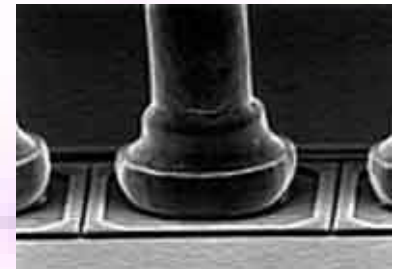
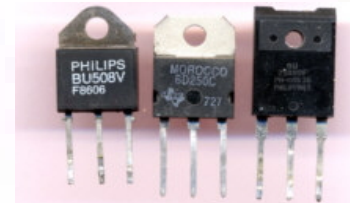
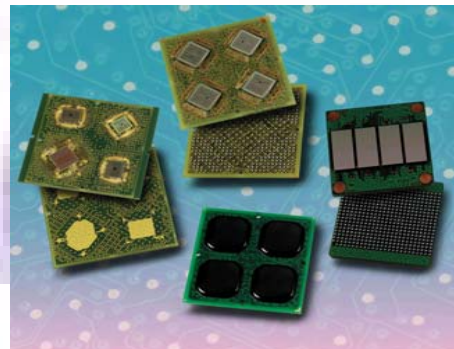


# MATERIAUX, TECHNIQUES ET PROCÉDES POUR L'ASSEMBLAGE



# MATERIAUX, TECHNIQUES ET PROCEDES POUR L'ASSEMBLAGE

---

## A. INTRODUCTION :

1. Problématique
2. Les niveaux d'assemblage
3. Les fonctions de l'assemblage

## B. LES MATERIAUX

## C. LES PROCEDES ET TECHNIQUES

## D. AU LAAS

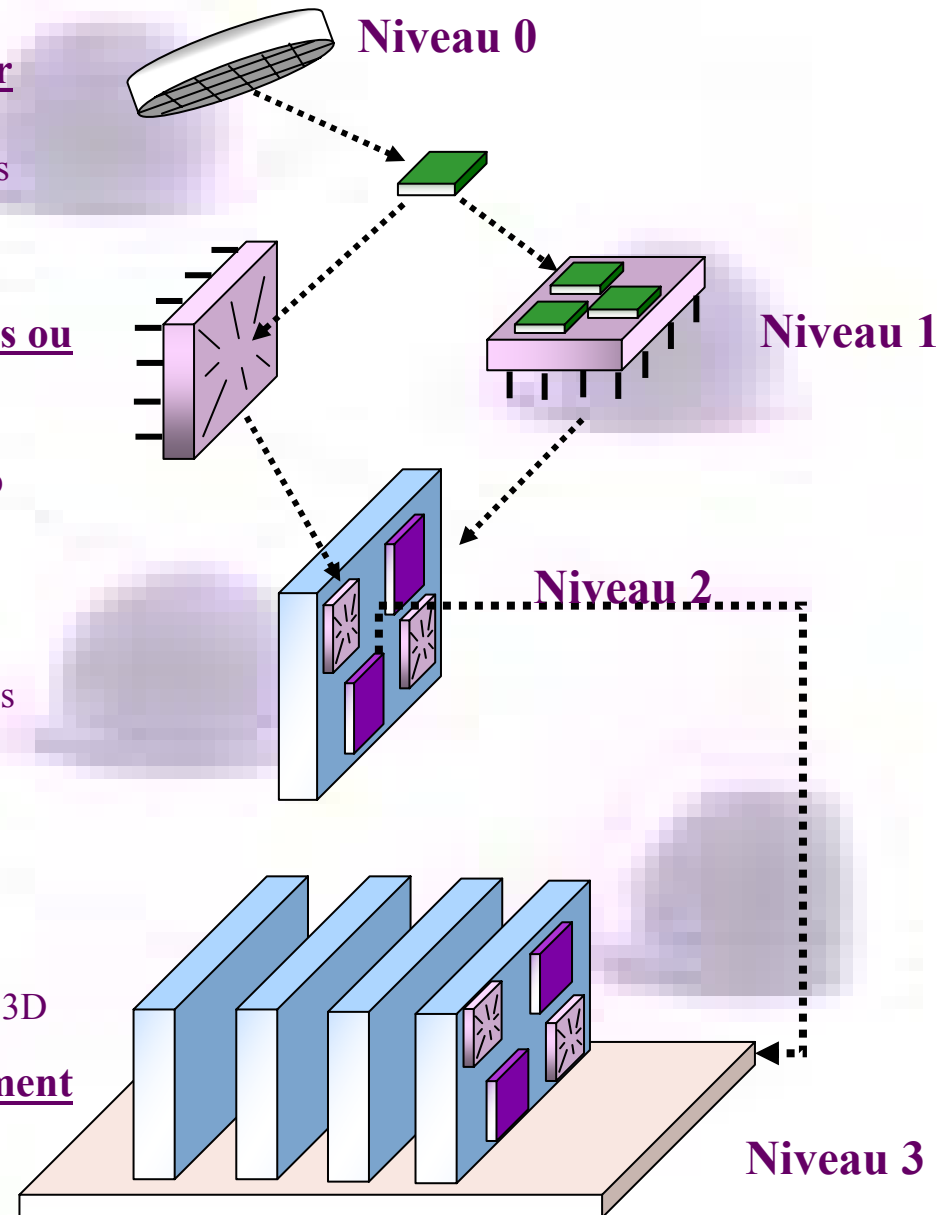
## E. ANNEXES

# L'assemblage des systèmes : Problématique

- ✓ **Un système réunit plusieurs fonctions afin de remplir les tâches qui lui sont assignées** (ex : capteur + traitement du signal + actionneur)
- ✓ **Nécessité d'intégrer des composants divers dans**
  - o Leurs propriétés (physiques, électriques, thermiques,..)
  - o Leur fonction (capteur, actionneur, calcul,..)
  - o Leur nature (microélectronique, microsystème, optoélectronique,..)
  - o Leur technologie (Silicium, III-V, polymères,..)
- ✓ **Objectifs de l'intégration**
  - o Performances
    - Vitesse
    - Consommation
    - Bruit
  - o Robustesse
  - o Minimisation de la taille
  - o Minimisation du poids
  - o Minimisation du coût

# L'assemblage des systèmes : Les niveaux d'assemblage

- ✓ **Niveau 0 : intégration des composants électronique par interconnexion sur une même puce**
  - Ex: transistors, résistances, capacités connectés par des pistes sur un bout de Si
  - Techniques : films minces, photolithographie,...
- ✓ **Niveau 1 : intégration des composants dans des boîtiers ou des circuits intégrés**
  - Ex : montage en CI de composants MOS
  - Techniques : collage, microsoudure, encapsulation, flip chip, etc..
- ✓ **Niveau 2 : intégration des boîtiers ou des CI sur un support**
  - Ex : montage des CI sur des cartes de circuits imprimés
  - Techniques : montage en surface, flip chip, multi chip module, ...
- ✓ **Niveau 3 : intégration des supports sur un support commun pour créer le système**
  - Ex : assemblage de plusieurs cartes sur un rack
  - Techniques : Câblage, multi chip module, assemblage 3D
- ✓ **Niveau 4 : intégration du système dans son environnement**
  - Ex : connexion du rack au secteur



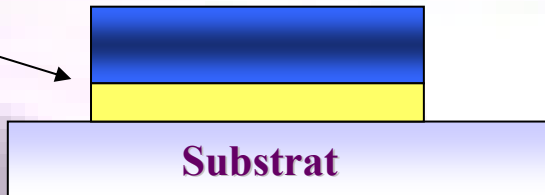
# Les fonctions de l'assemblage

## Fixation

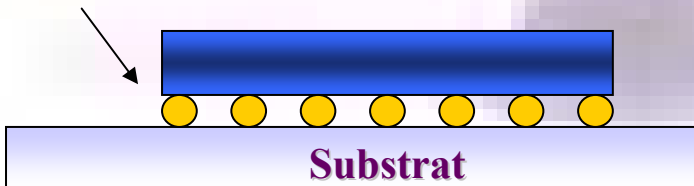
- ✓ Positionnement
- ✓ Solidarisation
  
- ✓ « Connexion »

Puce

Adhésif



Interconnexions Métalliques

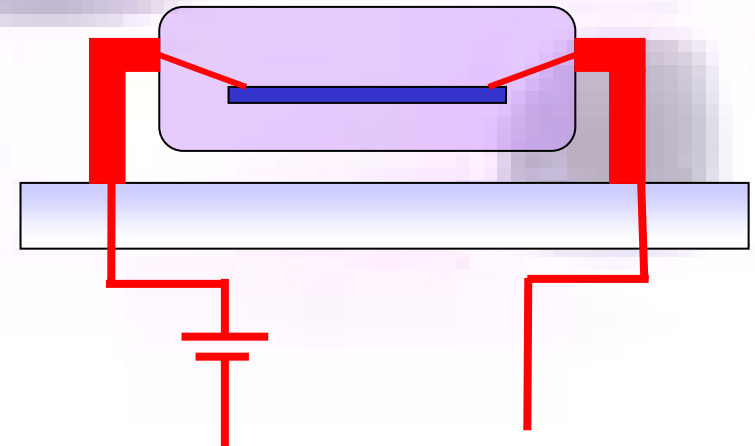


## Interconnexions

- ✓ Transmission des signaux
- ✓ Électriques
- ✓ Optiques
- ✓ ..

## Fonctionnalisation

- ✓ Mécanique
- ✓ Chimique
- ✓ ..



