

www.afnor.org

Ce document est à usage exclusif et non collectif des clients AFNOR.
Toute mise en réseau, reproduction et rediffusion, sous quelque forme que ce soit,
même partielle, sont strictement interdites.

This document is intended for the exclusive and non collective use of AFNOR customers.
All network exploitation, reproduction and re-dissemination,
even partial, whatever the form (hardcopy or other media), is strictly prohibited.



**DOCUMENT PROTÉGÉ
PAR LE DROIT D'AUTEUR**

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans accord formel.

Contacteur :
AFNOR – Norm'Info
11, rue Francis de Pressensé
93571 La Plaine Saint-Denis Cedex
Tél : 01 41 62 76 44
Fax : 01 49 17 92 02
E-mail : norminfo@afnor.org

afnor

AFNOR
Pour : CIRLY

Email: commercial@cirly.com

Identité: PERRIGUEUR CHRISTOPHE

Client : 10913800

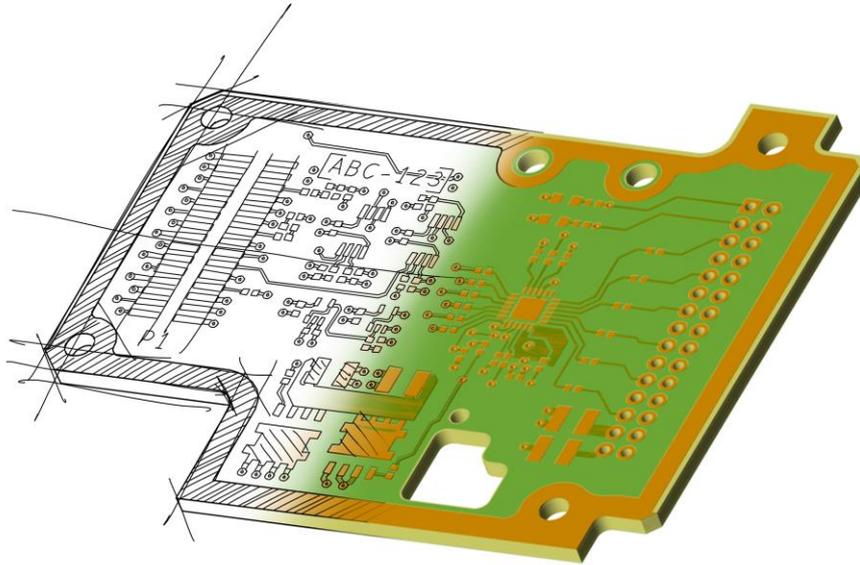
Le : 17/11/2023 à 17:35

Diffusé avec l'autorisation de l'éditeur

Distributed under licence of the publisher

AFNOR SPEC 2212

[Août 2023]



Circuits imprimés — Paramètres de routage



Sommaire

Avant-propos	4
Liste des participants	5
— 1. Domaine d’application	6
— 2. Définitions et conventions.....	6
2.1. Définition des Classes de Routage.....	6
2.2. Conventions sur les paramètres et valeurs	7
2.2.1. Définitions des paramètres.....	7
2.2.2. Valeurs des paramètres	7
2.2.3. Termes et définitions	8
— 3. Boitiers composants et structure du circuit imprimé	11
3.1. Sélection de la Classe de Routage en fonction des boitiers composants	11
3.2. Structure des circuits et Classes de Routages	12
— 4. Paramètres mécaniques	13
4.1. Définitions.....	13
4.1.1. Valeurs	13
4.1.2. Tolérances.....	14
4.2. Illustrations	15
4.3. Paramètres applicables	15
— 5. Paramètres des conducteurs	16
5.1. Préambule.....	16
5.2. Définitions.....	16
5.2.1. Valeurs	16
5.2.2. Tolérances.....	18
5.3. Illustration.....	18
5.4. Paramètres applicables	19
— 6. Paramètres de perçage des vias et trous mécaniques métallisés	20
6.1. Définitions.....	20
6.2. Illustration.....	20
6.3. Paramètres applicables	21
6.3.1. Diamètre de perçage minimum en fonction de l’épaisseur à percer	21
6.3.2. Diamètres des pastilles minimum des vias en fonction du trou percé	22



6.3.3. Diamètres des pastilles minimum des trous métallisés d'insertion de composant (brasage).....	22
— 7. Paramètres de perçage des microvias laser.....	23
7.1. Définitions.....	23
7.1.1. Valeurs	23
7.1.2. Tolérances.....	23
7.2. Illustration.....	23
7.3. Paramètres applicables	24
— 8. Paramètres de vernis épargne	24
8.1. Définitions.....	24
8.1.1. Valeurs	24
8.1.2. Tolérances.....	25
8.2. Illustration.....	25
8.3. Paramètres applicables	25
— 9. Paramètres du marquage par encre.....	26
9.1. Définition	26
9.2. Illustration.....	26
9.3. Paramètres applicables	26

AFNOR SPEC 2212

Circuits imprimés – Paramètres de routage



Avant-propos

Le présent document a été développé par un groupe de travail ouvert et reflète à ce titre l'accord de personnes et organisations ayant participé à son élaboration. AFNOR a mis à disposition des auteurs son savoir-faire en ingénierie normative afin de coordonner les travaux d'élaboration et éditer le document. En conséquence, le contenu de ce document n'engage que ses auteurs et ne saurait être considéré comme constituant le droit applicable. En effet, AFNOR n'étant ni habilitée à délivrer du conseil juridique ni législateur, AFNOR ne saurait être tenue responsable de l'utilisation qui est faite de ce document, notamment concernant la réglementation éventuellement citée dont la bonne application relève exclusivement de la responsabilité de chacun.

L'AFNOR SPEC :

- est un document technique développé et approuvé dans le cadre d'un processus transparent et ouvert ;
- représente l'approbation de ce seul groupe de travail sur le texte final et ne doit pas être présentée comme une norme française ou comme équivalente à une norme française.



Liste des participants

Participants	Fonction, Organisme
BAUDET Damien	THALES GLOBAL SERVICES SAS
CHAILLOT Agnès	MBDA FRANCE
CHETANNEAU Patrice	SAFRAN ELECTRONICS & DEFENSE
CISSÉ Alioune	AFNOR
LARIONOFF Emmanuel	CIMULEC GROUPE/ACSIEL Alliance Électronique
LELOU Nicolas	GROUP ACB/ACSIEL Alliance Électronique
LOTZ Christophe	ASTER TECHNOLOGIES
MAUDET Christian	THALES SIX SAS
MANTEIGAS David	MBDA FRANCE
MARAIS William	ID3 TECHNOLOGIES
NOËL Sébastien	GROUPE SEB
NOUVEL Gérard	ACTIA AUTOMOTIVE

Merci à Léonie SARRAZIN en alternance « *Designer Produit* » THALES SIX, pour la conception de l'illustration en couverture.



1. Domaine d'application

Le présent document est applicable à la conception de circuits imprimés rigides avec des vias percés mécaniquement ou percés par laser.

