



IPC-2221B FR

# Norme Générique de Conception du Circuit imprimé

If a conflict occurs between the English and translated versions of this document, the English version will take precedence.

En cas de conflit entre la version anglaise et la version traduite de ce document, la version anglaise prévaut.

Développée par le groupe de travail sur l'IPC-2221 (D-31b) du comité sur les circuits imprimés rigides (D-30) de l'IPC

**Traduit par :**

IFTEC  
33, rue Ravon  
92340 BOURG LA REINE  
France

[www.iftec.fr](http://www.iftec.fr)

Et

Thomas ROMONT, CID+

**Annule et Remplace :**

IPC-2221A – Mai 2003  
IPC-2221 – Février 1998

Les utilisateurs de cette norme sont encouragés à participer au développement des futures versions.

Contact :

IPC  
3000 Lakeside Drive, Suite 105N  
Bannockburn, Illinois  
60015-1249  
Tel 847 615.7100  
Fax 847 615.7105

## Table des matières

<b>1 CHAMP D'APPLICATION</b> .....	1	3.7.1 Le Routage de la Conception du Circuit Imprimé .....	18
1.1 Objet .....	1	3.7.2 L'Évaluation de la Faisabilité de la Densité .....	19
1.2 Hiérarchie de la Documentation .....	1	<b>4 LES MATÉRIAUX</b> .....	22
1.3 Présentation .....	1	4.1 La Sélection du Matériau .....	22
1.3.1 Unités dimensionnelles .....	1	4.1.1 La Sélection du Matériau pour sa Résistance Structurale .....	22
1.4 Interprétation de « doit » ou « doivent » .....	2	4.1.2 La Sélection du Matériau pour ses Propriétés Électriques .....	22
1.5 Définitions des Termes .....	2	4.1.3 La Sélection du Matériau pour ses Propriétés Environnementales .....	22
1.5.1 Microvia .....	2	4.2 Les Matériaux de Base Diélectriques (y compris les Pré-imprégnés et les Adhésifs) .....	24
1.6 Classification des Produits .....	2	4.2.1 La Couche de Collage Pré-imprégnée (Prepreg) .....	24
1.6.1 Type de Circuit Imprimé .....	2	4.2.2 Les Adhésifs .....	24
1.6.2 Classification de Performance .....	2	4.2.3 Les Films ou Feuilles Adhésifs .....	25
1.6.3 Niveau de Productibilité .....	3	4.2.4 Les Adhésifs Électriquement Conducteurs .....	25
1.7 Changements de niveau de révision .....	3	4.2.5 Les Adhésifs Thermiquement Conducteurs / Électriquement Isolants .....	25
<b>2 LES DOCUMENTS APPLICABLES</b> .....	3	4.3 Les Matériaux Stratifiés .....	26
2.1 IPC .....	3	4.3.1 Stratifiés Haut T <sub>g</sub> .....	26
2.2 Joint Industry Standards .....	5	4.3.2 La Couleur de Pigmentation .....	27
2.3 Society of Automotive Engineers .....	5	4.3.3 L'Épaisseur/Espacement de Diélectriques .....	27
2.4 American Society for Testing and Materials .....	5	4.3.4 Les Stratifiés Thermiquement Conducteurs .....	27
2.5 Underwriters Labs .....	5	4.3.5 L'Épaisseur minimale du Matériau de Base pour les Cartes à Facteurs de Forme PC .....	27
2.6 IEEE7 .....	5	4.4 Les Matériaux Conducteurs .....	27
2.7 ANSI .....	5	4.4.1 Le Dépôt de Cuivre Chimique .....	27
2.8 ANSI/ESD .....	5	4.4.2 Les Revêtements Semi-conducteurs .....	27
2.9 PCMCIA .....	5	4.4.3 Le Dépôt de Cuivre Électrolytique .....	27
<b>3 LES EXIGENCES GENERALES</b> .....	6	4.4.4 Le Dépôt d'Or .....	29
3.1 HIÉRARCHIE DES INFORMATIONS .....	8	4.4.5 L'Argent Chimique .....	32
3.1.1 L'Ordre de Priorité .....	8	4.4.6 L'Étain Chimique .....	33
3.1.2 Les Exigences de Performance du Produit Fini .....	8	4.4.7 La Passivation Organique du Cuivre (OSP) .....	34
3.2 Les Considérations de Conception .....	8	4.4.8 Le Nickel Électrolytique .....	34
3.3 Le Diagramme Schématique/Logique .....	9	4.4.9 L'Étain/Plomb Électrolytique .....	35
3.4 L'Évaluation de la Densité .....	9	4.4.10 L'Enduction de Brasure .....	35
3.5 La Nomenclature .....	10	4.4.11 Les Autres Revêtements Métalliques pour les Connecteurs de Bords de Carte .....	36
3.6 Les Considérations d'Exigences de Test .....	10	4.4.12 Les Feuillards ou Films Métalliques .....	37
3.6.1 Les Considérations Électriques .....	10	4.5 Les Matériaux pour Composants Enterrés .....	38
3.6.2 La Testabilité du Circuit Imprimé Assemblé .....	13		
3.6.3 Le Test Boundary Scan .....	14		
3.6.4 Les Considérations liées au Test Fonctionnel .....	14		
3.6.5 Les Considérations liées au Test In-Situ .....	16		
3.6.6 Les Considérations Mécaniques .....	18		
3.7 L'Évaluation du Routage .....	18		