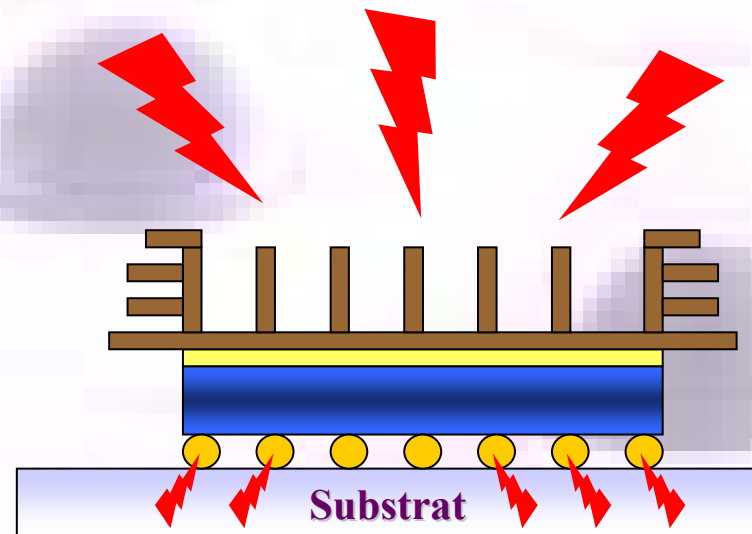
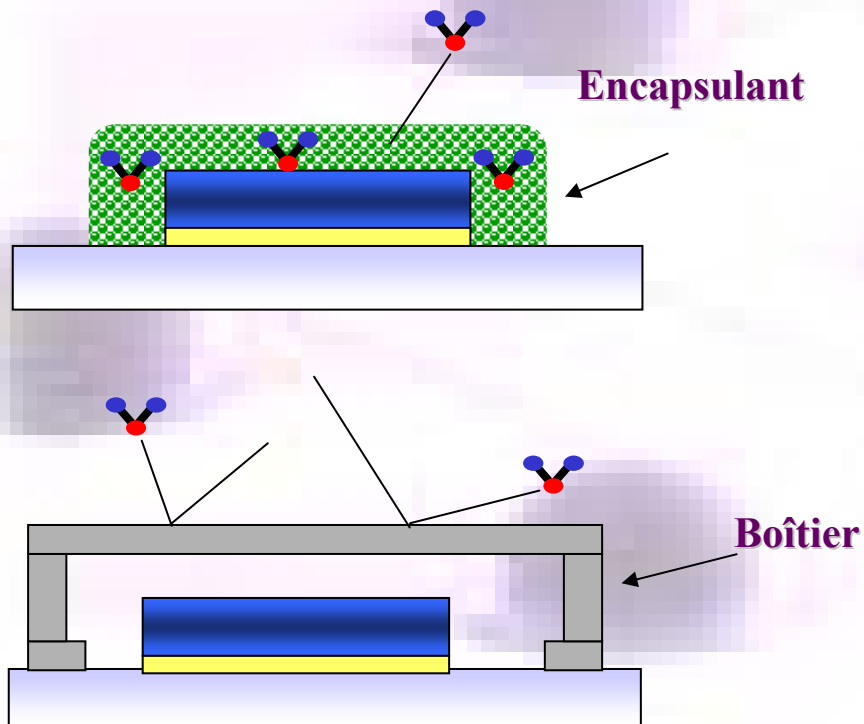
# Les fonctions de l'assemblage

## Protection contre les agressions

- ✓ Électrique
- ✓ Mécanique
- ✓ Chimique
- ✓ Lumineuse
- ✓ Etc.

## Dissipation thermique

- ✓ Évacuation de la chaleur
- ✓ Homogénéisation thermique



# MATERIAUX, TECHNIQUES ET PROCÉDES POUR L'ASSEMBLAGE

---

## A. INTRODUCTION

## B. LES MATERIAUX

1. Propriétés
2. Exemples

## C. LES PROCÉDES ET TECHNIQUES

## D. LE PACKAGING AU LAAS

## E. ANNEXES

# Les matériaux – Propriétés électriques

## Conductivité $\sigma$ : pouvoir de conduction électrique d'un matériaux

- ✓ Conducteurs utilisés pour
  - L' alimentation et l'interconnexion (câblage, bumps,...)
  - La fixation (colles conductrices, bumps,...)
  - La protection (underfill,..)
  - La dissipation thermiques (bumps, vias,...)
- ✓ Isolants utilisés pour
  - La fixation (colles isolantes,...)
  - La protection (encapsulant, underfill,...)
- ✓ Cu :  $59.6 \cdot 10^6$  S/m      Al :  $37.7 \cdot 10^6$  S/m      Au :  $45.2 \cdot 10^6$  S/m

## Permittivité $\epsilon$ : pouvoir de polarisation sous l'effet d'un champ électrique

$$V_{propagation\ du\ signal} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}}$$

 $\epsilon_r$ 

Air : 1

Téflon : 2.1

Verre : 5



# Les matériaux – Propriétés thermiques

**Conductivité thermique : pouvoir de conduction thermique d'un matériaux (En général va de pair avec la conductivité électrique)**

- ✓ Cu : 401 W/(m.K)      Al : 237 W/(m.K)      Au : 317 W/(m.K)

**Tangente de perte Tan  $\delta$  : pouvoir de dissipation thermique**

- ✓ Tan  $\delta = 0$       toute l'énergie est dissipée
- ✓ Tan  $\delta \approx \infty$       toute l'énergie est stockée
- ✓ Nitrure de Bore 0.0005-0.0017 (8.8 Ghz)      AlN 0.001 (1Mhz)

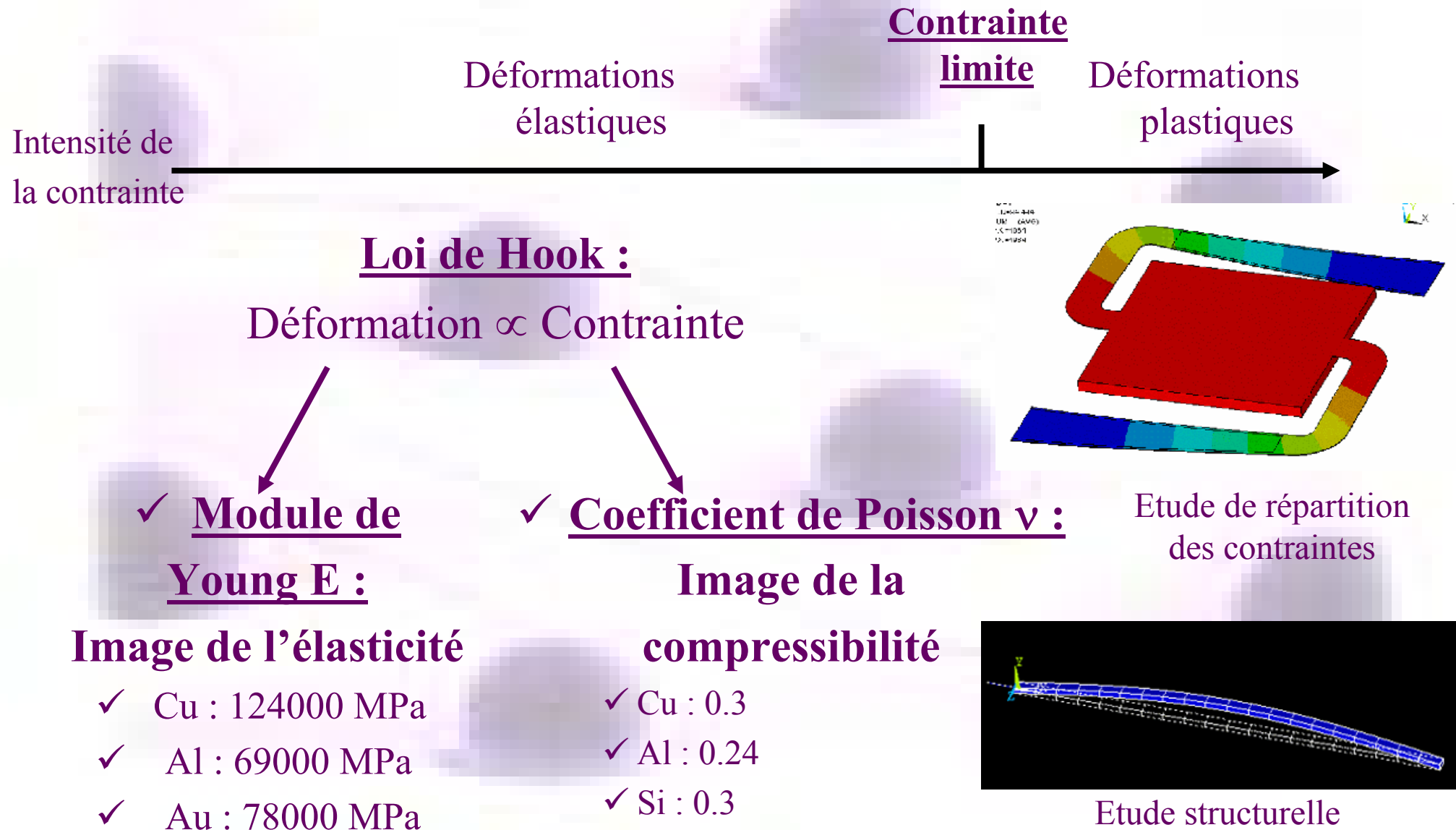
**Température de transition vitreuse Tg : modification des propriétés mécaniques**

- ✓ PMMA : 100°C      PBMA : 27°C      Silice 1200°C

**Coefficient Thermique d'Expansion : pouvoir de dilatation ou de contraction**

- ✓ Les plus homogènes possibles pour éviter les contraintes d'origines thermiques
- ✓ Cu : 16.5 10<sup>-6</sup>/K      Al : 24 10<sup>-6</sup>/K      Au : 14.2 10<sup>-6</sup>/K

# Les matériaux – Propriétés mécaniques



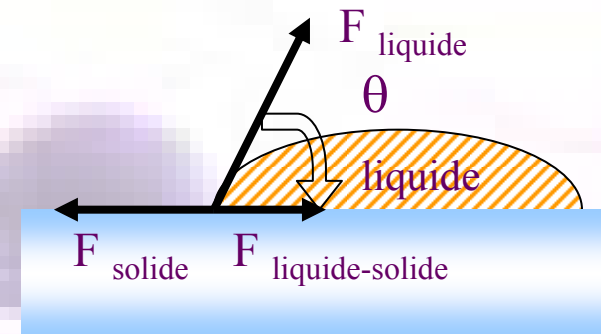
# Les matériaux – Propriétés chimiques

Tension de surface : énergie de cohésion de la surface (N/m)

Adhésion : pouvoir de solidarisation physico-chimique de deux matériaux

Mouillage : aptitude à être mouillé par une matière donnée

- ✓  $F_{\text{liquide}} \cos\theta + F_{\text{liquide-solide}} = F_{\text{solide}}$
- ✓  $\theta = 0^\circ$  mouillabilité parfaite
- ✓  $\theta = 180^\circ$  « imperméabilité parfaite »



**Influence des contaminations !!!!**

Potentiel d'oxydo-réduction : capacité à céder ou capter des électrons

- ✓ Création de « piles » ex : soudure filaire Al/Au [biblio]

# Les matériaux – Autres propriétés principales

---

## Herméticité :

- ✓ un matériaux est dit hermétique lorsque le coefficient de diffusion de l' Hélium  $y$  est inférieur à  $10^{-8} \text{ cm}^3.\text{s}^{-1}$

## Indice de réfraction : caractérise la déviation d'un rayonnement dans un matériaux

- ✓ Air :1
- ✓ Diamant : 2.418
- ✓ Verres : 1.5 à 2
- ✓ TiO : 2.76

## Bio compatibilité : capacité d'inertie biologique

- ✓ Applications humaines

Etc.

