

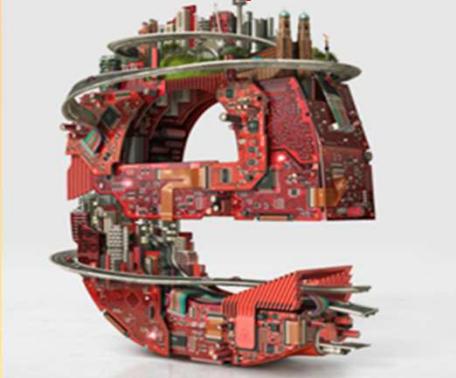
CARTES ELECTRONIQUES

Cours N°1 :

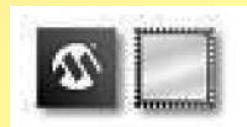
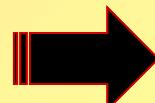
Chap. 1 – INTRODUCTION

Chap. 2 – CIRCUIT IMPRIME NU

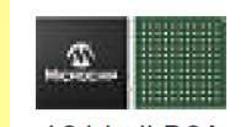
L'Electronique évolue



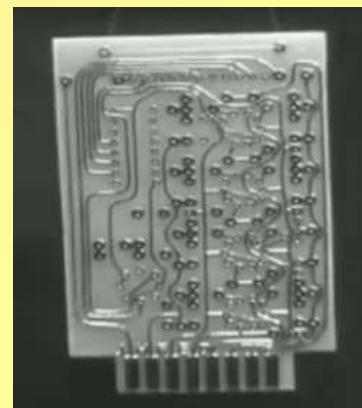
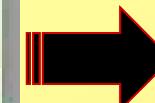
L'ENSEIGNEMENT DE L'ELECTRONIQUE



44-pin QFN
8 × 8 mm (ML)



121-ball BGA
10 × 10 mm (BG)



CARTES ELECTRONIQUES

- => 1 - INTRODUCTION
- 2 - CIRCUIT IMPRIME NU
- 3 - COMPOSANTS ET INSERTION
- 4 - BRASAGE / ASSEMBLAGE
- 5 - CONTRÔLES
- 6 - METHODES ET OUTILS D'ANALYSE / AMELIORATION
- 7 - COÛTS

INTRODUCTION

1 - L'ENTREPRISE

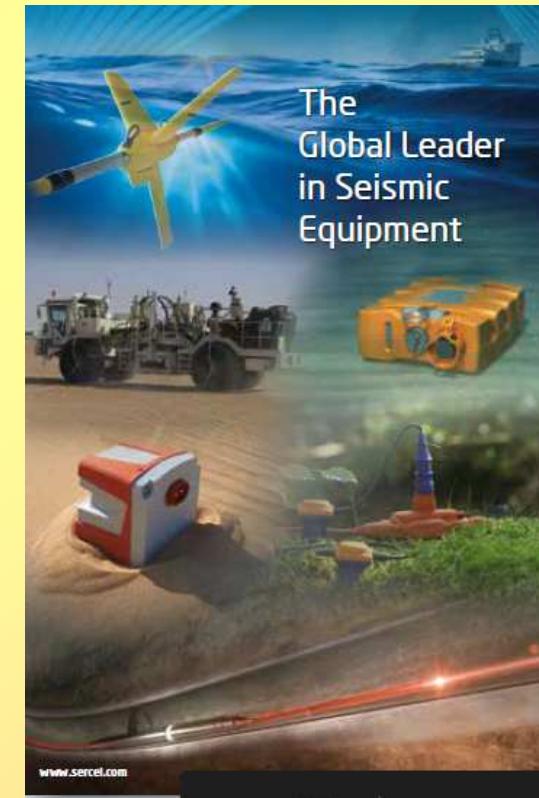
2 - LE SYSTEME QUALITE

3 - LA DOCUMENTATION TECHNIQUE



1 - L'ENTREPRISE

Présentation entreprise secteur électronique :



SERCEL division Equipement de : The CGG logo, featuring the letters "cg" in a stylized, colorful swoosh followed by "GG" in a blue, lowercase, sans-serif font.



2 - LE SYSTEME QUALITE

Ensemble de la structure organisationnelle, des moyens pour mettre en œuvre la gestion de la qualité.

Politique qualité

- Réduire la non-qualité et améliorer le service Client par une démarche de prévention.
- Maintenir la reconnaissance d'une certification [ISO 9001] garante d'une amélioration permanente du Système de Management de la Qualité.
- S'assurer par des audits internes du bon fonctionnement du système de management de la qualité.
- Veiller au maintien de la sensibilisation et de la formation du personnel à la Qualité à un niveau satisfaisant, au moyen de formations spécifiques et de la communication des résultats qualité obtenus.

✓ Objectifs qualité

Système documentaire qualité

Différents types de documents contribuent à la mise en œuvre du système de management de la qualité :

- Le Manuel Qualité : décrit les dispositions générales
- Les procédures : définissent **Qui fait Quoi**
- Les instructions ou modes opératoires : définissent **Comment**
- Les documents de référence : conservent un savoir-faire
- Les supports d'enregistrements relatifs à la qualité
(formulaires ou supports informatique)

✓ Pyramide documentaire



CERTIFICATION



Assurance, matérialisée, après audit, par la délivrance d'un certificat, que le système qualité d'une entreprise est en tous points conforme à la norme internationale ISO 9001.

Cette certification par tierce partie donne confiance au client, en lui prouvant à priori que le système qualité de son fournisseur est apte à concevoir, produire, livrer et maintenir des produits ou services conformes aux exigences qualité spécifiées.

