71
9.9 Interconnexions fil-câble 71
9.10 Connexion des fils souples aux cartes imprimées 73

10 Brasage aux bornes et aux cartes imprimées 76

10.1 Généralités 76

10.2 Application de brasure sur les bornes 76
10.3 Application de brasure sur les cartes imprimées 77
10.4 Effet mèche 77
10.5 Reprise de la brasure 77

11 Nettoyage des assemblages de carte imprimée 80

11.1 Généralités 80
11.2 Nettoyage par ultrasons 80
11.3 Contrôle de la propreté 80

12 Contrôle final 82

12.1 Généralités 82
12.2 Critères d'acceptabilité 82
12.3 Critères de refus/rejet 82

13 Vérification 84

13.1 Généralités 84
13.2 Cycle de température 84
13.3 Vibration 84

14 Assurance qualité 86

14.1 Généralités 86
14.2 Données 86
14.3 Anomalie 86
14.4 Etalonnage 86
14.5 Traçabilité 86
14.6 Normes d'exécution 86
14.7 Contrôle 87
14.8 Formation et certification des opérateurs et des inspecteurs 87

Annexe A (informative) Joints brasés types satisfaisants et non satisfaisants 88

Tableaux

Tableau 1 : Composition chimique des brasures sur satellite 40
Tableau 2 : Guide pour le choix du type de brasure 41
Tableau 3 : Dégagement de l'isolant 47
Tableau 4 : Dimensions de la Figure 22 79
Tableau 5 : Valeurs des essais de propreté 88
Tableau 6 : Sévérité minimale des essais vibratoires 92

Figures

Figure 1 : Profilés de cutters corrects et incorrects pour la coupe des fils de connexion 34
Figure 2 : Outillages mécaniques de dénudage non approuvés 35
Figure 3 : Terminaisons de composants sur circuit intégré relaxées des contraintes 53
Figure 4 : Courbe minimum de broche de composant 55
Figure 5 : Composant et terminaison de brasure du même côté 56
Figure 6 : Broches de composant avec terminaison brasée de chaque côté 57
Figure 7 : Types d'aplatissement de bornes 58
Figure 8 : Terminaisons de broches de composant repliées – trous non renforcés 59
Figure 9 : Terminaisons des flaps – trous métallisés 60
Figure 10 : Sorties droites traversantes 61
Figure 11 : Terminaisons de trous à recouvrement 62
Figure 12 : Dimensions théoriques des terminaisons à recouvrement à surface unique (elles ne peuvent pas toutes être mesurées après brasage). 64
Figure 13 : Méthode de relaxation des contraintes des pièces fixées aux bornes 66
Figure 14 : Connexions par cheminement latéral ou inférieur vers les bornes américaines 70
Figure 15 : Connexions par cheminement inférieur vers les bornes fendues 71
Figure 16 : Connexions par cheminement latéral vers les bornes fendues 72
Figure 17 : Connexions par cheminement supérieur vers les bornes fendues 73
Figure 18 : Connexions aux bornes en forme de crochet 74
Figure 19 : Connexions aux cosses 75
Figure 20 : Connexions aux coupelles à braser (type de connecteur) 76
Figure 21 : Méthodes de fixation des fils 78
Figure 22 : Fils souples vers cartes imprimées 80

Figure A-1 : Bornes repliées brasées 96
Figure A-2 : Sorties droites traversantes brasées 97
Figure A-3 : Bornes américaines brasées 98
Figure A-4 : Bornes américaines brasées 99
Figure A-5 : Bornes fendues brasées 100

Figure A-6 : Bornes en forme de crochet brasées 101
Figure A-7 : Fûts brasés 102
Figure A-8 : Fil brasé à la main aux interconnexions de câble blindé 103
Figure A-9 : Fil brasé à la main aux interconnexions de fil blindé 104
Figure A-10 : Interconnexions des fils brasés à la main – détails des défauts 105

(Cette page est laissée blanche intentionnellement)

Introduction

La présente norme est basée essentiellement sur les recommandations émanant de la NASA et d'experts européens en techniques de brasage. Des modifications ont été intégrées dans le texte pour permettre de couvrir l'exigence spécifique des systèmes électriques à faible dégazage requis par les satellites scientifiques et satellites d'application. D'autres éléments ont été rajoutés au vu des progrès techniques récents et des résultats des programmes d'essais métallurgiques. Les méthodes et l'exécution figurant dans la présente norme sont considérées comme ayant été entièrement approuvées pour les exigences normales relatives au satellite.

(Cette page est laissée blanche intentionnellement)

1

Domaine d’application

La présente norme définit les exigences techniques et les dispositions d’assurance qualité relatives au brasage manuel des connexions électriques de haute fiabilité destinées à être utilisées dans des satellites et équipements associés.

Les exigences strictes énoncées par la présente norme assurent la haute fiabilité des connexions électriques brasées manuellement et prévues pour supporter des conditions terrestres normales et pour résister aux vibrations et à l’environnement imposés par le vol dans l’espace. La présente norme décrit les outils et matériaux à utiliser, ainsi que les modes de conception et d'exécution à respecter. Elle énumère les critères d’acceptabilité et de refus, et indique certaines normes d’exécution permettant de savoir si un travail est correctement réalisé ou non.

Les procédés de brasure à vague et les techniques de montage en surface sont précisés dans des documents séparés et doivent être vérifiés comme indiqué dans la norme respective.

(Cette page est laissée blanche intentionnellement)

2

Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente norme ECSS. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente norme ECSS sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition des documents normatifs en référence s'applique.

ECSS-P-001	Glossaire des termes
ECSS-Q-20	Assurance produit des Projets Spatiaux - Assurance qualité
ECSS-Q-20-09	Assurance produit des projets spatiaux — Système de contrôle des non-conformités
ECSS-Q-70	Assurance produit des projets spatiaux — Equipements, pièces mécaniques et processus.
ECSS-Q-70-01	Assurance produit des projets spatiaux – Contrôle de la propreté et de la contamination (à paraître)
ECSS-Q-70-02	Assurance produit des projets spatiaux – Essai de dégazage sous vide thermique pour la sélection des matériaux d'un projet spatial (à paraître)
ECSS-Q-70-04	Assurance produit des projets spatiaux – Essai de cyclage thermique pour la sélection des matériaux et des processus d'un projet spatial (à paraître)
ECSS-Q-70-10	Assurance produit des projets spatiaux - Qualification et approvisionnement des cartes imprimées multicouche (dorés ou à finition étain-plomb) (à paraître)
ECSS-Q-70-28	Assurance produit des projets spatiaux – Réparation et modification des ensembles de cartes imprimées (à paraître)
ECSS-Q-70-38	Assurance produit des projets spatiaux – Brasage de haute fiabilité pour les cartes imprimées montés en surface et à technique combinée (à paraître)
ECSS-Q-70-48	Assurance produit des projets spatiaux – Exigences relatives à l'acquisition de nouvelles compétences et à la certification approuvées (techniques d'assemblage électronique) (à paraître)
ECSS-Q-70-71	Assurance produit des projets spatiaux – Données pour la sélection des matériaux spatiaux (à paraître)
ISO 9453	Brasure, alliage d'étain, plomb

ISO – EN 29454	Spécification des flux
J-STD—004	Exigences relatives aux flux de brasage tendre
EN 100015 – 1: 1992	Protection des dispositifs sensibles à l'électricité statique - Partie 1 : Exigences générales

3

Termes, définitions et abréviations

3.1 Termes et définitions

Les termes et définitions ci-dessous sont spécifiques à la présente norme dans le sens où ils complètent ou s'ajoutent au glossaire des termes ECSS-P-001.

3.1.1

Substrat de base

Voir « Substrat ».

3.1.2

Borne fendue

Borne comportant une encoche ou une fente dans laquelle on introduit les fils ou les connexions avant de braser.

3.1.3

Panne

Accumulateur de chaleur amovible d'un fer à braser.

3.1.4

Cloque

Délaminage sur une ou plusieurs zones localisées.

3.1.5

Pontage

Formation de brasure ou de revêtement conforme entre des pièces, des broches de composant et/ou un substrat de base, provoquant un pont (voir « Filet »).

3.1.6

Câble

Deux ou plusieurs conducteurs isolés, massifs ou torsadés, de même longueur contenus dans une enveloppe commune, ou deux ou plusieurs conducteurs isolés de même longueur, torsadés ou moulés ensemble sans enveloppe commune, ou un conducteur isolé avec blindage métallique ou conducteur extérieur (câble blindé ou coaxial).

3.1.7

Perle de verre écaillée

Joint du boîtier d'un composant verre-métal craquelé (apparaît souvent lors de la mise en forme des broches).

3.1.8

Terminaison repliée

Conducteur ou broche de composant passé dans une carte imprimée puis replié pour établir le contact avec la pastille de carte imprimée. On ne doit par forcer la partie repliée à reposer à plat sur la pastille, et un certain effet ressort est souhaitable avant le brasage de ce type de terminaison.

3.1.9

Joint de brasure à froid

Joint dans lequel la brasure apparaît en blocs, ridée ou empilée et présente des signes de fluage incorrect ou de mouillage. Il peut présenter un aspect brillant ou terne mais non granulaire. Le joint possède généralement des lignes abruptes de démarcation plutôt qu'un congé de raccordement lisse et continu entre la brasure et les surfaces brasées. Ces lignes sont dues soit à l'application d'une chaleur insuffisante, soit au fait qu'une zone des surfaces à braser n'a pas atteint la température de brasage désirée.

3.1.10

Colophane

Voir 3.1.62.

3.1.11

Composant

Dispositif à fonction électronique, électrique ou électromécanique, composé d'un ou plusieurs éléments joints et dont le démontage entraîne généralement la destruction. Les termes "composant" et "pièce" sont interchangeables. Les transistors, circuits intégrés, hybrides et condensateurs sont des exemples types de composants .

3.1.12

Broche de composant

Fil massif dépassant d'un composant et servant de liaison avec celui-ci.

3.1.13

Brasage par conduction

Méthode de brasage par laquelle on utilise un fer à braser pour transférer la chaleur à la zone de brasage.

3.1.14

Conducteur

Fil de connexion, fil massif ou souple ou raccord d'une carte imprimée servant d'interconnexion électrique entre les terminaisons.

3.1.15

Revêtement conforme

Mince revêtement de protection conforme à la configuration de l'ensemble couvert.

3.1.16
Connexion
Terminaison électrique.

3.1.17
Angle de contact
Angle situé entre des demi-plans tangents à une surface liquide et une interface solide-liquide à leur intersection. Notamment, l'angle de contact d'une brasure liquide en contact avec une surface métallique rigide. Sa valeur approximative peut être déterminée par projecteur de profil ou par un autre moyen en effectuant des mesures après la solidification de la brasure. Remarque : l'angle de contact est toujours l'angle situé dans le liquide.

3.1.18
Contamination
Particules, liquides, gaz, matériaux et micro-organismes qui, du fait de leur présence, peuvent entraver les performances d'un élément.

3.1.19
Construction de type cordwood (fagot)
Circ uits dans lesquels les composants sont montés entre, et perpendiculairement à, deux cartes imprimées ou réseaux conducteurs.

3.1.20
Corrosion
Détérioration d'un métal par réaction chimique ou électrochimique avec son environnement.

3.1.21
Joint de brasure craquelé
Jonction présentant une fracture ou une cassure à l'intérieur de la brasure.

3.1.22
Fissuration
Etat du substrat de base d'une carte imprimée dans lequel des points ou « croix » de couleur blanche liés apparaissent sur ou sous la surface du substrat, indiquant la séparation des fibres de la toile de verre et les points d'intersection du tissage, et généralement dû à une contrainte induite mécaniquement.

3.1.23
Délaminage
Séparation distincte des couches (résine-verre) d'une carte imprimée au départ ou en direction des bords d'un trou ou d'une arête de la carte.

3.1.24
Démouillage
Etat d'une zone de brasure dans lequel la brasure liquide n'a pas bien adhéré, caractérisé par une délimitation nette entre la brasure et le conducteur ou la brasure et la zone borne/terminaison (présentant souvent l'aspect d'une surface matte comportant des points de brasure plus épais et brillants).

3.1.25

Composant discret

Dispositif électronique individuel, actif ou passif (par exemple, résistances, condensateurs, inducteurs, diodes, transistors).

3.1.26

Joint de brasure perturbé

Liaison défectueuse due à un mouvement relatif entre le conducteur et la terminaison lors de la solidification de la brasure.

3.1.27

Scories

Formation qui apparaît à la surface du métal en fusion (sur une brasure liquide, elle peut comporter des impuretés ou des produits d'oxydation).

3.1.28

Liaison électrique

Liaison conductrice dans des circuits électriques ou électroniques.

3.1.29

Matière d'enrobage

Matière non électroconductrice, utilisée pour la protection de l'environnement, qui entoure complètement les composants électriques et qui emplit l'espace situé entre ces composants.

3.1.30

Alliage eutectique

Alliage de deux ou plusieurs métaux possédant un point de fusion précis. Comme exemple de brasure eutectique, on peut citer un alliage étain-plomb contenant 63 % d'étain, 37 % de plomb, et dont la température de fusion est de 183 °C.

3.1.31

Joint de brasure excessif

Liaison défectueuse dans laquelle la brasure masque la configuration de la liaison ou empêche l'évaluation du véritable angle de mouillage.

3.1.32

Oeillet

Pièce de métal tubulaire insérée dans une carte imprimée et dont les deux extrémités sont des oeillets.

3.1.33

Filet

Formation concave et lisse de matière entre deux surfaces, par exemple, congé de raccordement entre une broche de composant et une pastille de brasure ou borne ou bien congé de raccordement d'un matériau de revêtement conforme entre un composant et une carte imprimée.

3.1.34

Flatpack (boîtier plat)

Terme utilisé pour décrire l'apparence d'un circuit intégré fermé hermétiquement dans un boîtier plat rectangulaire pourvu de fils coplanaires sortant de la périphérie.

3.1.35
Flux
Matériau qui, au cours du brasage, élimine la couche d'oxyde, protège la surface de l'oxydation et fait en sorte que la brasure mouille les surfaces à raccorder.

3.1.36
Activité du flux
Propriété du flux qui permet d'obtenir l'angle de contact le plus faible entre la brasure en fusion et une surface solide (voir aussi 3.1.62).

3.1.37
Particule de flux
Minuscule fragment de résidu de flux translucide de couleur jaune ou parfois blanchâtre. Sous la lumière ultra-violette, présente en général une couleur vert blanchâtre.

3.1.38
Joint fracturé
Joints de brasure fracturés ou cassés à l'intérieur de la brasure. Voir "Joint de brasure craquelé ».

3.1.39
Ménisque de verre
Filet de brasure en verre d'un joint en plomb qui survient à l'endroit où un fil de connexion externe sort du corps du boîtier.

3.1.40
Effet de halo
Etat du substrat de base d'une carte imprimée prenant la forme d'une zone claire autour des orifices et/ou autres zones usinées sur ou sous la surface du substrat. Délaminage limité.

3.1.41
Joint hermétique
Joint permettant d'éviter la corrosion d'un circuit protégé en empêchant la pénétration d'agents contaminants tels que la vapeur d'eau.

3.1.42
Borne en forme de crochet
Borne en forme de crochet.

3.1.43
Micro-circuit hybride
Composant à fonction de circuit électronique composé d'un réseau de films épais ou minces sur un substrat servant de support aux composants, sous forme de pastille (puces), actifs et/ou passifs reliés à ce dernier.

3.1.44
Excroissances
Voir « Excroissances de brasure ».

3.1.45

Composant de circuit intégré

Circuit fonctionnel individuel formé par la déposition d'un élément électronique actif ou passif sur un substrat.

3.1.46

Liaison d'interface

Conducteur reliant des réseaux conducteurs entre les côtés opposés d'une carte imprimée. En général, trou métallisé.

3.1.47

Joint à recouvrement

Assemblage ou fusion par brasure de deux surfaces métalliques en recouvrement, en l'absence de tout autre moyen mécanique de fixation ou de support.

3.1.48

Blanchiment au croisement des fibres (measling)

Etat du substrat de base d'une carte imprimée, apparaissant sous la forme de points ou de « croix » distincts de couleur blanche sur ou sous la surface du substrat, indiquant la séparation des fibres de la toile de verre à l'intersection du tissage. Au cours du brasage, ce phénomène peut être provoqué par une chaleur excessive.

3.1.49

Carte imprimée multicouche

Produit composé de couches alternées de substrats de carte imprimée et de diélectriques collés ensemble par l'application simultanée de chaleur et de pression avant le perçage et métallisation des trous pour les interconnexions. Voir également « carte imprimée ».

3.1.50

Joint de brasure surchauffé

Joint dans lequel la brasure peut être brillante ou terne, mais qui présente également un aspect cristallin et une structure granuleuse provoquée par l'application trop longue d'un fer à braser, une source de chaleur trop intense ou des reprises répétées.

3.1.51

Pastille

Terminaison d'une surface conductrice d'une carte imprimée à laquelle on brase des fils pour réaliser une liaison électrique. Ces fils peuvent être décrits comme fonctionnels, en cas de terminaison d'une impression conductrice active, ou non-fonctionnels lorsque la pastille est isolée.

3.1.52

Piqûre

Petit trou dans la brasure.

3.1.53

Cratères

Petits trous ou dépressions abruptes à la surface de la brasure. Ces trous peuvent être provoqués par une rupture du flux due à un phénomène d'inclusion ou de surchauffe.

3.1.54

Trou métallisé

Un trou métallisé est formé par le dépôt d'un métal sur la paroi interne du trou. Connu également sous le nom de trou renforcé. La configuration permettent d'augmenter la résistance mécanique de la terminaison brasée ou de réaliser une interconnexion électrique sur une carte imprimée double face ou multicouche.

3.1.55

Joint de brasure poreux

Joint comportant plusieurs cratères et présentant une surface granuleuse ou grumeleuse (due à une surchauffe).

3.1.56

Matière d'enrobage

Matière, généralement non électroconductrice, utilisée pour encapsuler des composants, conducteurs et ensembles ou pour remplir les espaces entre ces éléments.

3.1.57

Carte imprimée

Produit issu de l'attaque sélective de l'excédent de cuivre sur une des surfaces d'un substrat isolant cuivré, ou sur les deux, et permettant de former un motif de circuit spécifique qui sera ensuite brasé ou doré. Le terme "carte imprimée" recouvre les familles suivantes :

- simple face ;
- double face, rigide ou souple ;
- multicouche, rigide ou flex-rigide.

3.1.58

Réparation

Mesure prise pour un produit non conforme afin qu'il satisfasse aux exigences relatives à son utilisation prévue bien qu'il ne soit pas conforme aux exigences initialement indiquées (ISO 8402: 1994).

NOTE 1 La réparation est un type de décision concernant un produit non conforme.

NOTE 2 La réparation comprend les actions correctives permettant de restaurer, en vue de son utilisation, un produit conforme auparavant mais désormais non conforme, par exemple, dans le cadre de la maintenance.

3.1.59

Résine

Substance naturelle généralement transparente ou translucide et d'une couleur allant du jaunâtre au marron. Les résines sont issues de sécrétions végétales et sont solubles dans des solvants organiques, excepté l'eau. Ce terme est générique, la colophane étant le terme spécifique utilisé dans le cadre du brasage.

3.1.60

Brasage par résistance

Méthode de brasage qui consiste à faire passer un courant entre deux électrodes à travers la zone à braser.

3.1.61

Reprise

Mesure prise pour un produit non conforme afin que celui-ci satisfasse aux exigences indiquées (ISO 8402: 1994).

NOTE La reprise est un type de décision concernant un produit non conforme.

3.1.62

Colophane

Résine naturelle obtenue comme résidu après extraction de la térébenthine à partir de l'oléorésine du sapin, composée essentiellement d'acide abiétique et d'acides de résine associés, le reste étant les éthers d'acide de résine. Elle est non corrosive et non électroconductrice.

La colophane est le composant de base de la famille des flux de colophane (voir ISO EN 29454).

3.1.63

Joint brasé à la colophane

Connexion défectueuse avec inclusion du flux de colophane.

3.1.64

Blindage

Gaine métallique entourant un ou plusieurs fils, câbles, ensembles de câbles ou mélange de fils et de câbles et servant à empêcher ou à diminuer la transmission d'énergie électromagnétique vers ou depuis les conducteurs protégés. Le blindage comprend également une enveloppe isolante pouvant recouvrir la gaine métallique.

3.1.65

Brasure

Alliage fusible de métaux non ferreux constitué d'un métal ou plus (en général, étain et plomb) utilisé en fusion pour assembler ou fusionner des surfaces métalliques et constituer un trajet électrique de faible résistance.

3.1.66

Brasabilité

Propriété d'une surface qui lui permet d'être mouillée par une brasure en fusion.

NOTE Il existe des essais normalisés permettant d'évaluer la brasabilité des conducteurs.

Les surfaces sont considérées comme ayant une « bonne brasabilité » si, à la suite des procédures de la présente norme, le mouillage par la brasure peut être atteint en l'espace de t rois secondes et le démouillage ne se produit pas avant huit secondes.

3.1.67

Revêtement de brasure

Surface recouverte d'une couche mince, uniforme de brasure.

3.1.68

Borne à coupelle à braser

Borne creuse, de forme cylindrique, fermée à l'une de ses extrémités pour recevoir un ou plusieurs conducteurs.

3.1.69

Excroissance de brasure

Pointe de brasure conique ou aiguë généralement formée par le refroidissement et la solidification prématurés de la brasure lors du retrait des sources de chaleur.

3.1.70

Pastille de brasure

Zone de terminaison d'un conducteur de carte imprimée.

3.1.71

Brasage

Processus d'assemblage de surfaces métalliques par emploi d'une brasure sans fusion directe des métaux de base.

3.1.72

Temps de brasage

Temps nécessaire à une surface pour être mouillée par la brasure dans des conditions indiquées.

3.1.73

Matériau adhésif pour fixation mécanique (ciment)

Matériau adhésif non électroconducteur utilisé pour fixer un composant ou un élément en place.

3.1.74

Lignes de contrainte

Deux formes de lignes de contrainte peuvent apparaître sur un filet de brasure terminé.

a. Les lignes ou bourrelets parallèles à la surface d'assemblage sont en général la preuve de temps ou de températures de brasage trop élevés et aussi la preuve d'un travail de reprise. Ils sont probablement provoqués par des expansions différentielles lors du brasage, étant donné que le substrat de la carte imprimée a un degré d'expansion largement supérieur à celui du matériau métallique du joint.

b. Les lignes perpendiculaires à la surface d'assemblage apparaissent en général lorsque la panne du fer à braser est retirée trop lentement du joint de brasure liquide.

3.1.75

Relaxation de contrainte

Méthode ou moyen permettant de minimiser les contraintes sur la terminaison ou le composant brasés. Se présente en général sous la forme d'une courbe ou d'une boucle dans la broche d'un composant, un fil massif ou souple et dont le but est de soulager les contraintes entre les terminaisons comme celles causées, par exemple, par mouvement ou dilatation thermique.

3.1.76
Sortie droite traversante
Terminaison verticale d'un conducteur traversant une carte imprimée.

3.1.77
Substrat
Matériau diélectrique de support sur lequel on dépose ou installe les élément d'une carte.

3.1.78
Brasage par pointage
Utilisation d'une brasure pour relier provisoirement un fil de connexion à un point de terminaison.

3.1.79
Zone terminaison/borne
Surface conductrice d'une carte imprimée utilisée pour réaliser des connexions électriques (est également appelée pastille d'une carte imprimée, pastille de brasure).

3.1.80
Shunt thermique
Dispositif possédant de bonnes caractéristiques de dissipation de chaleur, servant à éloigner la chaleur de l'élément brasé.