# Les matériaux – Exemples

Matériaux	Densité (g/cm <sup>3</sup> )	Module d'Young (GPa)	Force limite (MPa)	Transition vitreuse Tg (°C)	CTE (10E-6/K)	Conductivité thermique (W/mK)	Résistivité électrique (Ω-cm)	Coefficient de Poisson (ν)
<b>Métaux – Semiconducteurs - Céramiques</b>								
Si	2.4	120-131	120	1430	2.8	124-150	1E4	0.3
Ge	5.3	130	—	958	6.1	64	50	—
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	—	325	—	—	2.9	—	—	0.24
Al	2.8	70	83	660	24	210	2.7	0.24
Au	19.3	62.5	130	1064	14.2	293-311	2.2	—
Au + 2%Si	14.5	69.5	500-600	—	50	50	310	—
Cu	8.96	117-125	250-450	1083	16.5	395	1.7	0.3
Cu-W	17	255	—	—	6.5	180-200	<6	—
Cuivre Alliage MF 202	8.8	113	490-590	—	17	160	5.7	—
Ni	—	200	—	—	13	—	—	0.3
Kovar	8.4	138	627	—	5.3	17.5	49	—
Alliage 42	8.1	145	588-735	1425	4.3-4.5	15.7-15.9	57	—
TAMAC5	8.9	120	527-562	—	16.7	138	4.9	—
CDA 194	8.8	121	480-519	—	16.3	263	2.6	—
OLIN 7025	8.8	131	527	—	17.1	166	4.3	—
EFTEC 64T	8.9	119	560	—	17	300	2.3	—
Verre fillé argent	4.5	—	>10	—	8	270	10	—
Alumine	3.6-3.7	390	157	2050	6.7	18-22	—	0.25
Nitride d'aluminium	3.3	—	—	2000	4.6	170	—	—
Verre	4.7	5.7	—	—	6.3-7.0	0.6	—	—
Eutectique PbSn	8.4	49.3(-55°C) 26.5(0°C) 12.5(50°C) 2.9(100°C) 2.2(125°C)	20	—	24	50	—	0.35

# Les matériaux – Exemples

Matériaux	Densité (g/cm <sup>3</sup> )	Module d'Young (GPa)	Force limite (MPa)	Transition vitreuse Tg (°C)	CTE (10E-6/K)	Conductivité thermique (W/mK)	Résistivité électrique (Ω-cm)	Coefficient de Poisson (ν)
<b>Organiques</b>								
Composant de moulage	1.88	E <sub>1</sub> =11.7 E <sub>2</sub> =0.1	120-220	165	α <sub>1</sub> ≤23 α <sub>2</sub> ≤80	0.58-0.73	—	—
Silicone	1.2	—	4	220	230	0.26	—	—
Encapsulant	—	6-10	—	—	α <sub>1</sub> =19 α <sub>2</sub> =70	0.52	—	0.35
Adhésif argente	2.5-3.5	0.3-2	—	25-100	α <sub>1</sub> =40-80 α <sub>2</sub> =150-200	2.5	100	—
Underfill	—	10.5(210°C) 10(340°C) 8(400°C)	—	—	22.0 24.0	—	—	0.3 0.3 0.35
Laminate Substrate	—	12-18	225-330	195	12-16(x,y) 72-85(z)	—	—	0.28
Brasure	—	3	60	175	α <sub>1</sub> =60 α <sub>2</sub> =160	0.2	—	—
FR-4	—	23(230°C) 20(340°C) 12(400°C)	—	—	17.0(35.0)	—	—	0.25 0.25 0.35
FR-5	—	25(230°C) 21(340°C) 13(400°C)	—	—	10.0(25.0)	—	—	0.25 0.25 0.35

# MATERIAUX, TECHNIQUES ET PROCÉDES POUR L'ASSEMBLAGE

---

A. INTRODUCTION

B. LES MATERIAUX

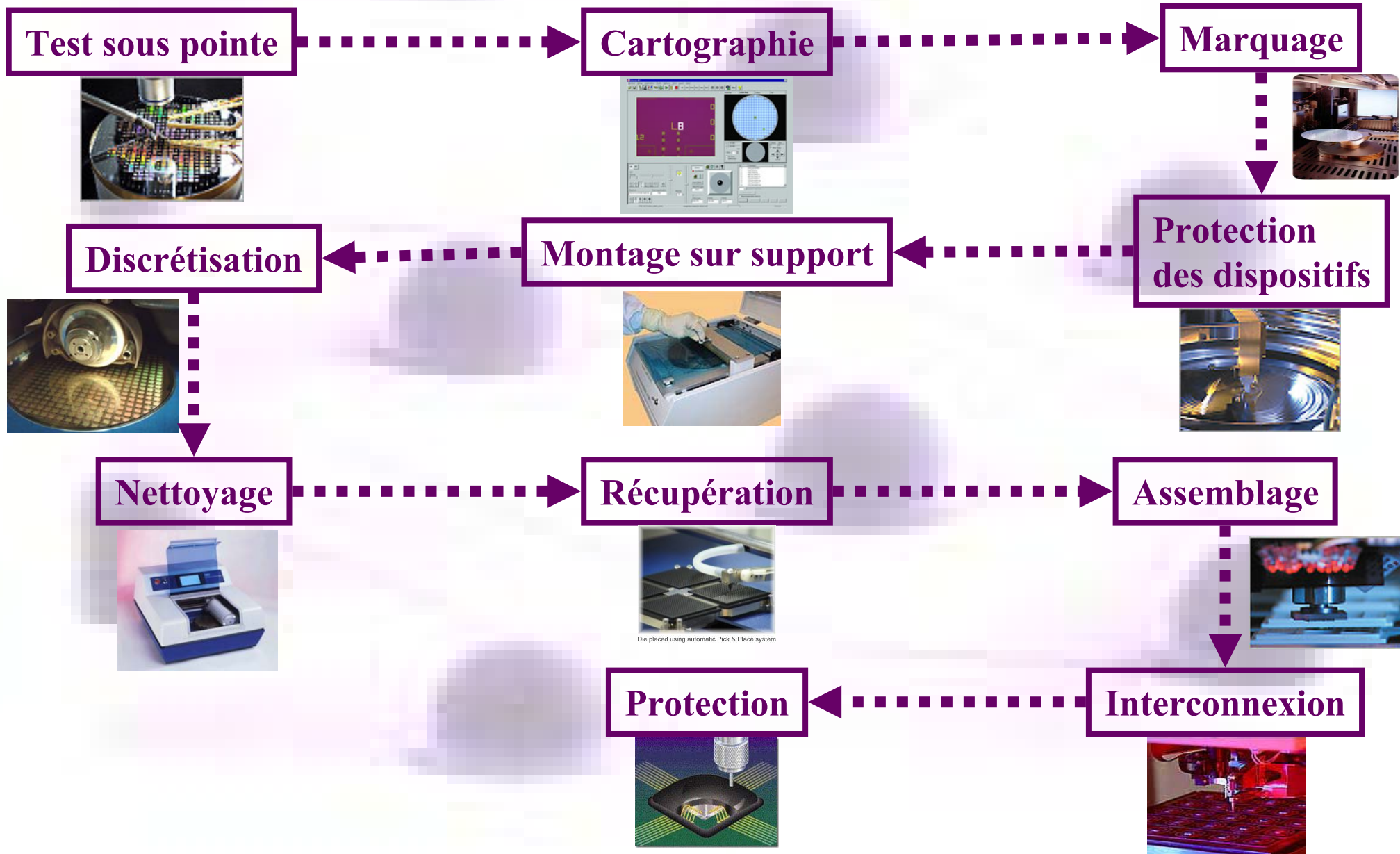
C. LES PROCÉDES ET TECHNIQUES

1. **Processus générique de la microélectronique**
2. **Assemblages de substrats**
3. **Assemblages hybrides et 3D**

D. AU LAAS

E. ANNEXES

# Le processus générique de la micro électronique





# MATERIAUX, TECHNIQUES ET PROCÉDES POUR L'ASSEMBLAGE

---

## A. INTRODUCTION

## B. LES MATERIAUX

## C. LES PROCÉDES ET TECHNIQUES

### 1. Processus générique de la microélectronique

- a. Discrétisation
- b. Assemblage
- c. Interconnexion
- d. Protection

### 2. Assemblages de substrats

### 3. Assemblages hybrides et 3D

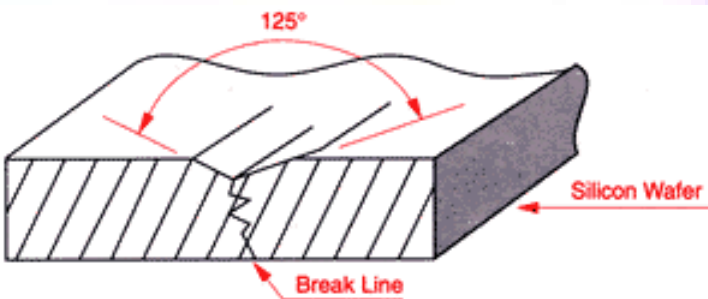
## D. AU LAAS

## E. ANNEXES

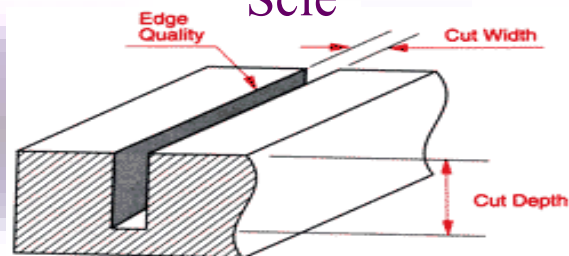
# La discrétisation – Les techniques

	<u>Clivage</u>	<u>Scribbling</u>	<u>Scie</u>	<u>Laser</u>	<u>Jet d'eau</u>	<u>Plasma</u>
<b>Pour</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>•Rapide</li> <li>•Mise en œuvre</li> <li>•Sec</li> <li>•Coût</li> <li>•Poli optique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Reproductibilité</li> <li>•Variété des procédés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Reproductibilité</li> <li>•Matériaux durs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Reproductibilité</li> <li>•Matériaux durs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Collectif</li> <li>•Propre</li> </ul>
<b>Contre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Axes de discrétisation</li> <li>•Positionnement</li> <li>•Reproductibilité</li> <li>•Matériaux durs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Poussières</li> <li>•Reproductibilité</li> <li>•Matériaux durs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Humide</li> <li>•Poussières</li> <li>•Coût équipement</li> <li>•Mise en œuvre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Qualité découpe</li> <li>•Poussières</li> <li>•Coût équipement</li> <li>•Bilan thermique</li> <li>•Mise en oeuvre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Humide</li> <li>•Poussières</li> <li>•Coût équipement</li> <li>•Mise en oeuvre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Mise en œuvre</li> <li>•Coût équipement</li> </ul>