Structure Norme ISO 9001

(version 2015)

Sommaire		Page
Avant-propos		v
Introduction		vi
1 Domaine d'application		1
2 Références normatives		1
3 Termes et définitions		1
4 Contexte de l'organisme		1
4.1 Compréhension de l'organisme et de son contexte		1
4.2 Compréhension des besoins et des attentes des parties intéressées		2
4.3 Détermination du domaine d'application du système de management de la qualité		2
4.4 Système de management de la qualité et ses processus		2
5 Leadership		3
5.1 Leadership et engagement		3
5.1.1 Généralités		3
5.1.2 Orientation client		6
5.2 Politique		4
5.2.1 Établissement de la politique qualité		4
5.2.2 Communication de la politique qualité		4
5.3 Rôles, responsabilités et autorités au sein de l'organisme		4
6 Planification		5
6.1 Actions à mettre en œuvre face aux risques et opportunités		5
6.2 Objectifs qualité et planification des actions pour les atteindre		5
6.3 Planification des modifications		6
7 Support		6
7.1 Ressources		6
7.1.1 Généralités		6
7.1.2 Ressources humaines		6
7.1.3 Infrastructure		6
7.1.4 Environnement pour la mise en œuvre des processus		7
7.1.5 Ressources pour la surveillance et la mesure		7
7.1.6 Connaissances organisationnelles		7
7.2 Compétences		8
7.3 Sensibilisation		8
7.4 Communication		8
7.5 Informations documentées		9
7.5.1 Généralités		9
7.5.2 Création et mise à jour des informations documentées		9
7.5.3 Maîtrise des informations documentées		9
8 Réalisation des activités opérationnelles		10
8.1 Planification et maîtrise opérationnelles		10
8.2 Exigences relatives aux produits et services		10
8.3 Communication avec les clients		10
8.3.2 Définition des exigences relatives aux produits et services		11
8.3.3 Preuve de la conformité aux produits et services		11
8.3.4 Modifications des exigences relatives aux produits et services		11
8.3.5 Conception et développement de produits et services		11
8.3.1 Généralités		11
8.3.2 Planification de la conception et du développement		12
8.3.3 Éléments d'entrée de la conception et du développement		12
8.3.4 Maîtrise de la conception et du développement		12
8.3.5 Éléments de sortie de la conception et du développement		13
8.3.6 Modifications de la conception et du développement		13
8.4 Maîtrise des processus, produits et services fournis par des prestataires externes		13
8.4.1 Généralités		13
8.4.2 Type et étendue de la maîtrise		13
8.4.3 Informations à l'intention des prestataires externes		14
8.5 Production et prestation de service		15
8.5.1 Maîtrise de la production et de la prestation de service		15
8.5.2 Identification et traçabilité		15
8.5.3 Propriété des clients ou des prestataires externes		15
8.5.4 Préparation		16
8.5.5 Activités après livraison		16
8.5.6 Maîtrise des modifications		16
8.6 Libération des produits et services		16
8.7 Maîtrise des éléments de sortie non conformes		17
9 Évaluation des performances		17
9.1 Surveillance, mesure, analyse et évaluation		17
9.1.1 Généralités		17
9.1.2 Satisfaction du client		18
9.1.3 Analyse et évaluation		18
9.2 Audit interne		18
9.3 Revue de direction		19
9.3.1 Généralités		19
9.3.2 Éléments d'entrée de la revue de direction		19
9.3.3 Éléments de sortie de la revue de direction		19
10 Amélioration		20
10.1 Généralités		20
10.2 Non-conformité et action corrective		20
10.3 Amélioration continue		20
Annexe A (Informatif) Clarifications concernant la nouvelle structure, la terminologie et les concepts		22
Annexe B (Informatif) Autres Normes internationales relatives au management de la qualité et aux systèmes de management de la qualité élaborées par l'ISO/TC 176		26
Bibliographie		30

Département Qualité => différentes missions

1 / Qualité Produits : essais de qualification, expertises des matériels en retour terrain ...

2 / Qualité Composants : caractérisation des nouveaux composants, audits fournisseurs, analyses des défaillances ...

3 / Qualité Production : qualification des sous traitants / des nouvelles technologies de câblage, traitement des non conformités ...

4 / Métrologie : vérification des équipements de mesure ...



3 – LA DOCUMENTATION TECHNIQUE

*Industrialisation => Étape intermédiaire entre la Conception et la Production.
(interaction des processus)*

Dossier Industriel :

Le Dossier Industriel est l'ensemble des informations (documents et fichiers) nécessaires à l'approvisionnement, à la fabrication et au contrôle des produits tels que définis par le service Développement

=> Règles du Dossier Industriel

Quelques documents :

1 / Nomenclature (BOM) :

Liste exhaustive et organisée des constituants d'un produit. Pour chaque constituant => sa désignation, son code article, sa quantité, ses fabricants

=> Exemples de nomenclature

2 / Instruction de fabrication ou de contrôle :

- Carte => Exemple de câblage et contrôle de carte
- Sous ensemble => Exemple d'assemblage d'un produit

3 / Spécification d'achats :

=> Exemple de S.A. Circuit Imprimé

4 / Gamme / Fiche suiveuse :

Gamme : pour chaque article, suite ordonnée de phases (pour un poste).

Une phase = suite logique d'opérations avec les outils utilisés sur un poste.

Dans la gamme sont indiqués les temps de M.O. {main d'œuvre};

M.O. => les temps unitaire de réalisation (t_u) et les temps de set up (t_s).

=> Exemple de Gamme détaillée

=> Exemple de Gamme liste d'opération

Dossier Industriel (suite)

Évolution des produits ou des processus entraîne des Avis de Modification :

Ce document formalise les étapes de traitement des modifications : analyse, délais et niveaux d'application, approbation, application ...

