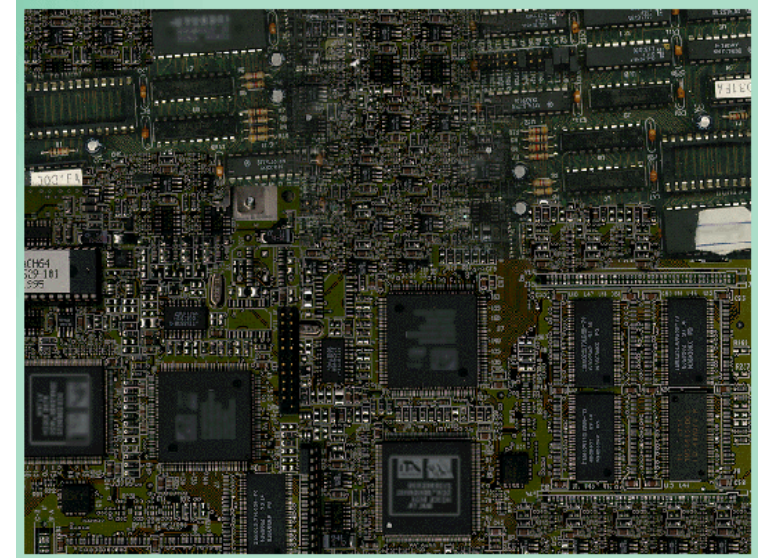


Les cartes électroniques pour l'aéronautique et l'avionique

Vidéo 1 : Techniques d'assemblage des cartes électroniques
Vague et Refusion. Production et assemblage de carte.

Vidéo 2 : Matériaux et PCB
Finition des cartes électroniques
Composants et boitiers électronique CI DIP....
Défauts d'assemblage



<https://mediapod.u-bordeaux.fr/video/10398-techno-ci-pcb-aeronautique-1/>

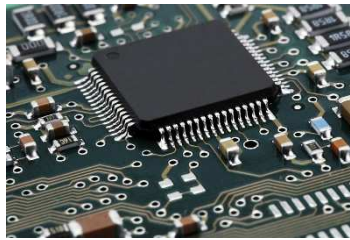
<https://mediapod.u-bordeaux.fr/video/10453-techno-ci-pcb-aeronautique-2/>

Cible de ce support : Master 1 MA avionique & ENSPIMA2A & Lpro : maintenance avionique

Denis MICHAUD @evering 2022

TMS techniques de montage en surface / SMT surface mounting techniques

des Cartes électronique PCB



<http://www.iftec.fr/>



Les techniques d'assemblages : http://joubert.marc.free.fr/1sti/technologie/assemblage_cms.pdf

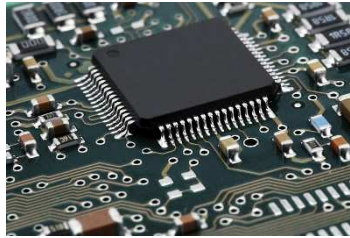
Filière		Types de cartes	Procédés de brasage
Traversants	Composants traversants sur une face		
	Composants CMS sur une face		
Tout CMS	Composants CMS sur les deux faces		
	Composants CMS sur une face, Composants traversants sur l'autre face		
Mixte	Composants CMS et traversants sur la même face		
	Composants CMS et traversants sur une face, CMS sur l'autre face		
	Composants CMS et traversants sur une face, CMS sur l'autre face		

- Simple Brasage par **Vague**, **Wafer soldering** (obligatoire pour composants à broche traversante, à piquer)
- Simple Brasage par **Refusion**, **Reflow soldering** (obligatoire pour composants CMS avec boîtiers PQFP et BGA))
- Double refusion (double face , composants CMS sur les 2 faces)
- Ou Refusion +vague
- Simple Brasage par **Vague**, **Wafer soldering** CMS et à piquer sur faces opposées
- Manuel pour prototype ou gros composants (transformateur, haut-parleur, alimentation..., connecteurs)
- Mixte vague-refusion-manuel (double face , composants sur les 2 faces)

https://en.wikipedia.org/wiki/Surface-mount_technology

SMT surface mounting techniques

for PCB electronic boards



<http://www.iftec.fr/>



Assembly techniques for electronic card:

Filière		Types de cartes	Procédés de brasage
Traversants	Composants traversants sur une face		
	Composants CMS sur une face		
Tout CMS	Composants CMS sur les deux faces		
	Composants CMS sur une face, Composants traversants sur l'autre face		
Mixte	Composants CMS et traversants sur la même face		
	Composants CMS et traversants sur une face, CMS sur l'autre face		
	Composants CMS et traversants sur une face, CMS sur l'autre face		

- Simple Brazing **Wave**, **Wafer soldering** (mandatory for through-pin components)
 - Simple Brazing **Reflow**, **Reflow soldering** (mandatory for SMD components with PQFP and BGA package))
 - Double Reflow (double-sided , SMD components on both sides)
 - Or Wave then Reflow
-
- Simple Brazing **Wave**, **Wafer soldering** SMD and the through-hole components on opposite sided
 - Manual assembly for special component or large components (transformer, loudspeaker, power supply connectors...)
 - Mixed Wave-Reflow-manual (Through-hole components, SMD on the both sides)

https://en.wikipedia.org/wiki/Surface-mount_technology

Procédé brasure à la Vague, Wafer : une *vague d'alliage en fusion vient lécher le dessous* de la carte pour souder les composants à piquer ou les CMS.

Pose de la colle pour CMS -> pose des CMS -> passage au four de polymérisation de la colle -> retourner la carte -> pose des composants à piquer -> projection d'un flux d'anti-oxydation avant brasure -> passage à la vague -> puis refusion si besoin pour la face supérieure
(peu recommandé pour assembler les PLCC ou électrode en J et totalement incompatible avec le boîtier LCCC).

Video Wave Solder : <https://www.youtube.com/watch?v=inHzaJIE7-4> (durée 2'29'')

<https://www.youtube.com/watch?v=VWH58QrprVc> (durée 2'19'')

Procédé brasure en Refusion, Reflow : Trois techniques de brasage par refusion :

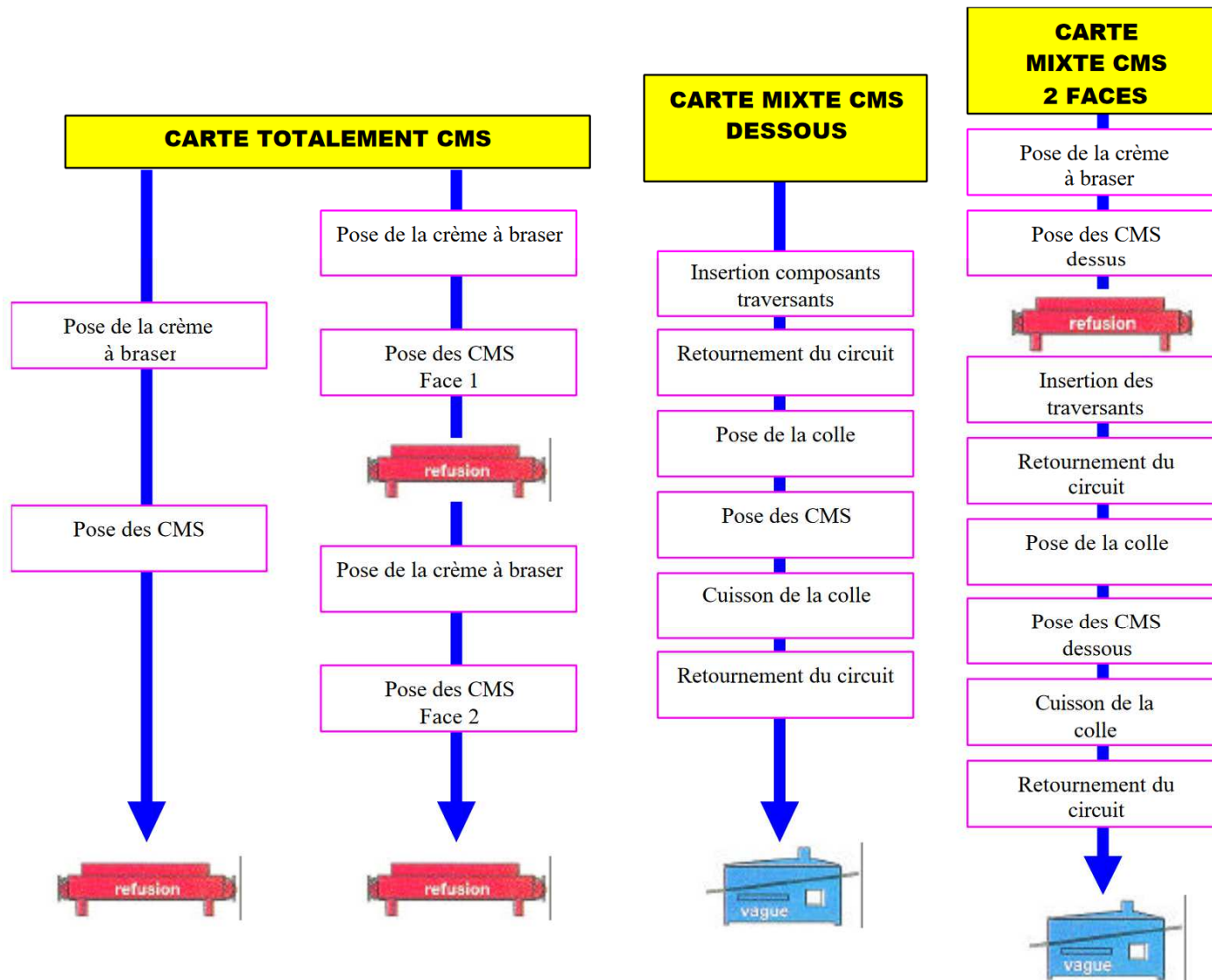
- * au four à passage
- * par infrarouge
- * en phase vapeur