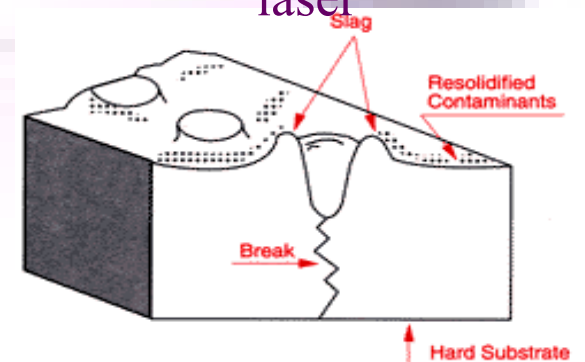
### Scribbling



### Scie



### laser

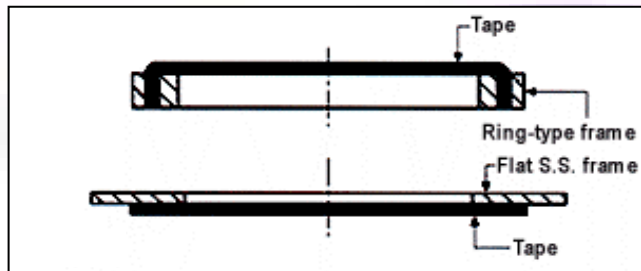


# La discrétisation – Les supports

	Force de maintien	Récupération des dispositifs	Non « chargement » de l'outil de découpe	Effet de bord d'outil	Compatibilité Substrat contraint	Mise en œuvre	Qualité de découpe
<b>Films adhésifs</b>	+	++	+	+	+	++	+
<b>Films UV</b>	+	+++	+	+	+	++	+
<b>Cire</b>	++	+	++	+++	+++	+	++
<b>Mécanique</b>	+++	+	+++	+++	-	+++	+
<b>Paramètres d'optimisation</b>	Pouvoir de maintien élevé	Pouvoir de maintien faible	Moins élevé avec couche adhésive fine	Moins élevé avec support épais	Intrinsèque	Intrinsèque	Paramètre s machine

Antagonistes

Antagonistes



# La discrétisation par scie diamantée

## 1. Cartographie

- ✓ Recherche des composants actifs
- ✓ Electriquement : testeur sous pointes
- ✓ Optiquement : microscope

## 2. Marquage

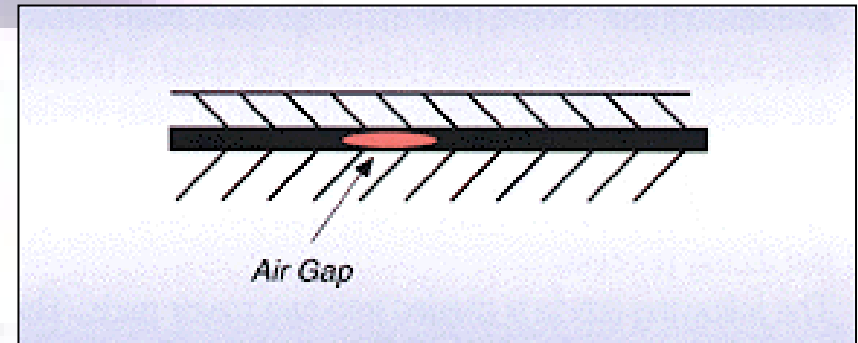
- ✓ Récupération des dispositifs actifs
- ✓ Jet d'encre
- ✓ Plan

## 3. Protection des dispositifs

- ✓ Enduction de résine face active
- ✓ Encapsulation par couches minces
  - + Protection contre les poussières
  - + Protection en milieu humide
  - + Amélioration de la qualité de découpe ?
  - Nettoyage après discrétisation

## 4. Montage sur support

- ✓ Absence de bulles d'air



Wafer  
film  
mouter

# La discrétisation par scie diamantée

## 5. Nettoyage

- ✓ Chimique
- ✓ Plasma

### Réacteur plasma



## 6. Récupération des composants

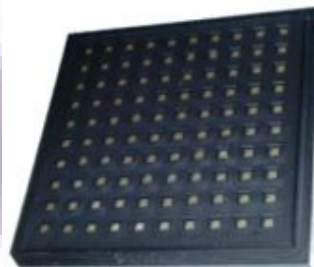
- ✓ Extension du film
- ✓ Extension + éjecteur face arrière
- ✓ Traitement UV du film

### Système de traitement UV des films



## 7. Rangement

- ✓ Cassettes
- ✓ Cassettes avec gel

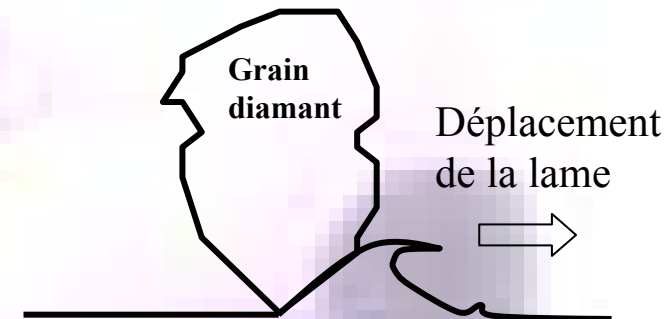
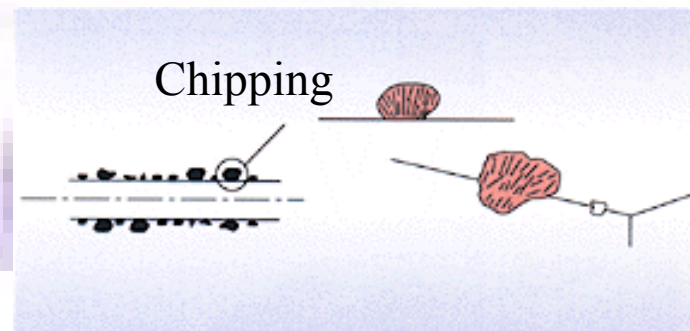
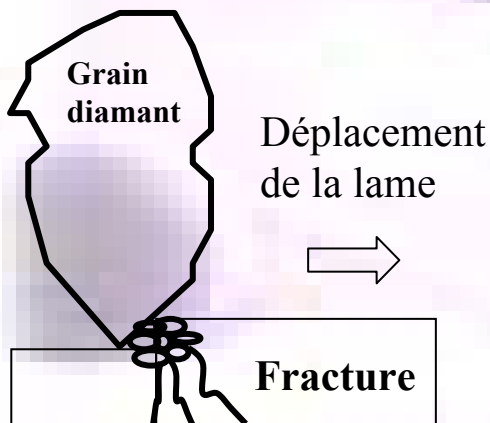


### Récupérateur de puces

# La discrétisation par scie diamantée

## Mécanismes

- ✓ Matériaux « cassants » (Si, Verre, Ferrite, etc.) : micro fractures
- ✓ Matériaux à haute viscosité (Résine, Cuivre, Aluminium, etc.) : cisaillement



# La discrétisation par scie diamantée - Paramètres

✓ Matériau

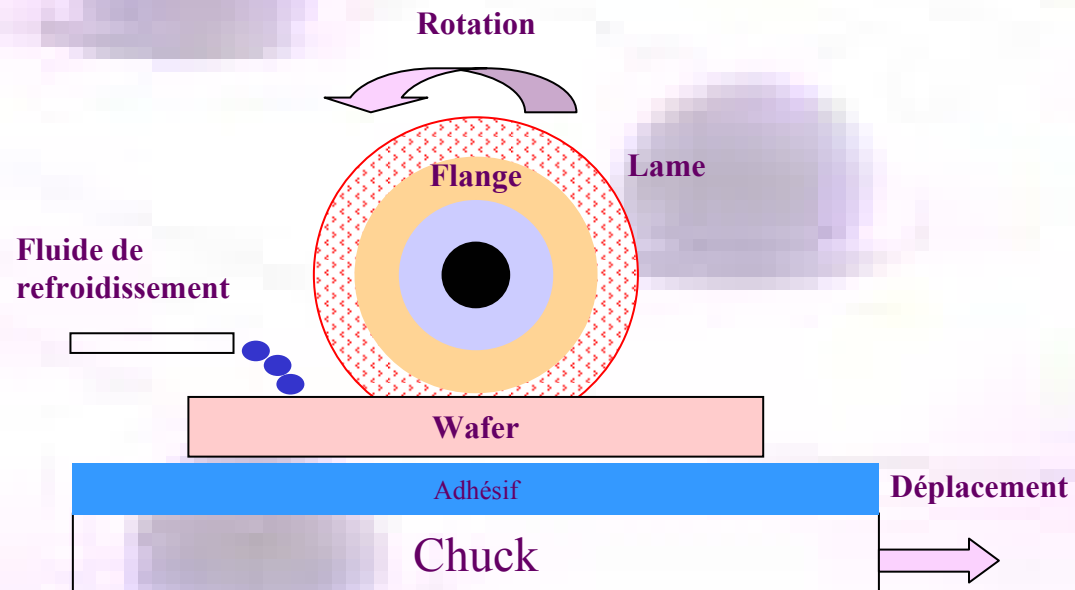
✓ Support

✓ Scie

- o Diamètre
- o Vitesse de rotation
- o Vitesse déplacement
- o Fluide de refroidissement

✓ Lame

- o Nature
- o Diamètre
- o Epaisseur
- o Liant
- o Taille des grains
- o Densité de grains