Des règles complémentaires peuvent s'appliquer pour les circuits imprimés intégrant des contraintes spécifiques telles que les technologies souples et flex-rigides, les hyperfréquences, les applications de puissance ou comportant des fortes tensions et les substrats organiques pour semi-conducteurs.

2. Définitions et conventions

2.1. Définition des Classes de Routage

Les **Classes de Routage** ou **Routing Classes (RC)** sont des règles de conception permettant le routage de circuits imprimés. Ce concept est adapté de l'ancienne norme NF C93-713.

À chaque Classe de Routage RC1 à RC10 correspond un jeu de paramètres compatibles d'une typologie de boîtiers composants et cohérents en termes de difficulté de fabrication PCB. Une RC plus élevée permet une densification plus importante mais implique en contrepartie une difficulté de réalisation plus grande conduisant à des coûts plus élevés, voire une impossibilité de fabrication. Les classes RC1 et RC2 sont à utiliser uniquement au niveau des paramètres conducteurs dans le cas d'épaisseurs de cuivre importantes.

La classe RC10 est donnée à titre prospectif. Les substrats organiques pour semi-conducteurs ou SIP (System In Package) demandant des isolements/largeurs de pistes au-delà de la classe 10 ne sont pas considérés dans ce document.

Les Classes de Routages ne sont pas des critères de contrôle ou des exigences sur la qualité du produit livré et ne doivent donc pas être confondues avec des classes de contrôle. Il appartient à chaque utilisateur et fabricant d'identifier les Classes de Routage applicables en fonction des exigences de qualité et de performance attendues sur le produit fini.



2.2. Conventions sur les paramètres et valeurs

2.2.1. Définitions des paramètres

Les paramètres des Classes de Routage sont divisés en 6 sections principales et identifiés par deux lettres. Les majuscules indiquent une valeur et les minuscules une tolérance.

Tableau 1 — Classes de Routage (RC) préférentielles en fonction des typologies de composants

Cote	Tolérance	Paramètres de la section
ME	me	ME caniques
CO	co	CO nducteurs
VM (TM)	vm (tm)	Vias (Trous) percés MÉ caniquement
UV	uv	UV ia (microvia)
SM	sm	Solder Mask (vernis épargne de brasage)
MA	ma	MA rquage

Nota : Pour chaque section, les paramètres sont identifiés avec 2 lettres et un numéro. Par exemple, CO4 correspond au paramètre n° 4 des conducteurs et me13 correspond au paramètre mécanique n° 13 et représente une tolérance.

2.2.2. Valeurs des paramètres

Des valeurs sont associées dans les tableaux pour chaque paramètre/Classe de Routage avec les conventions suivantes :

- La première valeur indiquée est la valeur préférentielle ;
- La présence d'une valeur supplémentaire entre parenthèses indique une valeur limite à ne pas dépasser et à limiter son utilisation autant que possible ;
- La présence de valeurs entre crochets indique la possibilité de choisir dans la plage de valeurs indiquées ;
- NA (*Non Applicable*) ou l'absence de valeur, indiquent une configuration non recommandée.



2.2.3. Termes et définitions

2.2.3.1. Composants

QFP (Quad Flat Package), boîtier Plat à quatre cotés *

Un boîtier composant générique rectangulaire, contenant un dispositif électronique, avec des pattes formées en « aile de mouette » sur les quatre cotés.

QFN (Quad Flat No-lead), boîtier plat à quatre cotés sans patte *

Un boîtier composant générique rectangulaire dont les contours possèdent des terminaisons en plages métalliques disposées sur les quatre côtés du dessous du boîtier.

BGA (Ball Grid Array), composant à billes à grille matricielle *

Un composant monté en surface pour lequel les billes qui servent de terminaisons sont arrangées en grille au-dessous du boîtier.

CMS, Composant Monté en Surface *

Un dispositif (composant) à pattes ou sans patte qui peut être relié à un circuit imprimé par montage en surface. En Anglais SMD (Surface Mount Device).

Contact « Pressfit » *

Un contact électrique qui peut être pressé dans un trou dans un isolant ou un circuit imprimé avec ou sans trou métallisé.

NSMD (Non Solder Mask Defined), Empreinte non définie par le vernis épargne

L'ouverture du vernis épargne est plus grande que les plages de report en cuivre de l'empreinte du composant.

SMD (Solder Mask Defined), empreinte définie par le vernis épargne

L'ouverture du vernis épargne est plus petite que les plages de report en cuivre de l'empreinte du composant.

Pitch, Pas *

La distance nominale de centre à centre d'éléments adjacents lorsque les éléments sont de taille égale et que leur espacement est uniforme.

* Source IPC-TM-50M FR



2.2.3.2. Perçage et vias

Microvia *

Une structure non traversante (métallisée) avec un ratio d'aspect maximum de 1:1 se reliant à ou pénétrant une plage cible, avec une profondeur totale (X) ne dépassant pas 0,25 mm mesurée de la feuille de la plage de capture de la structure à la plage cible.

Microvia/Via-in-pad

Microvia ou via dont le perçage débouche dans une plage de l'empreinte d'un composant.

Ratio d'Aspect (Trou)*

Le ratio de la longueur ou profondeur d'un trou sur son diamètre fini.

Trou Métallisé Traversant/Trou Métallisé (TM) *

Un trou avec une métallisation sur ses parois qui réalise une connexion électrique entre des motifs conducteurs sur des couches internes, des couches externes, ou les deux, d'un circuit imprimé.

Via *

Un trou métallisé qui est utilisé comme une connexion intercouche, mais qui n'est pas prévu pour l'insertion d'une patte de composant ou d'un élément métallique.

Via Borgne *

Un via ne débouchant que d'un seul côté d'un circuit imprimé.

Via enterré *

Un via qui ne débouche pas à la surface d'une carte imprimée.

Via mécanique

Via percé avec un foret sur équipement de type perceuse mécanique.

Via (Microvia) Empilé *

Une structure de via/microvia formée en empilant un via/microvia ou plus dans une construction multicouche réalisant ainsi une connexion entre trois couches conductrices ou plus.

Via Rempli *

Un via rempli avec un matériau, en visant une pénétration et une encapsulation complète du trou.

Via, Rempli et Recouvert *

Un via rempli recouvert par une seconde métallisation. La métallisation se fait sur les deux faces.

* Source IPC-TM-50M FR

AFNOR SPEC 2212

Circuits imprimés – Paramètres de routage



2.2.3.3. Circuits finis et autres procédés

Circuit Imprimé Multicouche Stratifié Séquentiellement *

Un circuit imprimé multicouche qui est formé en stratifiant ensemble des circuits double-face à trous métallisés ou multicouches. (De ce fait, certaines de ses couches conductrices sont interconnectées avec des vias borgnes ou enterrés).

Détourage *

Une méthode mécanique qui retire une partie du matériau qui entoure un circuit imprimé, en utilisant un outil de coupe, dans le but de faciliter la cassure (retrait) du panneau d'assemblage de fabrication.