<https://www.youtube.com/watch?v=saOHRw4ezGw> (durée 3'39'')

Manual solder <https://www.youtube.com/watch?v=BvhE16vBfX4> (durée 7'45'')

- Simple refusion sur une face (après l'éventuel passage à la vague sur la face opposé) : Pose de la crème à braser (liant + micro-bille d'alliage) -> pose des composants CMS -> passage au four de refusion : phénomène d'auto-centrage des composants grâce aux forces de tension superficielle.
- Double refusion, carte double face : Simple refusion -> retourner la carte (les composants précédemment placés se retrouvent sous la carte) -> pose de la crème à braser -> pose des composants CMS -> passage au four de refusion. (les composants du dessous sont retenus par les forces de tension superficielle entre l'alliage liquide et la zone de brasure sur la carte PCB)

Procédures de brasage



http://joubert.marc.free.fr/1sti/technologie/assemblage_cms.pdf

Technologies des matériaux pour assemblage des cartes électronique

- Avec alliage étain-plomb ou autre : température de fusion proche de 180°C
- Flux anti oxydation avant brasure à la vague
- Crème à braser SN63PbAg2 pour refusion (liant pour désoxydation) + microbille d'alliage
- Alliage SN65Pb pour vague (anciennement)

Nouvel Alliage In97 ou SAC = Etain/Argent/cuivre

ARINc 671 Guidance for the Transition to lead-free Soldering, Maintenance and Repair

ou SAC305 (S for tin, A for Silver, C for Copper (e.g.: SAC 305 = tin, 3% silver, 0.5% copper)

- Colle polymère dans certains cas (si CMS à la vague notamment)
- Résidus non volatile : CLEAN ou NO-CLEAN (nettoyage de la carte en fin d'assemblage ou pas en fonction du choix des matériaux et procédés)

Les cartes PCB *printed circuit board*, Carte De Circuit Imprimé

Conception CAO : fichiers standard gerber avec logiciel spécialisé

- Placement des composants et encombrement (attention à la position des broches)
- Chevelu pour faciliter l'implantation et éviter des « ponts d'interconnexion » ou via
- Simulation du fonctionnement de la carte électronique du point de vue fonctionnel en tenant compte des modèles PSPICE des composants

Video <https://www.youtube.com/watch?v=ljOoGyCso8s>

Matériaux support de la carte :