3.1.81
Etamage
Action de recouvrir une surface à l'aide d'une zone brasée uniforme avant de l'utiliser dans une connexion brasée.

3.1.82
Pointe de la panne
Surface d'application située à l'extrémité de la panne du fer à braser.

3.1.83
Borne américaine
Tige cylindrique verticale rainée autour de laquelle les conducteurs sont fixés avant d'être brasés.

3.1.84
Œil nu
Vision de Snellen normale de 6/6 (métrique) y compris les lunettes permettant de rétablir une mauvaise vue à l'équivalent de 6/6 (métrique). Ne comprend pas les microscopes, les loupes d'œil ou tout autre appareil de grossissement.

3.1.85
Exposition du tissage
Etat de la surface du substrat d'une carte imprimée dans lequel la toile de verre tissée continue n'est pas uniformément recouverte par la résine.

3.1.86

Mouillage

Ecoulement et adhérence d'un liquide à une surface solide, caractérisés par des bords lisses et égaux et un angle de contact faible.

3.1.87

Effet mèche

Flux de brasure en fusion ou de solution de nettoyage par capillarité. Se produit lors de la brasure d'un fil souple, la brasure est coulée dans les torons mais, normalement, elle n'est pas visible à l'extérieur des torons. L'effet mèche peut également se produire dans la courbe de relaxation de contrainte d'une broche de composant.

3.1.88

Fil

Conducteur métallique simple massif ou souple conçu pour transmettre le courant dans un circuit électrique, qui ne possède pas de revêtement, gaine ou blindage métallique. Dans le cadre de la présente norme, « fil » signifie « fil électrique isolé ».

3.2 Abréviations

Abréviations définies et employées dans la présente norme.

Abréviation	**Signification**
AWG	American Wire Gauge
eff	efficace
FEP	éthylène-propylène fluoré
MOS	Metal- Oxide Semiconductor
PCB	Carte imprimée
PTFE	polytétrafluoréthylène
RF	Radio Fréquence
RMA	Colophane, faiblement active (ancien terme désormais défini par J-STD-004 Type L1 : Colophane, faible activation avec moins de 0,5 % d'halogénure)

4

Principes et conditions préalables à l'obtention de connexions brasées fiables

4.1 Principes

a. L'obtention de connexions brasées fiables découle d'une conception correcte, d'une bonne maîtrise des outils, des matériaux et des environnements de travail ainsi que d'une exécution réalisée dans les règles de l'art.

b. Les concepts élémentaires permettant de garantir la fiabilité des connexions et d'empêcher les défaillances au niveau des joints de brasure sont les suivants :

- La relaxation de contrainte doit être inhérente à la conception de sorte que les contraintes thermiques et mécaniques nuisibles aux joints de brasure soient proscrites.
- Lorsque la relaxation de contrainte adéquate n'est pas réalisable, il faut recourir à une méthode permettant de renforcer le joint de brasure.
- Les matériaux doivent être choisis de sorte que la différence des coefficients d'expansion thermique soit minime aux points de contrainte de la configuration de fixation de la pièce.
- Les matériaux et processus entraînant la formation d'intermétalliques fragilisés doivent être proscrits.
- La conception doit permettre un contrôle direct des joints de brasure.

4.2 Conditions préalables

a. Il incombe à chaque contractant la responsabilité de tenir à jour un programme de brasage documenté qui satisfait aux exigences de la présente norme et de la norme ECSS-Q-70-48 pour les types de joints de brasure utilisées dans les articles concernés. Le programme de brasage doit comprendre les procédures de formation, certification, maintenance du statut certifié, la recertification et la révocation du statut certifié du personnel chargé du brasage et des contrôles. Le contractant doit également élaborer et mettre à disposition des normes d'exécution constituées d'échantillons de travail correct ou d'aides visuelles illustrant clairement les caractéristiques de qualité de tous les joints de brasure concernés. Dans la présente norme, les illustrations appropriées, complétées si besoin est, doivent servir de normes visuelles.

b. Des enregistrements doivent être conservés pour permettre l'identification entre le produit fini et l'opérateur. Des enregistrements concernant la formation, les essais et le statut de certification des opérateurs de brasage doivent également être conservés. Les enregistrements doivent être conservés sur une période d'au moins dix ans ou selon les exigences du contrat de projet.

c. Les équipements et outils doivent être régulièrement vérifiés et étalonnés pour assurer leur bon fonctionnement et des enregistrements relatifs à l'étalonnage des outils doivent être tenus à jour.

d. Pour les exigences de brasage non traités dans la présente norme, le contractant doit soumettre, pour accord, au client final concerné une procédure de processus comprenant toutes les exigences de qualité pertinentes, conformément à la norme ECSS-Q-70.

e. Les méthodes de préparation et d'assemblage des composants à braser, le choix et l'utilisation des outils doivent être conformes à la présente norme.

f. Les composants, bornes et conducteurs doivent être assemblés et renforcés comme indiqué dans la présente. Ces exigences concernent les ensembles conçus pour fonctionner entre - 55 °C et+ 80° C. Des températures extrêmes ou autres applications en environnement inhabituel nécessiteront des mesures de conception particulières pour fournir aux ensembles les capacités nécessaires de survie dans cet environnement.

g. Les configurations de joint de brasure non indiquées dans la présente norme doivent être testées pour vérification (voir paragraphe 13) au moyen d'échantillons représentatifs, avant d'être acceptées pour l'équipement de vol.

h. La formation et la certification préalables des opérateurs et contrôleurs sont obligatoires.

5

Conditions de préparation

5.1 Propreté des installations

a. A moins d'être classées comme salles blanches, les zones dans lesquelles on effectue des opérations de brasage doivent être propres et exemptes de matériaux épars (impuretés, poussières, particules de brasure, huiles, morceaux de fils) susceptibles de contaminer le joint de brasure. Le mobilier doit être réduit au strict minimum dans les zones de travail et disposé de manière à faciliter le nettoyage complet du sol.

b. Les installations sanitaires, les services de restauration et le coin fumeur doivent être situés dans une pièce située à proximité des zones de brasage, mais indépendante de celles-ci.

c. Les plans de travail doivent être recouverts d'une surface rigide et facile à nettoyer, ou doivent présenter une surface remplaçable constituée d'un papier propre, non corrosif et exempt de silicone.

d. Les outils employés pour l'opération de brasage doivent être propres et il faut retirer l'excès de lubrifiant avant de commencer le brasage.

e. Avant l'assemblage, les contacts fil, borne et connecteur doivent faire l'objet d'un contrôle visuel afin de vérifier la propreté, l'absence de films d'huile, de ternissement ou de corrosion.

f. La manipulation et le stockage des composants électroniques, par exemple, doivent être conformes aux paragraphes 7.4 et 7.5.

5.2 Conditions ambiantes

La zone de brasage doit posséder une ambiance contrôlée permettant de limiter l'entrée d'agents contaminants. Les conditions ambiantes suivantes doivent être constamment maintenues dans la zone :

- température ambiante : (22 ± 3)°C ;
- humidité relative à température ambiante : (55 ± 10) %.

Les postes de travail ne doivent pas être exposés aux courants d'air. La pièce doit être alimentée en air frais grâce à un système de filtre assurant une différence de pression positive par rapport aux salles contiguës et l'air vicié doit être correctement restreint.

5.3 Précautions contre les charges électrostatiques

Voir aussi EN 100015-1. Lorsque des dispositifs sensibles aux charges électrostatiques (par exemple, dispositifs MOS, semi-conducteurs à micro-ondes, régulateurs de tension de précision) vont être brasés, les mesures ci-dessous doivent

être prises lors de la préparation, l'assemblage, le brasage et le nettoyage des composants. Il est essentiel d'empêcher l'accumulation de charges électrostatiques et d'éviter les différences de potentiel en maintenant le personnel, les équipements et les fils de connexion des dispositifs à un même potentiel, par exemple, celui de terre.

- L'établi doit être doté d'une surface permettant la déperdition d'électricité statique et reliée à la terre. La résistance entre la surface de l'établi et la terre doit être supérieure à 50 KΩ et inférieure à 2 MΩ. Un bracelet de mise à la terre doit être utilisé lors de la manipulation d'éléments sensibles. Ce bracelet doit être relié à la terre par une résistance de 1 MΩ.
- Le siège de travail doit être recouvert de coton ou d'un matériau conducteur.
- Les équipements sous tension au poste de travail doivent être mis à la terre. Un interrupteur de court-circuit à la masse doit être installé.
- Le personnel doit porter des vêtements et des gants de protection fabriqués à partir de fibres synthétiques traitées (conductrice).
- Tous les outils, tels que les aides d'assemblage, doivent, si possible, être conducteurs. Les charges électrostatiques des pièces non conductrices peuvent être neutralisées grâce à de l'air ionisé.
- La panne de brasage doit être mise à la terre.
- Les dispositifs doivent être conservés dans leur emballage d'origine (par exemple, barrettes conductrices, mousse) aussi longtemps que possible. Les emballages individuels doivent être retirés uniquement au poste de travail. Les conteneurs doivent comporter une étiquette indiquant qu'ils contiennent des dispositifs sensibles aux charges électrostatiques.

5.4 Exigences relatives à l'éclairage

La puissance lumineuse sur le plan de travail doit être, au minimum, de 1080 lux. Une surface représentant au moins 90 % de la zone de travail doit être exempte de toute ombre et de tout reflet sévère.

5.5 Equipements et outils

5.5.1 Brosses

Des brosses à poils naturels ou synthétiques de dureté moyenne peuvent être utilisées pour le nettoyage à condition qu'elles ne rayent pas la surface métallique à nettoyer ou n'endommagent pas les matériaux contigus au-delà des exigences du contrôle visuel. Ces brosses ne doivent théoriquement pas être affectées par les différents solvants de nettoyage utilisés pour les cartes imprimées. Elles doivent être nettoyées régulièrement à l'aide des solvants indiqués au paragraphe 6.3.1. L'usage de brosses métalliques est proscrit.

5.5.2 Limes

L'usage des limes permettant d'aiguiser les pointes des fers à braser cuivrés est proscrit. Les limes ne doivent pas être conservées dans la zone de travail.

5.5.3 Cutters et pinces

Afin d'éviter de transmettre des chocs aux pièces délicates, le cutter servant à ajuster le fil des conducteurs et les broches de composants doit cisailler net pour obtenir une surface propre, plane, coupée progressivement sur tout le long de l'arête tranchante. Aucune torsion de doit être exercée au cours de l'opération de découpage. Le profilé et l'application appropriés de l'arête tranchante sont indiqués Figure 1. Les arêtes tranchantes des pinces doivent régulièrement être contrôlées pour vérifier qu'elles n'ont subi aucun dommage et qu'elles sont toujours aiguisées. Des pinces ou des brucelles lisses, à long bec peuvent être utilisées pour fixer ou retirer le fil du

conducteur ou les broches de composant.

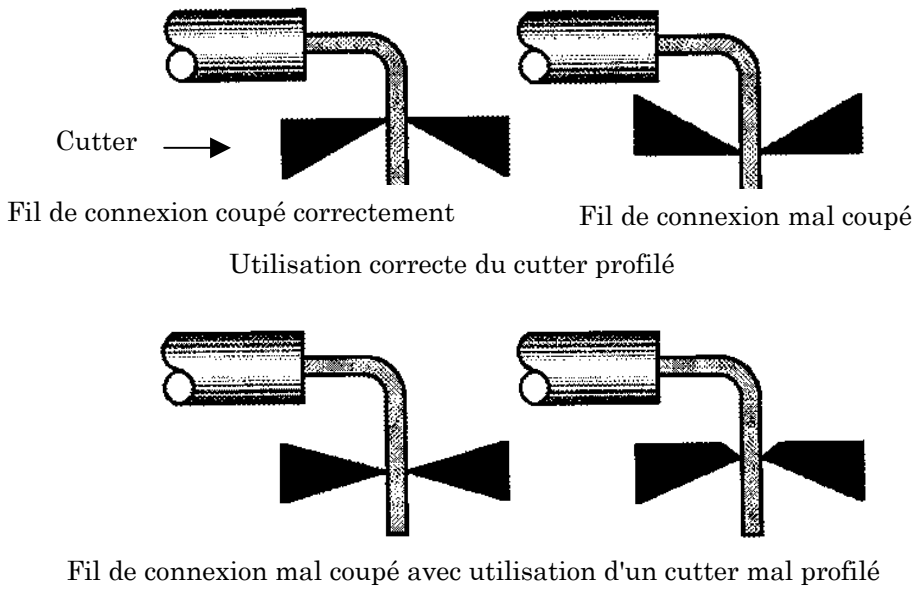


Figure 1 : Profilés de cutters corrects et incorrects pour la coupe des fils de connexion

5.5.4 Outillage de mise en forme

Les broches de composant nues doivent être mises en forme à l'aide d'outils appropriés, y compris des outillages automatiques ne risquant pas de couper, d'entailler ou d'endommager d'une quelconque manière les broches de composant ou leur isolation. Il faut veiller à ne pas endommager les composants encapsulés ou à ne pas les soumettre à une tension trop importante (voir également paragraphe 8.2). Lorsque l'utilisation de composants semi-conducteurs en boîtiers flatpack est exigée, il faut se servir de l'outillage spécial défini par le contractant pour mettre en forme les fils de connexion. Cet outillage ne doit comporter aucune arête tranchante et doit présenter un fini poli brillant, de préférence en chrome dur.

5.5.5 Pince coupante

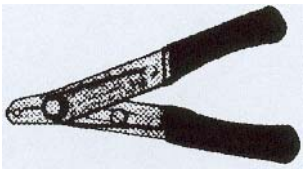
Les pinces coupante doivent être conçues pour minimiser les risques de dommage aux surfaces des conducteurs, composants et broches de composant dans les cartes imprimées.

5.5.6 Outillage de dénudage

a. **Outillage thermique de dénudage** L'outillage thermique de dénudage peut être utilisé avec des isolants auxquels il est adapté. Il est préférable de se servir de ce type d'outillage avec des fils AWG 22 ou de calibre inférieur si le fil risque s'allonger avec un outillage mécanique de dénudage. La chaleur de l'outillage de dénudage doit être contrôlée pour éviter la formation de cloque ainsi que la fonte trop importante de l'isolant. Des dispositifs d'extraction sont nécessaires si la méthode de dénudage thermique est utilisée et ce, afin d'éviter toute contamination des composants ou tout risque sanitaire pour le personnel résultant des vapeurs dégagées.

b. **Outillage de dénudage mécanique de précision** Il est possible d'utiliser un outillage de dénudage mécanique automatique pourvu d'une matrice à découper et à dénuder de précision, réglée en usine et non réglable et de protège-fils. Il est également possible de se servir d'un outillage de dénudage manuel de précision doté de têtes de coupe usinées avec précision et réglées en usine. Les embouchures de filière des calibres de fil autres que ceux utilisés doivent être masquées. Le conducteur ne doit pas être tordu, rayé, entaillé, coupé ou rayé lors de cette opération. Voir Figure 2 pour des outillages mécaniques de dénudage non approuvés.

c. **Etalonnage de l'outillage de dénudage** L'outillage thermique et mécanique de dénudage doit être régulièrement étalonné ou faire l'objet d'une évaluation sur échantillon au cours du cycle de production.



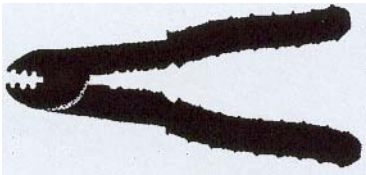


Figure 2 : Outillages mécaniques de dénudage non approuvés

5.5.7 Fers à braser et équipements de brasage par résistance

a. **Choix des fers à braser** La taille et la forme du fer à braser et de la panne doivent permettre de braser avec le maximum d'aisance et de maîtrise sans causer de dommages sur les zones ou connexions contiguës. Les fers à température contrôlée doivent être utilisés et étalonnés à intervalles réguliers. La forme de la pointe de la panne (en bêche, ciseau ou pyramide) doit être adaptée à la pièce à travailler et une gamme de pannes de réserve doit être disponible. Le fer à braser ou l'électrode de chauffage par résistance doit chauffer la zone du joint et le porter à température du liquide de brasure en 1 à 2 secondes et maintenir la température de brasage correcte au niveau du joint tout au long de l'opération de brasage. Pour procéder à une brasure normale des composants électroniques, il est recommandé d'avoir une température de panne de 280°C, celle-ci ne dépassant en aucun cas 330°C. A des fins précises, une température de 360°C est autorisée (par exemple, présence de drains thermiques ou de grandes plaques de masses carte imprimée). Les équipements de brasure ne doivent pas produire de champ magnétique produisant une énergie électrique nuisible à l'élément brasé.

b. **Porte-fer à braser** Un porte-fer à braser adapté au fer à braser utilisé doit être fourni. Il est préférable d'utiliser un porte–fer de type cage, qui laisse la pointe de la panne sans appui, lorsque la température est contrôlée (contrôle de puissance variable, réglé correctement).

5.5.8 Sources de chaleur sans contact

Lorsque la chaleur est appliquée à l'aide d'un jet de gaz chauffé ou de faisceaux d'énergie radiante, l'utilisateur doit prouver que les joints ont été réalisés selon la norme d'exécution de la présente norme. La haute fiabilité des joints doit être prouvée au moyen d'un programme d'essai qui doit inclure l'essai de vérification détaillé au paragraphe 13. Les équipements doivent faire l'objet d'une procédure documentée établie.

5.5.9 Outillage de brasure

L'outillage ne doit pas couper, entailler ou endommager d'une quelconque manière les fils de connexion. Des outillages bifides, généralement appelés « aides au brasage » peuvent être utilisés, à condition que le matériau dont il sont constitués ne puisse être étamé dans les conditions de brasage employées.

a. **Shunts thermiques** La taille et la forme des shunts ou des drains thermiques, lorsqu'ils sont nécessaires, doivent garantir une protection thermique adéquate et une interférence mécanique minimale des pièces lors des opérations de brasage. Les shunts doivent être facilement mis en place et retirés. Ils peuvent être maintenus en place par friction, tension d'un ressort ou tout autre moyen approprié n'endommageant pas le fini ou l'isolant. Un shunt thermique de serrage peut être réalisé de manière efficace en insérant des petites barres de cuivre par exsudation dans les mâchoires d'une pince crocodile. Des shunts thermiques doivent être utilisés pour le lavage de l'or, le pré-étamage et le brasage de composants thermosensibles ou lorsque les valeurs limites maximales de

température ou les températures des isolants indiquées par le fabricant sont susceptibles de ne pouvoir être maintenues.

b. **Outillage sans mèche** Lorsque cela est nécessaire, il faut utiliser un outillage sans mèche approprié, comportant une échelle de calibres des conducteurs, pour le pré-étamage des fils standard.

c. **Outillage porte-fil** Un outillage porte-fil adapté peut être réalisé. L'outillage doit être conçu de manière à ne pas endommager les fils de connexion.

5.5.10 Equipements ou outillages défaillants ou non étalonnés

Les équipements ou outillage défaillants ou non étalonnés doivent être aussitôt retirés des zones de travail et remplacés.

(Cette page est laissée blanche intentionnellement)

6

Choix des matériaux

6.1 Brasure

6.1.1 Forme

Des fils plats ou préformes de brasure peuvent être utilisés à condition que l'alliage et le flux satisfassent les exigences de la présente norme. L'alliage utilisé dans les bains de brasure doit être fourni sous forme de lingot (sans flux).

6.1.2 Composition

Sauf circonstances particulières qui dépendent de la compatibilité des matériaux ou de contraintes thermiques à préciser, la composition de l'alliage de brasure doit figurer Tableau 1, voir ISO 9453 pour plus de détails. L'alliage de brasure doit être choisi en fonction de la manière dont il sera utilisé ; pour ce choix, on peut se reporter au Tableau 2.

6.1.3 Températures et choix de fusion

Voir Tableau 2.

6.2 Flux

6.2.1 Flux à base de colophane

- **Pré-étamage** Il est nécessaire d'utiliser des flux à base de colophane faiblement active (par exemple, J-STD-004 Type L1) pour le pré-étamage des broches de composant, des terminaisons métallisées et des bornes de branchement. Des flux à base de colophane entièrement active (par exemple, J-STD-004 Type H1) peuvent être utilisés en cas de faible brasabilité.
- **Assemblage** Seul un flux de colophane pure doit être utilisé pour l'assemblage (par exemple, ISO-- EN 29454 Type 1.1.1 ou J-STD-004 Type L0). Si un flux de colophane faiblement active est utilisé, l'efficacité des opérations de nettoyage ultérieures doit être contrôlée (voir paragraphe 11.3).
- **Application du flux** Lorsqu'un flux de liquide externe est utilisé parallèlement au brasage avec fil fourré, les flux doivent être compatibles. S'il est utilisé, il faut appliquer le flux de liquide sur les surfaces à braser avant d'appliquer la chaleur. Il faut éviter d'utiliser un flux trop important. Lorsque la brasure à âme décapante est employée, elle doit être placée de manière à permettre au flux de couler sur les éléments de connexion et des les recouvrir à mesure que la brasure fond.

6.2.2 Flux d'acide corrosifs

Lorsque les flux à base de colophane ne sont pas adaptés au pré-étamage des broches de composants ou des bornes de branchement, on peut utiliser des flux acides

hydrosolubles. Parce que ces flux comportent des résidus susceptibles de provoquer une fissuration par corrosion sous contrainte et une corrosion uniforme de la surface, ils doivent être entièrement retirés immédiatement après leur utilisation et avant toute autre opération de brasage (voir également paragraphe 11).

Ces flux actifs ne doivent pas être utilisés si les vapeurs ou résidus de projection qu'ils engendrent risquent d'entrer en contact avec le matériau isolant électrique. Ils doivent être stockés séparément, conformément aux dispositions énoncées au paragraphe 7.5.3.

Tableau 1 : Composition chimique des brasures sur satellite

Désignation		Brasure à 63 % d'étain (eutectique)	Brasure chargée à 62 % d'étain	Brasure à 60 % d'étain	Brasure à 96 % d'étain-argent (eutectique)
Etain (Sn)	Mini. %	62,5	61,5	59,5	reste
	Maxi. %	63,5	62,5	61,5	
Plomb (Pb)	Maxi. %	reste	reste	reste	0,10
Antimoine (Sb)	Maxi. %	0,05	0,05	0,05	0,12
Argent (Ag)	Mini. %	--	1,8	--	3,5
	Maxi. %	--	2,2	--	4,0
Bismuth (Bi)	Maxi. %	0,10	0,10	0,10	0,10
Cuivre (Cu)	Maxi. %	0,05	0,05	0,05	0,05
Fer (Fe)	Maxi. %	0,02	0,02	0,02	0,02
Aluminium (Al)	Maxi. %	0,001	0,001	0,001	0,001
Zinc (Zn)	Maxi. %	0,001	0,001	0,001	0,001
Arsenic (As)	Maxi. %	0,03	0,03	0,03	0,03
Cadmium (Cd)	Maxi. %	0,002	0,002	0,002	0,002
Autres	Maxi. %	0,08	0,08	0,08	0,08

Tableau 2 : Guide pour le choix du type de brasure

Type de brasure	Intervalle de fusion (en °C)		Utilisations
	Solide	Liquide	
Brasure à 63 % d'étain (eutectique)	183	183	Brasage des cartes imprimées lorsque les limites de températures sont critiques et dans les applications nécessitant un intervalle de fusion très court.
Chargée à 62 % d'étain	175	189	Brasage des composants argentés ou peints (condensateur céramique). Cette composition de brasure est saturée en argent et empêche la dissolution des surfaces argentées.
Brasure à 60 % d'étain	183	188	Brasage des faisceaux de fils électriques/câbles ou connexions de bornes et revêtement ou pré-étamage des métaux
Brasure à 96 % d'étain-argent (eutectique)	221	221	Peut être utilisé pour des applications spécifiques telles que le brasage des bornes de branchement.