Épaisseur de cuivre fini

L'épaisseur du cuivre fini prend en compte l'épaisseur de cuivre initial (cuivre de base), l'épaisseur après une ou plusieurs recharge(s) de cuivre et les réductions d'épaisseurs liées aux différents procédés de fabrication.

* Source IPC-TM-50M FR

Hot Air (Solder) Leveling (HASL) — Nivellement (de Brasure) par Air Chaud

Un procédé de déposition physique utilisant un bain de brasure pour lequel le circuit imprimé est immergé dans un bain d'alliage en fusion et drainé à travers un ensemble de couteaux d'air chaud (flot d'air chaud forcé) utilisé pour retirer l'excès de brasure.

V-Scoring, Rainurage en V *

Une méthode mécanique qui retire une partie du matériau entourant le circuit, dans le but de faciliter le dégrappage (séparation) du panneau de fabrication ou d'assemblage.

Produit Fini *

Un assemblage ou un élément individuel dans son état final terminé.



3. Boitiers composants et structure du circuit imprimé

3.1. Sélection de la Classe de Routage en fonction des boitiers composants

Les dimensions des conducteurs et les isolements, et donc les Classes de Routage (RC) à utiliser, sont étroitement liés à la disposition et aux pas des broches d'un boitier.

Les tableaux suivants permettent d'identifier la RC à utiliser en fonction de la nature du boitier sélectionné et du besoin de routage associé. D'autres critères fonctionnels peuvent amener à choisir une classe de routage différente de celle préconisée.

Lorsque l'application le permet, il faut utiliser la RC la plus faible et limiter si possible l'utilisation des classes plus élevées pour du routage local de composant. Lorsque plusieurs RC sont utilisées pour une même carte c'est la RC la plus élevée, utilisée même localement, qui définit la RC de la carte et donc le prix.

Les cases marquées (✓) représentent les RC recommandées pour l'implantation des composants mentionnés. L'utilisation d'une RC plus élevée peut-être nécessaire dans certaines situations, par exemples, nécessité de devoir implanter 2 pistes entre vias. Par ailleurs, l'utilisation d'une RC moins élevée peut être également possible si le besoin de routage est moindre.

Tableau 2 — Classes de Routage (RC) préférentielles en fonction des typologies de composants

Types de composants	Pas ou « pitch » (mm)	Classes de Routage							
		RC1-3	RC4	RC5	RC6	RC7	RC8	RC9	RC10
Composant matriciel (type BGA ou similaire)	2,54	✓	✓						
	1,27		✓	✓	✓				
	1,0			✓	✓	✓			
	0,8				✓	✓			
	0,65				✓	✓	✓		
	0,5					✓	✓	✓	
	0,4						✓	✓	✓
CMS : QFP, QFN, connecteurs, composants discrets...	0,3							✓	✓
	> 0,5	✓	✓	✓					
	0,5			✓	✓	✓			
Composant traversant	< 0,5					✓	✓	✓	✓
	2,54	✓	✓	✓					
	1,27				✓	✓			
	1,0						✓		



3.2. Structure des circuits et Classes de Routages

La structure du circuit imprimé et les types de vias nécessaires sont liés à la nature souvent matricielle des empreintes des composants. L'utilisation de structures de circuits complexes comprenant des microvias empilés ou non peut être nécessaire pour certains composants BGA en fonction de la taille de la matrice et du pitch. Pour l'ensemble des classes de routage, il est important d'avoir des structures symétriques : nature, position et épaisseurs des couches isolantes et conductrices.

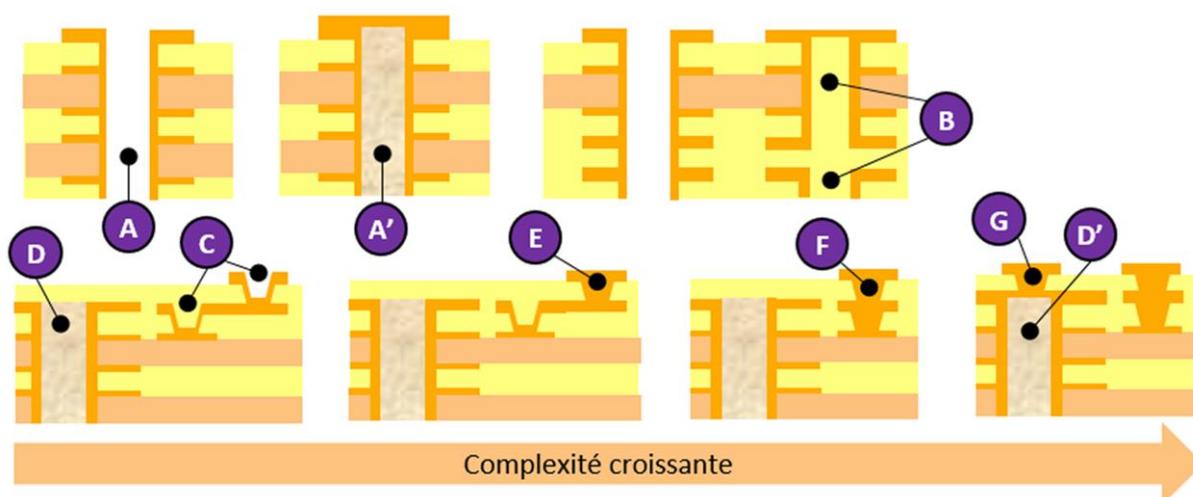


Figure 1 — Structures et types de vias

Le tableau suivant permet d'identifier la RC à utiliser en fonction des types de vias/structure du circuit. Les cases marquées entre parenthèse (✓) indiquent des structures de vias possibles mais comportant des contraintes importantes sur les paramètres des conducteurs en couches externes.

Tableau 3 — Classes de Routage préférentielles en fonction des types de vias/structures

Type de via/structure		Classes de Routage							
		RC1 -3	RC4	RC5	RC6	RC7	RC8	RC9	RC10
A	Via/trou métallisé traversant	✓	✓	✓	✓	✓	(✓)		
A'	Via métallisé traversant rempli résine et recouvert cuivre	✓	✓	✓	✓	(✓)			
B	Via mécanique borgne (circuit séquentiel)	✓	✓	✓	✓	(✓)			
C	Microvia non rempli cuivre				✓	✓	✓		
D	Via mécanique enterré				✓	✓	✓	✓	✓
D'	Via mécanique enterré rempli résine et recouvert					✓	✓	✓	✓
E	Microvia rempli cuivre (nota 1)					✓	✓	✓	✓
F	Microvias empilés (nota 2)					✓	✓	✓	✓
G	Microvias empilés sur via enterré (nota 3)						✓	✓	✓

Nota 1 : Suivant les exigences d'assemblage, le microvia est rempli cuivre en couche externe pour réaliser du microvia-in-pad.

Nota 2 : Le microvia du niveau inférieur doit être rempli cuivre. Il existe des technologies alternatives non prises en considération dans ce document.

Nota 3 : Le via enterré doit être rempli résine et recouvert cuivre.