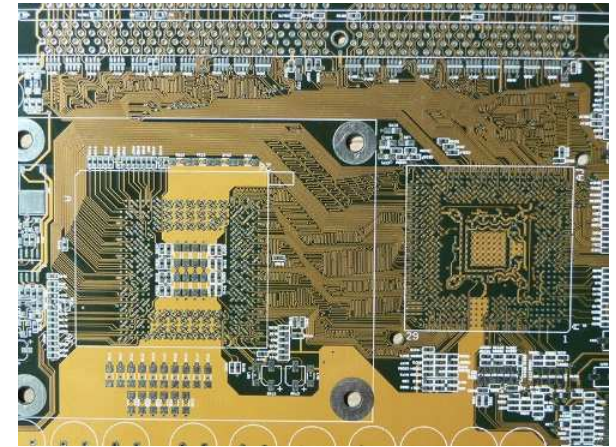
- Le matériau **FR4** (Rigide) épaisseur de 0.2 à 3.2 mm. FRA4 standard ou High TG
 - Verre Epoxy (abrasif pour le perçage)
- Le matériau Prepreg (Rigide) Standard ou TG ou high IRC
 - **Le sigle IRC** (Indices Comparatifs de Résistance au Cheminement) correspond à un indice plus élevé permettant de limiter les risques d'arcs électriques entre les pistes.
- Le matériau SMI (Noyau aluminium) Substrat Métallique Isolé
- Le matériau Polyamide (High TG Laminate)
- Le matériau ROGER (Matériel pour circuit haute fréquence)
- Bakélite, fragile, facile à percer , faible TG
 - **Le sigle TG** (Glass Transition) correspond à la température à laquelle la structure moléculaire du matériau change. Température de transition vitreuse TG > 120°C

- Résine et sérigraphie pour « notice » sur la carte
- Simple couche, double couche, multicouche (jusqu'à 20) avec trous métallisés (via)

Les finitions pour les circuits imprimés :

<https://www.pcbprototype.com/fr/circuit-imprime/finitions>

Si dessous, une liste des principales finitions pour les circuits imprimés.



Characteristics	HASL (SnCu)	OSP	NiAu (electroless)	Immersion Ag	Immersion Sn
Shelf life	1 year	6 months	> 1 year	6 months	6 months
Land surface	Inconsistent	Flat	Flat	Flat	Flat
Multiple soldering	Good	Fair to good	Fair to good	Fair to good	Fair to good
Joint reliability	Good	Good	Brittleness	Good	Good
Test point probing	Good	Poor, require solder	Good	Good	Good
Exposed Cu after reflow	No	Yes	No	No	No
Thickness control	Difficult	Good	Good	Good	Good
Total coating thickness	0.8 – 3.8 µm	0.2 – 0.5	0.13 – 0.5	0.2 – 0.5	0.2 – 0.5
Cost	1	1	1.1 – 1.3	1	1

La passivation ou OSP ou Entek (Organic Solderability Preservative) est un process de trempage ou de pulvérisation d'une solution qui colle sur la surface du cuivre. C'est probablement la finition la plus écologique car ce procédé n'est pas gourmand en énergie et n'utilise pas de matériaux toxiques.

Avantages de cette finition sont un procédé simple, la bonne planéité des surfaces et un cout de production faible.

Inconvénients sont une durée de stockage faible et un nombre de refusions limités

HAL ou HASL ou Hot Air Levelling Lead Free - (HAL sans plomb), l'étamage par nivelage à air chaud est un procédé où le circuit passe sur une vague d'étain puis un flux d'air chaud supprime l'excédent d'alliage. Probablement la finition la plus utilisée pour des circuits 'simples' ! - haute température (265-280 °C)

Avantages ; bonne brasabilité et mouillabilité ainsi qu'un de l'épaisseur du cuivre, selon les dessins des PCB.

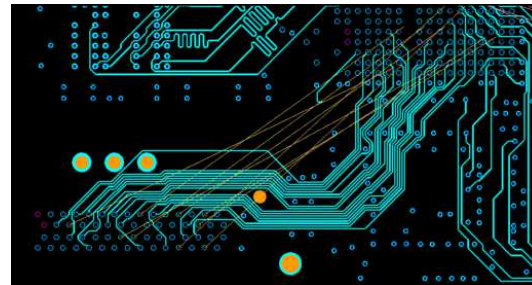
pour les composants à pas fin car la surface n'est pas

L'ENIG Nickel/or chimique (Ni/Au) (Electroless chimique a largement remplacé le Flash Gold qui 1990.