=> Règles des MAJ : Procédure Traitement de modifications
et
Instruction Traitement de modifications

=> Exemple d'Avis de Modification

Synthèse des documents traitants des évolutions techniques des matériels

CARTES ELECTRONIQUES

1 - INTRODUCTION

=> 2 - CIRCUIT IMPRIME NU

3 - COMPOSANTS ET INSERTION

4 - BRASAGE

5 - CONTRÔLES

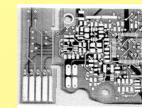
6 - METHODES ET OUTILS D'ANALYSE / AMELIORATION

7 - COÛTS

CIRCUIT IMPRIME NU

Appelé aussi « PCB » pour « Printed Circuit Board »

1 - CONSTITUTION



2 - FABRICATION



3 - PROPRIETES



4 - COÛTS

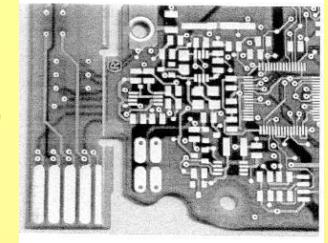


5 - QUALITE



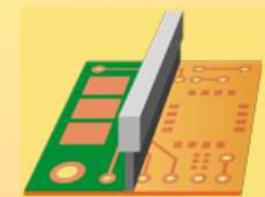
1 - CONSTITUTION DU CIRCUIT IMPRIMÉ NU

But : regrouper sur un même support les composants électroniques qui seront reliés par des conducteurs.



Il est constitué :

- d'un substrat (à partir de matériaux composites : verre-époxy, verre-polyimide, kapton ...)
- doublée d'une couche de cuivre qui, par transfert photographique du circuit électrique et dissolution de l'excédent de cuivre, permet de créer des pistes conductrices et des plages d'accueil pour les composants
- d'un masque de protection (solder mask) pour les phases de brasage
- d'un étamage (pour faciliter le brasage)
- d'une sérigraphie (pour repérer les composants)

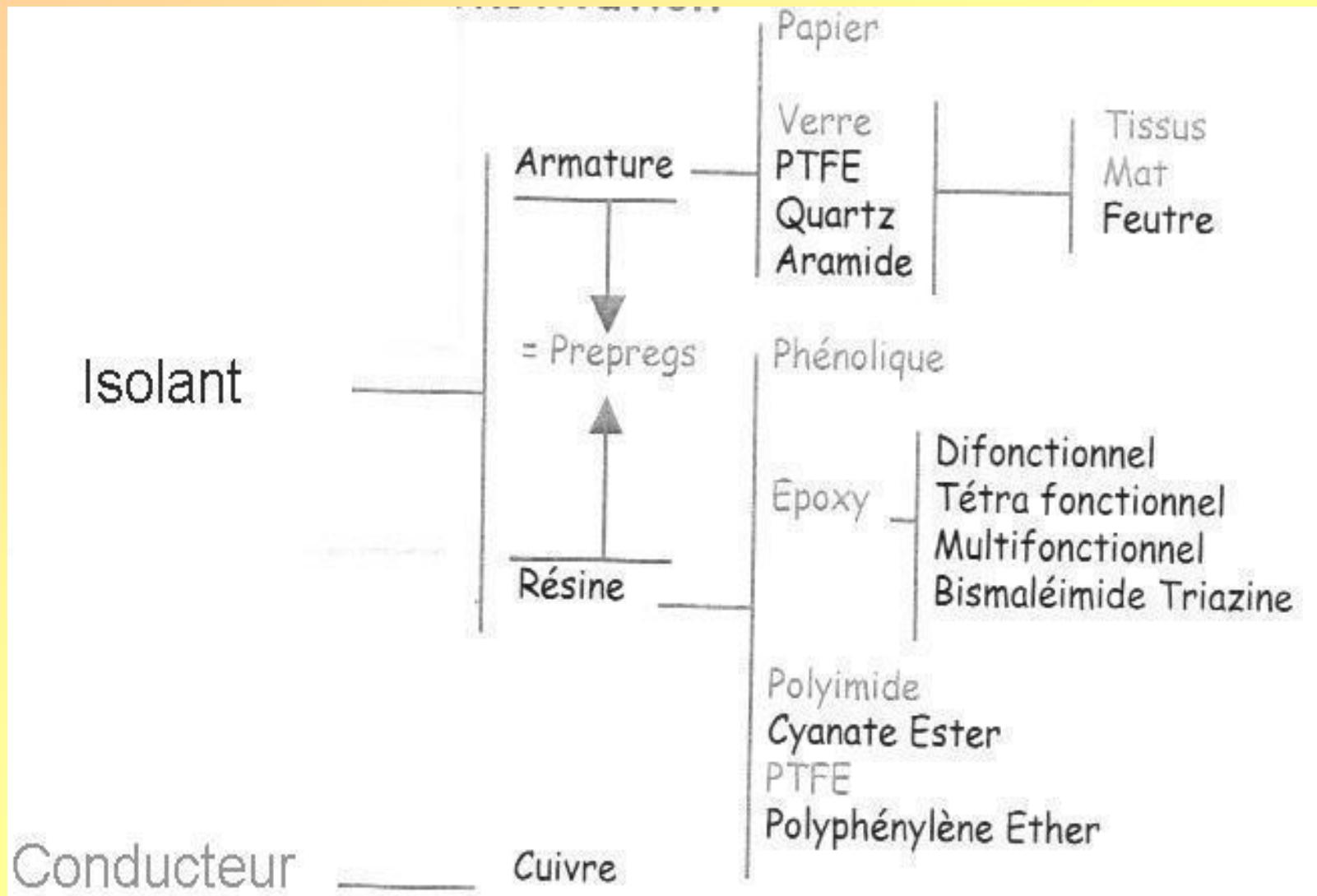


Les circuits imprimés peuvent avoir plusieurs configurations :

- simple face (piste et plage d'un seul côté du circuit)
- double faces (pistes et plages des deux cotés du circuit)
- multicouches (possède des couches internes) 
- flexible (pour les « nappes ») 
- trous métallisés * (connexion de deux faces conductrices du circuit entre elles) 