4. Paramètres mécaniques

La présence de métallisation sur les tranches des circuits introduit des contraintes complémentaires qui ne sont pas abordées dans ce document. Les paramètres de perçage des trous mécaniques sont détaillés au chapitre 6.

4.1. Définitions

4.1.1. Valeurs

ME1 Longueur maximale du circuit unitaire

- Applicable pour un circuit unitaire sans bord technique. La mise en panneau des circuits unitaires n'est pas abordée dans ce document
- Dans le cas de la valeur avancée (entre parenthèses), il est préférable d'utiliser autant que possible la Classe de Routage inférieure

ME2 Largeur maximale du circuit unitaire

- Applicable pour un circuit unitaire sans bord technique. La mise en panneau des circuits unitaires n'est pas abordée dans ce document
- Dans le cas de la valeur avancée (entre parenthèses), il est préférable d'utiliser autant que possible la Classe de Routage inférieure

ME3 Rayon de découpe

- Applicable pour une découpe externe ou pour une ouverture

ME4 Distance minimale entre le bord du circuit imprimé et le bord d'un trou non métallisé

- Applicable entre le bord d'une ouverture et le bord d'un trou non métallisé
- Applicable entre deux trous non métallisés
- Applicable entre deux découpes

ME5 Distance entre le cuivre et le détournage pour une couche interne/externe

- Applicable pour un détournage externe ou pour une ouverture sans tranche métallisée
- Applicable pour une piste, un plan complet ou partiel, une pastille de via ou un marquage cuivre

ME6 Distance entre le cuivre et le rainurage

- Applicable pour des épaisseurs de circuit entre 0,8 mm et 1,8 mm
- Applicable pour un détournage externe
- Applicable pour une piste, un plan complet ou partiel, une pastille de via ou un marquage cuivre

ME7 Distance entre le cuivre et un trou non métallisé

- Applicable pour un détournage externe ou pour une ouverture



ME8 Épaisseur maximum de l'empilage, sur cuivre avec finition

- Valeur majoritairement compatible des outils industriels
- Valeur ne prenant pas en compte les épaisseurs de vernis épargne et de marquage

4.1.2. Tolérances

me9 Tolérance générale de détournage

- Applicable pour un détournage externe ou pour une ouverture

me10 Tolérance de l'entraxe entre trous non métallisés

- Applicable entre deux trous non métallisés uniquement

me11 Tolérance de l'entraxe entre trous/vias métallisés

- Applicable entre deux trous métallisés
- Applicable entre un trou métallisé et un trou non-métallisé
- Cette tolérance entre trous/vias métallisés est plus importante que la tolérance entre trous non métallisés (me10) pour permettre de compenser un décalage éventuel des couches et garantir la connexion avec les pastilles

me12 Tolérance sur l'épaisseur de l'empilage

- Dans le cas d'un circuit simple ou double face, les tolérances du laminé s'appliquent

me13 Tolérances sur le diamètre des trous percés mécaniquement (non métallisés)

- Applicable pour des trous de diamètre ≤ 4 mm (pour les valeurs de diamètres au-delà de 4 mm, le perçage peut être fait par fraisage, cf me9)
- Les diamètres des forets disponibles en standard sont incrémentés par pas de 0,05 mm
- La valeur limite entre parenthèses est généralement adaptée à des connecteurs Press-fit

me14 Tolérance sur le diamètre des trous mécaniques finis (métallisés)

- Applicable pour des trous de diamètre ≤ 4 mm (pour les valeurs de diamètres au-delà de 4 mm, le perçage peut être fait par fraisage, cf me9)
- Les valeurs minimales ne sont pas compatibles des finitions HASL et électrolytiques refondues
- Le diamètre des forets disponibles en standard sont incrémentés par pas de 0,05 mm