L'ENIG est maintenant 'LA' finition pour de nombreux circuits multicouches et/ou comportant des composants à pitches fins. A noter, la soudure des composants se fait bien sur l'étain, l'or n'étant là que pour protéger ce premier.

Avantages : surface plane, dépôt uniforme, une bonne mouillabilité, refusions multiples, bonne durée de stockage, faible température de process (environ 90 °C)

Inconvénients : risque de black pad, le cout élevé.



cout de production faible. Réduction masques (*layout*) de la carte

Inconvénient : assemblage difficile parfaitement plane.

Nickel Immersion Gold) ou l'or était très rependu dans les années

ENEPIG (Electroless Nickel / Electroless Palladium / Immersion Gold) est un procédé similaire à l'ENIG, avec comme particularité le rajout de palladium qui évite l'oxydation du nickel.

Avantage : bonding fil Or ou Alu

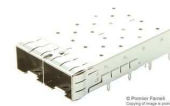
Inconvénients : le cout élevé.

L'étain chimique (Sn) renait de ces cendres. Depuis quelques années, le procédé a été modifié et les performances de cette finition améliorée. Aussi, l'étain chimique revient à la mode et est d'ailleurs très apprécié en Allemagne.

Avantages : dépôt uniforme, une bonne mouillabilité, refusions multiples, idéal pour le connectique sur cartes électroniques, connecteur à emmanchement dans trous

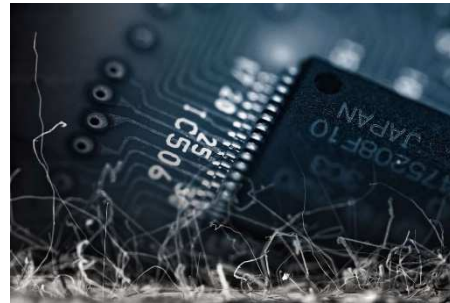
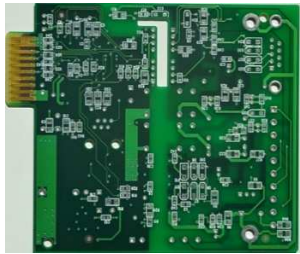
faible température de process (environ 70 °C)

les **whiskers** (effet barbe)



pressfit (insertion en force de métallisés) et carte fond de panier.

Inconvénients : control de l'épaisseur,



L'argent chimique est obtenue une opération pendant laquelle nous plongeons le panneau de travail dans une solution acide + sels d'argent.

Avantages : dépôt uniforme, une bonne mouillabilité, idéal pour le bonding fil argent.

Inconvénients : durée de stockage, oxydation en présence de soufre

L'or dur, Or galvanique est un procédé électrolyse. L'épaisseur de l'or peu est variable et sera en fonction de la durée des cartes dans le bain. Cette finition est utilisée lorsque les surfaces exposées de la carte sont soumises à des frottements ; contact mobile, frottement, enfichage-débrochage, etc

Avantages : surface très résistante / dur, très bonne durée de stockage et de vie.

Inconvénients : mauvaise soudabilité (non recommandé pour les pads recevant des composants), un cout élevé dû au procédé mais aussi à l'épaisseur d'or. Il n'est pas possible d'en appliquer sur toute la surface du circuit.

IC Packaging/Popular IC Packages



Plastic Dual-In-Line
(PDIP)
here: PDIP14



SC70
here: SC70-5



Small Outline
Integrated Circuit
(SOIC)
here: SO14

Plastic Lead Chip Carrier (PLCC)
here: PLCC28



Thin Shrink Small Outline
(TSSOP)
here: TSSOP14

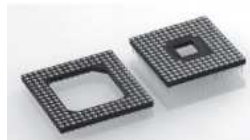
Thin Quad Flat Package
(TQFP)
here: TQFP32



- Le composant "classique" avec connexions à piquer, à broches traversant

Le composant est inséré dans des trous généralement métallisés réalisés dans le circuit imprimé. La soudure est alors effectuée au fer à souder ou par passage sur une vague en fusion qui réalise l'ensemble des connexions. Les composants destinés à ce type de report sont :

- les composants discrets (passifs, connecteurs, diodes, transistors, voyants, etc....)
- Composants à piquer, à broches traversantes (DIP, resistances , condensateurs, transistors..)
- Gros composants (transfo, haut parleur, alimentation....connecteurs) : montage manuel souvent
- les composants en boitiers: DIP (Dual In line Package) , SOP (Small Outline Package)

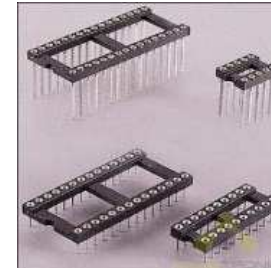


Et PGA (Pin Grid Array).