4.5.1	Les Résistances Enterrées .....	38	6.1.3	Les Considérations de Type de Circuit .....	57
4.5.2	Les Capacités Enterrées .....	38	6.2	Les Exigences des Matériaux Conducteurs .....	59
4.5.3	Les Inductances Enterrées .....	38	6.3	L'Isolément Électrique .....	59
4.6	Les Revêtements Organiques de Protection .....	39	6.3.1	B1 – Conducteurs Internes .....	60
4.6.1	Les Vernis Épargne .....	39	6.3.2	B2 – Conducteurs Externes, Sans revêtement, du Niveau de la Mer à 3050 m [10,007 feet] .....	60
4.6.2	Le Vernis de Tropicalisation .....	40	6.3.3	B3 – Conducteurs Externes, Sans revêtement, au-dessus de 3050 m [10,007 feet] .....	60
4.6.3	Les Revêtements Anti-Oxydants .....	41	6.3.4	B4 – Conducteurs Externes, avec Revêtement Polymère Permanent (quelque soit l'altitude) ...	60
4.7	Les Marquages et Légendes .....	41	6.3.5	A5 – Conducteurs Externes, avec Vernis de Tropicalisation sur l'Assemblage (quelque soit l'altitude) .....	61
4.7.1	Les Considérations ESD .....	41	6.3.6	A6 – Pattes/Terminaisons de Composants Externes, Non Tropicalisées, du Niveau de la Mer à 3050 m [10,007 feet] .....	61
<b>5</b>	<b>LES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES/ PHYSIQUES .....</b>	<b>42</b>	6.3.7	A7 – Pattes/Terminaisons de Composants Externes, Tropicalisées (quelque soit l'altitude) .....	61
5.1	Les Considérations de Fabrication .....	42	6.4	Les Contrôles d'Impédance .....	61
5.1.1	La Fabrication du Circuit Imprimé Nu .....	42	6.4.1	Le Microstrip .....	61
5.2	La Configuration du Produit/Circuit Imprimé .....	42	6.4.2	Le Microstrip Enrobé .....	62
5.2.1	Le Type de Circuit Imprimé .....	43	6.4.3	Les Propriétés du Stripline .....	63
5.2.2	Les Dimensions du Circuit Imprimé .....	43	6.4.4	Les Propriétés du Stripline Asymétrique .....	64
5.2.3	La Géométrie du Circuit Imprimé (Taille et Forme) .....	43	6.4.5	Les Considérations de Capacitance .....	65
5.2.4	La Flèche et le Vrillage .....	43	6.4.6	Les Considérations d'Inductance .....	65
5.2.5	La Résistance Structurale .....	43	<b>7</b>	<b>LE MANAGEMENT THERMIQUE .....</b>	<b>68</b>
5.2.6	Les Circuits Imprimés Composites (Âme de bridage) .....	45	7.1	Les Mécanismes de Refroidissement .....	68
5.2.7	Les Conceptions pour Vibrations .....	46	7.1.1	La Conduction .....	68
5.3	Les Exigences d'Assemblage .....	46	7.1.2	La Radiation .....	68
5.3.1	La Fixation Mécanique du Matériel .....	46	7.1.3	La Convection .....	69
5.3.2	Le Support des Composants .....	47	7.1.4	Les Effets de l'Altitude .....	69
5.3.3	L'assemblage et le Test .....	47	7.2	Les Considérations de Dissipation de Chaleur .....	69
5.3.4	Les Rails d'Outillage pour les Circuits Imprimés à facteur de forme PC .....	47	7.2.1	Les Logements de Circuit Imprimé .....	69
5.4	Les Systèmes de Dimensionnement .....	47	7.2.2	La Dissipation Individuelle de Chaleur d'un Composant .....	71
5.4.1	Les Dimensions et Tolérances .....	47	7.2.3	Les Considérations de Management Thermique pour les Drains du Circuit Imprimé .....	71
5.4.2	Le Positionnement des Composants et des Motifs .....	48	7.2.4	L'Assemblage des Drains sur les Circuits Imprimés .....	72
5.4.3	Les Motifs Référentiels .....	49	7.2.5	Les Considérations Spécifiques de Conception pour les Drains de Circuit Imprimé CMS .....	73
5.5	La Tolérance sur l'Épaisseur du Circuit Imprimé .....	54	7.3	Les Techniques de Transfert Thermique .....	73
5.6	La Mise en Panneau de Fabrication (Panel) .....	54			
5.7	La Mise en Panneau d'Assemblage (Pallet) .....	54			
<b>6</b>	<b>LES PROPRIÉTÉS ÉLECTRIQUES .....</b>	<b>55</b>			
6.1	Les Considérations Électriques .....	55			
6.1.1	Les Performances Électriques .....	55			
6.1.2	Les Considérations de Distribution de Puissance .....	55			