# La discrétisation par scie diamantée - Paramètres

## ✓ Lames : Anneau circulaire diamanté maintenu par un Flasque

### o Deux types de montages



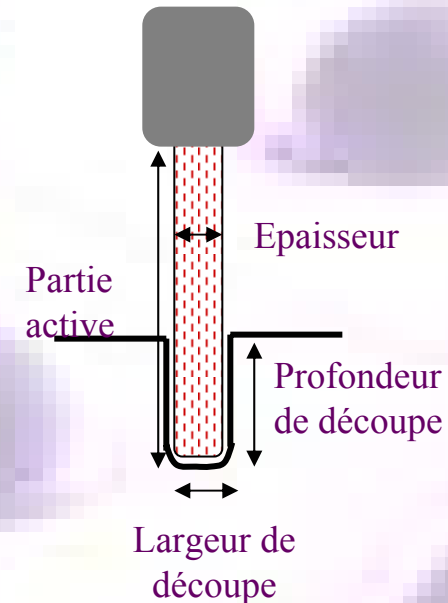
Hub :  
Lame et flasque  
solidaires



Hubless :  
Flasque et lame  
séparés

o  $\text{Ø Extérieur} - \text{Ø Flasque} = \text{Partie active}$

### o Epaisseur



### o Recommandations pour le Silicium

o Partie active  $< 20$  Epaisseur

o Profondeur de découpe  $< 10$  Epaisseur

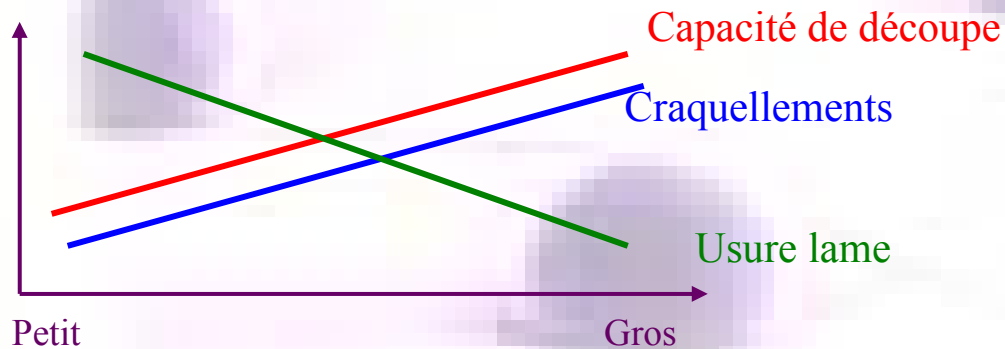
o Largeur de découpe  $\approx 1.1$  Epaisseur



# La discrétisation par scie diamantée - Paramètres

## ✓ Grains : Diamants synthétiques ou Nitrure de Bore

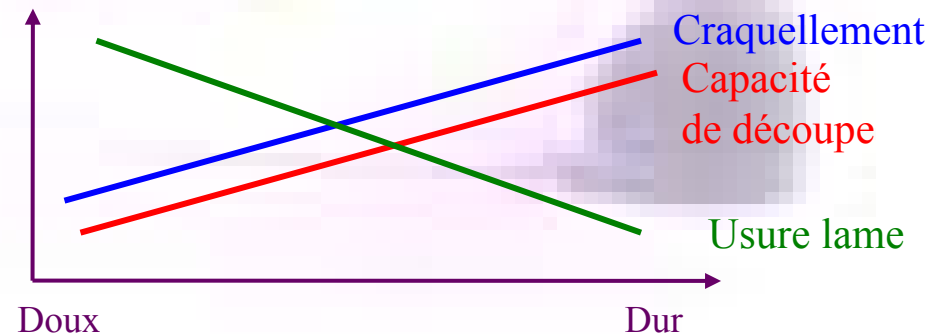
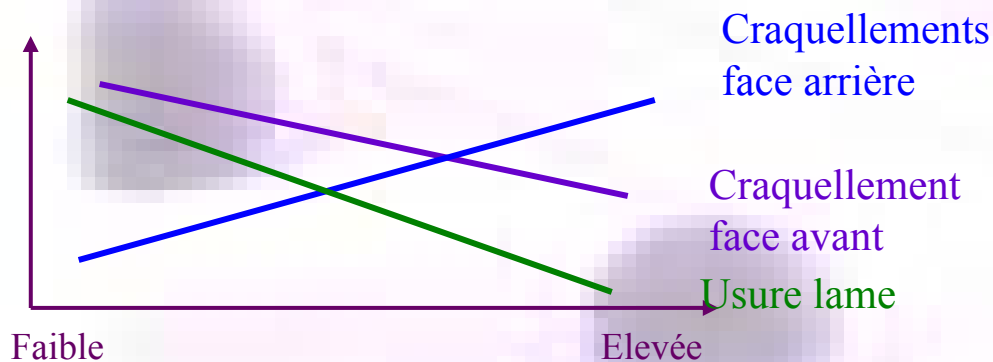
### ✓ Taille en $\mu\text{m}$ (facteur le plus influant)



### ✓ Liant

- o Electro-Déposé (Ni)
  - Grande capacité de découpe
- o Métal (non ferreux : Cu, Sn)
  - Usure lente
- o Résine phénolique
  - Grande qualité de découpe, fragile
- o Vitrifié (céramiques)
  - Résistance à la température

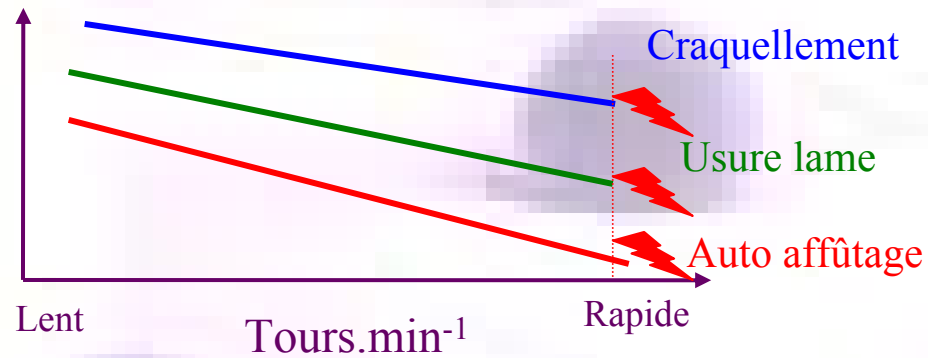
### ✓ Concentration



# La discrétisation par scie diamantée - Paramètres

## ✓ Vitesse de rotation

- Résine : 30 000 tr.min<sup>-1</sup> max
- Métal : 40 000 tr.min<sup>-1</sup> max
- Nickel : 55 000 tr.min<sup>-1</sup> max



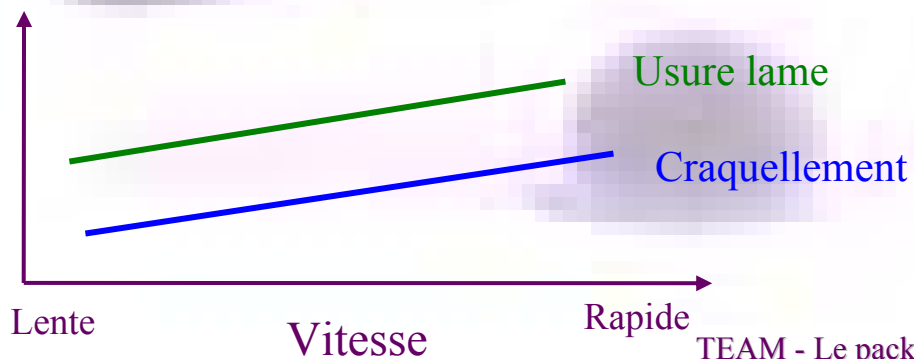
## ✓ Fluide de refroidissement

## ✓ Montage de la lame



## ✓ Vitesse de déplacement

De 0.5 à 20 mm.s<sup>-1</sup>



## Résultats



Verre lame résine

Si lame Nickel

# La discrétisation par scie diamantée – En pratique

## ✓ Choix de la lame

<u>Silicium</u>	<u>Nickel</u>
<u>GaAs, InP</u>	<u>Nickel</u>
<u>Verre</u>	<u>Résine</u>
<u>Céramique</u>	<u>Résine (Métal)</u>
<u>PZT</u>	<u>Nickel</u>
<u>Métal</u>	<u>Résine</u>

## ✓ Procédés types

<u>Silicium (500 <math>\mu\text{m}</math>)</u>	<u>Verre (1mm)</u>
<u>30 000 tr.min<sup>-1</sup></u>	<u>27 000 tr.min<sup>-1</sup></u>
<u>5 mm.s<sup>-1</sup></u>	<u>1 mm.s<sup>-1</sup></u>
<u>1 l.min<sup>-1</sup></u>	<u>1 l.min<sup>-1</sup></u>
<u>Lame Nickel</u>	<u>Lame Résine</u>
<u>Partie active 800 <math>\mu\text{m}</math></u>	<u>Partie active 1.3 <math>\mu\text{m}</math></u>
<u>Epaisseur 35 <math>\mu\text{m}</math></u>	<u>Epaisseur 250 <math>\mu\text{m}</math></u>

## ✓ Chemins de découpe

- o Continus
- o Non métallisés
- o Silicium : 100  $\mu\text{m}$
- o Membranes : optimisation

# La discrétisation – Les équipements

- ✓ Divers types de films
- ✓ Montage de film sur anneaux
- ✓ Scie diamantée : DAD 321 Semi automatique
- ✓ 2 Scribbers