6.3 Solvants

6.3.1 Solvants acceptables

Les solvants servant à éliminer la graisse, l'huile, les impuretés, les flux et les résidus de flux doivent être non conducteurs et non corrosifs. De plus, ils ne doivent pas provoquer la dissolution ou la dégradation de la qualité des pièces ou des matériaux, ni la destruction des marquages permettant l'identification de ceux-ci. Les solvants doivent être correctement étiquetés et conservés dans un état propre et non contaminé. Les solvants présentant des traces de contamination ou de décomposition ne doivent pas être employés.

Les solvants doivent être utilisés de manière à éviter toute transmission de résidus de flux dissout sur les surfaces de contact telles que celles des commutateurs, potentiomètres ou connecteurs.

Les solvants ci-dessous sont acceptables lorsqu'ils sont utilisés correctement à des fins de nettoyage au cours des opérations de brasage (voir paragraphe 11).

- alcool éthylique pur à 99,5 % ou 95 % par volume ;
- isopropanol pur à 99 %, meilleure qualité commerciale ;
- on peut utiliser de l'eau désionisée à 40°C maximum pour certains flux. Les éléments doivent être complètement séchés directement après l'utilisation d'eau désionisée ;
- tout mélange des solvants cités ci-dessus.

6.3.2 Séchage

Tous les solvants choisis doivent pouvoir être entièrement séchés.

6.4 Matériaux isolants souples

Les matériaux isolants souples doivent être adaptés à l'utilisation en environnement spatial. Ils doivent présenter de faibles propriétés de dégazage, conformément à ECSS-Q-70-02.

Les matériaux recommandés comprennent les FEP et PTFE.

Les autres matériaux appropriés sont le polyéthylène irradié, les résines et polyimides fluorurés.

Il faut veiller à ce que le PTFE ne soit pas chauffé à plus de 250°C, de faibles quantités de gaz toxiques risquant d'être émises au-delà de ce seuil.

6.5 Bornes

6.5.1 Bornes recommandées

Les bornes faites en alliages de bronze (cuivre/étain) sont recommandées. Les bornes faites en alliages de laiton (cuivre/zinc) ne doivent pas être employées à moins d'avoir été correctement plaquées d'une couche limite de cuivre de 3 µm-10 µm (le nickel est également acceptable mais il est de nature magnétique et risque de présenter une faible brasabilité). La présence d'une couche limite est nécessaire sur les éléments en bronze afin d'empêcher la diffusion puis l'oxydation de surface du zinc. L'épaisseur de ces couches limites doit être contrôlée par échantillonnage, au moyen d'une coupe micrographique.

Les bornes utilisées doivent être trempées à chaud, étamées/plombées ou déposées par électrolyse et refondues. Les bornes plaquées sur la surface d'assemblage sont proscrites si elles se détachent lors des opérations de brasage ultérieures.

6.5.2 Bornes étamées, argentées et dorées

Les bornes étamées, argentées et dorées des cartes imprimées ne doivent pas être utilisées. Ces finis peuvent être éliminés à l'aide des méthodes indiquées au paragraphes 7.1.6 afin d'obtenir un fini étamé/plombé approuvé.

6.5.3 Forme des bornes

Les bornes fendues et américaines doivent être fournies avec des rebords ou des rainures de dimensions adaptées pour permettre de placer correctement les fils de connexion et faciliter l'écoulement de la brasure.

6.6 Fils

Les fils doivent être en cuivre pur ou en alliage de cuivre. Des fils étamés ou argentés doivent être utilisés. Les fils doivent être dénudés de leur isolant comme indiqué au paragraphe 7.1.

Les fils spéciaux à toron simple, comme les fils de bobinage émaillés, doivent être dénudés par une méthode spéciale.

6.7 Cicuits imprimés

6.7.1 Circuits

Le circuit d'isolation élémentaire doit être constitué d'un matériau diélectrique renforcé en verre tissé. Les types G10, G11, FR4, FR5 et polyimides doivent être utilisés. Les couches comprimées comportant des charges organiques sont proscrites. Les cartes imprimées doivent provenir d'un fournisseur ayant prouvé que ses produits satisfont aux exigences indiquées dans ECSS-Q-70-10.

6.7.2 Trous métallisés

Il convient d'utiliser des trous métallisés. Les trous non assistés (c'est-à-dire sans support approprié en fils de cuivre) peuvent servir de liaison électrique entre les impressions conductrices sur des circuits double face ou multicouche lorsqu'ils ont proviennent de sources qualifiées. Les cartes imprimées présentant un coefficient élevé d'expansion (c'est-à-dire les matériaux de circuit imprimé ne figurant pas paragraphe 6.7.1) nécessitent un trou assisté.

Pour les trous non métallisés, des connexions d'interface doivent être réalisées conformément au paragraphe 8.2.4.

6.7.3 Fini étain/plomb des conducteurs

Les impressions conductrices en cuivre doivent être protégées de la corrosion ou du ternissement par un placage adapté. Les finis galvanisés d'étain/plomb et refondus doivent être employés sur les cartes imprimées nécessitant un brasage manuel. Des finis de 10-15 µm d'épaisseur doivent être utilisés et leur composition chimique doit être conforme à ECSS-Q-70-10.

6.7.4 Fini doré des conducteurs

Dans les cas où les composants sont à braser sur l'impression conductrice, les finis dorés ne sont pas compatibles avec les exigences de finition de surface pour le brasage et leur emploi est à éviter. Il ne faut pas braser directement sur un placage en or. Les procédures de lavage de l'or sont détaillées au paragraphe 7.1. Certains conducteurs des circuits RF nécessitant un fini doré peuvent être dorés pour que les pastilles des bornes à braser aient un fini étamé/plombé.

6.8 Revêtement conforme, matériau adhésif, matière d'enrobage

On utilise soit un matériau adhésif, soit un revêtement conforme, soit un procédé de collage ou d'encapsulation pour assurer un support mécanique et une protection contre la contamination. Les types de matériaux et procédures associées permettant d'assurer un support mécanique doivent être indiqués. Le matériau doit être choisi pour répondre aux critères de ECSS-Q-70-02. Le choix doit également dépendre des exigences électriques et de l'environnement d'utilisation prévu. Les propriétés électriques les plus importantes sont la constante diélectrique, la résistance d'isolement et la suppression de l'effet Corona. Les facteurs résultant des méthodes de traitement doivent également être pris en compte, comme la température de polymérisation et la chaleur de réaction exothermique.

Le retrait de la résine lors de la polymérisation et de la réparation ne doit pas dégrader les articles à enduire. Les matières susceptibles de dégager de l'acide acétique, de l'ammoniac, des amines, de l'acide chlorhydrique ou d'autres acides ne doivent pas être employées, car elles présentent un risque de fissuration par corrosion sous contrainte des broches de composants. La relaxation de contrainte, détaillée dans le paragraphe 8.1.5, ne doit pas être entravée par un choix erroné des matières d'enrobage, d'encapsulation ou de revêtement conforme, notamment pour des température basses auxquelles certains matériaux durcissent et deviennent fragiles. Tous les matériaux figurant dans le présent paragraphe doivent être évalués séparément lorsque des exigences d'inflammabilité sont applicables.

(Cette page est laissée blanche intentionnellement)

7

Préparation du brasage

7.1 Préparation des conducteurs, bornes et coupelles à braser

7.1.1 Dénudage

Le calibre de l'outillage ou des machines de dénudage doit correspondre à celui des fils conducteurs (voir paragraphe 5.5.6) et leur statut de réglage et d'étalonnage doit être indiqué. Le conducteur ne doit pas être tordu, rayé, entaillé, coupé ou rayé par cette opération. L'isolant ne doit pas être surchauffé. Cependant, la décoloration de l'isolation due aux méthodes normales de dénudage thermique n'entraîne pas le rejet du matériau.

7.1.2 Dommages sur isolant

Après le dénudage, le reste d'isolant sur le conducteur ne doit pas être endommagé (par exemple, entailles, coupures, écrasement, surchauffe). Les marques d'une légère pression causées par l'outillage de dénudage mécanique n'entraîne pas le rejet du matériau. Les fils conducteurs dont l'isolant est endommagé sont proscrits. Une légère décoloration due au dénudage thermique est acceptable.

7.1.3 Dommages sur conducteurs

Une fois l'isolant retiré du conducteur, ce dernier ne doit pas être entaillé, coupé, éraflé ou endommagé de quelque manière que ce soit. Les broches de composant ou autres conducteurs dont la section a été réduite ne doivent pas être utilisés. Les fils endommagés dont le matériau de base est mis à nu sont proscrits.

7.1.4 Dégagement de l'isolant

Le dégagement maximal de l'isolant par rapport au joint de brasure doit être celui indiqué dans le Tableau 3. Des exceptions peuvent être faites pour l'assemblage des fils de bobinage.

Dégagement minimum : l'isolant ne doit pas être intégré dans le joint de brasure. Le contour du conducteur ne doit pas être masqué à l'extrémité de l'isolant.

Tableau 3 : Dégagement de l'isolant

Calibre des fils (AWG)	Diamètre du conducteur (D) (en mm)	Dégagement de l'isolant (maxi.)
32 - 24	0,200 - 0,510	4 × D
22 - 12	0,636 - 2,030	3 × D
≥ 10	≥ 2,565	2 × D

7.1.5 Surface à braser

a. **Nettoyage.** Toutes les surfaces conductrices à braser doivent être propres pour l'opération de brasage. Les solvants de nettoyage sont indiqués paragraphe 6.3.1. Les abrasifs non autorisés, y compris la ponce et le papier émeri, ne doivent pas être utilisés pour préparer la surface. La dorure d'une épaisseur de 1 µm ou moins sur les cartes imprimées doit être éliminée selon la méthode indiquée au paragraphe 7.1.5 c. Le brasage à même la dorure ne sera en aucun cas autorisé.

b. **Pas de torsadage des fils** S'il a été perturbé, le pas de torsadage des torons doit être rétabli, mais pas à main nue.

c. **Elimination de la dorure d'un conducteur de carte imprimée** Cette opération doit être réalisé à l'aide d'une gomme blanche spéciale, de la forme d'un stylo. Cette opération ne doit pas endommager les matériaux du substrat ou réduire la brasabilité de la zone du conducteur ou l'épaisseur des fils de plomb. Cette méthode permet uniquement d'éliminer les dorures d'épaisseur inférieure à 1 µm.

d. **Bornes et coupelles à braser** Les bornes et coupelles à braser ne doivent pas être modifiées en vue de recevoir des calibres de conducteurs non appropriés.

7.1.6 Lavage de l'or et pré-étamage des conducteurs

a. **Fils souples** Les extrémités dénudées des fils souples doivent être étamées pour assurer une bonne brasabilité et empêcher que les torons ne se déroulent ou ne se séparent. Cette opération peut être réalisée en faisant légèrement fondre les extrémités des torons à l'aide d'un flux de colophane pure, puis en trempant la longueur nécessaire de fil dénudé dans un bain de brasure étain/plomb en fusion (voir paragraphe 6.1.2). L'immersion doit durer environ 2 à 3 secondes et la température du bain doit se situer entre 210 °C et 260 °C. Avant l'immersion dans l'étain, la surface du bain doit être écumée afin de supprimer les impuretés de surface, comme les oxydes. Le pré-étamage peut également être effectué en appliquant la brasure sur le fil à l'aide d'une pointe de la panne chauffée (voir paragraphe 5.5.7). La brasure doit pénétrer à l'intérieur des torons des fils souples. L'isolant ne doit pas être endommagé et l'écoulement de brasure (effet mèche) le long des conducteurs doit rester minimal. Un outillage sans mèche doit être utilisé si possible (voir paragraphe 5.5.9). La brasure ne doit pas masquer le contour du fil au niveau de l'extrémité de l'isolant. Le flux doit être retiré à l'aide d'un solvant nettoyant appliqué en utilisant un chiffon non pelucheux de sorte que son écoulement sous l'isolant du conducteur soit réduit au minimum.

b. **Broches de composant/conducteurs à fil massif** Les broches de composant ou les fils massifs doivent être pré-étamés par immersion dans un bain de brasure pendant 2 à 8 secondes (voir les notes ci-dessous), comme indiqué paragraphe 7.1.6 a. La section de ces conducteurs ne doit pas avoir été réduite par dissolution dans le bain de brasure en fusion. Les broches de composant du bain doivent être retirées lentement, à la verticale et sans s'arrêter, afin qu'elles soient recouvertes d'une zone brasée d'une épaisseur supérieure à 2 µm. Pour les composants comportant des joints verre-métal, l'opération doit être réalisée, si possible, en suivant les indication du paragraphes 5.5.4 avant le pré-étamage. L'étamage ne doit pas s'approcher à plus de 0,75 mm du joint fil-verre du boîtier du composant. En cas de faible brasabilité, les flux actifs peuvent être utilisés mais ne doivent pas être

immédiatement nettoyés à l'aide d'un solvant, comme indiqué paragraphes 6.2 et 6.3.

- La période d'immersion doit être de 3 à 4 secondes. Cependant, elle ne doit pas être supérieure à 8 secondes, ce qui est le maximum.
- Un composant, ou son ménisque de verre, ne doit en aucun cas être immergé dans une brasure liquide ou être mouillé par la brasure liquide. De nombreux composants possèdent des distances limitées de pré-étamage.

c. **Lavage de l'or pour les fils et bornes dorés** L'or doit être éliminé des broches de composants et des bornes par trempage des broches dans un bain de brasure (bain 1) maintenu à une température de 250 °C à 280 °C pendant 2 à 3 secondes. Une fois l'or dissout, les broches doivent être pré-étamées (bain 2), comme indiqué paragraphe 7.1.6 b. Au cours de ce processus, des analyses régulières des bains 1 et 2 sont faites. Autrement, la brasure contenue dans les bains peut être régulièrement remplacée (la fréquence de remplacement doit être justifiée). L'or ne doit pas dépasser 1 % par unité de poids dans le bain 1. Le bain 2 ne doit pas être contaminé par plus de 0,25 % de cuivre par unité de poids ou plus de 0,2 % d'or, la somme or plus cuivre n'étant pas supérieure à 0,3 %. La contamination par le zinc, l'aluminium ou le fer doit être soigneusement évitée. Lorsque la brasure donne au travail un aspect terne, gelé ou granulaire, le bain ne doit plus être utilisé. Une autre solution consiste à fondre une petite longueur de fil de brasure dans une coupelle à braser pour dissoudre la dorure, puis à drainer la brasure liquide à l'aide du fil souple. En outre, les contraintes particulières suivantes s'appliquent :

- il ne faut en aucun cas réaliser de pré-étamage dans la brasure ayant servi à dissoudre de l'or ;
- des shunts thermiques adaptés, comme indiqué paragraphe 5.5.9, doivent être utilisés ;
- La valeur absolue limite de brasure du composant ne doit en aucun cas être dépassée.

7.2 Préparation de la panne de brasage

7.2.1 Contrôle

Il est nécessaire de procéder à des vérifications régulières pour s'assurer que la panne s'adapte bien à l'outillage de brasage.

7.2.2 Maintenance

Les produits d'oxydation doivent être éliminés de la panne à intervalles réguliers pour garantir la capacité de la pointe de la panne à transmettre immédiatement la chaleur.

7.2.3 Pannes en cuivre pour applications de brasure particulières

Dans le cadre de brasures spéciales, les pannes en cuivre peuvent être limées à froid afin d'obtenir la forme adéquate (paragraphe 5.5.2). Une fois limée, la pointe doit être plongée dans un flux puis dans un bain de brasure maintenu à une température de 300 °C. Les pannes chaudes peuvent être nettoyées à l'aide d'une éponge naturelle ou synthétique humide.

7.2.4 Pannes plaquées

Les pannes plaquées peuvent être nettoyées à l'aide d'une éponge humide ou, si nécessaire, d'un papier abrasif (grain de 600). L'utilisation d'une lime est proscrite. Avant d'examiner la panne plaquée, toute trace de brasure la recouvrant ou la masquant doit être éliminée à l'aide d'un matériau en éponge non pelucheux, lorsque le fer est chaud. La pointe plaquée doit ensuite être examinée attentivement afin de détecter la moindre fissure. Si le placage est fissuré, il doit aussitôt être refusé et

éliminé de la zone de brasage, étant donné qu'il permet à la brasure liquide de former un alliage avec la panne cuivrée et de l'éroder, formant ainsi un excédent d'intermétalliques qui diminue la transmission de chaleur et donne lieu à des joints non acceptables.

7.2.5 Fonctionnement de la pointe de la panne

La surface d'application de la pointe de la panne doit toujours être recouverte d'une zone brasée mince et continue afin d'éviter toute oxydation. La pointe peut être pré-étamée conformément au paragraphe 7.1.6 a.

7.3 Maintenance des électrodes de brasage de type résistance

Les surfaces des électrodes doivent être conservées dans un état de non contamination et de non corrosion.

7.4 Manipulation (poste de travail)

Les broches de composant, les bornes, les extrémités des fils et les zones de terminaison des cartes imprimées ne doivent pas être manipulée à mains nues. Les personnes amenées à manipuler des ensembles de cartes imprimées nettoyées doivent porter des gants non pelucheux ou des doigtiers. Si les surfaces métalliques sont manipulées sans protection ou sont contaminées d'une quelconque manière, elles doivent être immédiatement nettoyées à l'aide d'un solvant indiqué paragraphe 6.3.1.

Les composants sensibles aux charges électrostatiques nécessitent des précautions particulières, voir paragraphe 5.3.

7.5 Stockage (poste de travail)

7.5.1 Composants

Des installations de stockage adéquates assurant la protection des composants contre toute contamination et tous dommages doivent être disponibles. Si dans les conteneurs se trouvent des composants sensibles aux charges électrostatiques, une étiquette doit le préciser. Le matériau qui constitue ces conteneurs doit être conducteur.

7.5.2 Cartes imprimées

Les cartes imprimées doivent être stockés dans un conteneur sec situé à proximité de la zone de travail.

7.5.3 Matériaux nécessitant une mise à l'écart

Les matériaux nécessitant une mise à l'écart comprennent les brasures de composition non autorisée, les flux d'acide corrosif ou autres flux corrosifs ainsi que les solvants contenant des impuretés, comme que les acides minéraux ; ces matériaux doivent être éliminés de la zone de travail.

7.5.4 Traçabilité

Les preuves visibles de traçabilité de tous les éléments et matériaux doivent être enregistrées au cours de leur utilisation et de leur stockage dans la zone de fabrication des brasures.

7.6 Etuvage des cartes imprimées

Les cartes imprimées doivent être nettoyées et séchées en 8 heures avant d'être exposés pour la première fois aux températures de brasage. Les cartes impriméss peuvent être stockées pour une durée plus longue dans une atmosphère contrôlée

sèche. Le séchage peut être effectué soit par étuvage entre 90°C et 120°C (en fonction du matériau de support) pendant au moins 4 heures, soit par étuvage sous vide à une température inférieure.

8

Assemblage des composants

8.1 Exigences générales

8.1.1 Introduction

Tous les composants doivent être montés parallèlement à la surface d'assemblage, si possible en contact avec celle-ci et, dans tous les cas, à une distance inférieure ou égale à 1 mm au-dessus de celle-ci. Les exceptions concernant cette exigence sont détaillées dans les paragraphes suivants.

8.1.2 8. 1. Composants lourds

Les composants dont le poids est supérieur à 5 grammes doivent bénéficier d'un support complémentaire. Des adhésifs ou autres moyens mécaniques approuvés peuvent être utilisés. La méthode utilisée ne doit pas engendrer de contraintes entraînant une dégradation fonctionnelle ou des dommages pour la pièce ou l'ensemble. Il faut éviter d'annihiler la relaxation de contrainte conçue dans l'ensemble ou d'introduire des contraintes supplémentaires.

8.1.3 Composants dans des boîtiers métalliques

Les composants enfermés dans des boîtiers métalliques qui sont fixés sur les conducteurs de la carte imprimée ou qui sont en contact avec ces derniers ou avec d'autres matériaux conducteurs doivent être encapsulés dans un matériau isolant adapté au service spatial ou renforcés par ce type de matériau. Ce type de composant ne doit pas être fixé sur des joints brasés. Lorsque des marques d'identification de pièces (par exemple, numéro de série des composants) sont recouvertes, des isolants transparents doivent être utilisés.

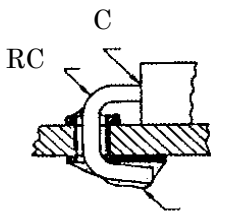
8.1.4 Composants encapsulés dans du verre

Les composants encapsulés dans du verre (tels que les diodes) peuvent être protégés dans un manchon élastique transparent. Des matériaux adaptés pour les missions spatiales doivent être utilisés pour le support, le revêtement conforme ou l'enrobage. Lorsqu'un tube thermo-rétractable est utilisé, il faut veiller à ce qu'il ne soit pas endommagé par une chaleur trop intense ou unretrait excessif.

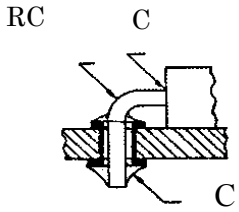
8.1.5 Relaxation de contrainte

Une relaxation de contrainte doit être intégrée à l'ensemble des broches de composants et conducteurs dans les joints de brasure et entre les connexions d'interface afin de permettre une certaine liberté de mouvement des broches de composant ou des conducteurs entre les points de contrainte. Cette liberté de mouvement doit permettre d'éviter l'apparition de contraintes nuisibles au composant ou au joint de brasure et résultant des fixations mécaniques ou des variations thermiques. Il faut éviter d'avoir des broches de composant trop longues ou des boucles trop grandes entre les points de contrainte, pour réduire les risques

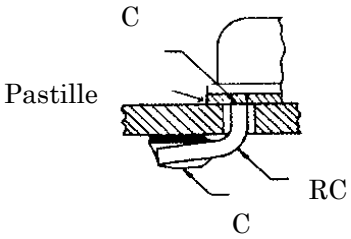
de dommages et de vibrations sur les ensembles. Les broches de composants ne doivent subir aucune contrainte temporaire par effet ressort lors du brasage pour éviter que le matériau de la broche ou du joint de brasure ne soit soumis à des contraintes résiduelles. Le filet de brasure ne doit pas inverser la courbe de relaxation de contrainte. Quelques exemples de relaxation de contrainte sont illustrés Figures 3, 6, 11, 12 et 13.