7.3.1	Les Caractéristiques du Coefficient d'Expansion Thermique (CTE) .....	73	8.4.4	Les Terminaisons en Patte Ronde .....	98
7.3.2	Le Transfert Thermique .....	73	8.4.5	Les Sockets pour Composant à Pattes .....	98
7.3.3	L'Ajustement Thermique .....	75	8.5	Les CMS à Pas Fin (Périphériques) .....	98
7.4	La Fiabilité des Conceptions Thermiques .....	75	8.6	Les Puces Nues .....	98
<b>8 LES CONSIDÉRATIONS DE COMPOSANTS ET DE LEURS ASSEMBLAGES .....</b>			<b>8.6.1 Liaison Filaire (Wire Bond) .....</b>		<b>98</b>
8.1	Les Exigences Générales du Placement .....	76	8.6.2	Le Flip Chip .....	98
8.1.1	L'Assemblage Automatique .....	76	8.6.3	Les Composant à l'échelle d'une Puce (Chip Scale) .....	99
8.1.2	Le Placement des Composants .....	76	8.7	Le Collage Automatique sur Adhésif .....	99
8.1.3	L'Orientation .....	78	8.8	Les Boîtiers Matriciels CMS .....	99
8.1.4	L'Accessibilité .....	78	8.9	Les Composants Sans Pattes .....	99
8.1.5	L'Enveloppe de Conception .....	78	8.9.1	Les Boîtiers Sans Patte à Terminaisons Reculées (PQFN et PSON) .....	100
8.1.6	Le Centrage du Corps des Composants .....	79	8.10	Guides de Conception pour les Broches Déformables .....	100
8.1.7	Le Montage au Dessus de Zones Conductrices .....	79	<b>9 LES TROUS / LES INTERCONNEXIONS .....</b>		
8.1.8	Les Isolements .....	79	9.1	Les Exigences Générales pour les Pastilles avec un Trou .....	101
8.1.9	Les Supports Physiques .....	80	9.1.1	Les Exigences des Pastilles .....	101
8.1.10	La Dissipation Thermique .....	82	9.1.2	Les Exigences d'Anneaux Résiduels .....	102
8.1.11	La Relaxation des Contraintes .....	82	9.1.3	Les Freins Thermiques dans les Plans Conducteurs .....	103
8.2	Les Exigences Générales de Fixation .....	84	9.1.4	Les Pastilles pour Pattes Rondes Aplaties .....	103
8.2.1	Le Montage Traversant .....	84	9.2	Les Trous .....	103
8.2.2	Le Montage en Surface .....	84	9.2.1	Les Trous Non Métallisés .....	103
8.2.3	Les Assemblages Mixtes .....	84	9.2.2	Les Trous Métallisés .....	104
8.2.4	Les Considérations de Brasure .....	84	9.2.3	Le Positionnement des Trous .....	106
8.2.5	Les Connecteurs et les Interconnexions .....	86	9.2.4	La Variation des Configurations des Trous .....	106
8.2.6	Le Matériel de Fixation .....	88	9.2.5	Les Tolérances de Positionnement des Trous ..	106
8.2.7	Les Raidisseurs .....	88	9.2.6	La Quantité de Trous .....	107
8.2.8	Les Pastilles pour Pattes Rondes Aplaties .....	89	9.2.7	L'espacement des Trous Adjacents .....	107
8.2.9	Les Bornes à Braser .....	89	9.2.8	L'Aspect Ratio .....	107
8.2.10	Les œillets .....	91	9.3	La Protection des Vias .....	107
8.2.11	Le Câblage Spécial .....	91	9.3.1	Les exigences de Protection des Vias .....	107
8.2.12	Les Dispositifs Thermo-rétractables .....	91	9.3.2	Le Remplissage des Vias .....	107
8.2.13	Les Barres de Distribution .....	91	<b>10 LES EXIGENCES GENERALES DES ÉLÉMENTS CONDUCTEURS .....</b>		
8.2.14	Les Câbles Flexibles .....	92	10.1	Les Caractéristiques des Pistes .....	108
8.3	Les Exigences du Montage Traversant .....	92	10.1.1	La Largeur et l'Épaisseur d'une Piste .....	108
8.3.1	Les Pattes Montées dans des Trous Traversants .....	92	10.1.2	L'Isolement Électrique .....	110
8.4	Les Exigences Standards du Montage en Surface .....	96	10.1.3	Le Routage des Pistes .....	110
8.4.1	Les Composants à Pattes Montées en Surface .....	96	10.1.4	L'Isolement des Pistes .....	112
8.4.2	Les Composants Flat-Pack .....	96	10.1.5	Les Cathodes Voleuses .....	112
8.4.3	Les Terminaisons en Patte en Ruban .....	98	10.2	Les Caractéristiques des Pastilles .....	112