4.2. Illustrations

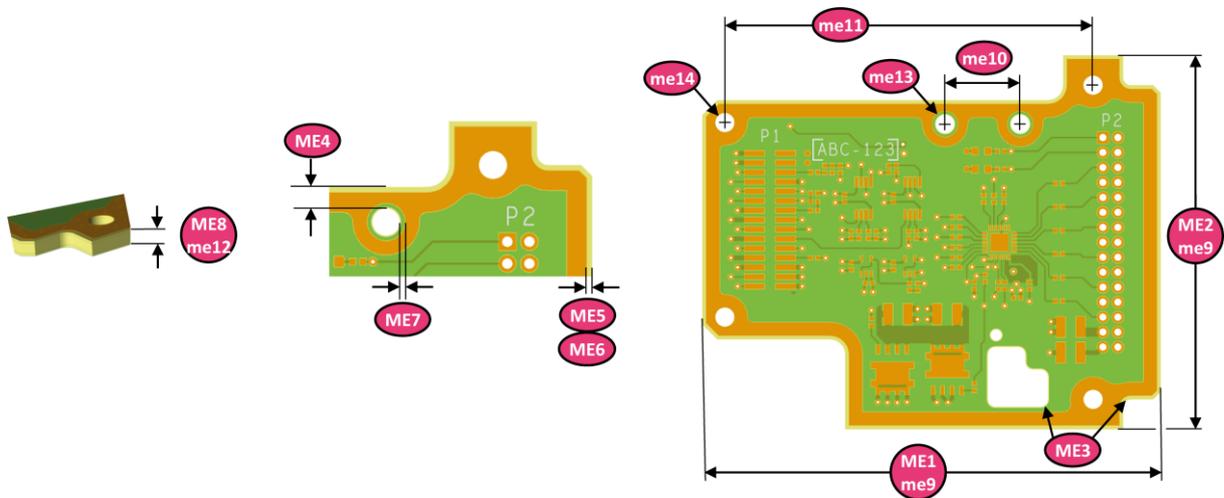


Figure 2 — Paramètres mécaniques

4.3. Paramètres applicables

Tableau 4 — Paramètres Mécaniques

		Classes de routage								
Paramètre	Unité	RC1-3	RC4	RC5	RC6	RC7	RC8	RC9	RC10	
ME1	Longueur maximale	mm	≤ 550	≤ 550	≤ 550	≤ 400 (≤ 500)	≤ 300 (≤ 400)	≤ 250 (≤ 300)	≤ 100 (≤ 200)	≤ 80 (≤ 150)
ME2	Largeur maximale	mm	≤ 400	≤ 400	≤ 400	≤ 400	≤ 300 (≤ 400)	≤ 250 (≤ 300)	≤ 100 (≤ 200)	≤ 80 (≤ 150)
ME3	Rayon découpe	mm	1,2 (0,6)	1,2 (0,6)	1,0 (0,6)	1,0 (0,5)	1,0 (0,5)	1,0 (0,4)	1,0 (0,4)	1,0 (0,4)
ME4	Distance bord/trou non métallisé	mm	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5
ME5	Distance cuivre/détourage	mm	0,75 (0,5)	0,75 (0,5)	0,5 (0,3)	0,5 (0,3)	0,5 (0,3)	0,5 (0,3)	0,3 (0,2)	0,3 (0,2)
ME6	Distance cuivre/rainurage	mm	0,75 (0,5)	0,75 (0,5)	0,7 (0,5)	0,7 (0,5)	0,7 (0,5)	0,7 (0,5)	0,5 (0,4)	0,5 (0,4)
ME7	Distance cuivre/trou non métallisé	mm	0,5 (0,3)	0,5 (0,3)	0,5 (0,3)	0,5 (0,3)	0,5 (0,3)	0,5 (0,3)	0,3 (0,2)	0,25 (0,15)
ME8	Épaisseur maximale	mm	3,2 (4,5)	3,2 (4,5)	3,2 (4,5)	3,2 (4,5)	3,2 (4,5)	2,4 (3,2)	2,4 (3,2)	2,4 (3,2)
me9	Tolérance détourage	+/- mm	0,2 (0,1)	0,2 (0,1)	0,2 (0,1)	0,2 (0,1)	0,2 (0,1)	0,15 (0,1)	0,15 (0,1)	0,15 (0,075)
me10	Tolérance entraxe trous non métallisés	+/- mm	0,2 (0,1)	0,2 (0,1)	0,15 (0,08)	0,1 (0,08)	0,1 (0,05)	0,1 (0,05)	0,1 (0,05)	0,1 (0,025)
me11	Tolérance entraxe trous métallisés	+/- mm	0,2 (0,15)	0,2 (0,15)	0,2 (0,15)	0,15 (0,1)	0,15 (0,1)	0,1 (0,08)	0,1 (0,08)	0,1 (0,05)
me12	Tolérance épaisseur	%	+/- 10	+/- 10	+/- 10	+/- 10	+/- 10	+/- 10	+/- 10	+/- 10
me13	Tolérance diamètre des trous non métallisés	+/- mm	0,10 (0,05)	0,10 (0,05)	0,10 (0,05)	0,05 (0,025)	0,05 (0,025)	0,05 (0,025)	0,05 (0,025)	0,05 (0,025)
me14	Tolérance diamètre trous métallisés	+/- mm	0,10 (0,05)	0,10 (0,05)	0,10 (0,05)	0,10 (0,05)	0,10 (0,05)	0,10 (0,05)	0,10 (0,05)	0,10 (0,05)



5. Paramètres des conducteurs

5.1. Préambule

Des classes de routage élevées correspondent à des largeurs/isolement conducteurs de plus en plus réduits permettant un routage plus dense. L'épaisseur de cuivre (couche rechargée ou non) est le facteur principal impactant la classe de routage atteignable. Il est important d'avoir une répartition homogène (équilibrage) du cuivre sur une même couche d'autant plus que la classe est élevée.

Pour une couche rechargée, il faut spécifier au dossier uniquement l'épaisseur finie indiquée dans les tableaux ci-après. Le choix du cuivre de base et des procédés de recharge sont par défaut de la responsabilité du fabricant de circuits imprimés afin d'atteindre la classe de routage sélectionnée et les exigences qualité et performance requises.

Les vias mécaniques métallisés et les microvias vont induire une ou plusieurs recharges de cuivre sur la ou les couches conductrices concernées avec un impact sur la classe de routage atteignable

Pour un même circuit, des Classes de Routage différentes peuvent être associées à chaque couche conductrice. Dans ce cas c'est la RC la plus élevée qui définit la RC de la carte et donc le prix.

5.2. Définitions

5.2.1. Valeurs

CO1 Largeur minimale d'un conducteur cuivre

- Applicable pour tout élément conducteur cuivre : piste, plage de report, pastille...

CO2 Isolement minimal d'un conducteur vis-à-vis d'une piste ou d'une pastille

- Applicable entre deux pistes
- Applicable entre une piste et une pastille d'un via
- Applicable entre deux pastilles de vias

CO3 Isolement minimal entre une piste ou un plan et un plan cuivre

- Applicable entre une piste et un plan
- Applicable entre deux plans

CO4 Isolement minimal d'une pastille de via vis-à-vis d'un plan sur couche avec recharge

- Applicable sur une couche interne ou externe avec recharge de cuivre

CO5 Isolement cuivre et plages brasées de type « Non Solder Mask Defined » (non défini par le vernis épargne)

- Applicable entre une plage brasée et un conducteur cuivre (piste, plan, pastille de via)
- La distance entre deux plages brasées de type « Non Solder Mask Defined » doit être définie par les empreintes composants et les contraintes d'assemblage



CO6 Isolement cuivre et plages brasées de type « Solder Mask Defined » (défini par le vernis épargne)

- Applicable entre piste et plage brasée
- Applicable entre pastille de via et plage brasée
- Applicable entre deux plages d'un même composant définies par le vernis épargne
- Pour la distance entre une plage brasée de type « Solder Mask Defined » et un plan, se référer à la valeur CO3

CO7 Épaisseur maximale du cuivre de base sur une couche non rechargée

- Applicable à un stratifié en couche interne sans via mécanique ou microvia débouchant sur cette couche
- Applicable à une couche externe d'un circuit simple ou double face sans trous métallisés

CO8 Épaisseur de cuivre fini nominale, attendue sur une couche rechargée d'un via/trou mécanique métallisé

- Applicable avec ou sans microvia sur la même couche
- Applicable sur une couche externe avec trous métallisés sans couverture de cuivre
- Applicable sur une couche interne de début ou fin de séquence d'un via mécanique sans couverture de cuivre

CO9 Épaisseur de cuivre fini nominale (attendue après recharge) sur une couche externe/interne avec vias/trous mécaniques remplis résine et recouverts de cuivre

- Applicable avec ou sans microvia sur la même couche
- Applicable sur une couche externe avec trou métallisé rempli résine et recouvert cuivre
- Applicable sur une couche externe avec via borgne rempli résine et recouvert cuivre. Pour la couche interne du via borgne rempli résine qui ne comporte pas de couverture de cuivre se référer à CO8
- Applicable sur une couche interne de début ou fin de séquence d'un via mécanique enterré rempli résine et recouvert cuivre
- Certaines structures multi-séquentielles peuvent comporter des vias borgnes avec plusieurs couvertures de cuivre successives. Elles ne sont pas traitées dans ce document

CO10 Épaisseur de cuivre fini nominale, attendue sur couche rechargée d'un microvia

- Applicable sur couche sans vias/trous métallisés. Dans le cas de vias/trous métallisés sur la même couche se référer à CO8 et CO9
- Applicable pour des microvias avec ou sans matériau de remplissage



5.2.2. Tolérances

co11 Tolérances réduites sur des conducteurs spécifiques

- À spécifier uniquement dans le cas de contraintes dimensionnelles particulières. En l'absence de tolérances particulières, les exigences de qualité et de performance attendues sur le produit fini s'appliquent

co12 Tolérance sur l'épaisseur de cuivre fini, attendue après recharge

- S'applique uniquement à CO8, CO9, CO10
- À spécifier uniquement dans le cas de contraintes dimensionnelles particulières
- En l'absence de tolérances particulières, les exigences de qualité et de performance attendues sur le produit fini s'appliquent