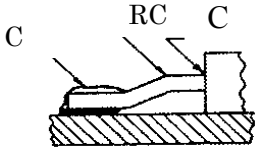
(a) Flap



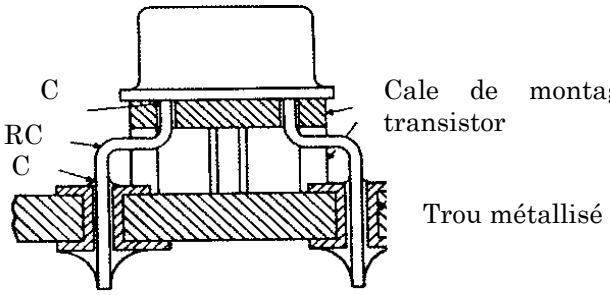
(b) Fil fixé par sortie droite traversante



(c) Joint de recouvrement décalé

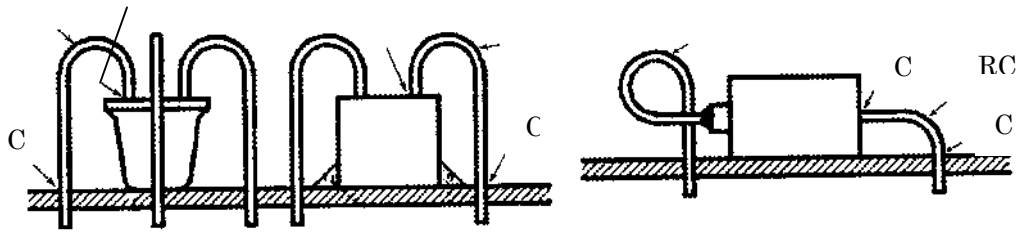


(d) Joint de recouvrement



(e) Fils fixés par goujon

RC C C RC RC



(f) Autres méthodes

RC = courbe de relaxation de contrainte

C = point de Contrainte

Figure 3 : Terminaisons de composants sur circuit intégré relaxées des contraintes

8.1.6 Trous métallisés renforcés

Voir paragraphes 6.7.2 et 8.4.2.

8.1.7 Découpe des fils et des conducteurs

Les fils et les conducteurs doivent être coupés à la longueur exigée avant le brasage.

Une terminaison de brasure ne doit en aucun cas être coupée ou endommagée après l'opération de brasage.

8.1.8 Composants dissipants

Les composants dissipants (en général 1 W ou plus) doivent être thermiquement shuntés par une méthode (pince ou adhésif conducteur thermique approuvé) permettant de réduire la dissipation de chaleur dans les terminaisons de brasure.

8.1.9 Composants moulés

Les composants doivent être fixés de sorte que le matériau de moulage appliqué par le fabricant sur les fils ne pénètre pas dans le trou de fixation ou le joint brasé.

8.1.10 Fil de montage

Les fils de montage massifs doivent être renforcés autrement que par les joints de connexion si la longueur du fil est supérieure à 25 mm. La distance entre les supports ne doit pas dépasser 25 mm. Le moyen de fixation à une surface à l'aide d'un revêtement conforme ou d'un collage à la résine approuvés constitue le support adéquat. Un fil simple ne doit pas être utilisé pour relier plus de deux points.

8.1.11 Emplacement

Les composants ne doivent pas être en contact des terminaisons brasées.

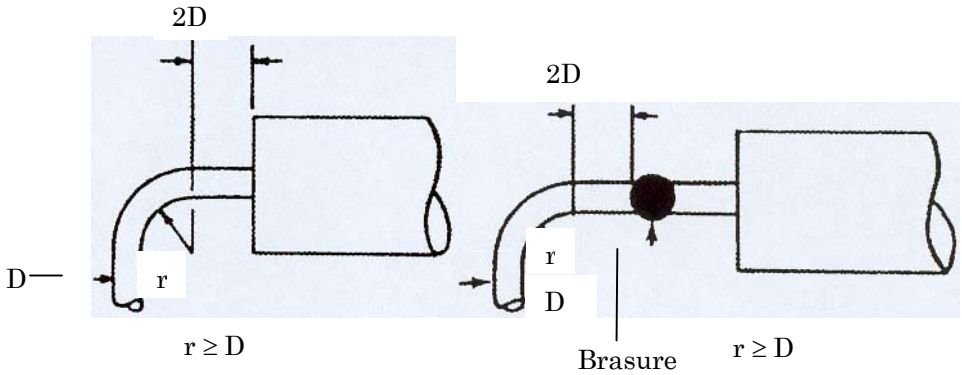
8.1.12 Revêtement conforme, collage et encapsulation

Lorsque le revêtement conforme, collage ou encapsulation des composants sont réalisés avec des matériaux plastiques, l'opérateur doit veiller à ne pas inverser la relaxation de contrainte conçue dans l'assemblage ou introduire d'autres contraintes. Les revêtements et les matériaux de collage ne doivent pas relier les boucles ou courbes anticontraintes mécaniques au niveau des terminaisons des broches de composant ou fils de connexion (voir également paragraphe 6.8).

8.2 Exigences relatives à la mise en forme des broches de composant

8.2.1 Généralités

Lorsque les broches de composant sont mises en forme, elles doivent être renforcées afin de réduire au minimum la contrainte axiale et éviter d'endommager les joints ou les joints internes. Le rayon intérieur de la courbe ne doit pas être inférieur au diamètre de la broche du composant ou à l'épaisseur du fil plat. La distance courbe-extrémité du joint doit être à peu près égale à chaque extrémité du composant. La distance minimum doit être de deux fois le diamètre de la broche pour les broches rondes et de 0,50 mm pour les fils plats. Le sens de la courbe ne doit pas masquer les indications du composant assemblé. Lorsque la broche est brasée (comme sur un condensateur au tantale), la distance minimum doit être mesurée au départ de la brasure (voir Figure 4). L'outillage ne doit pas être placé sur la brasure (voir également paragraphe 5.5.4).



(a) Broche de composant standard (b) Broche de composant brasée

Figure 4 : Courbe minimum de broche de composant

8.2.2 Composants dont les broches se terminent de l'autre côté de la carte imprimée

La relaxation de contrainte doit être assurée dans la broche de composant entre le composant et les terminaisons brasées (voir Figure 3 (a)-(c) et (e)). La broche peut être terminée par un flap, sortie droite traversante ou recouvrement, selon les paragraphes 8.4.3 à 8.4.7.

8.2.3 Composants dont les broches se terminent du même côté de la carte imprimée

La relaxation de contrainte doit être assurée en mettant en forme les broches de composant à un angle de pliage strictement compris entre 90° et 45° par rapport à la carte imprimée. La terminaison en recouvrement, décrite aux paragraphes 8.4.5 et 8.4.6, doit être utilisée. Voir Figure 5.

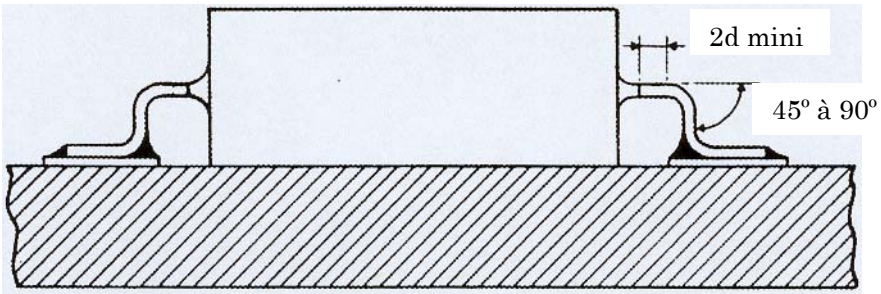
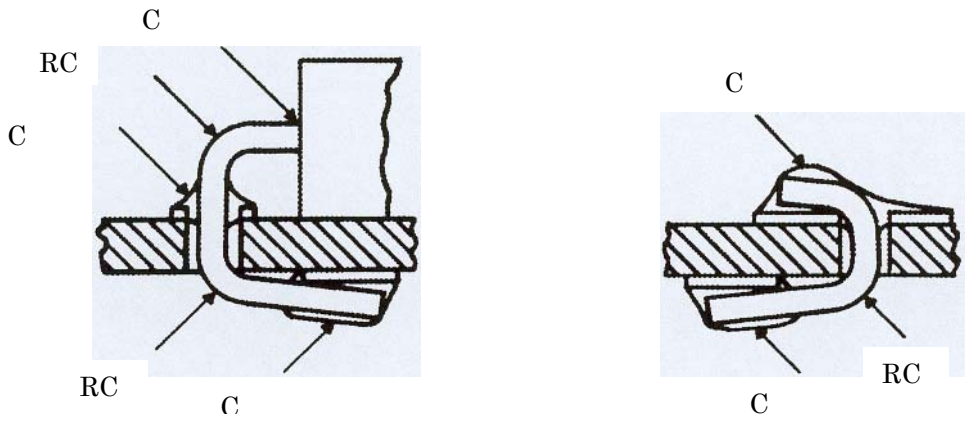


Figure 5 : Composant et terminaison de brasure du même côté

8.2.4 Conducteurs se terminant de chaque côté d'un trou non métallisé

La relaxation de contrainte doit être assurée dans la broche de composant entre le composant et les terminaisons brasées. Lorsqu'un fil de montage massif est utilisé pour relier les terminaisons brasées situées de part et d'autre de la carte imprimée, la relaxation de contrainte doit être assurée dans le fil entre les deux terminaisons. Voir Figure 6.



RC = Relaxation de contrainte
C = point de Contrainte

Figure 6 : Broches de composant avec terminaison brasée de chaque côté

8.2.5 Broches de composant non pliables

Les broches de composant ne pouvant être pliées (par exemple, lorsque la mise en forme endommage le composant ou la carte imprimée du fait de la composition du matériau de la broche de composant, de la présence de joints fragiles ou du diamètre excessif de la broche) doivent être coupées conformément aux paragraphes 5.5.3 et 8.4.4.

8.3 Assemblage de bornes sur une carte imprimée

8.3.1 Généralités

L'utilisation de bornes peut être, en général, restreinte aux cas dans lesquels les composants peuvent être déposés ou remplacés, ou lorsqu'il existe d'autres exigences de conception probantes. De plus, les bornes ne doivent pas être utilisées comme connexions d'interface sur les cartes imprimées.

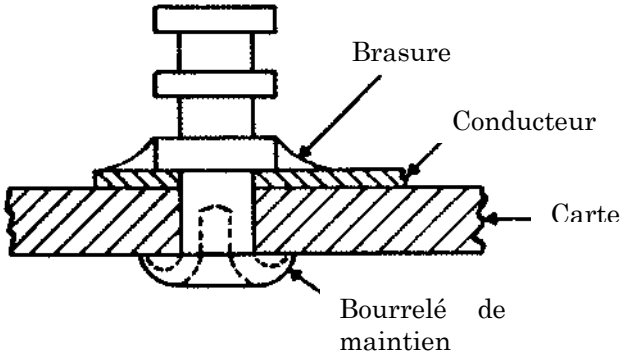
8.3.2 Méthodes de fixation

- Les bornes à tête aplatie conçues pour que les épaulements des bornes soient brasés aux conducteurs de la carte imprimée doivent être solidement fixées à la carte imprimée à l'aide d'un bourrelé de maintien (voir Figure 7 (a)).

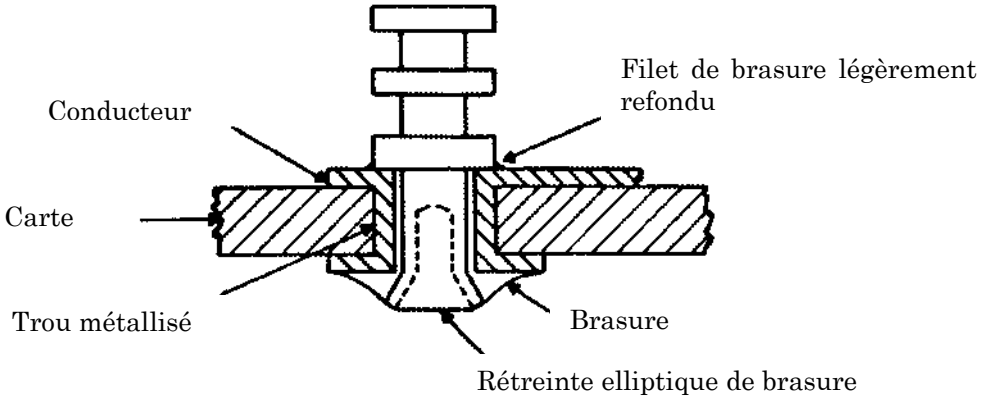
- Les bornes à tête aplatie fixées sur un trou métallisé doivent être solidement fixées à la carte imprimée à l'aide d'un entonnoir elliptique afin de permettre de remplir entièrement de brasure le trou métallisé (voir Figure 7 (b)). Cette technique nécessite un soin particulier lors de son utilisation sur des circuits multicouche afin d'éviter d'endommager les connexions internes.

- L'aplatissement doit être réalisé de manière à ne pas endommager la carte imprimée.

- Une fois l'aplatissement effectué, la borne doit être exempte de toute fissure circonférentielle mais peut avoir, tout au plus, trois fissures radiales à condition que celles-ci n'aillent pas au-delà de la zone d'aplatissement de la borne. Les fissures radiales doivent être séparées les unes des autres d'au moins 90°.



(a) Simple face



(b) Double face

Figure 7 : Types d'aplatissement de bornes

8.4 Fixation des broches de composant à la carte imprimée

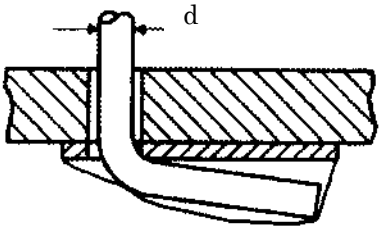
8.4.1 Généralités

Toutes les surfaces des terminaisons doivent être brasées à l'étain avant l'assemblage à la brasure (voir paragraphes 6.7.3 et 7.1.6 b.). Les terminaisons brasées doivent être visibles pour pouvoir être contrôlées après brasage. Les broches de composant doivent être terminées sur la carte imprimée à l'aide de terminaisons de recouvrement, flaps ou sorties droites traversantes. Un trou séparé, de préférence métallisé, doit être utilisé pour chaque broche de composant dépassant de la carte imprimée. Il doit y avoir le moins de tailles de trou possibles.

8.4.2 Trous d'accès aux broches de composant

a. **Trous non renforcés**. Le diamètre d'un trou non renforcé utilisé pour un flap ou une sortie droite traversante ne doit pas dépasser de plus de 0,20 mm le diamètre nominal de la broche du composant (voir Figures 8 et 10 (a)). Le diamètre d'un trou utilisé pour un joint en recouvrement ne doit pas être supérieur à 1,5 fois le diamètre nominal ou la largeur nominale de la broche du composant.

b. **Trous métallisés.** Les trous métallisés non assistés peuvent être utilisés comme connexion d'interface entre les impressions conductrices des cartes imprimées double face standard et les circuits multicouche fournis par les fabricants agréés du client final. Le diamètre des trous métallisés en cuivre doit laisser un jeu de 0,30 à 0,65 mm entre la broche de composant ou la borne et la paroi du trou pour permettre à la brasure de s'écouler (voir Figure 9).



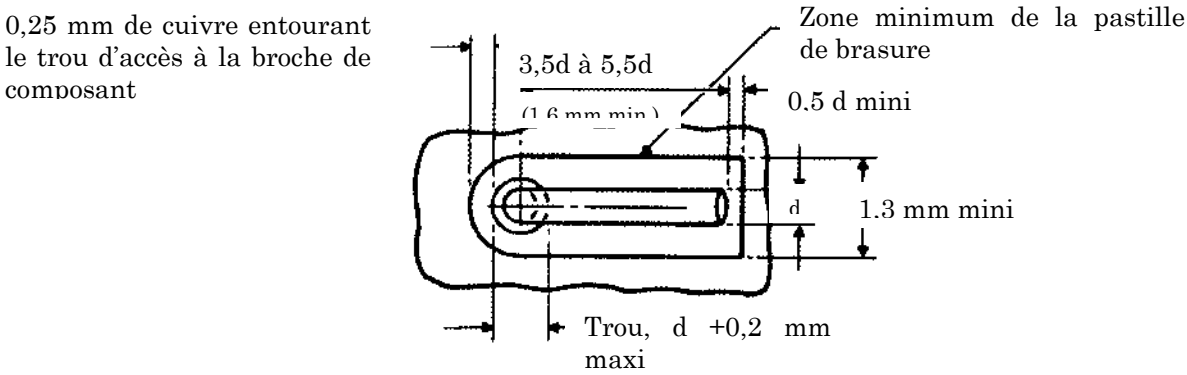


Figure 8 : Terminaisons de broches de composant repliées – trous non renforcés

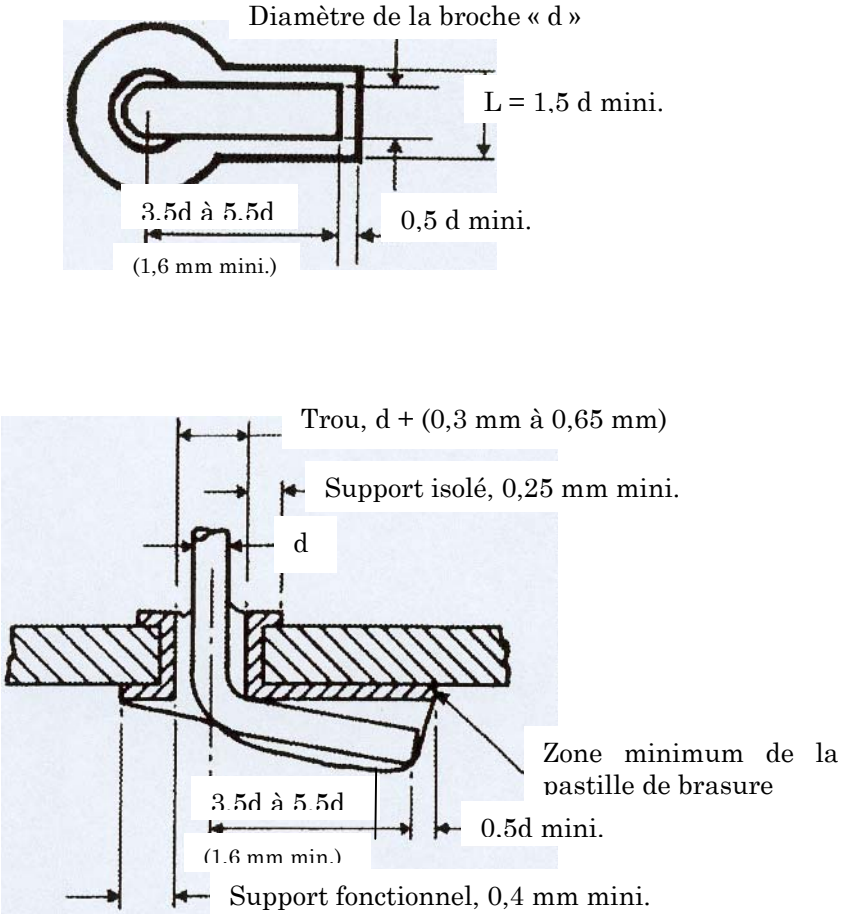


Figure 9 : Terminaisons des flaps – trous métallisés

8.4.3 Flaps

Les flaps qui se terminent au niveau d'une carte imprimée doivent être pliés afin d'entrer en contact avec les pistes de la carte imprimée à moins que les flaps ne puissent être pliés (documentation explicite) (voir paragraphe 8.2.5). Le flap ne doit pas être aplati de force au niveau du rayon de pliage et il est souhaitable que la broche de composant ait un certain effet ressort (voir Figure 9). Le flap ne doit pas se prolonger au-delà du bord de l'impression conductrice et sa longueur doit dépendre de la dimension du trou métallisé et de la zone de pastille de brasure, comme indiqué Figure 9.

a. **Zones de terminaison arrondies** (voir Figures 8 et 9). La broche doit se prolonger à travers la pastille de brasage et la chevaucher. La broche doit être pliée dans le sens de la dimension la plus longue de la pastille de brasure prévue à cet effet, permettant ainsi un effet ressort nominal. Cependant, si les dimensions de la pastille sont insuffisantes, la broche doit être pliée dans le sens du trajet de la carte imprimée. La longueur d'impression conductrice égale à 0,5 fois le diamètre de la broche doit être fournie à l'extrémité coupée de la broche pour faciliter le filet de brasure. Dans le cas où le diamètre de la broche de composant est inférieur à 0,5 mm, le chevauchement ne doit pas être inférieur à 1,6 mm. Il doit y avoir assez de surface de pastille de brasure de chaque côté de la broche pour permettre le filet de brasure.

b. **Zones de terminaison irrégulières** Pour les zones de terminaison de forme irrégulière, telles que connexions blindées ou de plaque de masse, la longueur minimale du flap doit être égale à deux fois le diamètre du trou de broche de composant et sa longueur maximale égale à quatre fois le diamètre du trou.

8.4.4 Sortie droite traversante

Les sorties droites traversantes doivent être coupées de manière à ce que, une fois assemblés, les fils dépassent des cartes (1,5 ± 0,8) mm (voir Figure 10).

NOTE Lorsque l'on utiliser des sorties droites traversantes, il faut, si possible, les insérer dans des trous métallisés.

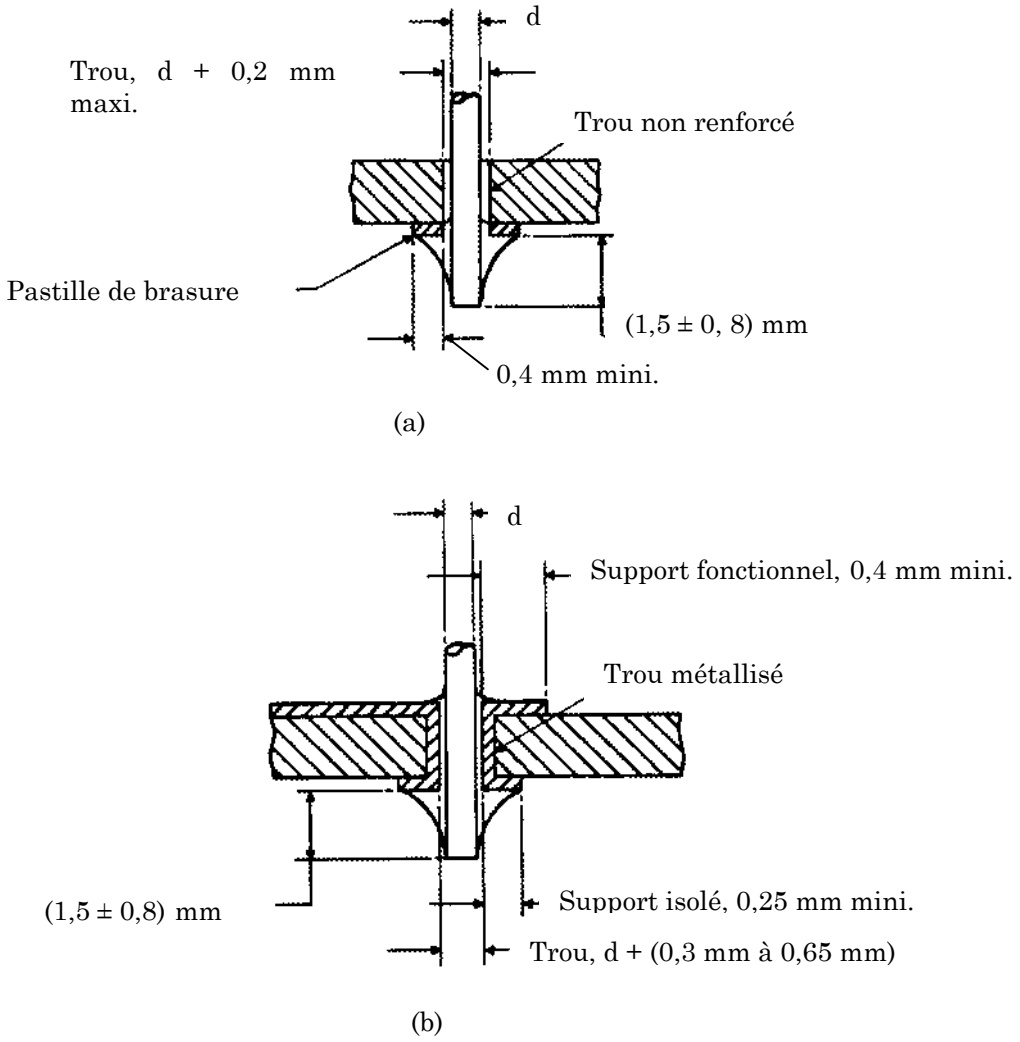


Figure 10 : Sorties droites traversantes

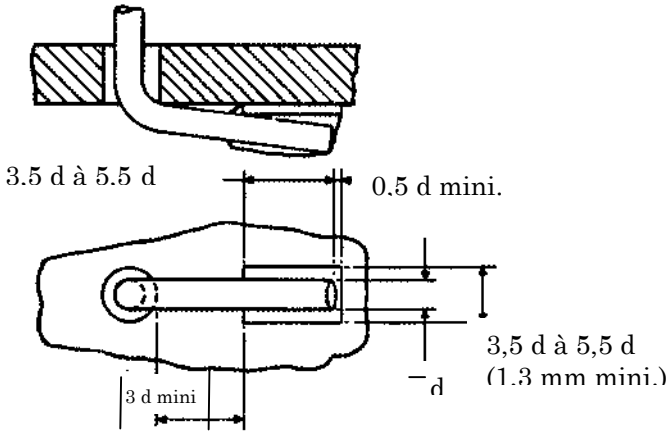
8.4.5 Fils ronds à recouvrement

Le fil rond à recouvrement doit chevaucher la pastille de brasure d'au moins 3,5 fois à 5,5 fois son diamètre mais ne doit en aucun cas être inférieur à 1,3 mm. L'extrémité coupée du fil ne doit pas se trouver à moins de la moitié de son diamètre du bord de la pastille de brasure. Seule la partie de la broche allant jusqu'au composant ou à un autre joint brasé doit être située au-delà la pastille de brasure (voir Figure 11 (a)).