Figure 5-3B	Circuit Imprimé Symétrique à Âme de Bridage avec une âme Cuivre-Invar-Cuivre centrale. ....	45	Figure 8-1	Orientation des Composants pour les Bords et/ou les Applications de Brasage à la Vague .....	79
Figure 5-4	Avantages de la Tolérance de Position sur la Tolérance Bilatérale, mm [in] .....	48	Figure 8-2	Centrage du Corps d'un Composant .....	79
Figure 5-5	Système de Référence .....	49	Figure 8-3	Les Composants Axiaux Montés par-Dessus des Conducteurs .....	79
Figure 5-6	Exemple de Positionnement de Trous Métallisés, mm [in] .....	50	Figure 8-4	Isolement sur Carte non revêtue .....	80
Figure 5-7	Exemple de Positionnement de Trous d'Outillage/Montage, mm [in] .....	50	Figure 8-5	Composant Axial Monté sur Pince .....	80
Figure 5-8	Exemple de Positionnement de Motifs Conducteurs Utilisant des Mires, mm [in] .....	51	Figure 8-6	Composant Axial Collé par un Adhésif .....	80
Figure 5-9	Exemple de Positionnement et de Tolérances du Contour d'un Circuit Imprimé, mm [in] .....	52	Figure 8-7	Exemple de Cordons Comparés au Collage .....	81
Figure 5-10	Exemple de Plan d'un Circuit Imprimé Utilisant le Dimensionnement et les Tolérances Géométriques, mm [in] .....	52	Figure 8-8	Montage avec Pied ou Entretoises .....	81
Figure 5-11	Exigences d'Ouvertures autour des Mires .....	53	Figure 8-9	Exemples de Dissipation de Chaleur .....	82
Figure 5-12	Mises en Panneau de Travail/Assemblage de Circuits Imprimés, mm .....	53	Figure 8-10	Coubures des Pattes .....	83
Figure 5-13	Exemple de Positionnement et de Tolérances du Détrompeur d'un Connecteur, mm [in] .....	54	Figure 8-11	Configurations Typiques des Pattes .....	83
Figure 6-1	Concepts de Distribution des Masses/Tensions .....	56	Figure 8-12	Méthode Typique de Détrompage .....	86
Figure 6-2	Routage d'une Référence Unique sur le Bord .....	57	Figure 8-13	Les Tolérances du Bord du Circuit Imprimé .....	87
Figure 6-3	Distribution des Circuits .....	57	Figure 8-14	Configuration de Chanfreins d'Insertion .....	87
Figure 6-4	Construction de Ligne de Transmission dans le Circuit Imprimé .....	62	Figure 8-15	Connecteur en Deux-Parties .....	87
Figure 6-5	Capacité en fonction de la Largeur de Piste et de l'Épaisseur de Diélectrique en Microstrip, mm [in] .....	66	Figure 8-16	Adaptateur de Connexion de Bord de Carte .....	88
Figure 6-6	Capacité en fonction de la Largeur de Piste et de l'isolement en Stripline, mm [in] .....	67	Figure 8-17	Description du Joint de Patte Ronde ou Aplatie (Ecrasée) .....	89
Figure 6-7	Intersection de pistes .....	67	Figure 8-18	Les Écartements de Montage des Bornes, mm [in] .....	90
Figure 7-1	Exigences de dégagement des composants pour l'Insertion automatique des composants .....	72	Figure 8-19	Configuration à Double Trou pour la Connexion d'une Borne aux Couches Externes et Internes .....	90
Figure 7-2	Comparaison des Coefficients d'Expansion Thermique (CTE) Relatifs .....	74	Figure 8-20	Pattes Partiellement Clinchées dans un Trou Traversant .....	92
			Figure 8-21	Courbure des pattes d'un Boîtier En-ligne Double (DIP) .....	93
			Figure 8-22	Brasure dans le Rayon de Courbure de la Patte .....	93
			Figure 8-23	Composants à Pattes Radiales à Deux Pattes .....	93
			Figure 8-24	Montage d'un Composant Radial à Deux Pattes, mm [in] .....	94
			Figure 8-25	Isolement du Ménisque, mm [in] .....	94
			Figure 8-26	Composant en boîte à Pates Radiales "TO", mm [in] .....	94
			Figure 8-27	Montage de Composant Perpendiculaire, mm [in] .....	94