5.3. Illustration

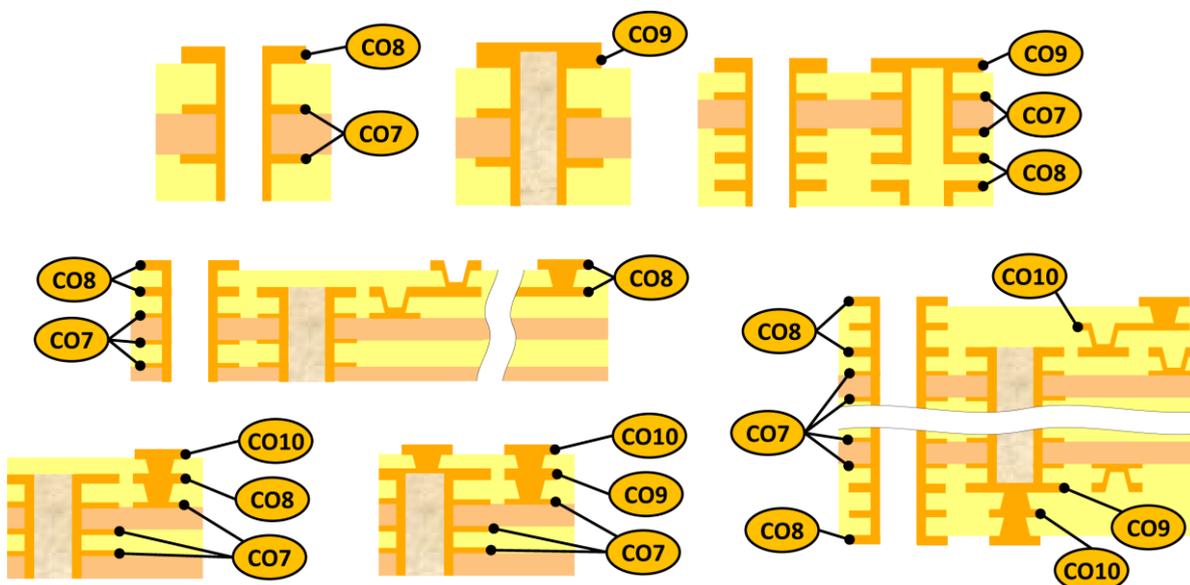


Figure 3 — Paramètres conducteurs



5.4. Paramètres applicables

Tableau 5 — Paramètres des conducteurs

Classes de Routage												
Paramètre	Unité	RC1	RC2	RC3	RC4	RC5	RC6	RC7	RC8	RC9	RC10	
CO1 Largeur min.	µm	700	500	300	200	150	120	100	75	60	50	
CO2 Isolement min.	µm	700	500	300	200	150	120	100	75	60	50	
CO3 Isolement mini conducteur/plan	µm	700	500	300	200	150	150	120	100	75	60	
CO4 Isolement mini plan/pastille de via couche avec recharge	µm	700	500	300	200	175 (150)	175 (150)	150 (120)	120 (100)	100 (75)	75 (60)	
CO5 Isolement plage « NSMD »/ Conducteur	µm	700	500	300	200	150	150	150	120	120	100	
CO6 Isolement plage « SMD »/ Conducteur	µm	700	500	300	200	150	120	100	75	60	50	
CO7 Epaisseur max. cuivre (de base) d'une couche sans recharge via/microvia	µm	17,5 (35, 70, 105, 140, 175, 210)	17,5 (35, 70, 105, 140)	17,5 (35, 70, 105)	17,5 (35, 70)	17,5 (35, 70)	17,5 (35)	17,5 (35)	17,5 (17,5)	12 (17,5)	12 (17,5)	
CO8 Epaisseur cuivre fini sur couche rechargée avec vias/trou métallisé	µm	45 [45-240]	45 [45-170]	45 [45-100]	45 [45-100]	45 [45-70]	45 [30-60]	40 [25-50]				
CO9 Cuivre fini sur couche avec vias/trou métallisé rempli résine et recouvert	µm	65 [65-260]	65 [65-190]	65 [65-120]	65 [65-120]	55 [55-80]	50 [40-70]					
CO10 Cuivre fini sur couche rechargée d'un microvia	µm						45 [30-60]	30 [25-40]	25 [20-30]	16 [16-20]	12 [12-16]	
co11 Tolérances réduites largeur conducteur	µm	±210 (±140)	±150 (±100)	±90 (±60)	±60 (±40)	±45 (±30)	±36 (±25)	±30 (±20)	±20 (±15)	±20 (±15)	±15 (±10)	
co12 Tolérance épaisseur cuivre fini sur couche rechargée	µm	-25/+35	-25/+35	-15/+30	-15/+30	-10/+25	-10/+25	-10/+20	-10/+15	-5/+15	-5/+15	



6. Paramètres de perçage des vias et trous mécaniques métallisés

6.1. Définitions

VM1 Diamètre trou percé

VM2 Diamètre de pastille

- Applicable pour une couche rechargée ou non rechargée
- La collerette résiduelle (après fabrication) requise est du ressort du fabricant de PCB suivant les exigences spécifiées

TM1 Diamètre de pastille couche externe d'un trou métallisé d'insertion de composant

- Applicable à des composants brasés

TM2 Diamètre de pastille couche interne d'un trou métallisé d'insertion de composant

- Applicable à des composants brasés

TM3 Diamètre du trou fini d'un trou d'insertion de composant

- Le diamètre du trou fini est imposé par la référence du composant sélectionné

6.2. Illustration

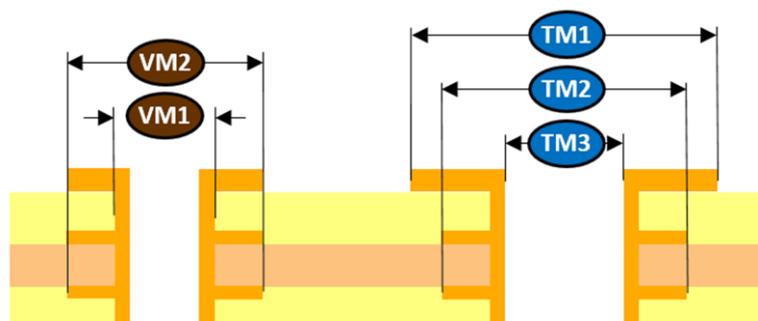


Figure 4 — Paramètres de perçage des vias et trous mécaniques métallisés



6.3. Paramètres applicables

6.3.1. Diamètre de perçage minimum en fonction de l'épaisseur à percer

L'épaisseur comprend l'épaisseur de diélectrique plus l'épaisseur de cuivre à percer. Il peut s'agir de l'épaisseur du circuit fini, de l'épaisseur d'une séquence ou d'une couche. L'épaisseur maximale à ne pas dépasser pour chaque classe de routage est précisée dans le chapitre 4 (paramètres mécaniques).