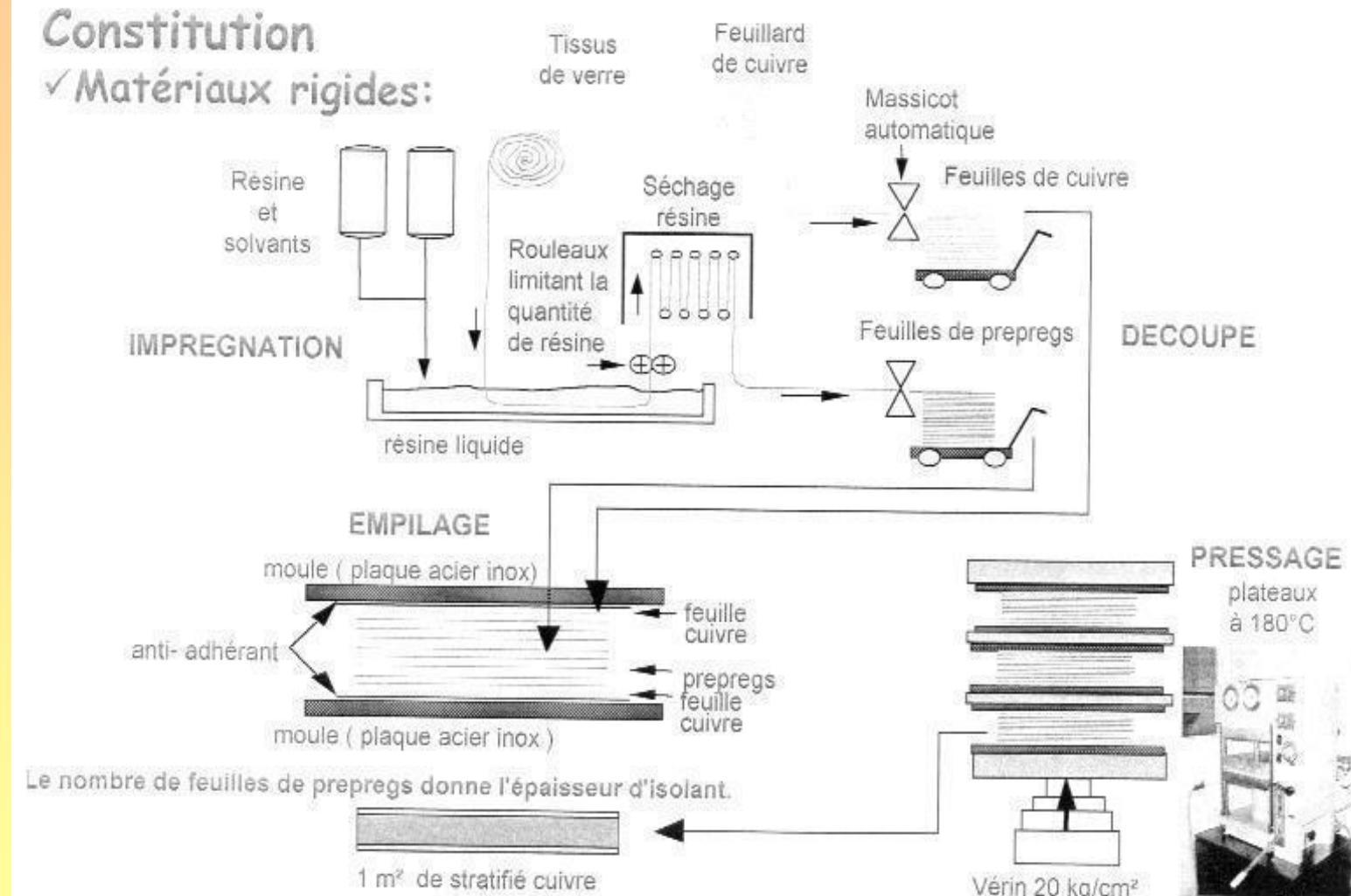
* Trous : traversants, borgnes, enterrés

Les circuits imprimés : Constitution



Constitution

✓ Matériaux rigides:



Exemple d'épaisseur de stratifié : 18 µ Cuivre et 100 µ Isolant

Le stratifié est fabriqué par quelques fabricants au monde et revendu aux fabricants de circuits imprimés.