Figure 8-28	Les Boîtiers Flat-Packs et Quad Flat-Packs .....	95	Figure 11-1	Carte du Flux des Séquences de Conception/Fabrication du Circuit Imprimé .....	114
Figure 8-29	Exemple de Configuration de Pattes en Ruban pour le Montage Traversant des Boîtiers Flat-Packs .....	95	Figure 11-2	Visualisation d'un Circuit Imprimé Multicouche .....	115
Figure 8-30	Boîtiers Métalliques de Puissance à Pattes Souples .....	95	Figure 11-3	Ouverture du Vernis Épargne en Bande .....	116
Figure 8-31	Boîtiers Métalliques de Puissance sur Séparateurs Résiliants .....	95	Figure 11-4	Ouverture du Vernis Épargne en Cases .....	116
Figure 8-32	Boîtiers Métalliques de Puissance à Pattes Non Pliables .....	95	Figure 12-1	Utilisation du Panneau avec les Conceptions de Coupons de Conformité de l'IPC-2221B .....	119
Figure 8-33	Exemples de Montage en Surface de Flat-Pack .....	97	Figure 12-2	Utilisation du Panneau avec les Conceptions de Coupons de Conformité Historiques .....	120
Figure 8-34	Patte Ronde ou Aplatie .....	97	Figure 12-3	Exemple d'Empilage pour un Circuit Imprimé 10 Couches .....	120
Figure 8-35	Configuration de Pattes en Ruban pour des Flat-Packs Montés à Plat .....	97	Figure 12-4	Passage Systématique à la Mise en Place de Contrôle Statistique des Procédés (SPC) .....	123
Figure 8-36	Exigences de Montage du Talon .....	98	Figure A.2-1	Routage du Coupon AB/R, mm [in] .....	126
Figure 8-37	Construction d'un boîtier TSSOP .....	98	Figure A.2-2	Exemple des Couches d'un Coupon AB/R .....	127
Figure 8-38	Construction d'un boîtier SQFP .....	98	Figure A.3-1	Routage du Coupon A/R, mm [in] .....	129
Figure 8-39	Exemples de Construction de Boîtier Matriciel à Billes (Ball Grid Array ou BGA) .....	99	Figure A.3-2	Exemple des Couches d'un Coupon A/R .....	130
Figure 8-40	Construction de Boîtier Matriciel Céramique à Colonnes (Column Grid Array ou CGA) .....	99	Figure A.4-1	Routage du Coupon B/R, mm [in] .....	132
Figure 8-41	Construction de Boîtier Matriciel sans Pattes (Land Grid Array ou LGA) .....	100	Figure A.5-1	Routage du Coupon E, mm [in] .....	133
Figure 8-42	Construction Quad Flat No-lead (QFN) .....	100	Figure A.5-2	Coupon E .....	134
Figure 8-43	Construction Small Outline No-lead (SON) .....	100	Figure A.6-1	Routage du Coupon S, mm [in] .....	135
Figure 8-44	Construction Pullback Quad Flat No Lead (PQFN) .....	100	Figure A.6-2	Exemple de Couches du Coupon S .....	136
Figure 9-1	Exemples de Formes de Pastilles Modifiées .....	101	Figure A.7-1	Routage du Coupon W, mm [in] .....	137
Figure 9-2	Anneau Résiduel Externe .....	102	Figure A.7-2	Routage du Coupon W .....	138
Figure 9-3	Anneau Résiduel Interne .....	102	Figure A.8-1	Routage du Coupon D avec des motifs A et B, mm [in] .....	139
Figure 9-4	Frein Thermique Typique dans les Plans .....	103	Figure A.8-2	Exemple de Couches du Coupon D avec des motifs A et B .....	140
Figure 10-1	Caractéristiques des Conducteurs Gravés .....	111	Figure A.8-3	Routage du Coupon D avec des motifs de vias séquentiels B, mm [in] .....	140
Figure 10-2	Exemple de Renforcement ou de Réduction de Piste .....	112	Figure A.9-1	Routage du Coupon G, mm [in] .....	142
Figure 10-3	Optimisation du Routage Entre Pastilles .....	112	Figure A.9-2	Exemple de Couches du Coupon G .....	143
			Figure A.10-1	Routage du Coupon H, mm [in] .....	144
			Figure A.10-2	Exemple de couches du Coupon H .....	145
			Figure A.11-1	Routage du Coupon P, mm [in] .....	146
			Figure A.11-2	Exemple de Couches du Coupon P .....	146