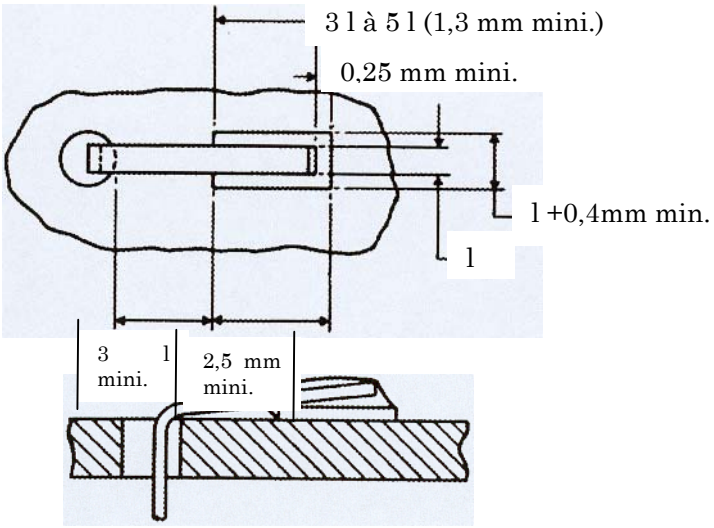
8.4.6 Fils plats à recouvrement

Le fil plat doit chevaucher la pastille de brasure de 3 largeurs de fil, au minimum, à 5 largeurs de fil, au maximum. Seule la partie de la broche allant jusqu'au composant ou à un autre joint brasé doit être située au-delà de la pastille de brasure. L'extrémité coupée de la broche doit être à 0,25 mm de l'extrémité de la pastille. Un bord de la broche peut affleurer le bord de la pastille de brasure. Il doit y avoir

suffisamment de surface autour de deux des trois bords de la broche pour permettre le filet de brasure (voir Figure 11 (b)). Dans le cas où la largeur des fils plats est inférieure à 0,50 mm, le chevauchement du fil plat ne doit pas être inférieur à 1,3 mm.



(a) Fil rond



(b) Fil plat

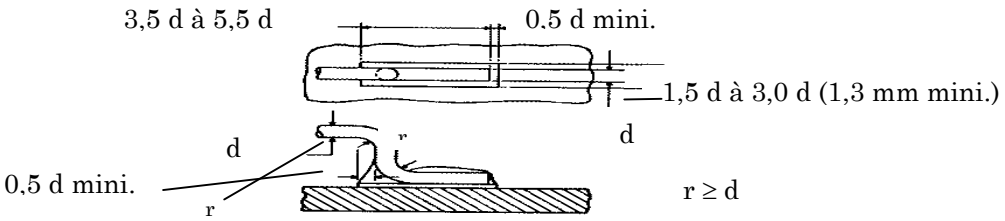
Figure 11 : Terminaisons de trous à recouvrement

8.4.7 Pièces à fils ronds et plats à recouvrement avec joint de brasure du même côté

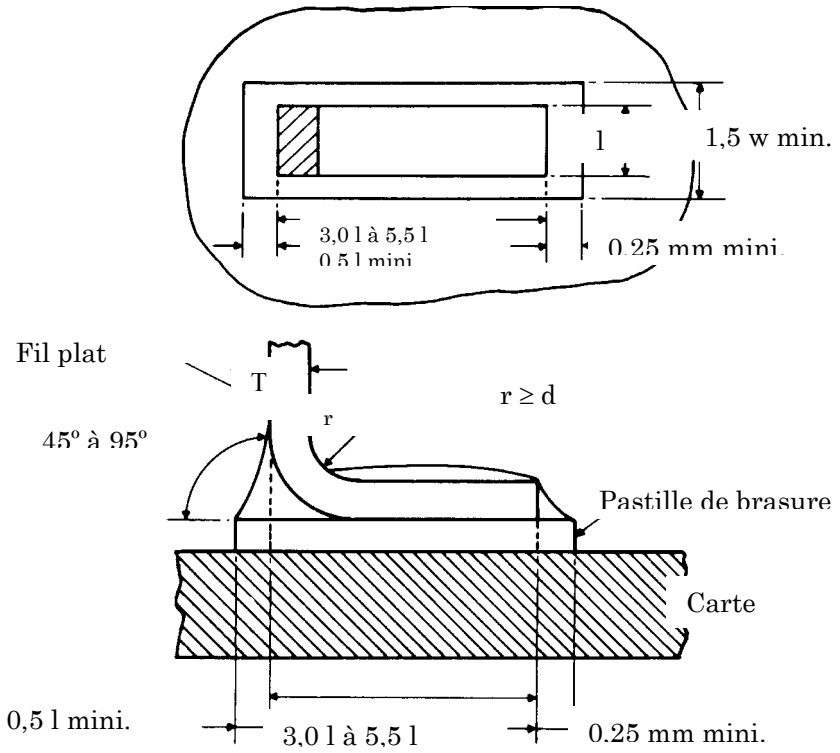
Les pièces à fils ronds ou plats (tels que boîtiers plats dont la diagonale ne dépasse pas 14 mm) montées du même côté que leurs joints de brasure doivent avoir un contact minimum fil-pastille de brasure allant de 3,0 jusqu'à 5,5 fois le diamètre du fil ou la largeur du fil plat (voir Figure 12). Un espace au moins égal à 0,5 fois le diamètre du fil ou la largeur du fil plat doit exister au talon du fil de la pièce pour permettre le filet de brasure. Il faut veiller à réduire au minimum l'inclinaison des fils par rapport aux zones de terminaisons. Les fils ne doivent pas aller au-delà des

bords de la pastille. Lorsque le talon est brasé, les filets doivent respecter les normes d'exécution applicables.

NOTE Il existe une gamme de boîtiers plats au style et aux dimensions différentes. Pour ceux qui possèdent des broches formées en aile de mouette (plats ou ronds) et une diagonale supérieure à 14 mm, la norme ECSS-Q-70-38 s'applique.



(a) Fil rond



(b) Fil plat

Figure 12 : Dimensions théoriques des terminaisons à recouvrement à surface unique

(elles ne peuvent pas toutes être mesurées après brasage).

8.5 Fixation des composants aux bornes

8.5.1 Généralités

Les composants doivent être fixés selon la méthode indiquée au paragraphe 8.1.

8.5.2 Contraintes spécifiques

La longueur des fils entre les composants et les bornes doit être à peu près égale aux deux extrémités, sauf pour les pièces présentant des formes particulières, telles que les semelles des diodes profilées, qui nécessitent le décalage.

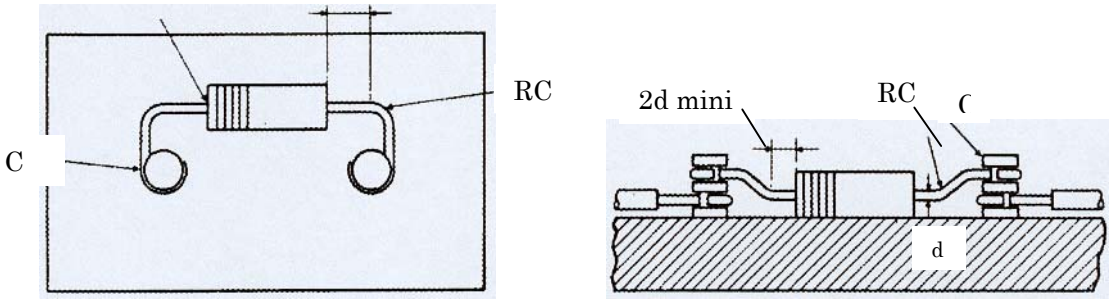
Chaque fil doit permettre l'application d'une relaxation de contrainte, décrit Figure 13.

Le degré de wrapping, de routage et de connexion aux bornes est indiqué aux paragraphes 9 et 10.

Il doit y avoir dissipation de chaleur pour toutes les connexions pressées lors du brasage de la broche de composant. Il faut également veiller à ce que ces connexions ne soient pas soumises à des contraintes mécaniques lors de l'assemblage des composants.

C

2d mini.



(a) Assemblage décalé

(b) Assemblage en ligne

RC = Courbe de Relaxation de contrainte
C = point de Contrainte

Figure 13 : Méthode de relaxation des contraintes des pièces fixées aux bornes

8.6 Modules cordwood

- Les composants des modules cordwood doivent être fixés de sorte que l'axe du composant soit perpendiculaire aux deux circuits parallèles.
- Les composants en forme de tube doivent être régulièrement espacés entre les cartes imprimées.
- Les components enduits doivent être fixés de telle sorte que le revêtement des fils ne pénètre pas dans le trou de fixation.
- La terminaison des composants doit être celle précisée par la présente. Il faut prévoir un dispositif de relaxation de contrainte.

8.7 Fixation des connecteurs aux circuits intégrés

8.7.1 Généralités

Les connecteurs doivent être fixés selon la méthode indiquée au paragraphe 8.1.

8.7.2 Contraintes spécifiques

Les connecteurs des cartes imprimées doivent être dotés soit de fils préformés renforçant les courbes de relaxation de contrainte, soit de fils droits en époxy brasés sortant directement du connecteur.

Le lavage de l'or/pré-étamage des fils (voir paragraphe 7.1.6) doit être réalisé avant la fixation mécanique des connecteurs à la carte imprimée. Après la fixation mécanique, les fils des connecteurs doivent dépasser de la carte conformément au paragraphe 8.4.4.

(Cette page est laissée blanche intentionnellement)

9

Fixation des conducteurs aux bornes, coupelles à braser et câbles

9.1 Généralités

9.1.1 Conducteurs

Le présent paragraphe décrit la méthode à employer pour fixer les conducteurs aux bornes. Il précise les exigences relatives au routage vers les bornes, le remplissage des bornes, le dégagement de l'isolant et l'étendue du wrapping ou de la courbe du conducteur.

9.1.2 Bornes

La dorure des bornes et des coupelles à braser doit être éliminée sur la zone de fixation du conducteur et remplacée par un revêtement de brasure étain-plomb chaud à l'aide de la méthode décrite au paragraphe 7.1.6 c.

Les bornes présentant un revêtement irrégulier ou excessif sur les surfaces d'assemblage ne doivent pas être utilisées, ce type de revêtement étant susceptible de se détacher au cours des opérations ultérieures de brasage. Les bornes doivent être d'une taille suffisante pour recevoir les conducteurs. Les bornes et conducteurs ne doivent pas être modifiés en vue de recevoir des calibres non appropriés.

9.1.3 Broches de composant

Une broche de composant ne doit pas être utilisée comme borne (voir également ECSS-Q-70-28 pour la réparation ou les modifications).

9.2 Terminaison des fils

9.2.1 Eclatement des câbles

Pour les fils multiples partant d'un tronc de câble commun vers des bornes régulièrement espacées, la longueur des extrémités des fils, y compris la longueur vibratoire développée, doit être uniforme afin d'éviter la concentration des contraintes sur un seul fil.

9.2.2 Dégagement maximum et minimum de l'isolant

Voir paragraphe 7.1.4.

9.2.3 Entrée parallèle multiple

Dans le cas d'une entrée parallèle de plusieurs fils vers une borne, les dégagements d'isolant n'ont pas besoin d'être égaux.

9.2.4 Variations

Lorsque l'impédance caractéristique ou les paramètres du circuit sont touchés, comme dans les circuits haute tension ou les terminaisons des lignes coaxiales RF, les exigences de dégagement de l'isolant peuvent être modifiées. Toutes les variations doivent être documentées dans les procédures opératoires.

9.2.5 Fil de montage massif

La longueur du fil de montage massif ne doit pas dépasser 25 mm entre les supports.

Le collage doit être réalisé à l'aide de résine ou d'un revêtement conforme. Un fil simple ne doit pas relier plus de deux points.

9.2.6 Relaxation de contrainte

Chaque conducteur se terminant au niveau d'un joint de brasure doit permettre l'application d'un relaxation de contrainte pour minimiser les contraintes appliquées sur le joint lors de variations thermiques ou mécaniques. L'effet mèche doit être contrôlé comme indiqué au paragraphe 7.1.6 a.

9.2.7 Renforcement mécanique

Les faisceaux de fils doivent être renforcés de manière à ce que les joints de brasure ne soient pas soumis à des charges mécaniques.

9.3 Bornes américaines et lisses

9.3.1 Cheminement latéral

Le cheminement latéral doit être relié comme suit (voir Figure 14 (a)) :

Les conducteurs doivent être enroulés d'½ tour au minimum et de ¾ de tour au maximum autour de la borne (voir Figure 14 (c)).

Pour les bornes américaines, tous les conducteurs doivent être maintenus dans les fentes-guides.

Les conducteurs ne doivent pas se prolonger au-delà de la base de la borne.

On peut installer plusieurs fils dans une seule fente à condition que celle-ci soit de largeur suffisante et que chaque fil soit enroulé autour de la borne de branchement et non autour d'un autre fil.

Les fils se terminant au niveau des bornes qui n'ont pas de rebord mécanique ou qui ne sont pas des bornes américaines ne doivent pas être fixés à plus d'un diamètre du conducteur par rapport au sommet de la borne.

9.3.2 Cheminement inférieur

Le conducteur doit pénétrer dans la borne par le bas, être amené vers la fente latérale situé en haut de la borne, puis enroulé comme pour le cheminement latéral (voir Figure 14 (b)).

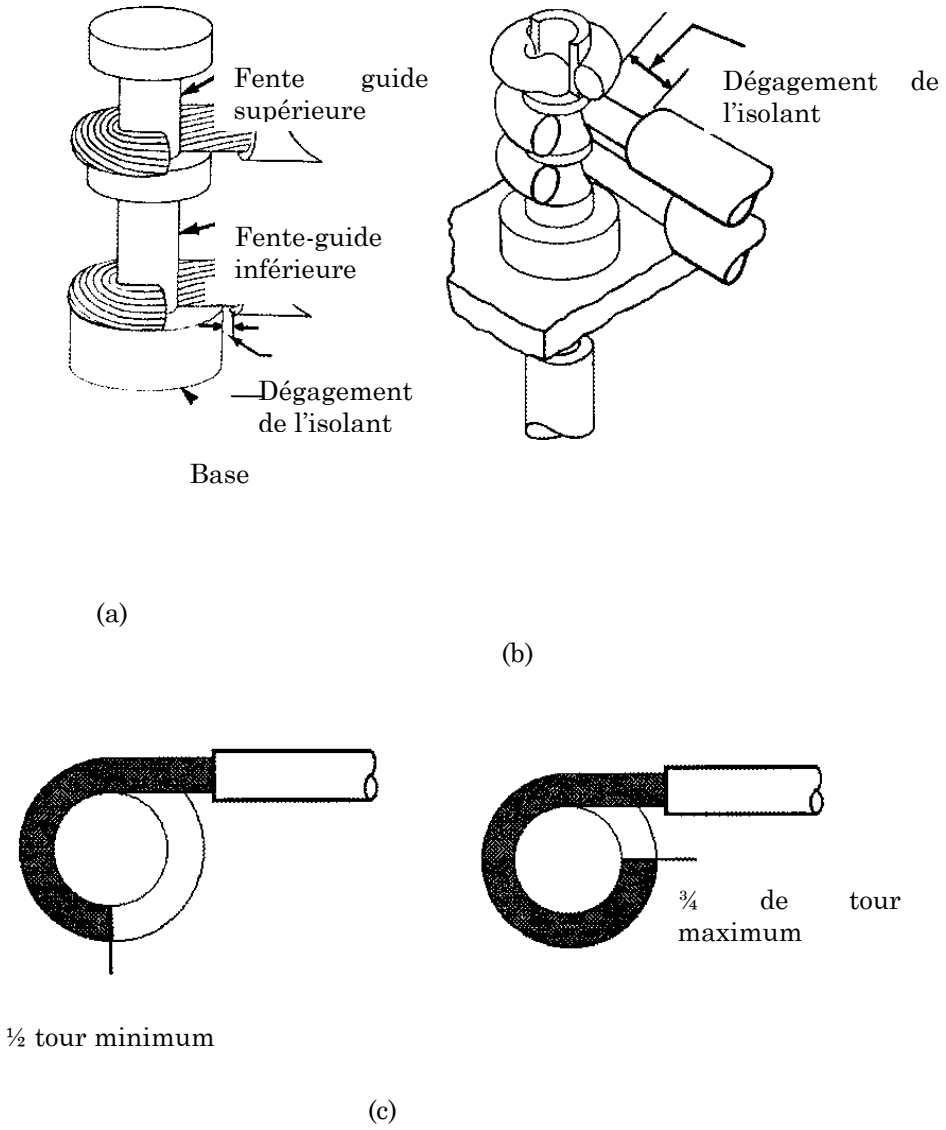


Figure 14 : Connexions par cheminement latéral ou inférieur vers les bornes américaines

9.4 Bornes fendues

9.4.1 Généralités

Les cheminements supérieurs, latéraux ou inférieurs, ou une combinaison de ceux-ci (illustration dans le présent paragraphe) peuvent être utilisés. Les connexions à la borne par cheminement latéral ne doivent pas se prolonger au-delà du haut de la borne.

9.4.2 Cheminement inférieur

Le cheminement inférieur doit être relié comme le montre la Figure 15. Les conducteurs ne doivent pas se prolonger au-delà du diamètre de la base, sauf dans le cas de la Figure 15 (c) qui est acceptable uniquement lorsque le dégagement physique est adapté à l'environnement et aux caractéristiques électriques prévus.

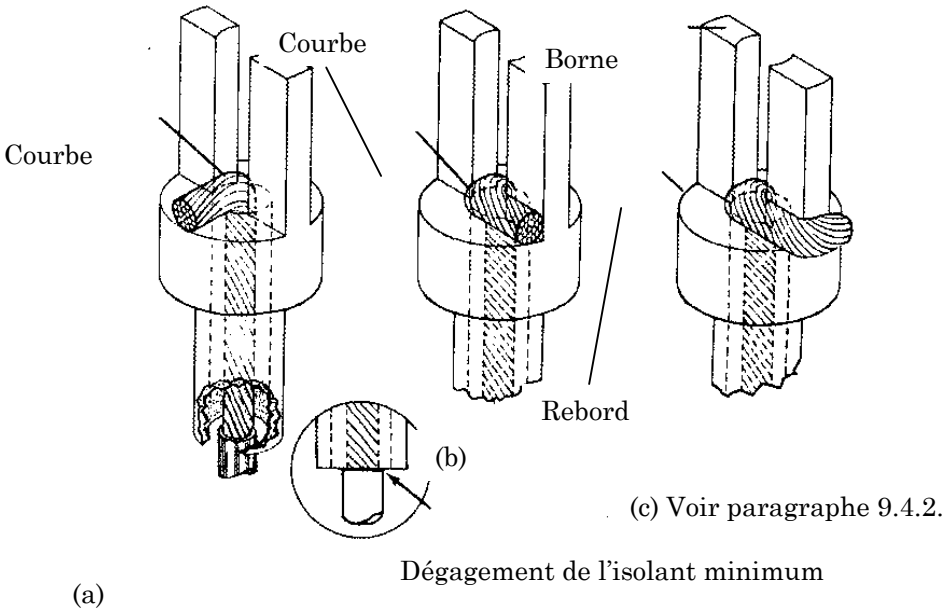


Figure 15 : Connexions par cheminement inférieur vers les bornes fendues

9.4.3 Cheminement latéral

Le cheminement latéral doit être relié comme le montre la Figure 16. Le conducteur doit entrer dans la fente de fixation perpendiculaire aux bornes. Lorsqu'il y a plus d'un conducteur relié à une borne, le sens de la courbe de chaque conducteur supplémentaire doit être alterné (Figure 16 (b) et (d)). Les conducteurs ne doivent pas se prolonger au-delà du diamètre de la base, sauf dans le cas de la Figure 16 (c) qui est acceptable uniquement lorsque le dégagement physique est adapté à l'environnement et aux caractéristiques électriques.