DAD 321



Scriber

# MATERIAUX, TECHNIQUES ET PROCÉDES POUR L'ASSEMBLAGE

---

## A. INTRODUCTION

## B. LES MATERIAUX

## C. LES PROCÉDES ET TECHNIQUES

### 1. Processus générique de la microélectronique

a. Discrétisation

**b. Assemblage**

c. Interconnexion

d. Protection

### 2. Assemblages de substrats

### 3. Assemblages hybrides et 3D

## D. AU LAAS

## E. ANNEXES

# L'Assemblage – Les Techniques

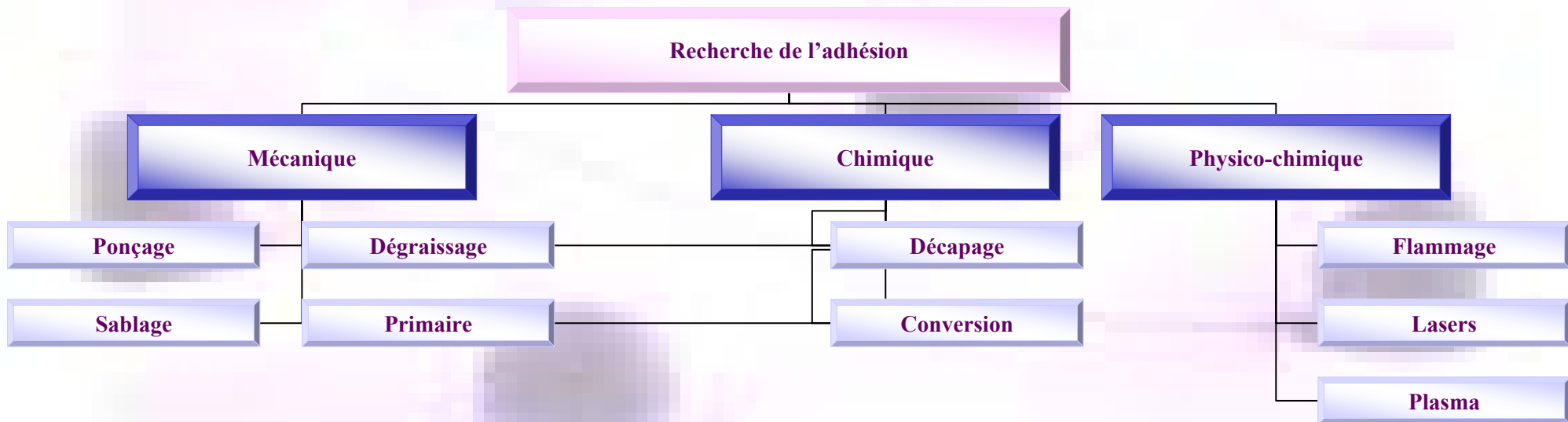
	<b>Collage</b>	<b>Soudure (Flip chip, TAB)</b>	<b>Brasure</b>
<b>Processus</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Traitement de surface</li> <li>2. Dépôt de l'adhésif</li> <li>3. Positionnement</li> <li>4. Réticulation</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Métallisations               <ul style="list-style-type: none"> <li>o UBM</li> <li>o Bumps</li> </ul> </li> <li>2. Positionnement</li> <li>3. Hybridation</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Traitement de surface</li> <li>2. Dispense de la pâte</li> <li>3. Positionnement</li> <li>4. Recuit</li> </ol>
<b>Principaux Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mise en œuvre</li> <li>✓ Diversité des procédés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Précision</li> <li>✓ Assemblage et connexion simultanés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Traitement collectif</li> <li>✓ Traitement de grandes surfaces</li> </ul>
<b>Principaux inconvénients</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Répétitivité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mise en œuvre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mise en oeuvre</li> </ul>

# L'assemblage – Les traitements de surface

## ✓ Objectifs

- Obtention d'états de surface reproductibles
- Élimination des contaminants de surface
- Modification des propriétés de surface pour optimisation de l'adhérence
  - Tension superficielle de l'adhésif < Tension de surface du substrat

## ✓ Classification



# L'assemblage – Les traitements de surface

## ✓ Traitement chimiques

### o Dégraissage

- Solubilisation des corps gras ou substances en surface
- Décontamination: enlèvement des poussières
- Séchage
- Solvants, Alcalins, Ultrasons

### o Décapage

- Dissolution et éclatement des oxydes de surface (Dé-oxydation)
- Acides, bases + accélérateurs , inhibiteurs

### o Conversions

- Création d'une nouvelle interface par modification de l'existant ou dépôt d'une couche
- Phosphatations, chromations, oxydations anodiques, métallisations, greffage, etc.

## ✓ Traitement plasma

- o Nettoyage par pulvérisation ou chimie de surface
- o Modification de la rugosité
- o Greffage de nouvelles fonctions chimiques
- o Dépôts



# L'assemblage – Les traitements de surface - Exemple

## Collage de deux plaques de verre plat

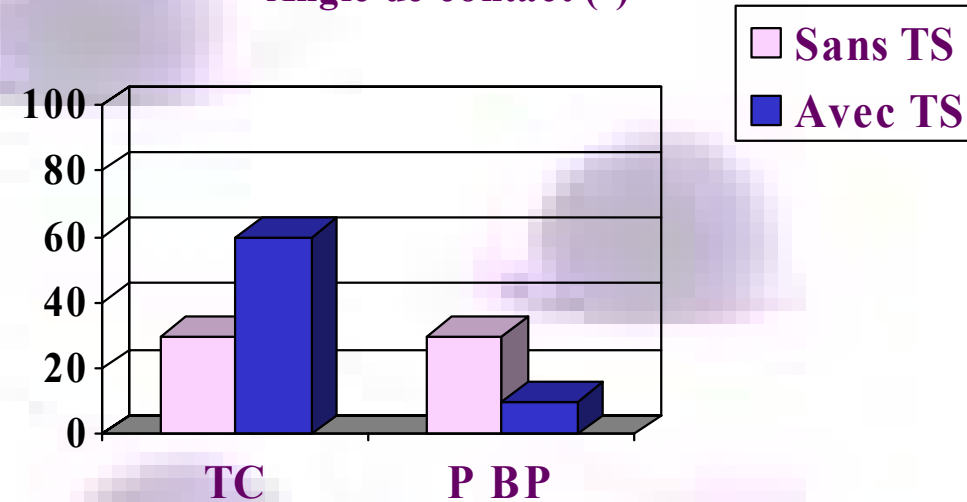
### o Protocole 1 : traitement chimique

- Dégraissage solvant perchloréthylène , Bains ultrasons à 20°C pendant 10min
- Décapage sulfochromique : 17g de dichromate de sodium, 975g d'acide sulfurique, 8ml d'eau à 20°C pendant 15min
- Rinçage : eau de ville bain à 20 °C pendant 30 s
- Rinçage : eau déminéralisée bain à 20°C pendant 5 min
- Séchage : air 20 minutes à 50°C

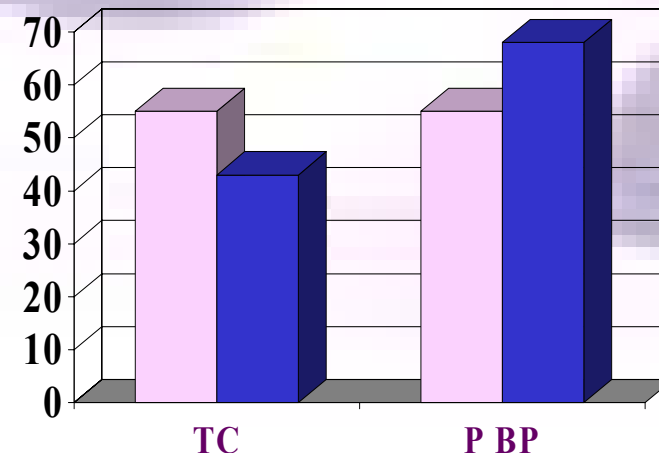
### o Protocole 2 : Plasma froid basse pression

- Dégraissage solvant : éthanol
- Plasma micro onde : Ar 5l/min et O2 2.5 l/min P=600 W, Durée 3 minutes

Angle de contact (°)



Energie de surface (mJ/m<sup>2</sup>)



# L'assemblage – Les adhésifs - Classifications

## ✓ Mécanismes d'activation

### o Activation physique

- Colles à eau (dispersion, émulsion)  
Végétales, Animales, Minérales, Synthétiques  
(vinyliques, acryliques,..)
- Solvants organiques  
Dérivés cellulosiques, PVC, acétate de vinyl,  
acryliques, Base de caoutchouc  
synthétique, Films adhésifs activés par la  
chaleur ou la pression

- Thermo fusibles  
Éthylène acétate de vinyl, Polyesters,  
Polyamides

### o Activation chimique

- Époxydes
- Polyuréthanes
- Cyanoacrylates
- Anaérobies
- Thermostables

## ✓ Comportement macromoléculaire

- o Élastomère
- o Thermoplastique
- o Thermodurcissable

## ✓ Comportement macroscopique

- o Non structural
- o Semi structural
- o Structural
- o Maintien
- o Étanchéité

# L'assemblage – Les adhésifs – Mécanismes d'activation

## ✓ Action physique (AMOP)

o Liquide ou suspension

→ Joint solide

Évaporation - d'eau  
- de solvant  
Absorption d'eau

o Solide

→ + $\Delta T$

État fondu

→ - $\Delta T$

Joint solide

## ✓ Action chimique (AMOC)

o Réactifs liquides ou visqueux

→ Joint solide

Polymérisation ou réticulation par

- |                       |               |
|-----------------------|---------------|
| - apport d'énergie    | - contact,    |
| - durcisseur,         | - activateur, |
| - humidité            | - anaérobie,  |
| - présence d'un métal | - rayonnement |

# L'assemblage – Les adhésifs - Composition

- ✓ **Agent collant**
- ✓ **Plastifiant**
  - Diminue E et Tg avec augmentation de la fluidité, de la souplesse et de la tenue aux chocs
  - Favorable sur le mouillage mais défavorable à la cohésion
- ✓ **Agent thixotropant**
  - Évite le fluage tant qu'aucune contrainte de cisaillement n'est appliquée
- ✓ **Colorants, stabilisants, antioxydants**
  - Sans influence sur la qualité de l'adhérence
- ✓ **Agents épaississants ou fluidifiants**
  - Régulation de la viscosité
- ✓ **Tackifiant**
  - Augmentation de la pégosité mais défavorable sur l'adhésivité et la cohésion
- ✓ **Charges minérales**
  - Influence sur les propriétés de conduction électrique ou thermique
- ✓ **Charges organiques**
  - Influence sur la souplesse du joint

# L'assemblage – Les adhésifs - Exemples

## ✓ Critères de choix

- o Matériaux
- o Traitement de surface
- o Mise en œuvre
- o Conductivité électrique
- o Conductivité thermique
- o Résistance à la température
- o Taux de dégazage
- o Hydrophobie
- o Corrosivité
- o Bio compatibilité
- o ...