Figure A.12-1 Routage du Coupon Z (Microstrip et edge-coupled microstrip), mm [in] ..... 147

Figure A.12-2 Exemple de Couche du Coupon Z ..... 148

Figure A.12-3 Routage du Coupon Z (Microstrip et edge-coupled microstrip utilisant d'autres points de test), mm [in] ..... 148

Figure B.2-1 Les Coupons Test A et B, mm [in] ..... 150

Figure B.2-2 Les Coupons Test A et B (Détail des Connexions), mm [in] ..... 151

Figure B.2-3 Coupon Test A/B, mm [in] ..... 152

Figure B.2-4 Le Coupon Test A/B (Détail des Connexions), mm [in] ..... 153

Figure B.3-1 Le Coupon E, mm ..... 154

Figure B.3-2 Le Motif en "Y" comme Motif de Test de la Propreté sous les Composants CMS ..... 154

Figure B.4-1 Le Coupon Test S, mm [in] ..... 155

Figure B.5-1 Le Coupon Test M, Test de Brasabilité des Plages d'Accueil CMS, mm [in] ..... 156

Figure B.6-1 Le Coupon Test D, mm [in] ..... 156

Figure B.6-2 Exemple d'un 10 couches ..... 157

Figure B.6-3 Exemple d'un Coupon D de 10 Couches, Modifié pour Inclure des Vias Borgnes and Enterrés ..... 158

Figure B.6-4 Le Coupon Test D pour le Contrôle de Procédé de Circuits Imprimés 4 Couches ..... 159

Figure B.7-1 Le Coupon Test G, Adhérence de Vernis Épargne, mm [in] ..... 160

Figure B.8-1 Le Coupon H Optionnel, mm [in] ..... 160

Figure B.8-2 Exemples de Motifs en Peigne ..... 161

Figure B.9-1 Le Coupon C, Couches Externes Seulement, mm [in] ..... 161

Figure B.10-1 Le Coupon Test F, mm [in] ..... 163

Figure B.10-2 Le Coupon Test R, mm [in] ..... 164

Figure B.10-3 Le Pire cas de la Relation Trou/Pastille ..... 164

Figure B.11-1 Le Coupon Test N, Adhérence des Plages d'Accueil CMS et Force de Pelage, mm [in] ..... 165

Figure B.12-1 Le Coupon Test X, mm [in] ..... 166

Figure B.12-2 Le Test de Flexion ..... 166

**Tableaux**

Tableau 3-1 Check-list des Compromis Conception/ Performance d'un Circuit Imprimé ..... 6

Tableau 3-2 Surfaces des Composants en éléments de Grille ..... 20

Tableau 4-1 Propriétés Typiques des Matériaux Diélectriques Courants ..... 23

Tableau 4-2 Les Exigences des Finitions et des Revêtements Finaux ..... 28

Tableau 4-3 Exigences Minimales de Métallisation de Cuivre en Surface et dans les trous dans les Vias Enterrés >2 Couches, les Vias Traversants, et les Vias Borgnes ..... 29