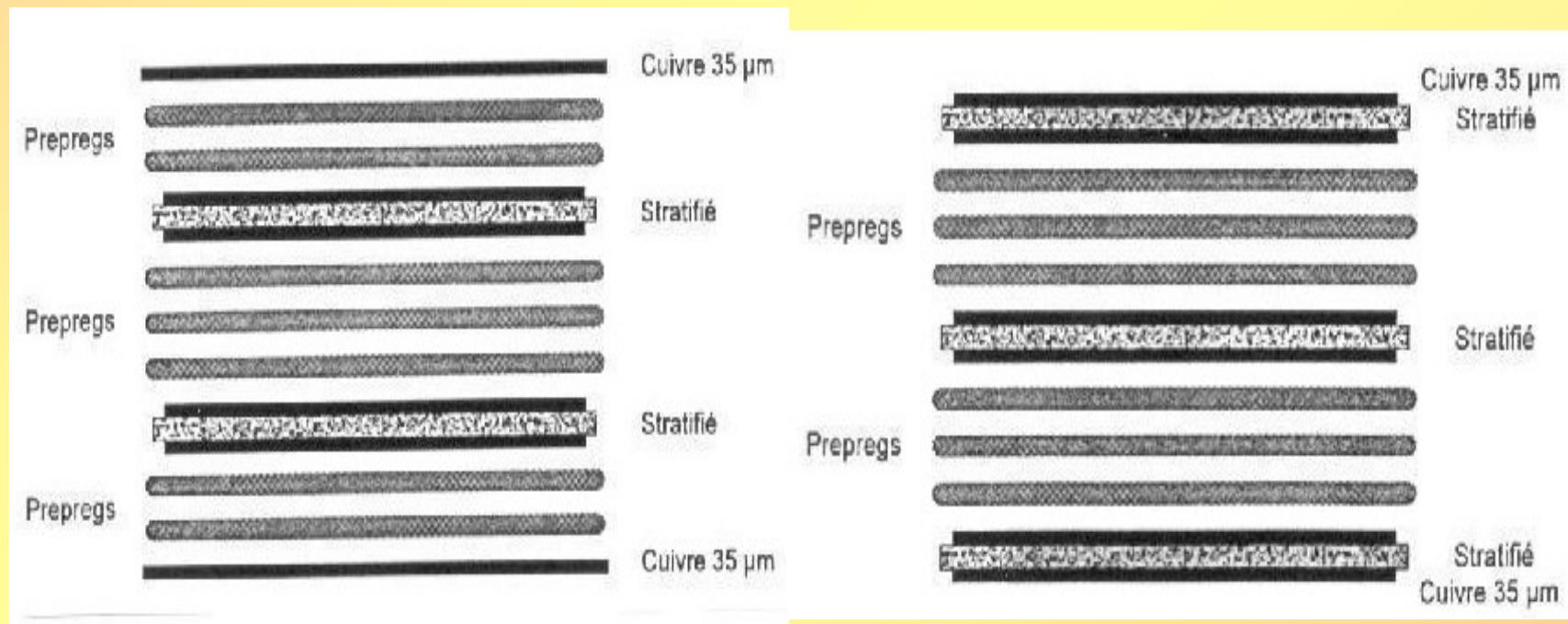
MULTICOUCHES

Exemple : empilage 6 couches

Deux méthodes pour les couches externes :

Méthode avec feuilles de cuivre
[meilleure tenue en déformation]

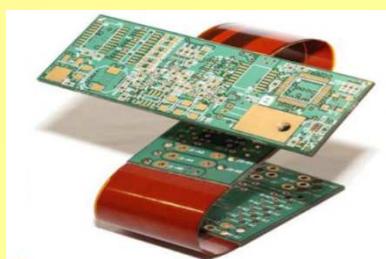
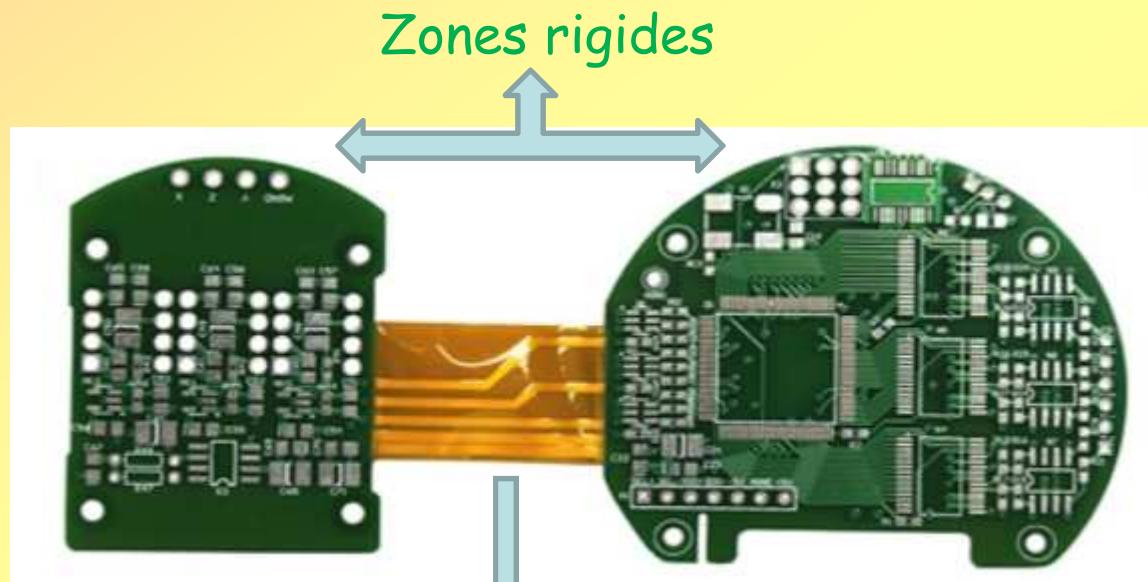
Méthode avec stratifiés



⇒ Exemple d'empilage



CARTE « FLEX - RIGIDE



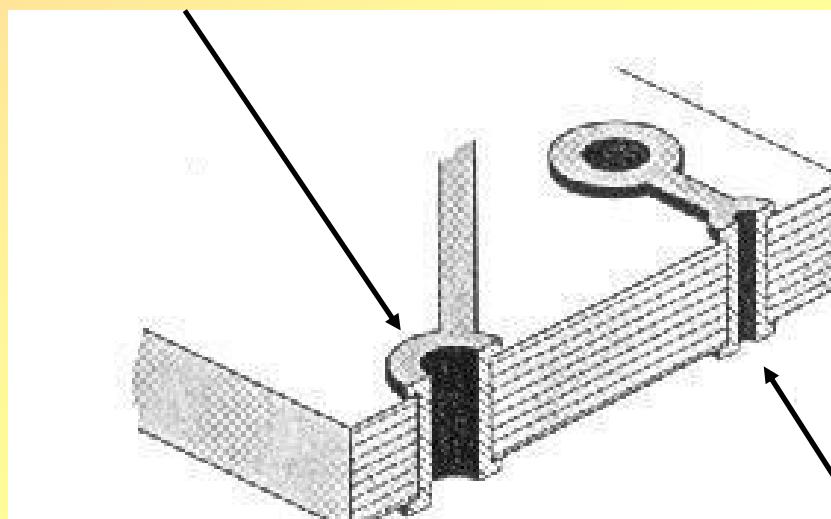
Zone souple (flex)
[simple ou double faces
ou multicouches]