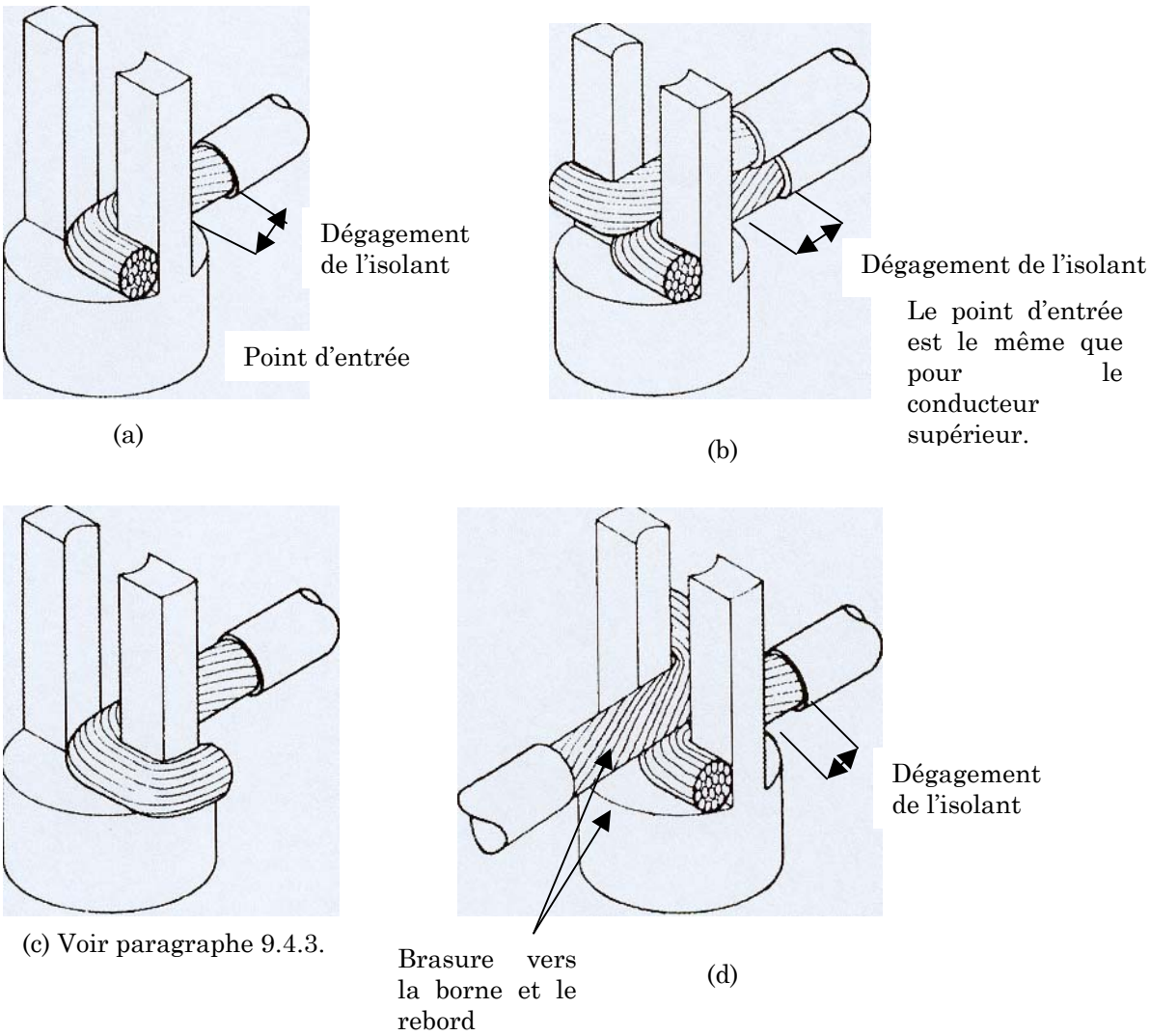


Figure 16 : Connexions par cheminement latéral vers les bornes fendues

9.4.4 Cheminement supérieur

Le cheminement supérieur ne doit pas être utilisé s'il y a suffisamment de place pour une entrée latérale. Le cheminement supérieur doit être relié comme indiqué Figure 17. Les conducteurs qui comblent le vide entre les bornes verticales doivent être insérés à profondeur du rebord. Les conducteurs qui ne comblent pas le vide doivent être accompagnés de fils intercalaires étamés (massif ou souple) permettant de maintenir le conducteur en place ou repliés comme indiqué, à condition que les différents diamètres soient suffisants pour combler le vide. Les cheminements supérieur et latéral ne doivent pas être utilisés sur la même borne.

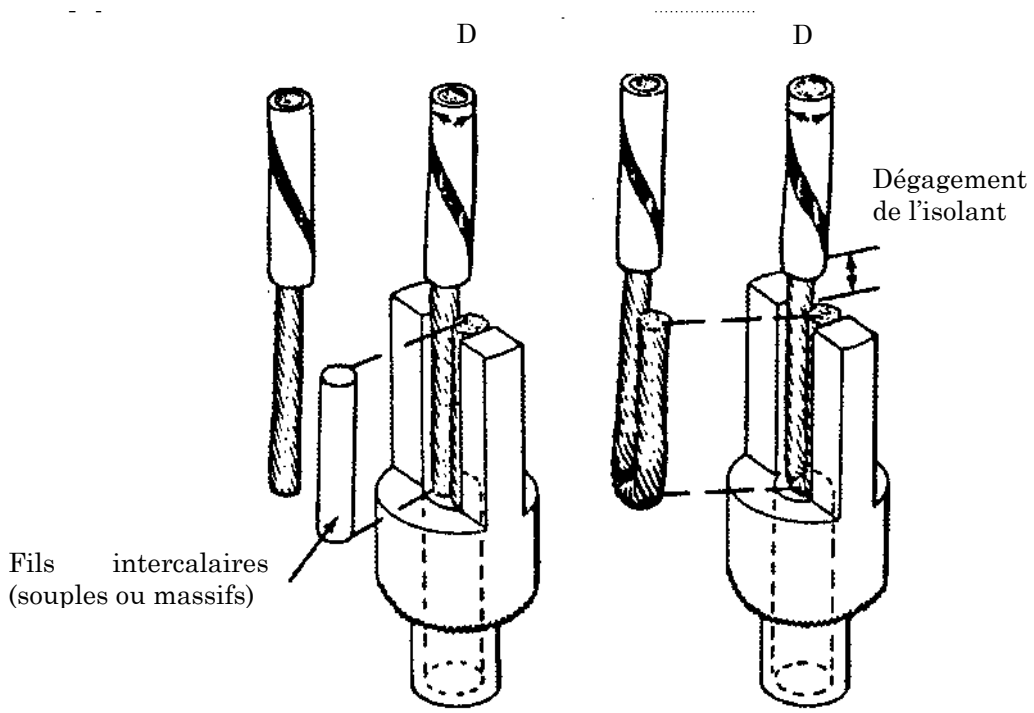


Figure 17 : Connexions par cheminement supérieur vers les bornes fendues

9.4.5 Combinaison de cheminements supérieur et inférieur

Le cheminement supérieur doit être installé en premier, comme indiqué Figure 15, et le cheminement supérieur ensuite, comme indiqué Figure 17, le conducteur au cheminement supérieur étant en contact avec la partie inférieure du conducteur au cheminement inférieur.

9.4.6 Combinaison de cheminements latéral et inférieur

Le cheminement inférieur doit être installé en premier, comme indiqué Figure 15, et le cheminement latéral ensuite, comme indiqué Figure 16.

9.5 Bornes en forme de crochet

Les connexions à ce type de borne doivent être réalisées comme indiqué Figure 18. La courbe permettant de fixer les conducteurs aux bornes en forme de crochet doit faire ½ tour au minimum et ¾ de tour au maximum. Il faut éviter que les extrémités des conducteurs ne dépassent pour ne pas endommager le manchon isolant, s'il y en a un.

9.6 Cosses

Les connexions à ce type de borne doivent être réalisées comme indiqué Figure 19. La courbe permettant de fixer les conducteurs aux cosses doit faire ¼ de tour au

minimum et ¾ de tour au maximum. Il faut éviter que les extrémités des conducteurs ne dépassent pour ne pas endommager le manchon isolant, s'il y en a.

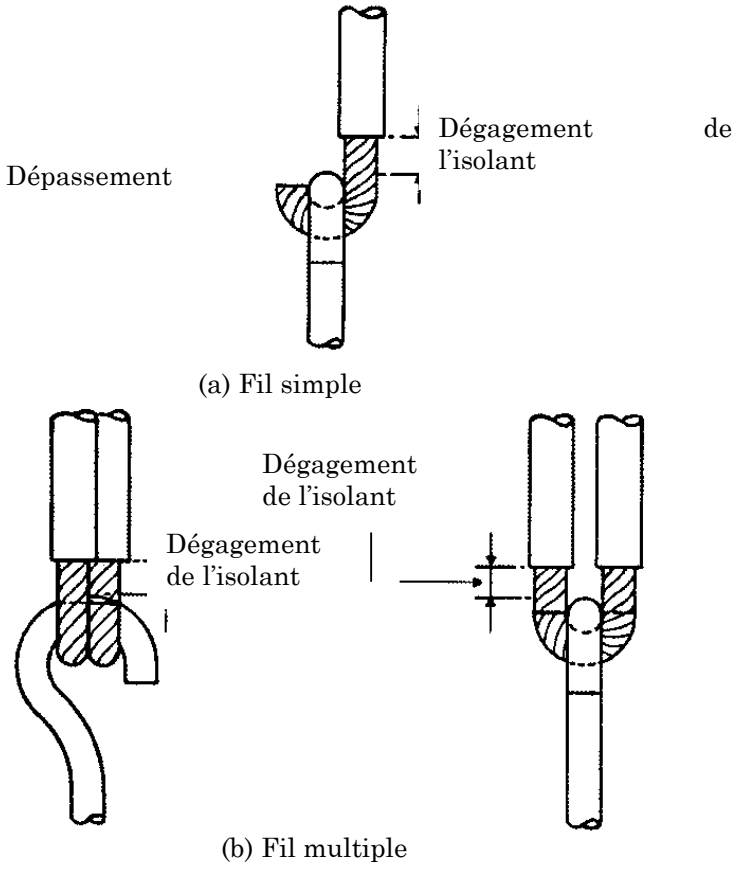
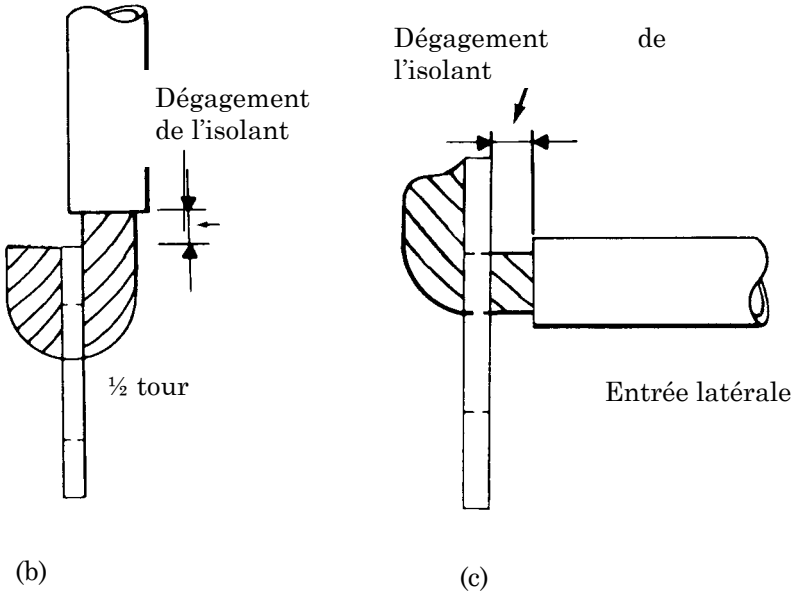


Figure 18 : Connexions aux bornes en forme de crochet



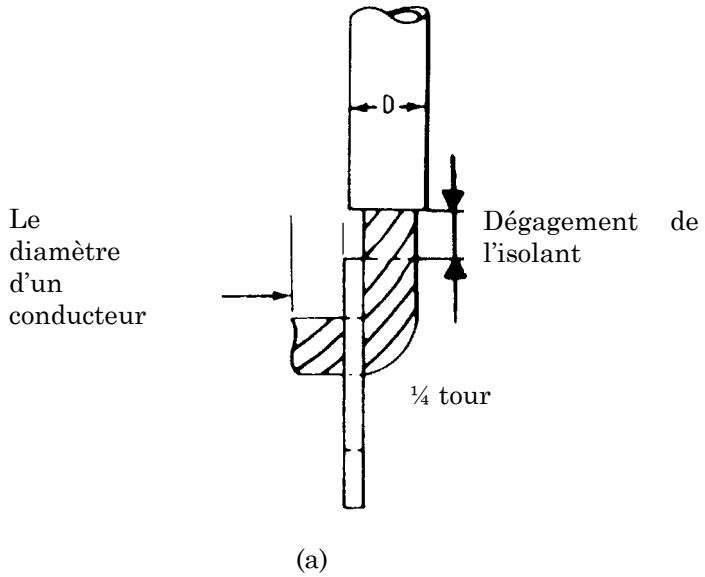


Figure 19 : Connexions aux cosses

9.7 Coupelles à braser (type de connecteur)

Les conducteurs doivent entrer dans la coupelle à braser pré-étamée et dont l'or a été lavé, comme indiqué Figure 20. Les conducteurs pré-étamés doivent toucher le fond de la coupelle et être en contact avec la paroi interne de la coupelle. Le nombre maximum de conducteurs doit être limité au nombre pouvant être en contact avec la hauteur totale de la paroi interne de la coupelle. Le temps de brasure doit être suffisamment long pour pouvoir éviter l'inclusion de tout flux dans la coupelle du connecteur.

Le fil conducteur massif, rigide ne doit pas être relié à des bornes flottantes à moins qu'un alignement parfait ne soit possible.

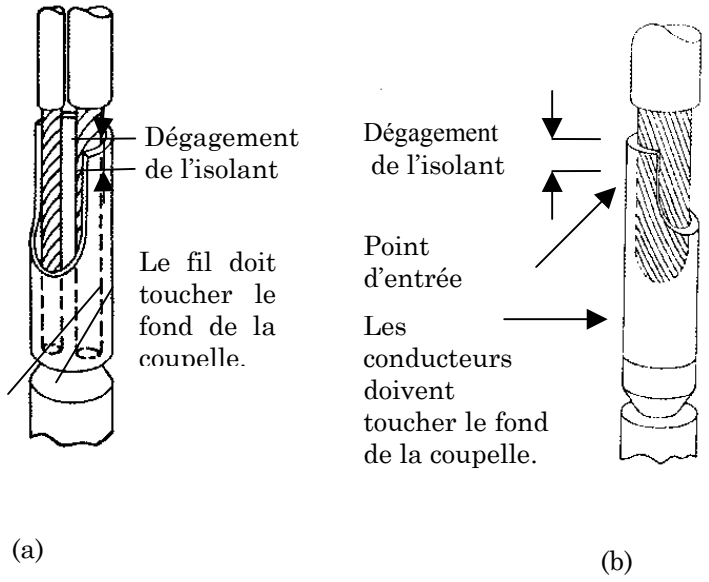


Figure 20 : Connexions aux coupelles à braser (type de connecteur)

9.8 Application de tube isolant

Il faut utiliser des tubes isolants transparents thermo-rétractables adaptés au service spatial pour l'isolation électrique, le cas échéant (voir ECSS-Q-70-71 pour le choix des matériaux). Par exemple, les bornes en forme de crochet, les coupelles à braser et les fils collecteurs qui ne sont pas protégés par un passe-fil isolant, une matière d'enrobage ou un revêtement conforme doivent l'être par un tube isolant. Lorsqu'un composant protégé par un tube isolant nécessite un renfort mécanique, on doit s'assurer que le composant ne bouge pas à l'intérieur du tube. Il faut faire particulièrement attention à éviter d'endommager l'ensemble par l'application d'une chaleur excessive lors du retrait du tube.

9.9 Interconnexions fil-câble

9.9.1 Généralités

Les méthodes utilisant des préformes de brasure en flux dans des manchons thermo-rétractables sont proscrites.

Les interconnexions brasées doivent être réalisées à l'aide d'un processus permettant l'élimination du flux et des résidus de flux ainsi que le contrôle visuel complet de l'interconnexion et des matériaux avoisinants. Les conducteurs doivent, en dernier lieu, être recouverts d'un tube thermo-rétractable ; certains manchons écrus en polyoléfine rétreignent lorsqu'ils sont chauffés entre 100°C et 140°C. Les manchons en fluorocarbure ne doivent pas être utilisés, étant donné qu'ils doivent être aplatis à des températures élevées qui peuvent endommager/refondre les joints brasés.

9.9.2 Préparation des fils

L'isolant du fil doit être retiré conformément au paragraphe 5.5.6 et ce, sur une distance permettant d'obtenir le dégagement de l'isolant indiqué paragraphe 7.1.4. Des aides de brasage approuvées (voir paragraphe 5.5.9) doivent être utilisées pour limiter l'effet mèche du flux ou de la brasure sous l'isolant.

9.9.3 Préparation des fils et des câbles blindés

Un scalpel aiguisé ou tout autre outillage adapté doit être utilisé pour couper et retirer entre 5 et 12 mm d'enveloppe isolante. La zone de blindage dénudé peut être située à l'extrémité ou n'importe où sur le fil ou le câble (raccord central). Il faut faire particulièrement attention à éviter d'endommager le matériau de blindage dénudé (voir également paragraphes 7.1.2 et 7.1.3). Le matériau de blindage doit présenter une bonne brasabilité et ne doit pas avoir besoin d'être pré-étamé. Il doit cependant être nettoyé à l'aide d'un solvant indiqué au paragraphe 6.3.

9.9.4 Pré-assemblage

a. Une longueur de tube isolant thermo-rétractable doit être filetée sur une partie du(des) fil(s) à braser. La longueur du tube doit être conçue pour couvrir entièrement le joint brasé fini et se prolonger sur l'isolant de chaque conducteur à une distance de (5 ± 2) mm. Le matériau du tube doit fournir une isolation électrique appropriée et un certain renforcement mécanique de l'interconnexion finie.

b. Les conducteurs doivent être solidement fixés afin d'éviter toute interférence pendant l'opération de brasage et la solidification de la brasure. Il faut utiliser l'une des méthodes de fixation suivantes ou une combinaison de celles-ci :

- un dispositif de fixation qui serre les fils et permet un alignement correct ;
- le toron fin d'un fil métallique (par exemple, dénudé et en cuivre étamé) au calibre inférieur à AWG 34, comme indiqué Figure 21(a) ;
- de petites bagues thermo-rétractables placées aux extrémités des isolations de câble (voir Figure 21(b)) ou raccord torsadé autour de la tresse (Figure 21(c)).

c. Les conducteurs à braser doivent être parallèles les uns aux autres et se toucher. Il peut être nécessaire de préformer légèrement les longueurs pré-étamées si on utilise un isolant épais. L'outillage de mise en forme à employer est indiqué paragraphe 5.5.4.

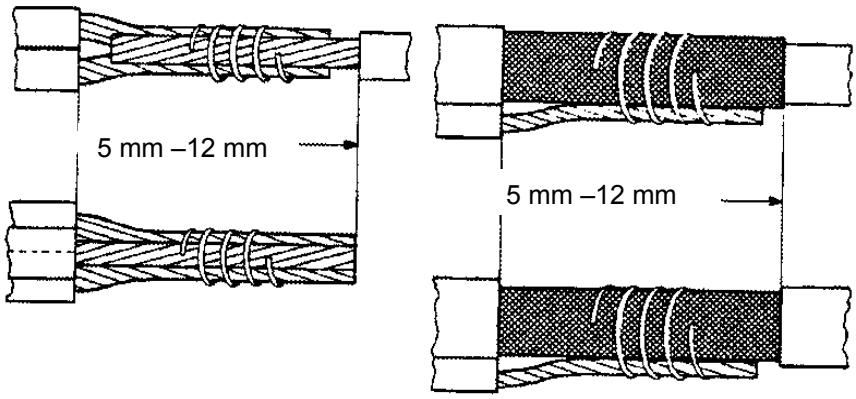
- Les fils de raccordement doivent être brasés en recouvrement (et non abouter).
- Pour les terminaisons blindées, le conducteur du fil de masse du câble doit être situé sur le blindage dénudé.
- Aucun conducteur ne doit chevaucher l'isolant d'un autre fil. Tout chevauchement ne doit pas être supérieur au diamètre du fil ou du câble de l'interconnexion le plus long.

9.9.5 Procédures de brasage

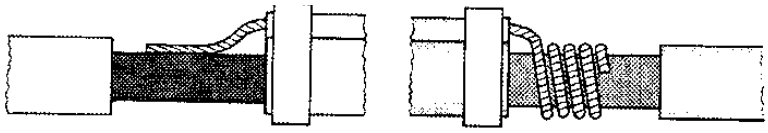
a. Les critères de choix du fer à braser figurent paragraphe 5.5.7 et la température de la panne ne doit ne aucun cas dépasser 330°C. L'alliage de brasure et la composition du flux doivent être conformes à ceux autorisés paragraphes 6.1 et 6.2 respectivement.

b. Les aides de brasage approuvées (voir paragraphe 5.5.9 doivent être utilisées pour réduire l'effet mèche du flux ou de la brasure sous l'isolant.

c. Une fois la brasure solidifiée, le contour de chaque fil conducteur doit être visible et les conducteurs contigus doivent être reliés au moyen d'un filet concave.



(a) Utilisation d'un toron fin (34 AWG) pour la jonction



(b) Fixation à l'aide d'un manchon aplati

(c) Fil torsadé autour de la tresse

Figure 21 : Méthodes de fixation des fils

9.9.6 Nettoyage

L'élimination du flux et des résidus doit être réalisée comme indiqué paragraphe 11.

9.9.7 Contrôle

Chaque interconnexion doit être contrôlée conformément au paragraphe 12. Les critères d'acceptation et de refus des paragraphes 12.2 et 12.3 doivent s'appliquer.

9.9.8 Exécution

Le brasage doit être soigneusement réalisé et à l'issue de l'exécution, tous les joints doivent présenter un aspect lisse et brillant. Les critères d'acceptabilité d'un joint brasé doivent correspondre à ceux de l'Annexe A. Ces normes d'exécution peuvent être appliqués à des configurations similaires d'interconnexions de fils.

9.9.9 Manchonnage des interconnexions

Le tube isolant thermo-rétractable (paragraphe 9.9.4) doit être centré sur l'interconnexion préalablement nettoyée et contrôlée. Il est ensuite aplati par gaz chauffé ou par rayonnement pour être étroitement ajusté. L'application de chaleur ne doit pas durer plus de 8 secondes et le point de fusion de l'alliage de brasure ne doit, à aucun moment, être dépassé, la température maximum à utiliser étant de 140°C (pour les manchons écrus en polyoléfine).

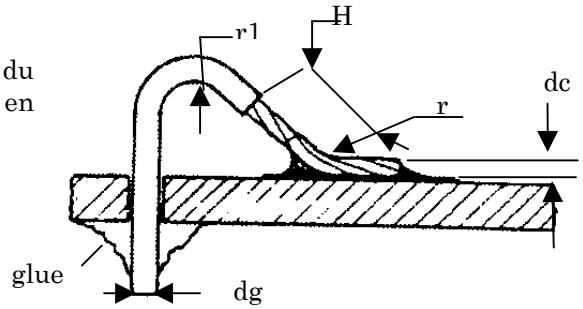
9.10 Connexion des fils souples aux cartes imprimées

Les fils souples doivent être fixés aux terminaisons de la carte imprimée à l'aide de joints en recouvrement ou de trous métallisés, comme indiqué Figures 22 (A), (b) et (c). Une relaxation de contrainte doit être prévue. Les dimensions figurent dans le Tableau 4.

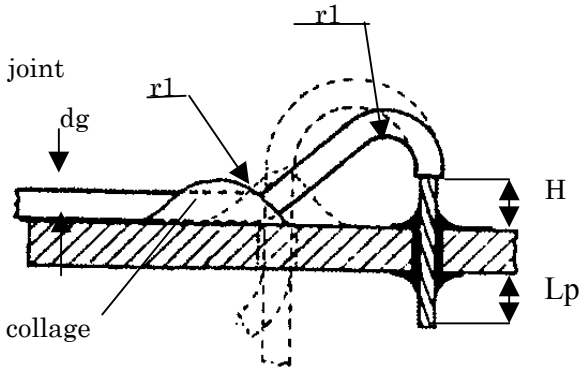
Tableau 4 : Dimensions de la Figure 22

$r \geq 2$ dc	dc = diamètre du conducteur
$r1 \geq 2$ dg	dg = diamètre externe du fil
1 mm $\leq H \leq$ 2 mm	H = dégagement de l'isolant
(1, 5 ± 0,8) mm	L_P = dépassement de la broche du composant à travers le circuit

(a) Terminaison du joint en recouvrement



(b) Terminaison du joint par trou métallisé



(c) Terminaison du câble blindé par trou métallisé

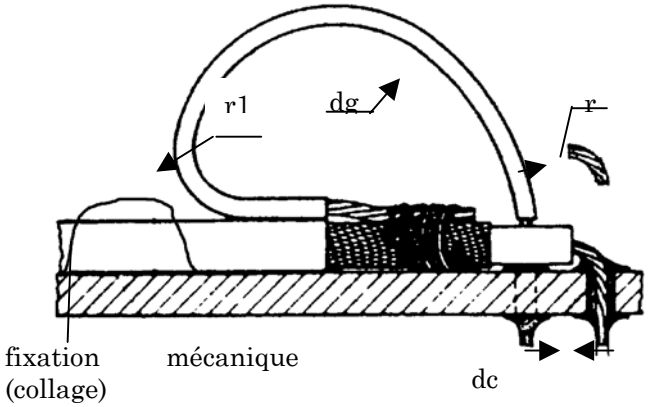


Figure 22 : Fils souples vers cartes imprimées

(Cette page est laissée blanche intentionnellement)

10

Brasage aux bornes et aux cartes imprimées

10.1 Généralités

10.1.1 Fixation des conducteurs

Aucun mouvement relatif ne doit se produire entre les conducteurs et la borne pendant le brasage ou à la solidification de la brasure. Les conducteurs ne doivent pas être provisoirement contraints par l'effet ressort pendant la solidification de la brasure afin d'éviter l'apparition d'une contrainte résiduelle dans le joint. Le brasage à même la dorure ne sera en aucun cas autorisé.