Tableau 4-4 Exigences Minimales de Métallisation de Cuivre en Surface et dans les trous pour les Microvias (Borgnes et Enterrés) ..... 29

Tableau 4-5 Exigences Minimales de Métallisation de Cuivre en Surface et dans les trous pour les Vias Enterrés sur un même core (2 couches). ..... 29

Tableau 4-6 Les Finitions de Surface ..... 30

Tableau 4-7 Usages des Dépôts d'Or ..... 31

Tableau 4-8 Avantages et Inconvénients de la Finition de Surface ENIG ..... 31

Tableau 4-9 Avantages et Inconvénients de la Finition de Surface ENIG/EG ..... 32

Tableau 4-10 Avantages et Inconvénients de la Finition de Surface ENEPIG ..... 33

Tableau 4-11 Avantages et Inconvénients de la Finition de Surface Argent Chimique ..... 33

Tableau 4-12 Avantages et Inconvénients de la Finition de Surface Étain Chimique ..... 34

Tableau 4-13 Avantages et Inconvénients de la Finition de Surface OSP ..... 35

Tableau 4-14 Exigences des Feuillards et Films de Cuivre ..... 37

Tableau 4-15 Substrats pour Âmes Métalliques ..... 38

Tableau 4-16 Les ouvertures et les digues minimales typiques dans le Vernis Épargne ..... 40

Tableau 4-17 Les types de vernis de tropicalisation et leurs épaisseurs ..... 40

Tableau 4-18 Les fonctions du vernis de tropicalisation ..... 40



Tableau 5-1	Les Hypothèses et Considérations de Fabrication .....	42	Tableau 9-6	Diamètres Minimums et Maximums des Trous Traversants et Aspect Ratio, mm [in] .....	108
Tableau 5-2	Dimensions des Substrats pour Carte à Facteur de Forme PC .....	42	Tableau 10-1	Épaisseur des Feuillards en Couche Interne Après Traitement .....	109
Tableau 5-3	Limites des Equipements Typiques d'Assemblage .....	47	Tableau 10-2	Épaisseur des Conducteurs Externes Après Traitement .....	109
Tableau 6-1	Isolement électrique entre conducteurs ..	60	Tableau 12-1	Exigences des Coupons de l'Annexe A .....	118
Tableau 6-2	Constante Diélectrique Apparente Typique des Matériaux pour Circuit Imprimé .....	63	Tableau 12-2	Exigences des Coupons (Historiques) de l'Annexe B .....	118
Tableau 6-3	Exemple de constructions pour un circuit imprimé 6 couches .....	64	Tableau A.1-1	Les Coupons IPC .....	124
Tableau 7-1	Effets du Type de Matériau sur la Construction .....	68	Tableau A.2-1	Paramètres du Coupon AB/R, mm [in] .....	125
Tableau 7-2	Émissivité de Certains Matériaux .....	69	Tableau A.3-1	Paramètres du Coupon A/R, mm [in] .....	128
Tableau 7-3	Les Préférences d'Assemblage entre Drain Thermique et Circuit Imprimé .....	72	Tableau A.4-1	Paramètres du Coupon B/R, mm [in] .....	131
Tableau 7-4	Matrice Comparative de Fiabilité des Joints de Brasure des Pattes/ Terminaisons de Composants .....	73	Tableau A.5-1	Paramètres du Coupon E, mm [in] .....	133
Tableau 9-1	Minimum de Tolérance de Fabrication Standard pour les Pastilles d'Interconnexion .....	102	Tableau A.6-1	Paramètres du Coupon S, mm [in] .....	135
Tableau 9-2	Anneaux Résiduels (Minimum) .....	103	Tableau A.7-1	Paramètres du Coupon W, mm [in] .....	137
Tableau 9-3	Taille du Trou Percé Minimum pour des Vias Enterrés .....	105	Tableau A.8-1	Paramètres du Coupon D, mm [in] .....	139
Tableau 9-4	Taille du Trou Percé Minimum pour des Vias Borgnes .....	105	Tableau A.9-1	Paramètres du Coupon G, mm [in] .....	141
Tableau 9-5	Tolérance Minimum de Positionnement des trous, DTP .....	107	Tableau A.10-1	Paramètres du Coupon H, mm [in] .....	144
			Tableau A.11-1	Paramètres du Coupon P, mm [in] .....	146
			Tableau A.12-1	Paramètres du Coupon Z, mm [in] .....	147
			Tableau B.1-1	Les Coupons Historiques de l'IPC-2221 .....	149

# Norme Générique de Conception du Circuit imprimé

## 1 CHAMP D'APPLICATION

Cette norme établit les exigences génériques pour la conception des circuits imprimés organiques et des autres formes de structures de montage et d'interconnexion de composants, y compris les cartes à facteurs de forme PC. Les matériaux organiques peuvent être homogènes, renforcés, ou utilisés en combinaison avec des matériaux inorganiques ; les connexions peuvent être simple face, double faces, ou multicouche.