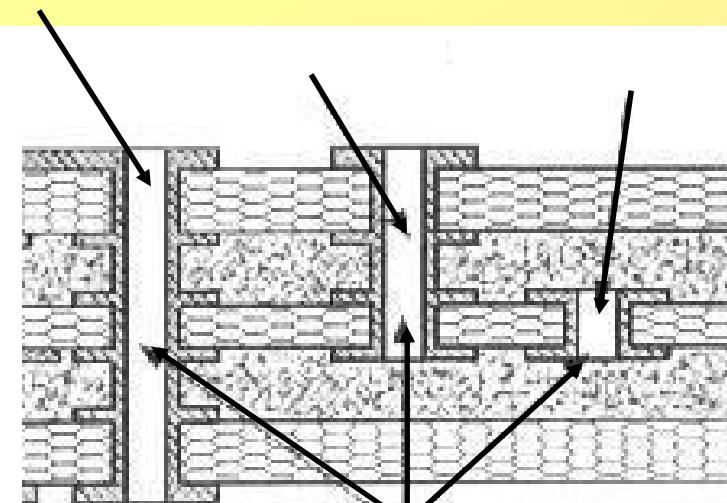
TROUS D'INSERTION ET VIAS

Les liaisons électriques entre les pistes des différentes couches sont assurées par des trous conducteurs appelés vias.

Trous métallisés
« d'insertion de composant »



Trou
« traversant »



Trou
« borgne »

Trou
« enterré »

Vias « de liaisons
électriques »



2 - FABRICATION

La fabrication d'un Circuit imprimé comprend 100 étapes principales qui se décomposent en 250 étapes élémentaires.

Les circuits imprimés se fabriquent par planche et selon un format correspondant aux outils des ateliers. (exemples : 1000 x 1000 mm, 1000 x 1200 mm, ...). Cet acte consistant à réaliser plusieurs circuits unitaires dans un format standard de matière de base se nomme la panelisation. Il s'agit du premier degré de panelisation; il est décidé par le fabricant de circuit imprimé. Les objectifs sont peu de perte matière, disponibilité des planches, coût des planches le plus faible.

Un deuxième degré de panelisation peut être décidé par le demandeur (le client) du circuit imprimé. Cette panelisation qui consiste à avoir plusieurs cartes sur une planche a pour objectif de câbler et tester des planches entières. La dépanelisation (action de découper la planche pour séparer les cartes) s'effectue en final avant l'insertion des cartes dans les boîtiers.

⇒ Équipements



Les étapes de fabrication d'un CI double face avec trous métallisés :

Préparation matière (sortie magasin)

Perçage

Métallisation des trous (1µm de Cu chimique et 6 µm par flash électrolytique)

Laminage (film sec 38 µm)

Insolation (avec les clichés photographiques) (sous hotte, classe 100)

Développement (film sec)

(Contrôle visuel facultatif)

Gravure (ammoniacale)

Stripping (retrait du film photosensible)

Contrôle visuel ou/et AOI

Reprise de métallisation (renfort électrolytique de 20 à 25 µm de Cu dans les trous et de 6 à 10 µm d'étain plomb sur les pistes)

Dépôt de vernis épargne (40 µm)

Marquage (peinture par sérigraphie)

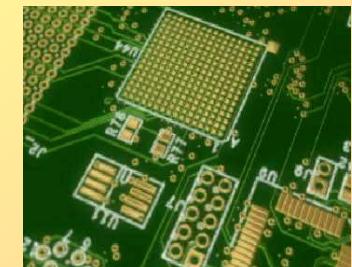
Protection du cuivre :

- Nickel-or, étain-plomb, étain-chimique ...

Détourage

Test électrique

Contrôle final du circuit.



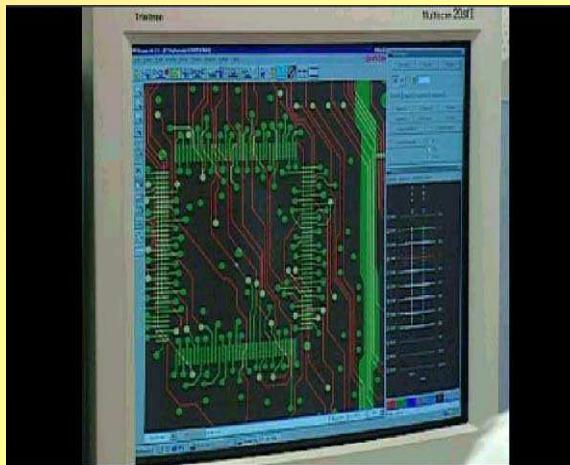
☞ [Voir Flow chart de fabrication](#)

☞ *Voir Gammes de Fabrication :
Couches internes, Multicouches.*

FAO

Objectif :

Étude de la faisabilité
des données clients.



Réalisation des films

Objectif :

Obtenir une superposition
des différentes couches
du Circuit Imprimé.