Epoxy technology  
H70-E2

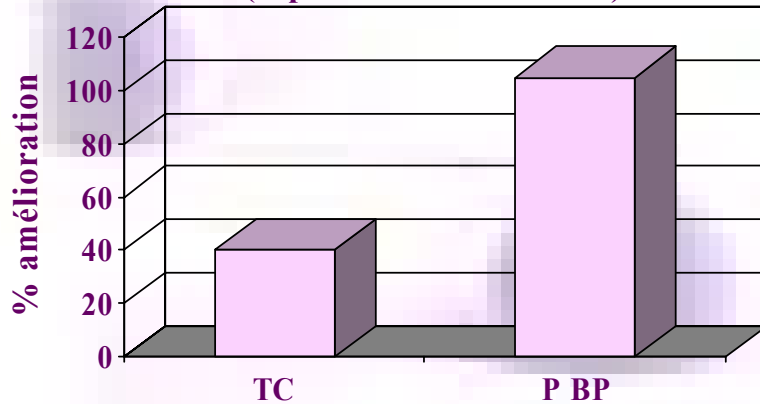


Document Adobe  
Acrobat

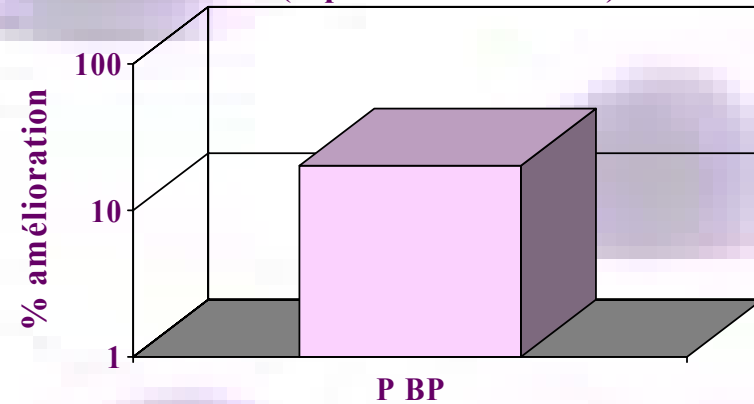
# L'assemblage – Traitement de surface et adhésifs - Exemple

## Collage de deux plaques de verre plat (après traitement de surface cf. trans31)

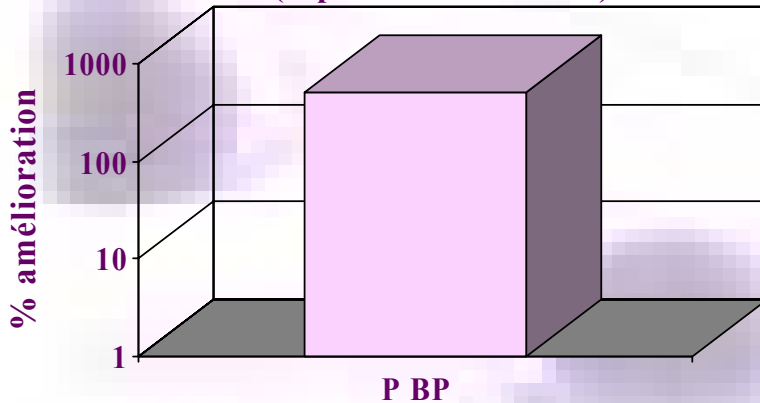
Colle epoxy Araldite 2011  
(rupture dans le substrat)



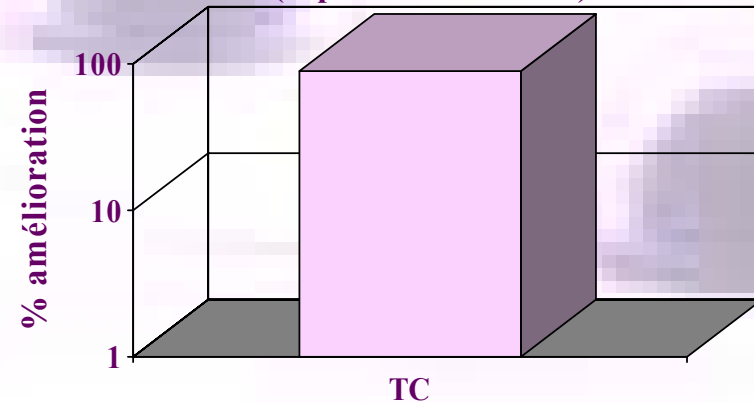
Colle polyurethane Axson A203  
(rupture de l'adhésion)



Colle méthacrylate Araldite 2022  
(rupture de l'adhésion)



Colle Silicone Rhodia CAF 33  
(rupture de cohésion)



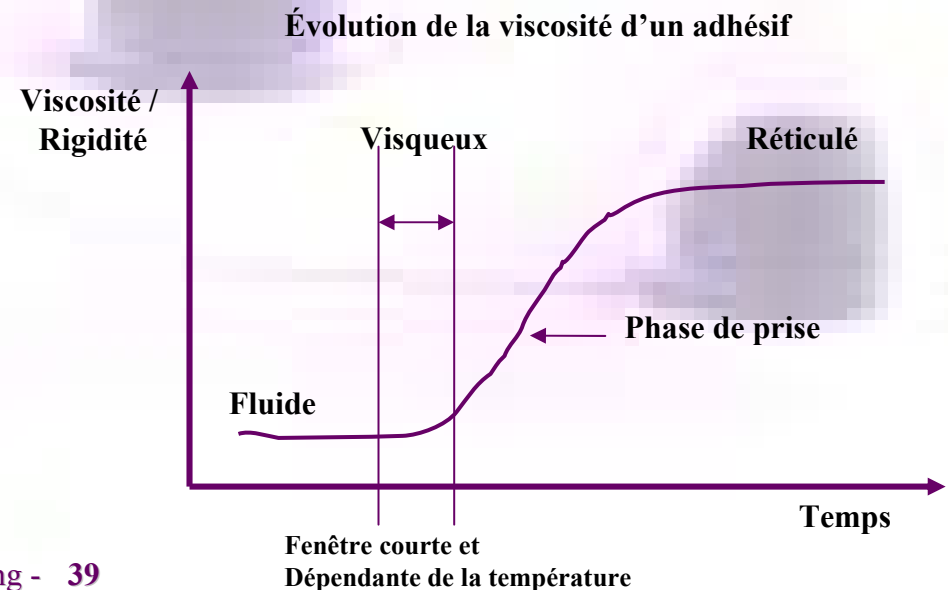
**Pas de panacée : Couple Traitement de surface / Adhésif à adapter au résultat recherché**

# L'assemblage – Les adhésifs – Mise en oeuvre

## ✓ Paramètres

- o Viscosité
- o Mode d'encollage
  - Simple
  - Double
- o Grammage
  - Consommation
  - Grammes/m<sup>2</sup> ou litres/m<sup>2</sup>
- o Durée de vie après sortie du pot
- o Pégosité
  - Pouvoir de maintien immédiat
- o Vitesse de prise
- o Durée de conservation

- o Temps de gommage
  - Durée minimale qui doit s'écouler entre l'étalement et l'assemblage
- o Temps ouvert
  - Durée maximale qui doit s'écouler entre l'étalement et l'assemblage
- o Temps fermé
  - Durée autorisée entre l'assemblage et le pressage



# L'assemblage – Les adhésifs – Techniques d'application

## ✓ Manuelles

- o Pinceaux
- o Brosses
- o Spatules

## ✓ Extrusion

- o Seringue
- o Pompe volumétrique
- o Pistolet pour thermo fusibles
- o Pistolets à cartouche

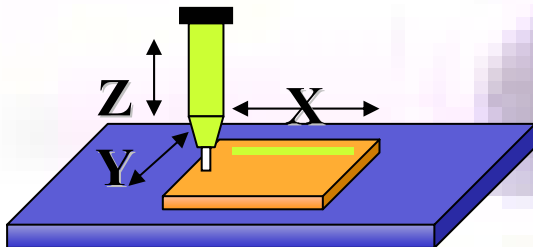
## ✓ Pulvérisation

- o Pistolet
- o Spray

## ✓ Sérigraphie

## ✓ Préformes

## ✓ Films





# L'assemblage – Les adhésifs – Techniques d'activation

---

- ✓ Fours, tunnel, étuves à circulation d'air
- ✓ Fours, tunnels, étuves à rayonnement
  - o UV
  - o IR
  - o Faisceau d'électron
  - o Radiofréquence
  - o Micro ondes
- ✓ Pistolets UV
- ✓ Plaques chauffantes