**1.1 Objet** Les exigences contenues ici sont prévues pour établir les principes et recommandations de conception qui **doivent** être utilisés en conjonction avec les exigences détaillées des normes spécifiques à la structure (voir 1.2) pour déterminer la conception détaillée prévue pour le montage et l'interconnexion des composants. Cette norme n'est pas prévue pour déterminer les spécifications des performances des circuits imprimés finis ni comme document d'acceptation des cartes électroniques.

**1.2 Hiérarchie de la Documentation** Cette norme identifie les principes physiques génériques de conception, elle est complétée par les diverses normes sectionnelles qui fournissent des éléments plus précis sur des aspects spécifiques d'une technologie de circuits imprimés. Elles comprennent :

IPC-2222 Conception de circuits imprimés organiques rigides

IPC-2223 Conception de circuits imprimés flexibles

IPC-2225 Conception de circuits imprimés organiques, MCM-L

IPC-2226 Conception de circuits imprimés à Haute Densité d'Interconnexions (HDI)

Ces documents font partie de la famille de documents de conception identifiée IPC-2220. Le nombre IPC-2220 n'a pour objet que la commande de documents incluant la présente norme et les quatre normes énumérées ci-dessus.

**Nota :** L'IPC-2224, norme sectionnelle de conception pour les cartes à facteurs de forme PC, a été supprimée par l'IPC. Les informations de conception concernant les cartes à facteurs de forme PC ont été transférées dans les dernières versions des IPC-2221 et IPC-2222.

**1.3 Présentation** Toutes les dimensions et les tolérances de cette norme sont exprimées directement dans le système international (Métrique) et entre crochets en unités impériales (pouce). Les utilisateurs de cette norme sont sensés utiliser le système métrique. Toutes les dimensions supérieures ou égales à 1,0 mm [0,0394 pouce] seront exprimées en millimètres et pouces. Toutes les dimensions inférieures à 1,0 mm [0,0394 pouce] seront exprimées en micromètres et micropouces.

**1.3.1 Unités dimensionnelles** La suite est tirée du document du National Institute of Standards and Technology – Informations et conversions en unités métriques : “Depuis le 1<sup>er</sup> Janvier 2010, la directive du Conseil de l'Union Européenne 80/181/EEC (Directive unités métriques) n'autorise que l'utilisation des unités métriques et interdit l'utilisation de toutes autres unités pour la plupart des produits vendus dans l'Union Européenne (UE). La Directive métrique a rendu obligatoire l'usage exclusif des unités métriques dans tous les aspects de la vie en Union Européenne, y compris dans des domaines tels que la documentation des produits et la publicité.

La plupart des fiches techniques de composant sont fournies en unités métriques. Les concepteurs de cartes électroniques passent beaucoup de temps en conversion entre les unités impériales (pouce) et SI (métrique). Les erreurs d'arrondi, lors des conversions d'unités, peuvent entraîner des inexactitudes qui aboutissent à des conceptions marginales ou erronées. Cependant, les fabricants de circuit imprimé utilisent souvent les unités impériales par défaut. Les Outils informatiques de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) utilisent ainsi bien les bibliothèques de composants en unités métriques qu'impériales sur une même carte électronique parce que la précision dimensionnelle est suffisamment grande pour décrire avec précision la plupart des composants courants.

Les problèmes surviennent lors de l'importation de données depuis un logiciel tiers ou lorsqu'on essaye de mélanger les unités au cours du routage d'un circuit imprimé. Par exemple, si une partie de la conception du circuit imprimé est un fichier importé en Drawing eXchange Format (Fichier .DXF) utilisant le système métrique et qu'elle doit être interfacée avec une partie numérique faite en unités impériales, un problème peut se produire aux endroits où les deux grilles sont mélangées. Contrairement à l'importation de bibliothèques, la conversion dans l'unité du circuit imprimé n'est pas toujours faite lors de l'importation d'un fichier DXF.