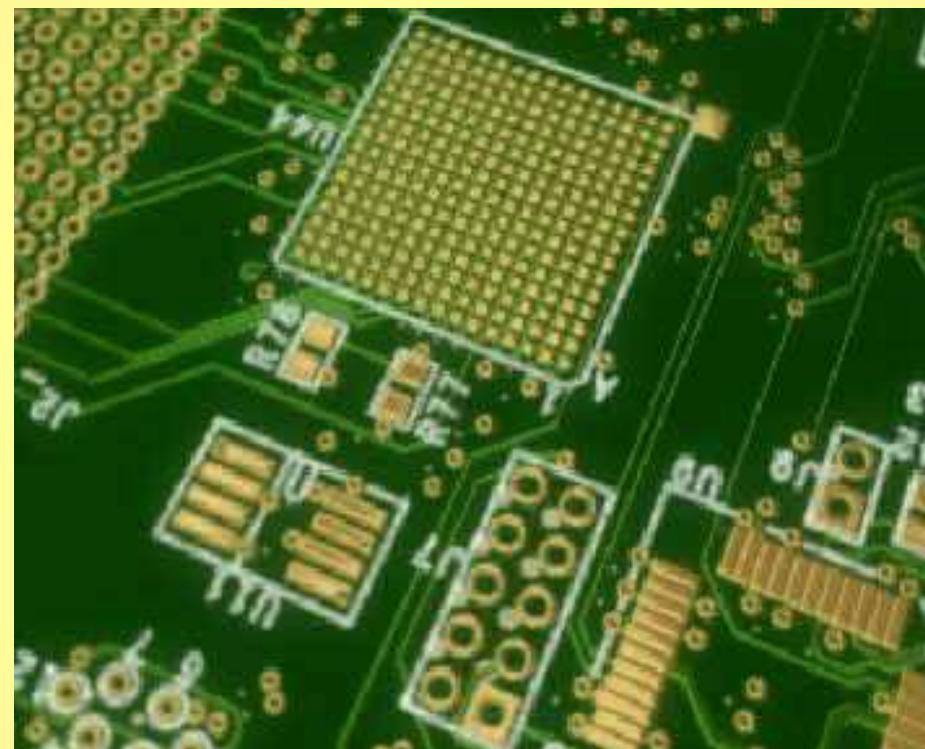


Photo gravure

Laminage

Insolation

Développement



Métallisation

Brossage, ébavurage, nettoyage
(ultra-son, eau haute pression)

Dépôt de cuivre par flash
électrolytique

Recharge sélective du cuivre et
étain-plomb

Gravure

Inspection optique



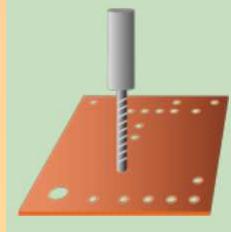
Stratification

Empilage

Collage avec pré-imprégné

Pressage





Perçage

Perçage mécanique :

Multibroches (exemple : 4 broches)

Vitesse de rotation :

125 000 tr/mn en standard

[pour via de $\geq 0.125\text{mm}$]

2 500 000 tr/mn (max)

Foret : diamètre 40um min

Note micro perçage



Perçage laser

Technologie Yag ou CO₂

Précision 15 μ

Finitions

Vernis épargne

Marquage à l'encre blanche

Protection du cuivre par dépôt d'étain-plomb ou nickel-or

Détourage



Contrôles

Contrôle visuel dimensionnel

Contrôles électriques

Rélectrométrie sur
éprouvette pour mesure
d'impédance

[Option client]



3 - PROPRIÉTÉS

• Température de transition vitreuse : T_g

Les propriétés physiques d'un polymère dépendent de la température. A « basse » $T^\circ \Rightarrow$ Système vitreux solide.

La température max. pour laquelle le polymère est solide = T_g .

Au dessus du T_g , les propriétés varient :

- CTE (Coefficient of Thermal Expansion) sur axe Z ↗ :
=> peut en résulter des ruptures de la métallisation des trous
- Rigidité mécanique ↘ :
=> déformations importantes si contraintes mécaniques
- Adhérence du cuivre ↘
=> il suffit de quelques g pour peler une plage de composant

Difficultés de maîtriser les lois de la physique avec des assemblages contre-nature => coefficients de dilatation

Le T_g est la température de transition vitreuse de la matière du circuit ou température au-dessus de laquelle il y a une déformation irréversible de la matière.



Différentes Finitions métalliques

- ⇒ Rôle : Étamage (Interface joint brasé)
 - ⇒ Type : HAL, NiAu, Sn chimique
 - ⇒ Épaisseur : 0.01 à 50 µ
 - ⇒ Avantages : planéité, coût, ...
 - ⇒ Inconvénients : durée de vie faible, coût, ...
- ☞ [Avantages/Inconvénients des différentes finitions](#)
- ☞ [Risques selon la finition](#)

☞ Règles de conception

Norme NF : NF C 93-713 Composants électroniques - cartes imprimés - prescriptions générales

Extraits :

CRITERES D'APPARTENANCE à une CLASSE

Extraits de la norme NF C 93-713 ANNEXE C janvier 1989

Critères d'appartenance à une classe	CLASSES					
	1	2	3	4	5	6
Epaisseur totale du cuivre sur faces (μm) Valeurs nominales maximales sur couches internes	105 105	105 105	105 70	70 35	50 35	35 17,5
Largeur minimale (mm)	0,80	0,50	0,31	0,21	0,15	0,12
Espacement minimal (mm) - entre conducteurs, - entre conducteur et pastille ou plage, - entre pastilles d'interconnexion, entre plages	0,68	0,50	0,31	0,21	0,15	0,12

Exigences spécifiée par la classe	CLASSES					
	1	2	3	4	5	6
Mesures sur carte terminée (mm)						
Largeur des conducteurs et espacements : Tolérances \pm par rapport au document fourni	0,24	0,15	0,08	0,06	0,05	0,04

Nouveau :
Les NF remplacées par d'autres référentiels => Standard IPC
IPC-2221 : Generic Standard on Printed Board Design

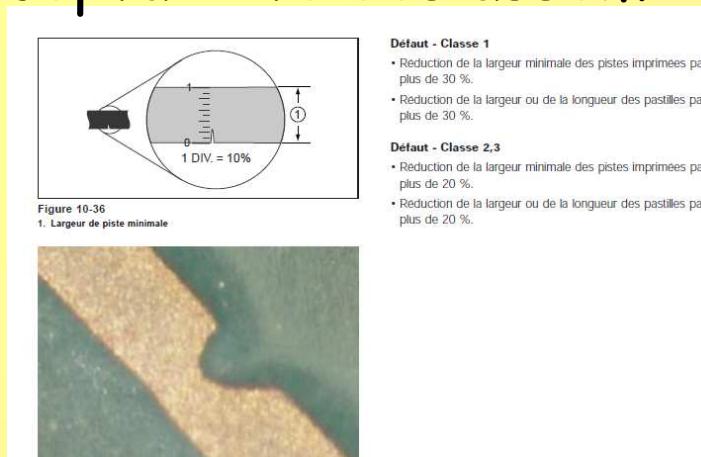
Extrait :