Tableau 6 — Diamètre de perçage en fonction de l'épaisseur à percer

VM1 : diamètre trou percé minimum [μm]								
Épaisseur [mm]	RC1-3	RC4	RC5	RC6	RC7	RC8	RC9	RC10
$0,2 \leq e < 0,4$	300	250	250	200	200	200	150	150
$0,4 \leq e < 0,6$	300	250	250	250	200	200	200	150
$0,6 \leq e < 0,8$	300	300	250	250	200	200	200	200
$0,8 \leq e < 1,0$	300	300	250	250	250	200	200	200
$1,0 \leq e < 1,2$	350	300	300	250	250	250	200	200
$1,2 \leq e < 1,4$	350	300	300	250	250	250	250	200
$1,4 \leq e < 1,6$	350	300	300	250	250	250	250	200
$1,6 \leq e < 1,8$	350	300	300	250	250	250	250	250
$1,8 \leq e < 2,0$	350	300	300	300	250	250	250	250
$2,0 \leq e < 2,2$	400	350	350	300	300	250	250	250
$2,2 \leq e < 2,4$	400	400	350	350	300	300	250	250
$2,4 \leq e < 2,6$	450	400	400	350	350	300	300	300
$2,6 \leq e < 2,8$	500	450	400	400	350	350	300	300
$2,8 \leq e < 3,0$	500	500	450	400	400	350	350	300
$3,0 \leq e < 3,2$	550	500	500	450	400	400	350	300
$3,2 \leq e < 3,4$	600	550	500	450	450			
$3,4 \leq e < 4,5$	850	750	700	650	600			



6.3.2. Diamètres des pastilles minimum des vias en fonction du trou percé

Le tableau ne prend pas en compte des contraintes liées à des couches flexibles qui demandent par défaut d'augmenter la taille des pastilles.

Tableau 7 — Diamètre des pastilles en fonction du trou percé

VM2 : diamètre pastilles minimum [µm]								
VM1 : diamètre trou percé [mm]	RC1-3	RC4	RC5	RC6	RC7	RC8	RC9	RC10
150							400 (350)	350 (300)
200				550 (500)	500 (450)	450 (400)	450 (400)	450 (400)
250		700 (650)	650 (600)	600 (550)	550 (500)	500 (450)	500 (450)	500 (450)
300	800 (750)	750 (700)	700 (650)	640* (600)	600 (550)	550 (500)	550 (500)	550 (500)
350	850 (800)	800 (750)	750 (700)	700 (650)	650 (600)	600 (550)	600 (550)	600 (550)
VM1 ≥ 400	VM1 +500 (+450)	VM1 +450 (+400)	VM1 +400 (+350)	VM1 +350 (+300)	VM1 +300 (+250)	VM1 +250 (+200)	VM1 +250 (+200)	VM1 +250 (+200)

* Valeur à 640 µm pour router des BGA au pas de 1 mm avec des pistes/isolements à 120 µm/120 µm.

6.3.3. Diamètres des pastilles minimum des trous métallisés d'insertion de composant (brasage)

La présence d'un second paramètre entre parenthèses, exprime une valeur limite à ne pas dépasser.



Le diamètre des pastilles pour les trous métallisés d'insertion de composant est défini par rapport au diamètre TM3 du trou fini (métallisé). Le diamètre TM3 est imposé par le composant sélectionné.

Tableau 8 — Paramètres trous métallisés d'insertion de composant (brasage)

Classes de Routage									
Paramètre	Unité	RC1-3	RC4	RC5	RC6	RC7	RC8	RC9	RC10
TM1 <i>Diamètre de pastille couche externe</i>	µm	TM3 + 800 (+600)	TM3 + 600 (+400)	TM3 + 600 (+400)	TM3 + 600 (+400)	TM3 + 600 (+400)	TM3 + 600 (+300)		
TM2 <i>Diamètre de pastille couche interne</i>	µm	TM3 + 550 (+500)	TM3 + 500 (+450)	TM3 + 450 (+400)	TM3 + 400 (+350)	TM3 + 350 (+300)	TM3 + 300 (+250)		



7. Paramètres de perçage des microvias laser

7.1. Définitions

7.1.1. Valeurs

UV1 Diamètre pastille

- Applicable pour la pastille d'entrée et de réception

UV2 Diamètre de perçage minimum

- Applicable en entrée du microvia
- Le diamètre de perçage est couplé à l'épaisseur de diélectrique (UV3)

UV3 Épaisseur de diélectrique nominale maximale

- Cette épaisseur est couplée au diamètre de perçage (UV2)

UV5 Distance minimum entre 2 pastilles de microvia reliées au même potentiel

- Une valeur inférieure à 0 correspond à un microvia empilé sur un microvia rempli cuivre
- Dans le cas de potentiels différents les paramètres d'isolement conducteur s'appliquent

UV6 Distance minimum entre la pastille de microvia et la pastille de via mécanique de tout type

- Une valeur inférieure à 0 correspond à un microvia empilé sur un trou métallisé rempli résine et recouvert cuivre
- Dans le cas de potentiels différents les paramètres d'isolement conducteur s'appliquent

7.1.2. Tolérances

uv4 Tolérance d'épaisseur de diélectrique de la couche microvia sur circuit fini

- À spécifier uniquement dans le cas de contrainte particulière sur l'épaisseur de diélectrique

7.2. Illustration

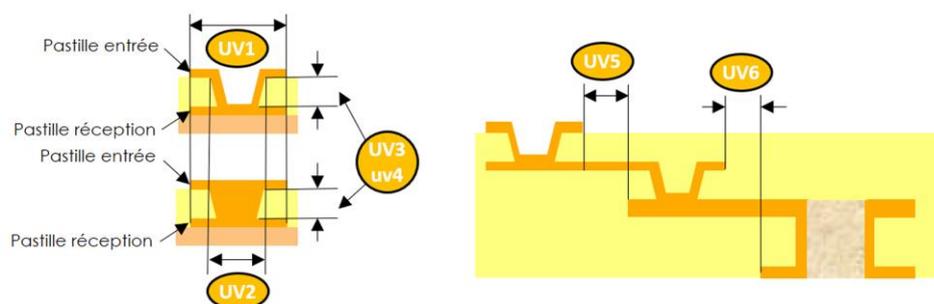


Figure 5 — Paramètres de perçage des microvias laser



7.3. Paramètres applicables

L'utilisation de microvias impose l'utilisation d'une classe de routage \geq RC6 en lien avec la complexité de réalisation des microvias. Il peut néanmoins être utilisé des classes de routage inférieures pour les autres paramètres comme les paramètres conducteurs.