- Supports de composants à piquer



Double lyre DIL,



et tulipe, (double face)

Le composant à monter en surface : CMS ou SMD surface mounted device , (chip , QFP, PQFP...BGA,) avec broches en J ou GWL (aile de mouette, Gull Wind Lead)

Cette technique de montage , développée dans les années 70 , s'est depuis propagée dans toute les industries de l'électronique (informatique, médical, aviation, télécommunications, etc...).

De nombreux facteurs ont contribué à son développement :

- gains fonctionnels électroniques (performances électriques améliorées du fait de la diminution du cheminement).
- réduction de tous les volumes (circuit imprimé, équipement, atelier, stockage)
- réduction des coûts d'exploitation (vitesse de pose, ligne automatisée, diminution des erreurs de montage).

Les composants CMS peuvent être différenciés suivant leur forme et leur fonction

- * Les composants " CHIP " à 2 électrodes (résistances , capacités , inductances , diodes)
- * Les composants cylindriques à 2 électrodes (MELF, boitiers SOD...)
- * Les composants à 3 ou 4 électrodes (boitiers SOT..)
- * Les composants à plus de 4 électrodes (circuits intégrés , réseaux ...).

Nous trouvons aujourd'hui ces composants dans différents boitiers : le SOIC (Small Outline Integrated Circuit) , le LCCC (Leadless Ceramic Chip Carrier) et le MFC (Micro Fine Carrier) ,ce dernier étant appelé a remplacer tous les boitiers SO (à partir de 2 E/S).



- le PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier), **J-lead** electrode en J
- A **QFP** or **Quad Flat Package** is a surface-mounted integrated circuit package with "gulls wings" « **aile de mouette** » leads extending from each of the four sides

- The thin quad flat pack (**TQFP**) provides the same benefits as the metric QFP, but is thinner.
- **FQFP**: Fine Pitch Quad Flat Package
- The **Plastic Quad Flat Pack**, or PQFP, use only with refusion, is an IC package with leads extending from all four sides of the package body.



extending from all four sides of the

Défauts liés à l'assemblage des composants sur carte PCB :

- Effet ombre pour la vague : choix des boîtiers de composant et de leur orientation.
- Oxydation : nécessité d'avoir un flux d'étamage (et risque de résidus non volatile)
- Démétallisation Or et Argent : pollution des brasures et démétallisation de certains condensateurs
- Effet pop corn (du à de l'eau dans les boîtiers plastiques : contrôler l'humidité lors du stockage, étuvage des composants)
- Effet Pierre tombale, garde à vous, Manhattan : mauvais dépôt de crème à braser (Tombstone Effect)

L'effet Manhattan (ou "Tombstone Effect" ou "Tombstoning" en anglais) est une erreur commune lors de la soudure de composants SMD. Ce modèle de défaut est principalement la production de petits composants (généralement bipolaire) pendant le processus de soudure sur un côté. La deuxième borne du composant n'est ensuite pas contacté électriquement et donc il se présente comme une pierre tombale (effet Manhattan) sur une carte de circuit SMD

- Stockage et déformation des broches de composants

Glossaire : technologie de carte électronique

BGA Ball Grid Array

CBGA Ceramic Ball Grid Array

CMS Composant Monté en Surface (see SMD)

CSP Chip Scale Package

CTE Coefficient Thermal Expansion (Coefficient d'Expansion thermique)

ENIG Electroless Nickel Immersion Gold

IMC Intermetallic Compound

MELF Metal Electrode Leadless Face

OSP Organic Surface Preservative

PCB Printed Circuit Board

PQFP Plastic Quad Flat Pack

PSD Power Spectral Density

SAC Etain Argent Cuivre (SnAgCu)

SMD Surface Mounted Device,

TMS Technologie de montage en surface

TSOP Thin Small Outline Packages

TTF Time To Fail