Table 4-3 Final Finish, Surface Plating Coating Thickness Requirements

Code	Finish	Class 1	Class 2	Class 3
Buried Vias (> 2 layers)				
	Copper (min. avg.)	20 µm [787 µin]	20 µm [787 µin]	25 µm [984 µin]
	Min. thin area	18 µm [709 µin]	18 µm [709 µin]	20 µm [787 µin]

Autre exemple d'IPC :
IPC-A-610 : Acceptabilité des assemblages électroniques

Extrait:



⇒ Techniques et
développements futurs



4 - COÛTS

COUTS RELATIFS

1- Nombre de couches

DF TM STD

ASIE
EUROPE

1 € / dm²
2 à 3 € / dm²

MC 4 couches STD

ASIE
EUROPE

1,5 € / dm²
3 à 5 € / dm²

MC 6 couches STD

X 1,3 / MC 4 couches

MC 8 couches STD

X 2 / MC 4 couches

MC 10 couches STD

X 2,4 / MC 4 couches

MC 6 couches FLEX

X 3 à X 5 / MC 4 couches

COUTS RELATIFS

2- Nature de matériaux

=> Référence

FR2 : 0,73

BT : 5,3

CEM2 : 0,95

FR4 : 1

FR3 : 0,85

CEM1 : 0,95

Polyimide : 6,5

3- Valeurs de conception : Critères d'appartenance à une classe

Classe 4

Classe 5

Classe 6

Référence

+ 10 % à + 20 %

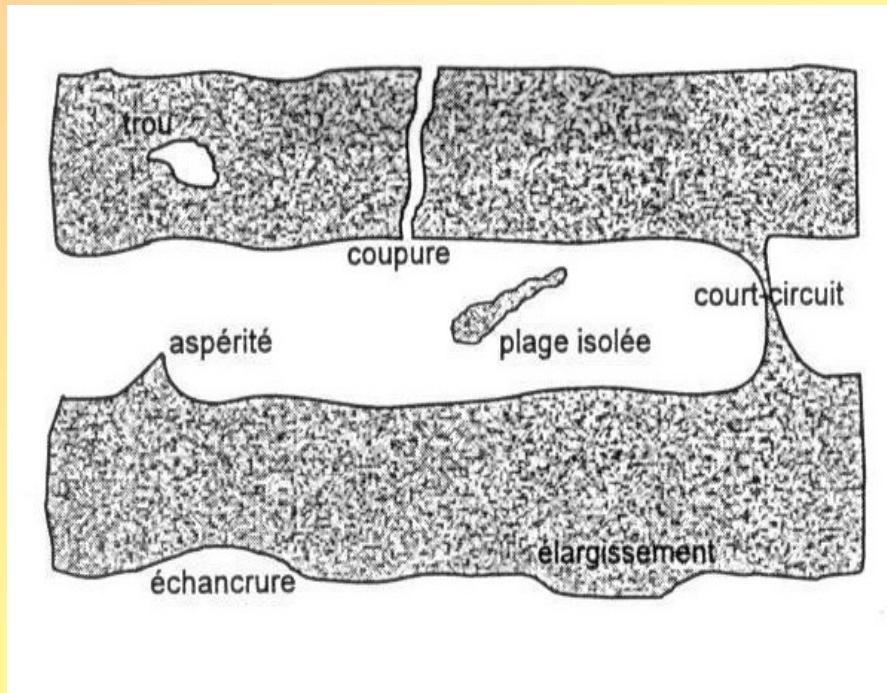
+ 50 %



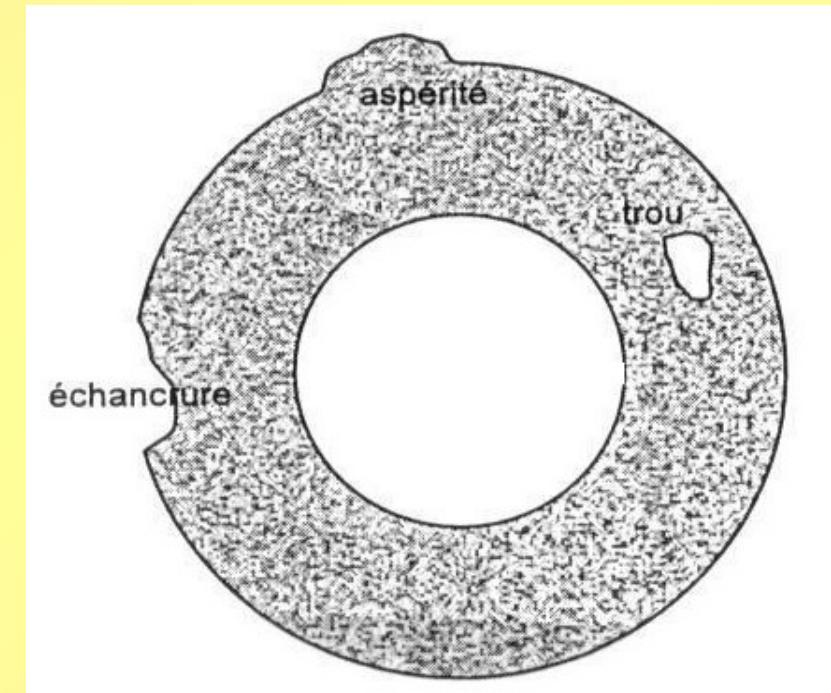
5 - QUALITÉ

- ⌚ Contrôle des procédés : température, pH, concentration chimique, pression, épaisseur de cuivre ...
 - 👉 [Voir méthodologie](#)
- ⌚ Contrôle de la fiabilité par un circuit « process control » : chocs thermiques, coupes ...
 - 👉 [Voir circuit « process control »](#)
- ⌚ QAO : traçabilité et enregistrement en temps réel
 - 👉 [Voir exemples](#)
- ⌚ Amélioration continue
 - 👉 [Voir actions](#)

Défauts des impressions conductrices



Défauts des pistes



Défauts des pastilles

☛ Fiabilité des PCB