10.1.2 Manchon, matière d'enrobage ou revêtement isolants

Les revêtements de protection des pièces brasées doivent être conformes aux exigences de l'ensemble.

10.1.3 Shunts thermiques

Il faut utiliser des shunts thermiques dans les cas où la chaleur, lors des opérations de brasage, risque de dégrader les conducteurs, les isolants, les composants ou les joints précédemment brasés.

10.1.4 Connexions haute tension

Les connexions haute tension, qui nécessitent la suppression de l'effet Corona, doivent être spécialement conçues. Le filet des joints brasés doit avoir un aspect lisse et ne présenter aucune discontinuité ou modification abrupte de contour, c'est-à-dire que les arêtes tranchantes et les pointes sont proscrites.

10.2 Application de brasure sur les bornes

10.2.1 Brasage des bornes à tête aplatie sur les cartes imprimées

Les bornes à tête aplatie par estampage sur un conducteur plat rigide doivent être brasées à l'une des surfaces du conducteur.

10.2.2 Brasage des conducteurs sur les bornes (sauf coupelles)

a. Un filet concave de brasure doit être formé entre la borne et chaque côté du conducteur.

b. Le contour du conducteur doit être visible, une fois l'opération de brasage réalisée.

c. Dans les bornes comportant plusieurs fils, chaque fil doit être en contact avec la borne et brasé à celle-ci.

10.2.3 Brasage des conducteurs sur bornes coupelles

a. La brasure doit former un filet entre le fil et la fente d'entrée de la coupelle. Le filet doit suivre le contour de l'ouverture de la coupelle dans les limites indiquées à l'Annexe A (joints brasés satisfaisants).

b. Le débordement de brasure le long de la surface externe de la coupelle à braser est autorisé dans la mesure où il se rapproche de l'étamage mais ne gêne pas l'ensemble ou les fonctions du connecteur.

10.3 Application de brasure sur les cartes imprimées

10.3.1 Zone brasée

La brasure en fusion doit s'écouler autour du conducteur et sur la zone de terminaison. La quantité de brasure est celle indiquée à l'Annexe A, sauf pour les connexions haute tension pour lesquelles il faut se reporter au paragraphe 10.1.4.

10.3.2 Filets de brasure

Le filet de brasure doit être complet, comme indiqué à l'Annexe A. Sur les terminaisons à recouvrement, pour lesquelles un côté du fil plat affleure le bord de la pastille de terminaison, un filet de brasure doit s'étendre sur au moins 3 des 4 côtés du fil. Lorsqu'un composant est fixé du même côté que la terminaison à recouvrement, il est nécessaire d'avoir un filet sur le talon, à l'endroit où le fil plat ou rond s'éloigne de la pastille. Le filet de brasure le long du fil doit se prolonger sur le côté du fil sur au moins ½ fois l'épaisseur ou le diamètre du fil.

10.3.3 Brasage des broches de composant aux trous métallisés

Le filet de brasure du côté du trou métallisé où l'on applique la chaleur ou la brasure doit satisfaire aux exigences établies par la présente norme. Pour la connexion du côté opposé de la carte imprimée (c'est-à-dire, du côté du composant), toutes les pastilles de bornes doivent présenter des traces d'écoulement de brasure et de collage du fil à la pastille. Un filet de brasure complet doit être utilisé sur tout le périmètre du trou, le plus petit filet de brasure doit occuper 25 % de ce périmètre.

10.3.4 Application de la brasure

La brasure doit uniquement être appliquée du côté brasé d'un trou métallisé. Une pointe de la panne correctement étamée doit être appliquée sur le joint et la brasure introduite au niveau de la jonction de la panne et du joint pour permettre un transfert de chaleur maximum. Une fois la chaleur appliquée et le transfert de chaleur effectué, la brasure doit être appliquée sur le joint et non sur la pointe du fer à braser. En cas de forte dissipation thermique, une chaleur supplémentaire peut être appliquée simultanément des deux côtés du trou métallisé. Cette activité ne doit pas endommager les composants ou matériaux et le processus doit être entièrement documenté.

10.4 Effet mèche

Les aides de brasage approuvées (voir paragraphe 5.5.9) peuvent être utilisées pour réduire l'effet mèche du flux ou de la brasure sous l'isolant. La brasure ne doit pas masquer le contour du conducteur au niveau de la terminaison de l'isolant.

10.5 Reprise de la brasure

La reprise des ensembles de carte imprimée brasés doit être réalisée conformément aux exigences de brasage de la présente norme. Trois (3) reprises au maximum sont permises sur chaque joint. Lors de l'opération de reprise, il est préférable d'éliminer complètement la brasure de la terminaison afin de la nettoyer et de refaire le joint. L'outillage et les aides définis dans la norme ECSS-Q-70-28 sont autorisés. Bien que

la reprise soit détaillée, il faut se référer à la norme ECSS-Q-70-28 pour toute réparation ou modification effectuées.

(Cette page est laissée blanche intentionnellement)

11

Nettoyage des assemblages de carte imprimée

11.1 Généralités

Une fois la brasure solidifiée et refroidie, le flux et le résidu doivent être soigneusement éliminés de chaque joint brasé à l'aide d'un solvant indiqué paragraphe 6.3.1. Le solvant doit être appliqué de façon à réduire au minimum l'entrée du solvant sous l'isolant des fils et à empêcher qu'il ne pénètre à l'intérieur des pièces. Il est impératif de retirer le flux et les résidus, de préférence le plus vite possible mais surtout dans les 24 heures suivant les opérations de brasage, étant donné que les flux réguliers de colophane sont difficiles à éliminer après une longue période de vieillissement.

L'immersion de l'ensemble de carte imprimée dans les solvants ou autres liquides de nettoyage ne doit pas dépasser 10 minutes et ce, afin d'éviter l'apparition de corrosion galvanique entre les surfaces métalliques contiguës.

11.2 Nettoyage par ultrasons

Les ultrasons ne doit pas être utilisés pour le nettoyage des pièces, notamment dans les ensembles comprenant des composants fragiles, comme les circuits intégrés, les diodes et les transistors.

11.3 Contrôle de la propreté

L'efficacité de la procédure de nettoyage peut être déterminée par les méthodes suivantes.

11.3.1 Essai de propreté

L'essai de propreté sert à contrôler l'efficacité du processus de nettoyage utilisé pour les ensembles de carte imprimée (après le brasage). Deux méthodes élémentaires doivent être utilisées :

a. Test de résistivité de l'extrait de solvant décrit au paragraphe 11.3.4 a.

b. Essai de contamination ionique par équivalent de chlorure de sodium (NaCl) décrit au paragraphe 11.3.4 b.

11.3.2 Fréquence des essais

a. Les essais doivent être effectués à intervalles réguliers, au minimum tous les six mois ou après modification des matériaux de flux, des paramètres du processus, actions qui peuvent notamment avoir une influence sur la nettoyabilité.

b. Les méthodes de contrôle statistiques doivent être utilisées pour contrôler les processus de nettoyage continu par solvants. Les relevés correspondants doivent

être enregistrés pour permettre de détecter rapidement tout écart par rapport aux exigences de la spécification.

c. Si le résultat d'un essai est inacceptable, tous les ensembles de carte imprimée qui ont été nettoyés depuis le dernier essai et pour lesquels le résultat était satisfaisant doivent être soumis à une revue du client final (ECSS-Q-20).

11.3.3 Limites des essais

a. **Résistivité de l'extrait de solvant** La valeur finale de la résistivité de l'extrait de solvant doit être supérieure à 2 × 10 6 ? cm.

b. **Essai de contamination ionique avec un équivalent de chlorure de sodium (NaCl).** La valeur finale de cet essai doit être inférieure à 1,56 µg cm^{-2} de la surface du carte imprimée.

11.3.4 Méthodes d'essai

a. Résistivité de l'extrait de solvant

La résistivité de l'extrait de solvant doit être mesurée comme suit (voir Tableau 5) :

- Préparer une solution d'essai à 75 % d'isopropanol et 25 % d'eau désionisée par volume. Faire passer cette solution à travers une cartouche déionisante. Une fois l'opération effectuée, la résistivité de la solution doit être supérieure à 6 × 10 6 ! cm. Nettoyer un entonnoir, une pissette et un conteneur à l'aide d'une partie de cette solution d'essai. Mesurer 1,55 ml de la nouvelle solution d'essai pour chaque centimètre carré de la surface de l'ensemble. La surface de l'ensemble comprend les zones situées de chaque côté de la carte imprimée.
- Faire couler lentement un mince filet de solution d'essai sur chaque côté de l'ensemble de la carte imprimée jusqu'à ce que toute la solution mesurée ait été utilisée.
- Déterminer la résistivité de la solution utilisée (extrait de solvant).

b. Contamination ionique par équivalent de chlorure de sodium (NaCl)

La contamination ionique par équivalent de chlorure de sodium doit être mesurée comme suit :

- L'essai de contamination ionique par équivalent de chlorure de sodium doit utiliser une solution contenant 75 % d'isopropanol et 25 % d'eau désionisée. La composition de cette solution doit être vérifiée lors de sa première utilisation.
- Les équipements doivent être régulièrement étalonnés sur la base d'une quantité établie de chlorure de sodium standard, et suivant la même périodicité que les vérifications des volumes de composition

L'essai doit être réalisé et calculé comme indiqué dans le manuel des méthodes d'essai des équipements concernés.

Tableau 5 : Valeurs des essais de propreté

Méthode d'essai	Résistivité initiale (Ω cm)	Valeur finale
a. Résistivité de l'extrait de solvant	6×10^6	Doit être supérieure à 2 × 10 6 Ω cm.
b. Equivalent de chlorure de sodium	20×10^6	Doit être inférieure à 1,56 µg cm^{-2}

12

Contrôle final

12.1 Généralités

Chaque joint brasé doit faire l'objet d'un contrôle visuel, conformément aux critères du présent paragraphe. Le contrôle doit être facilité par l'emploi d'un grossissement adapté à la taille des connexions (facteur de grossissement compris entre 4 et 10). Un outil de grossissement supplémentaire doit être utilisé, si nécessaire, pour vérifier la présence d'anomalies ou de défauts soupçonnés. Afin de faciliter le contrôle, il convient de ne pas déplacer les pièces et conducteurs. Des normes de contrôle des joints brasés types sont présentées à l'Annexe A.

12.2 Critères d'acceptabilité

Pour être acceptables, les joints brasés doivent présenter les caractéristiques suivantes :

a. une surface propre, lisse et brillante ;

b. des filets de brasure entre les conducteurs et les zones de terminaison, comme décrit et illustré dans le présent paragraphe (pour les connexions par trous métallisés, voir les critères du paragraphe 10.3.3) ;

c. un contour du fil suffisamment visible pour déterminer la présence du fil, le sens de la courbe et l'extrémité du fil (sauf pour les connexions haute tension, voir 10.1.4) ;

d. un mouillage complet matérialisé par un angle de contact faible entre la brasure et les surfaces brasées ;

e. une quantité et une répartition correctes de la brasure ;

f. l'absence des défauts mentionnés au paragraphe 12.3.

12.3 Critères de refus/rejet

Les caractéristiques ci-dessous sont non satisfaisantes et la présence de l'une d'entre elles entraînera un rejet.

a. Isolants surchauffés, brûlés ou fondus des pièces ;

b. Séparation de l'impression conductrice du circuit ;

c. Brûlures sur les matériaux de base ;

d. Décoloration continue entre les deux conducteurs (par exemple, délaminage, effet de halo) ;

e. Brasure excessive (y compris pointes, excroissances et pontage).

f. Résidus de flux, projection de brasure ou autre corps étranger sur les circuits ou les zones contiguës ;

g. Démouillage ;

h. Brasure insuffisante ;

i. Cratères, trous ou espaces ou métal de base dans le joint brasé ;

j. Joints de brasure granulaires ou perturbés ;

k. Joints de brasure fracturés ou fissurés ;

l. Conducteurs ou impression conductrices coupés, entaillés, rainurés ou éraflés ;

m. m. Longueur de conducteur ou sens des terminaisons repliées et à recouvrement incorrects sur une carte imprimée ;

n. Impression conductrice réparée ou endommagée (La reprise doit satisfaire aux exigences de la présente norme. La reprise n'est pas un travail de réparation – voir paragraphe 3.1) ;

o. Cuivre dénudé ou métal de base (sauf les extrémités en cuivre des fils ou des broches de composant coupées) ;

p. Joints brasés réalisés directement sur les bornes et les conducteurs dorés (sans lavage de l'or) ;

q. Joints brasés à froid ;

r. Composant (moulage) dans le filet de brasure.

13

Vérification

13.1 Généralités

Des essais de vérification doivent être réalisés pour établir la preuve de la fiabilité des configurations du joint de brasure ne figurant pas dans la présente norme. La configuration est vérifiée si aucune fissure dans les joints de brasure ou aucun dommage sur la pièce ne sont décelés, à l'aide d'un grossissement de 15 minimum, après 200 cycles thermiques, conformément à la température de cyclage et aux essais vibratoires (indiqués ci-dessous). Peu importe l'ordre dans lequel sont effectués les essais thermiques et vibratoires. Les circuits doivent être testés dans des configurations en vol (c'est-à-dire en utilisant les mêmes agents d'encapsulation, adhésifs et revêtements conformes que pour le vol).

13.2 Cycle de température

L'éprouvette doit être soumise à un cycle de température dans une étuve à flux d'air. Elle doit passer de la température ambiante à –55°C puis à +100°C, pour revenir à la température ambiante, le tout à une vitesse ne dépassant pas 10°C par minute. Le temps d'exposition à chaque extrême de température doit être de 15 minutes. Chaque cycle doit durer une heure en moyenne. Ces conditions peuvent être modifiées s'il existe des conditions particulières de qualification à l'environnement à remplir par l'ensemble en cours de vérification dans le cadre du projet de satellite.

13.3 Vibration

L'éprouvette doit être soumise à des vibrations. Le niveau, la fréquence et la durée des essais doivent être calculés à partir des exigences du système. La sévérité des essais vibratoires ne doit pas être inférieure à celle du Tableau 6.

Les essais vibratoires doivent être effectués selon deux axes, l'un parallèle au circuit et l'autre perpendiculaire.

Tableau 6 : Sévérité minimale des essais

Vibrations sinusoïdales	Amplitude des vibrations :	(Crête à crête) 10-70 Hz à 1,5 mm
	Gamme de fréquences :	70-2000 Hz à 15 g
	Vitesse de balayage :	1 octave par minute
	Durée :	1 cycle de 10-2000-10 Hz
Vibrations aléatoires	Gamme de fréquences :	20-2000 Hz à 15 g–eff
	Densité spectrale de puissance :	0,1 g 2 Hz-1
	Durée :	10 minutes par axe

14

Assurance qualité

14.1 Généralités

Les exigences relatives à l'assurance qualité sont définies dans la norme ECSS-Q-20. Il faut notamment prêter attention aux points suivants.

14.2 Données

Les enregistrements relatifs à la qualité (par exemple, les livrets suiveurs) doivent être conservés au moins dix ans ou conformément aux exigences du contrat de projet, et comprendre au moins les points suivants :

- copie de la documentation du contrôle final ;
- rapports de non conformité et actions correctives ;
- copie des résultats du contrôle et des essais comportant les références aux procédures, personnel, outillages, brasures, flux et solvants appropriés utilisés.

14.3 Anomalie

Toute anomalie détectée lors du processus de brasage doit être rectifiée conformément aux exigences d'assurance qualité, voir ECSS-Q-20-09.

14.4 Etalonnage

Tous les outillages de dénudage, fers à braser, équipements de mesure et étalons de référence doivent être étalonnés à intervalles réguliers. Toute défaillance soupçonnée ou réelle d'un équipement doit être enregistrée sous la forme d'un rapport d'anomalie de projet de manière à pouvoir examiner les résultats précédents pour savoir s'il est nécessaire ou non de procéder à un nouveau contrôle ou à d'autres essais. Les détails de l'anomalie doivent être communiqués au client final.

14.5 Traçabilité

La traçabilité doit être garantie tout au long du processus, depuis le contrôle à l'arrivée jusqu'aux essais finals, et doit inclure des informations sur les équipements d'essai et le personnel chargé d'accomplir cette tâche.

14.6 Normes d'exécution

Des normes visuelles , c'est-à-dire des échantillons de travail satisfaisant ou des aides visuelles illustrant clairement les caractéristiques de qualité des joints concernés,

doivent être élaborées et mises à disposition de chaque opérateur et inspecteur. Les illustrations figurant à l'Annexe A de la présente norme, complétées si besoin est, doivent servir d'exemples.

14.7 Contrôle

Au cours de toutes les phase du processus, les points de contrôle doivent être respectés. Il faut particulièrement veiller à respecter les exigences mentionnées dans les paragraphes suivants :

- paragraphe 9.9.7,
- paragraphe 12.1,
- paragraphe 12.2,
- paragraphe 12.3.

14.8 Formation et certification des opérateurs et des inspecteurs

Il est nécessaire d'employer des personnels formés et compétents pour les opérations de brasage et de contrôle. Un programme de formation doit être élaboré, tenu à jour et mis en œuvre afin de garantir l'excellence de l'exécution et des qualifications du personnel ainsi qu'une parfaite connaissance des exigences détaillées dans la présente norme.

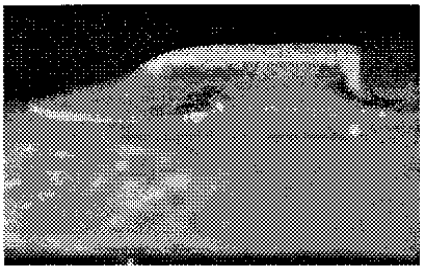
Les personnels formés chargés des opérations de brasage et de contrôle doivent être certifiés. Cette certification doit s'appuyer sur la preuve objective de la qualité de la brasure apportée par les essais et les contrôles effectués sur les joints brasés. Une nouvelle formation ou une ré-évaluation du personnel s'imposent en cas d'apparition de niveaux de qualité inacceptables à plusieurs reprises, ou de modification des techniques de brasage, des paramètres ou des niveaux de compétences exigés.

Les formations suivies et les certifications obtenues par les opérateurs chargés du brasage et des contrôles doivent être enregistrées.

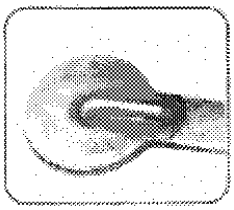
Annexe A (informative)

Joints brasés types satisfaisants et non satisfaisants

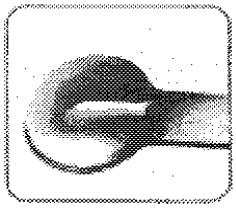
Les illustrations de la présente annexe font état des joints brasés types satisfaisants et non satisfaisants et doivent être utilisées comme normes d'exécution visuelles.