Tableau 9 — Paramètres de perçage des microvias laser

Classes de Routage								
	Paramètre	Unité	RC1-5	RC6	RC7	RC8	RC9	RC10
UV1	Diamètre pastille	μm	NA	350	300	275 (250)*	220	200
UV2/UV3	Diamètre perçage/Épaisseur de diélectrique	μm	NA	150/90 (175/110)	125/80 (150/100)	100/60 (125/80)	80/50 (100/60)	60/40 (80/50)
uv4	Tolérance d'épaisseur de diélectrique	%	NA	$\pm 30\%$ ($\pm 20\%$)				
UV5	Distance minimum entre deux pastilles de microvias reliés	μm	NA	≥ 0				
UV6	Distance minimum entre pastilles microvias/vias reliés	μm	NA	≥ 0				

* La pastille de 250 μm peut être utilisée pour du microvia-in-pad pour des BGA de pitch $\leq 0,5$ mm.

8. Paramètres de vernis épargne

8.1. Définitions

8.1.1. Valeurs

SM1 Distance vernis épargne et plage brasée

- Valeur issue des tolérances de registration et d'ouverture de vernis épargne
- Valeur applicable pour le recouvrement du cuivre sur des plages définies par le vernis épargne (Solder Mask Defined)

SM2 Largeur minimale du trait de vernis épargne

- Applicable sur cuivre et sur isolant

SM3 Ouverture minimale de vernis épargne

- Applicable sur cuivre et sur isolant
- Applicable pour des plages définies par le vernis épargne (Solder Mask Defined)

SM5 Distance vernis épargne et détournage ou bord d'un trou non métallisé

- Applicable pour un détournage externe ou pour une ouverture



8.1.2. Tolérances

sm4 Tolérance sur l'ouverture de vernis épargne

- Applicable pour une ouverture de vernis épargne sur cuivre et sur isolant
- Applicable pour des plages définies par le vernis épargne (Solder Mask Defined)

8.2. Illustration

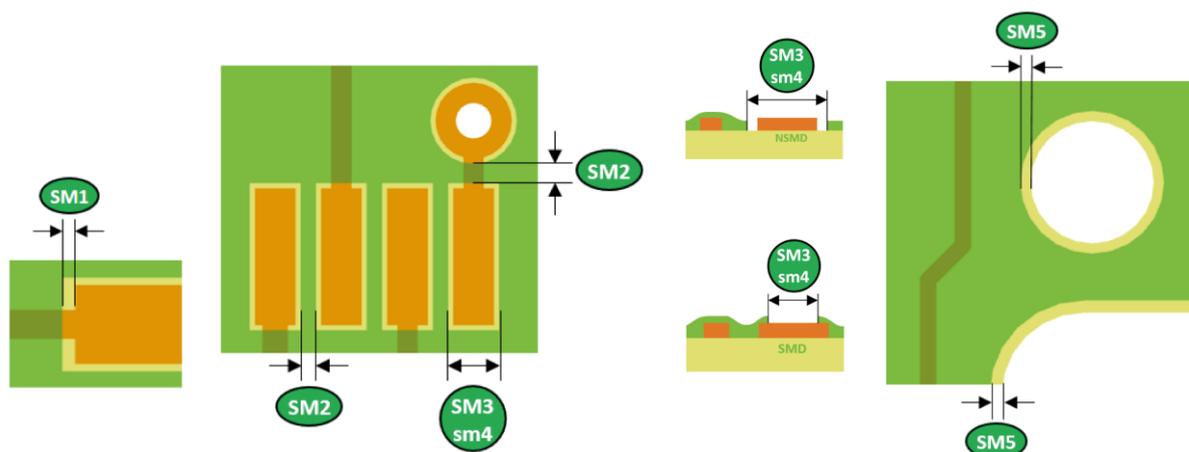


Figure 6 — Paramètres de vernis épargne

8.3. Paramètres applicables

Les paramètres indiqués dans les tableaux représentent les valeurs préférentielles. La présence d'un second paramètre, indiqué entre parenthèses, exprime une valeur limite à ne pas dépasser.

Tableau 10 — Paramètres de vernis épargne

Classes de Routage										
Paramètre	Unité	RC1-3	RC4	RC5	RC6	RC7	RC8	RC9	RC10	
SM1	Distance vernis épargne/plage brasée	µm	75 (50)	75 (50)	75 (50)	60 (50)	50	50 (40)	40 (30)	40 (25)
SM2	Largeur minimale trait de vernis épargne	µm	150	150	150	120	120 (100)	100	80	80
SM3	Ouverture minimale du vernis épargne	µm	200	200	200	200	150	120	120	120
sm4	Tolérance sur l'ouverture du vernis épargne	µm	+/-75	+/-75	+/-50	+/-50	+/-25	+/-25	+/-20	+/-20
SM5	Distance vernis épargne/bord ou trou non métallisé	mm	0,5	0,5	0,5 (0,35)	0,35	0,35	0,30 (0,25)	0,25	0,25



9. Paramètres du marquage par encre

Le marquage cuivre est à utiliser préférentiellement. Dans le cas de marquage cuivre, les règles du chapitre conducteur (largeur/isolément) s'appliquent et doivent se limiter à du RC6 maximum.

Les valeurs de ce chapitre ne sont valables que pour un marquage déposé sur le vernis épargne, le dépôt d'encre sur le matériau de base apporte des contraintes supplémentaires non prises en compte dans ce document.

9.1. Définition

MA1 Largeur minimum du trait des caractères ou d'un autre motif

MA2 Hauteur des caractères

MA3 Distance minimale bord de marquage et bord de cuivre non recouvert de vernis épargne

- Applicable pour tout conducteur cuivre : plage à braser, plage de test, appui mécanique...

9.2. Illustration

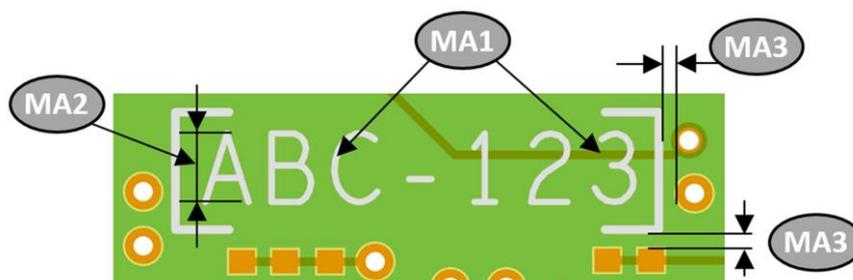


Figure 7 — Paramètres du marquage encre

9.3. Paramètres applicables

Tableau 11— Paramètres de marquage encre

Classes de Routage										
Paramètre	Unité	RC1-3	RC4	RC5	RC6	RC7	RC8	RC9	RC10	
MA1 <i>Largeur minimum des traits de caractères</i>	mm	0,2 (0,15)	0,2 (0,15)	0,2 (0,15)	0,15 (0,10)	0,15 (0,10)	0,1 (0,08)	0,1 (0,08)	0,1 (0,08)	
MA2 <i>Hauteur minimum des caractères</i>	mm	2,0 (1,5)	2,0 (1,5)	2,0 (1,5)	1,5 (1)	1,5 (1)	1,0 (0,8)	1,0 (0,8)	1,0 (0,8)	
MA3 <i>Distance minimum marquage/cuivre non recouvert de vernis épargne</i>	mm	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	