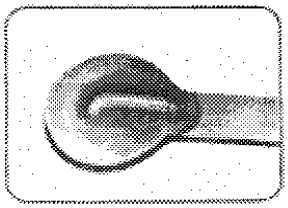
Brasure recommandée



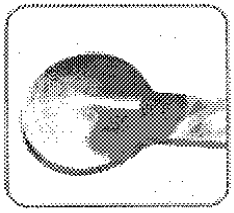
Inacceptable
Brasure
insuffisante



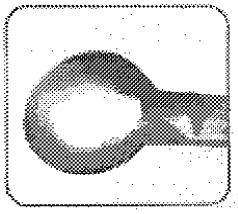
Acceptable
Brasure
minimum



Brasure recommandée

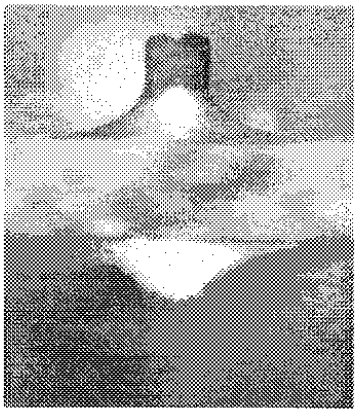


Acceptable
Brasure maximum

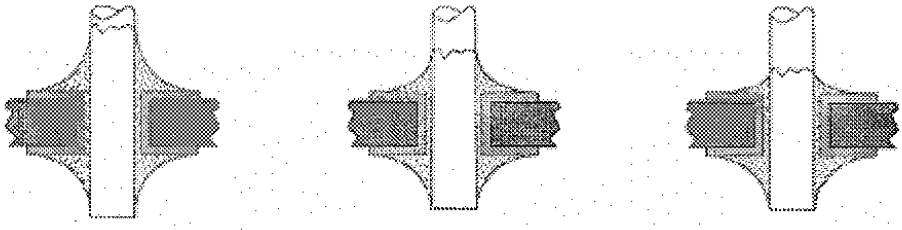


Inacceptable
Brasure maximum

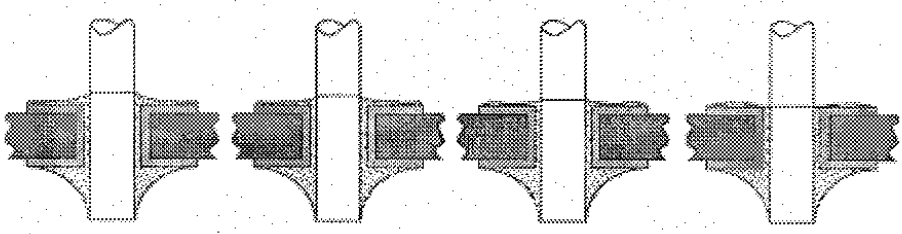
Figure A-1 : Bornes repliées brasées



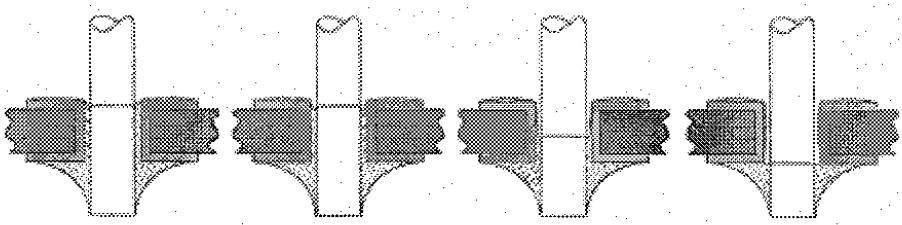
Brasure recommandée



Brasure recommandée

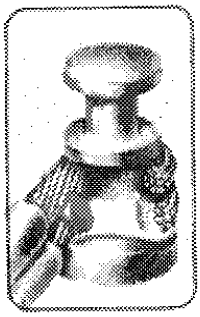


Acceptable Brasure minimum



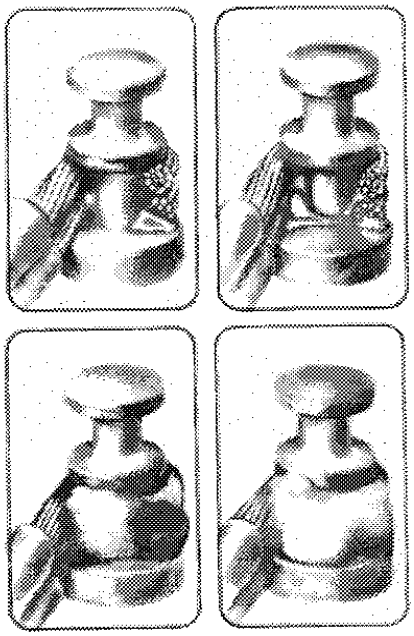
Inacceptable Brasure insuffisante

Figure A-2 : Sorties droites traversantes brasées



Brasure recommandée

Inacceptable
Brasure
insuffisante

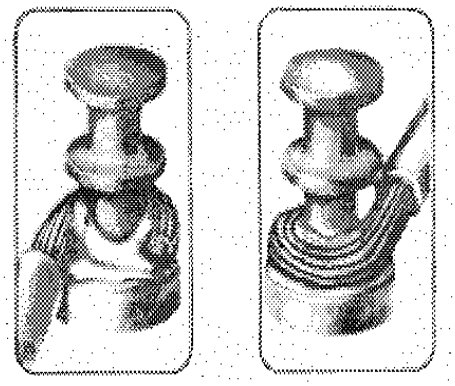


Acceptable
Brasure
insuffisante

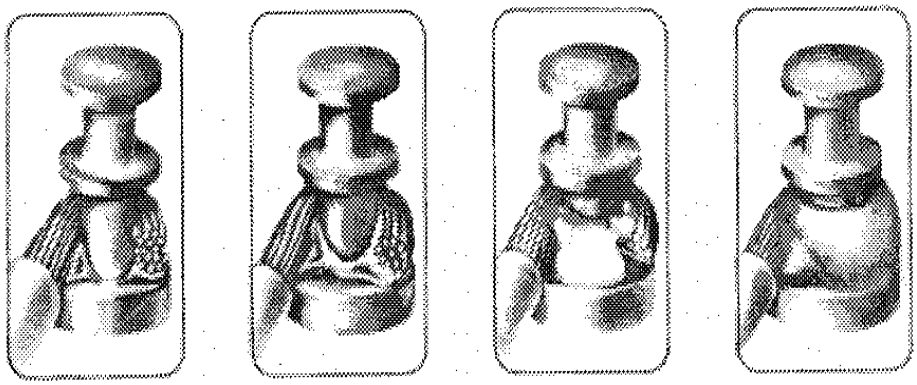
Acceptable
Brasure
maximum

Inacceptable
Brasure
excessive

Figure A-3 : Bornes américaines brasées

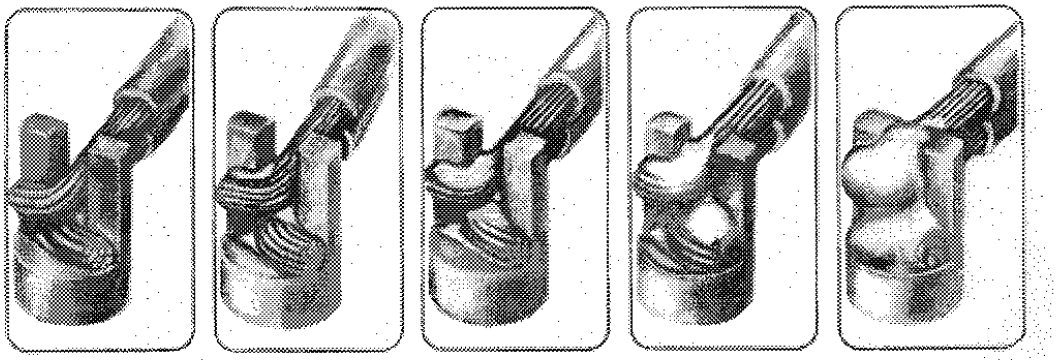


Brasure recommandée



Inacceptable Brasure insuffisante	Acceptable Brasure minimum	Acceptable Brasure maximum	Inacceptable Brasure excessive

Figure A-4 : Bornes américaines brasées



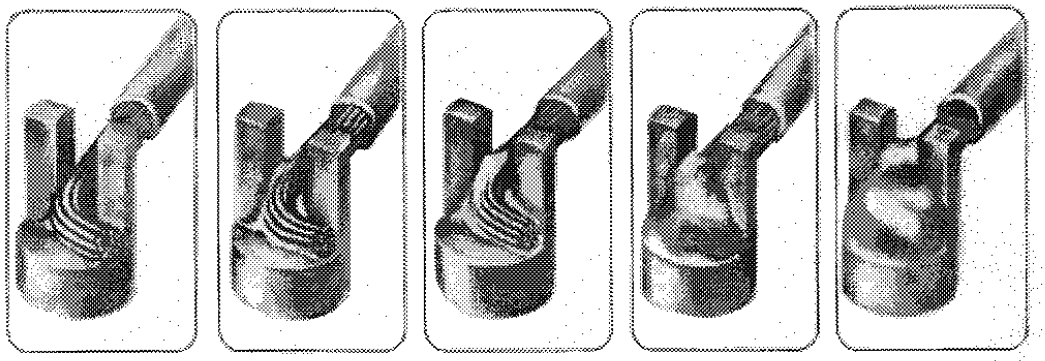
Inacceptable
Brasure
insuffisante

Acceptable
Brasure
minimum

Brasure
recommandée

Acceptable
Brasure
maximum

Inacceptable
Brasure
excessive



Inacceptable
Brasure
insuffisante

Acceptable
Brasure
minimum

Brasure
recommandée

Acceptable
Brasure
maximum

Inacceptable
Brasure
excessive

Figure A-5 : Bornes fendues brasées

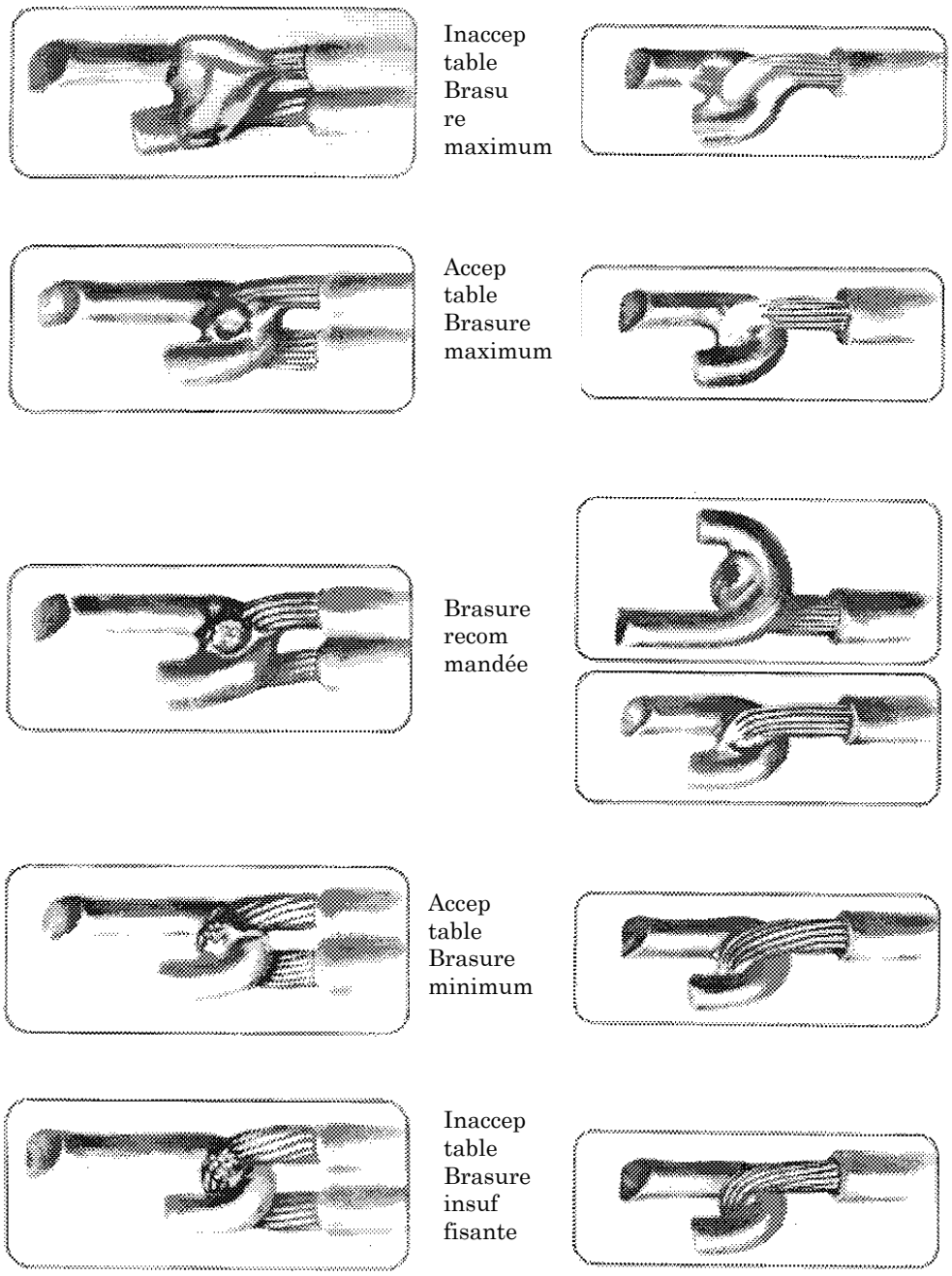
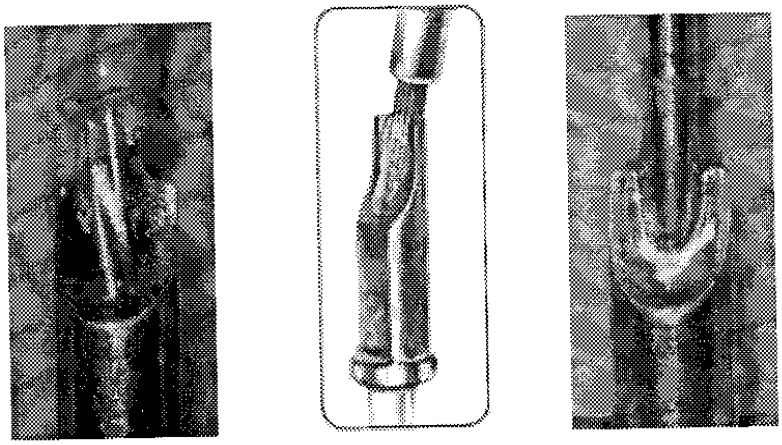
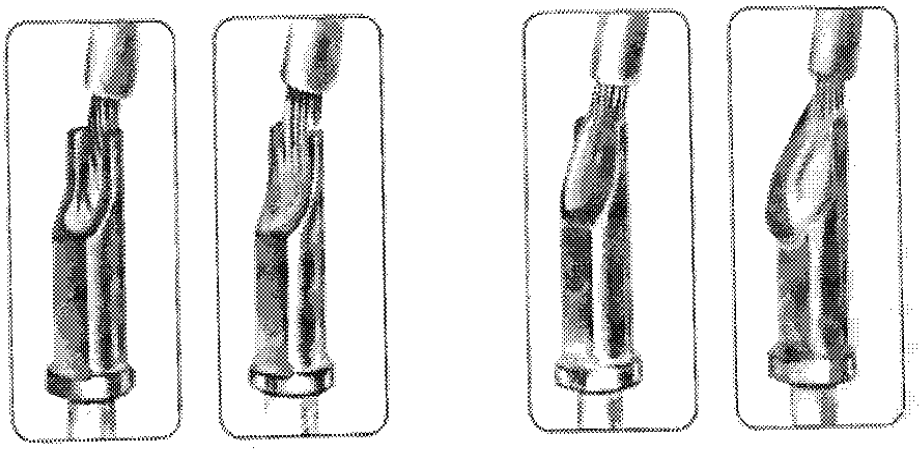


Figure A-6 : Bornes en forme de crochet brasées



Brasure recommandée



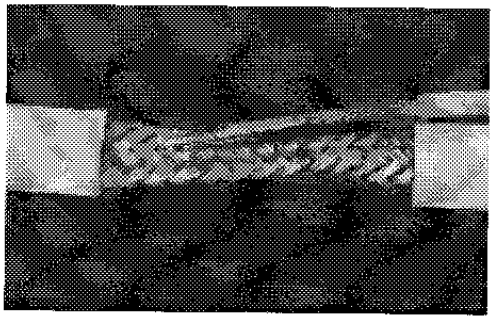
Inacceptable
Brasure insuffisante

Acceptable
Brasure
minimum

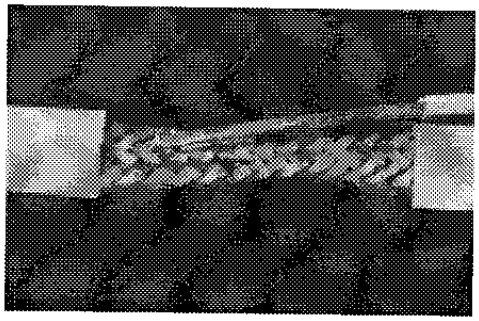
Acceptable
Brasure
maximum

Inacceptable
Brasure
excessive

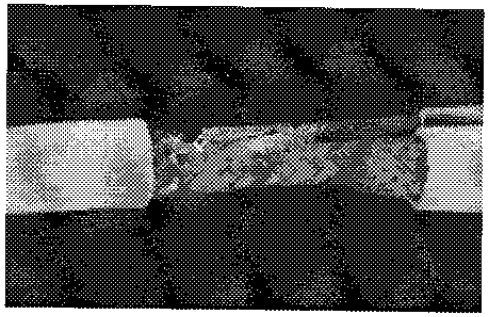
Figure A-7 : Fûts brasés



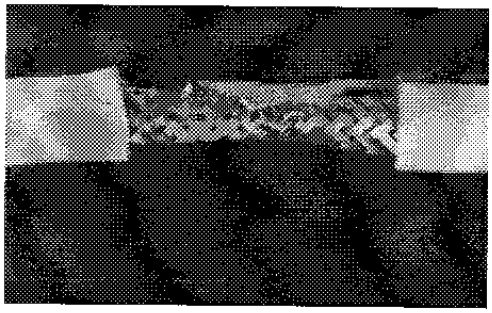
Inacceptable Brasure
insuffisante



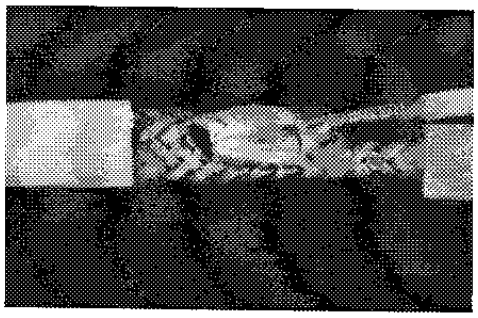
Acceptable Brasure
minimum



Brasure recommandée

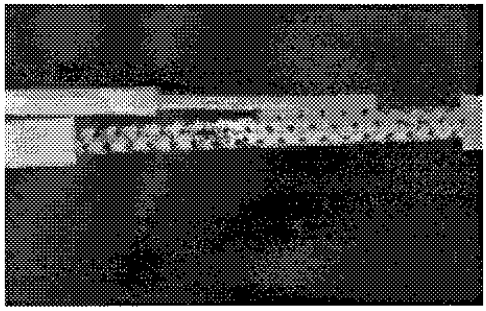


Acceptable Brasure maximum

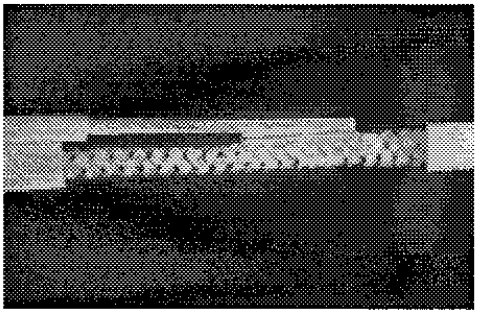


Inacceptable Brasure excessive

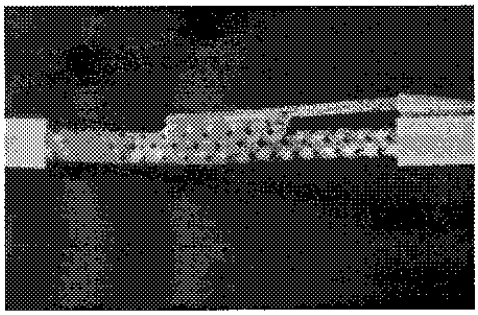
Figure A-8 : Fil brasé à la main aux interconnexions de câble blindé



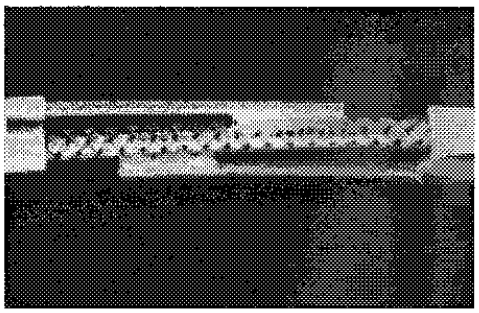
Inacceptable
Brasure insuffisante
Recouvrement de l'isolant trop important



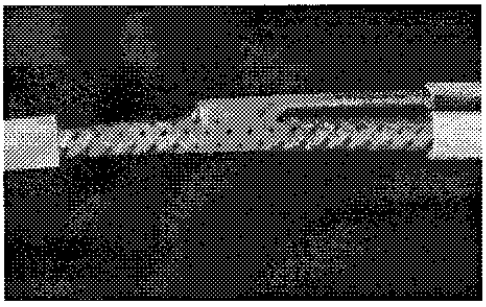
Acceptable
Brasure minimum
Recouvrement maximum



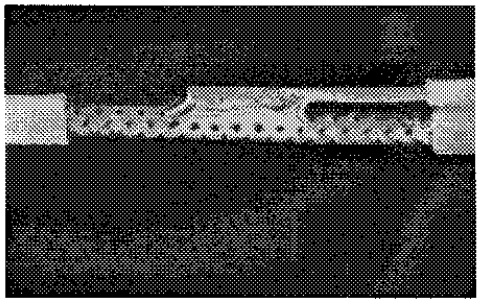
Brasure recommandée



Brasure recommandée

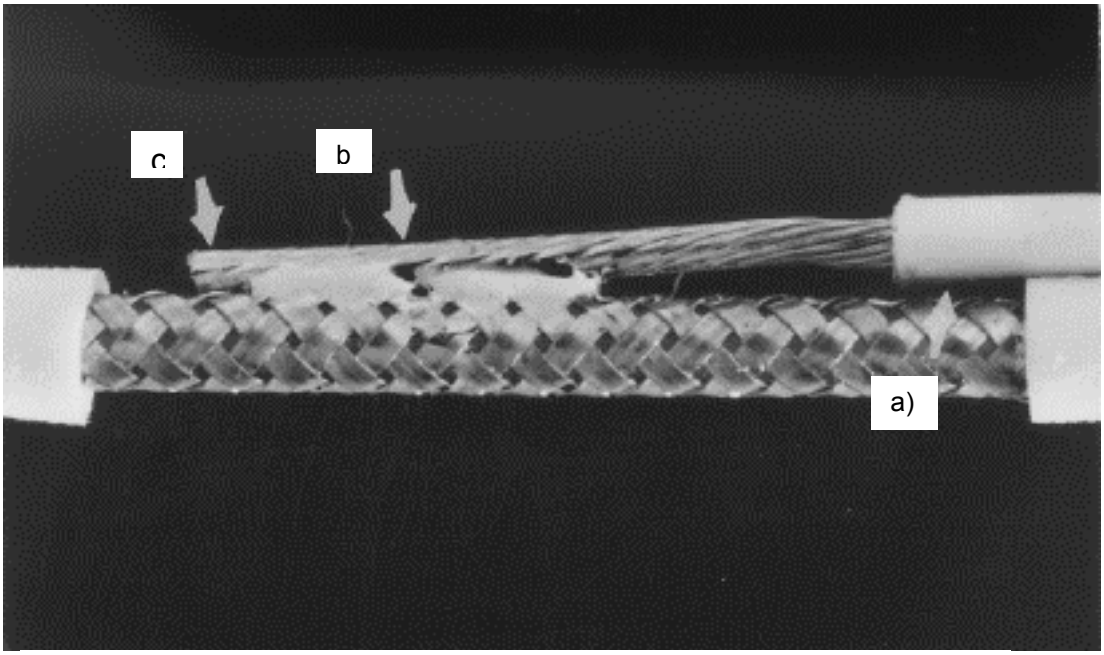


Acceptable Brasure maximum

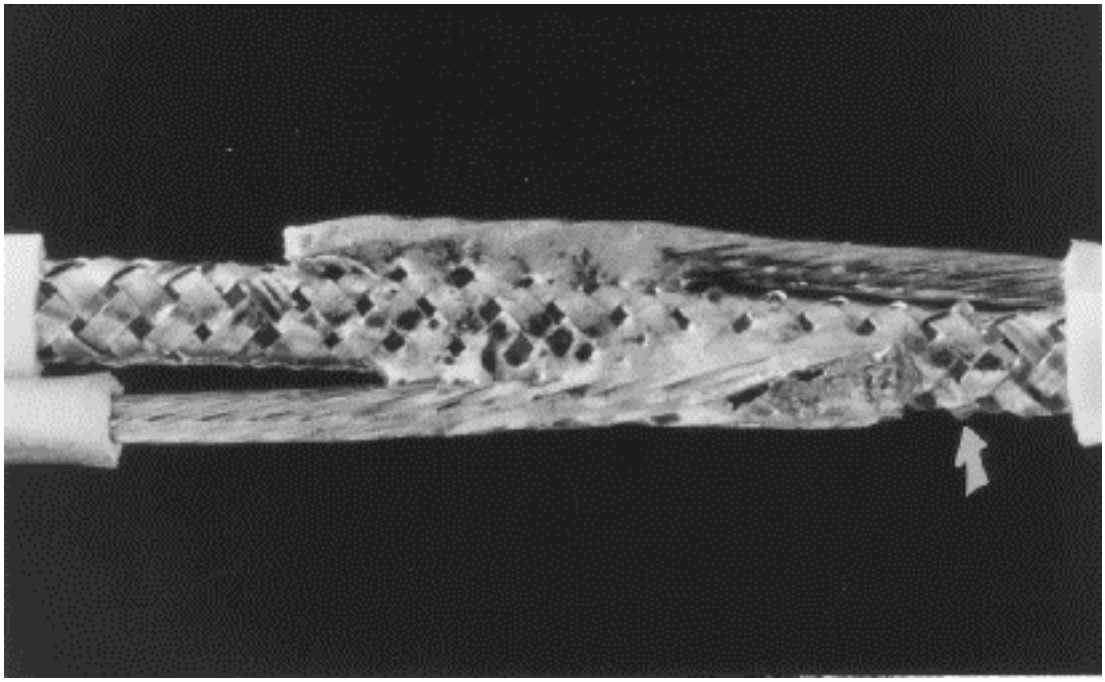


Inacceptable Brasure excessive

Figure A-9 : Fil brasé à la main aux interconnexions de fil blindé



a) Recouvrement d'isolant maximum acceptable
b) Cratère acceptable dans le filet de brasure causé par le tissage du matériau de blindage
c) Manque de brasure inacceptable entre les conducteurs



Inacceptable
Connexion non nettoyée (flux et résidus du flux)
Isolant diélectrique fondu

Figure A-10 : Interconnexions des fils brasés à la main – détails des défauts

(Cette page est laissée blanche intentionnellement)