# L'Assemblage – Les équipements

✓ Tresky - Libre service



✓ Eutectique KS 648 -2



✓ FC 150 : pas en libre service



✓ Étuves

✓ Plaques chauffantes

✓ Pistolet UV

# MATERIAUX, TECHNIQUES ET PROCÉDES POUR L'ASSEMBLAGE

---

A. INTRODUCTION

B. LES MATERIAUX

C. LES PROCÉDES ET TECHNIQUES

## 1. **Processus générique de la microélectronique**

a. Discrétisation

b. Assemblage

**c. Interconnexion**

d. Protection

2. Assemblages de substrats

3. Assemblages hybrides et 3D

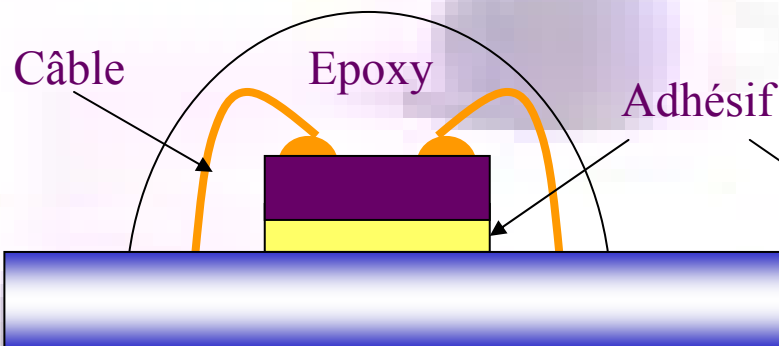
D. AU LAAS

E. ANNEXES

F. REFERENCES

# Interconnexions : Les techniques

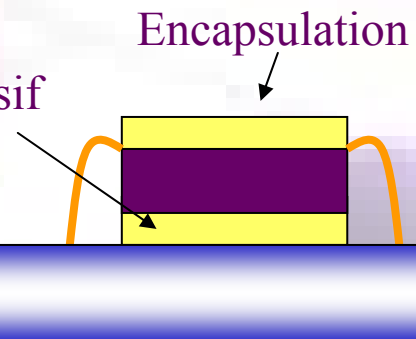
## Wire bonding



2 options

- Wedge bonding
- Ball bonding

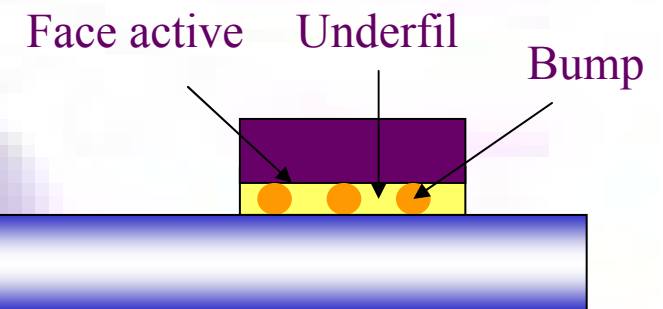
## TAB



2 options

- Puce face en haut
- Puce face en bas

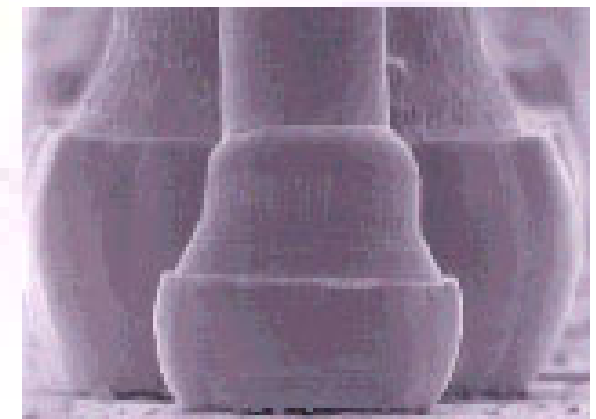
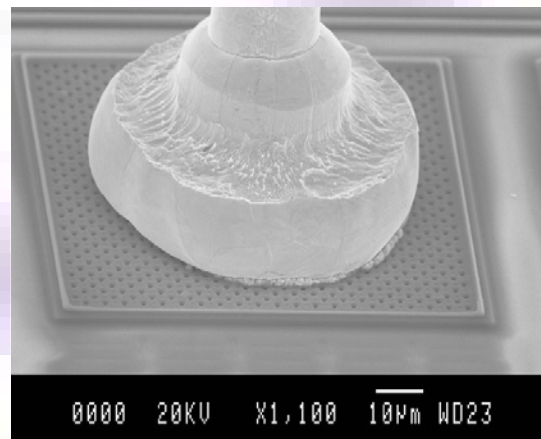
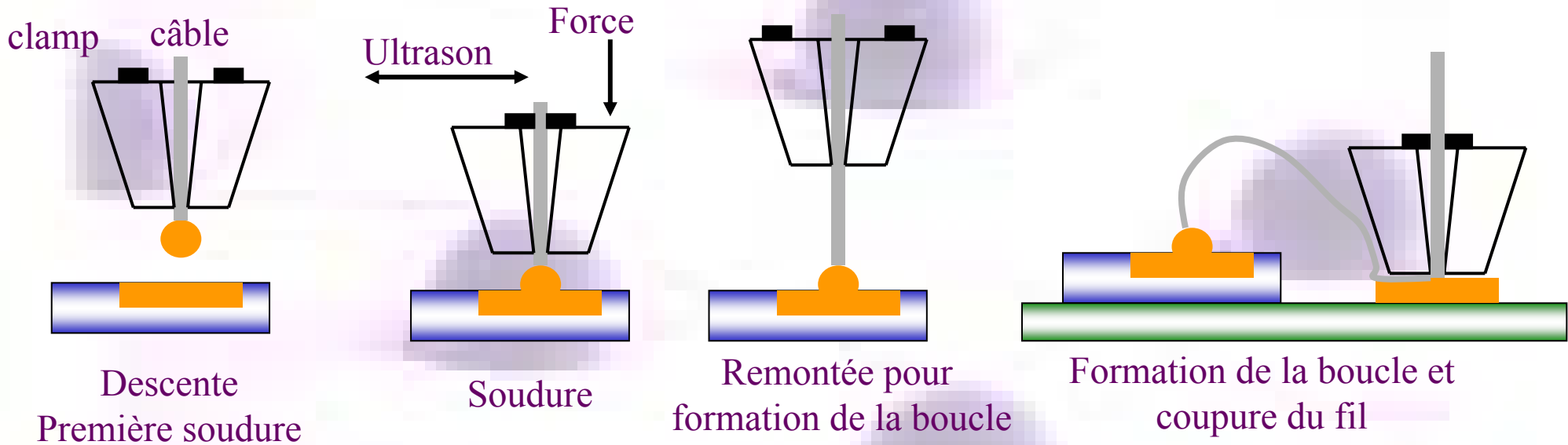
## Flip chip



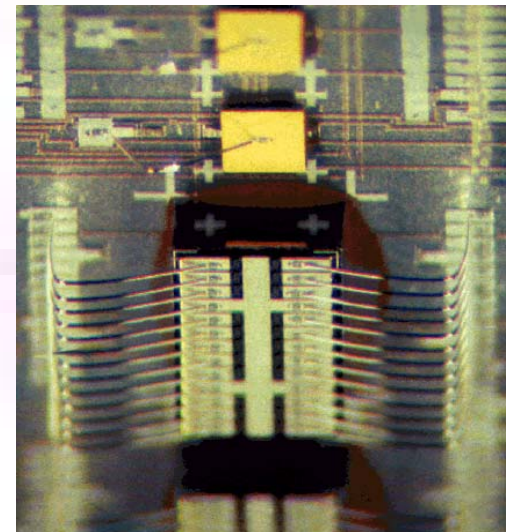
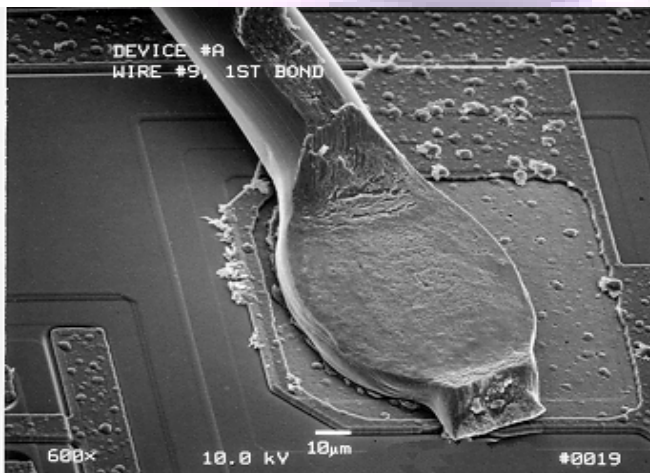
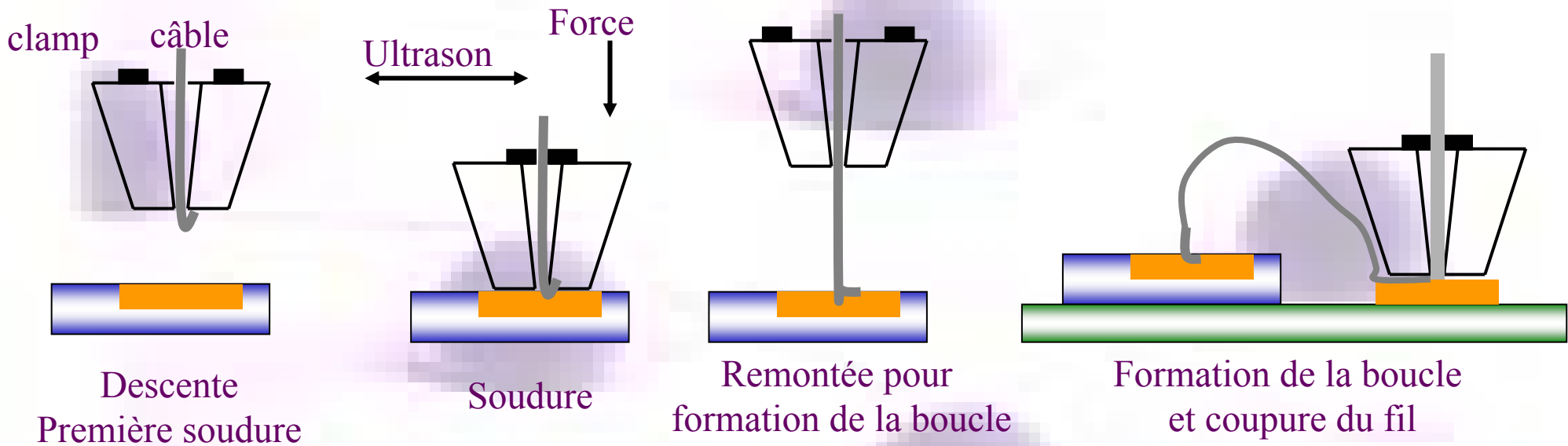
3 options

- Liaison métallurgique
- Liaison par adhésif
- Mixte

# Interconnexions – Filaires – Ball bonding



# Interconnexions – Filaires – Wedge bonding



# Interconnexions – Filaires - Paramètres

<u>Paramètre</u>	<u>Influence sur</u>
<b>Topologie</b>	<b>Type de machine</b> <b>Type d'outil</b> <b>Hauteur de boucle</b>
<b>Plots de contact</b> <ul style="list-style-type: none"><li>o Nature</li><li>o Taille</li><li>o Pas</li></ul>	<b>Technique de soudure</b> <b>Nature du fils</b> <b>Diamètre du fils</b> <b>Paramètres de soudure</b>
<b>Soudure</b> <ul style="list-style-type: none"><li>o Puissance</li><li>o Durée</li><li>o Force</li></ul>	<b>Qualité</b> <b>Robustesse</b>



# Interconnexions – Filaires -Caractéristiques

	<b>Ball bonding</b>	<b>Wedge bonding</b>
<b>Force</b>	<b>&lt; 100 g</b>	
<b>Température</b>	<b>150-200°C</b>	<b>125-150°C</b>
<b>Fréquence</b>	<b>60-120 kHz</b>	
<b>Durée minimale (en mode automatique)</b>	<b>20 ms</b>	<b>80 ms</b>
<b>Pas du câblage</b>	<b>Moyen</b>	<b>Bon</b>
<b>Déformation maximale du câble</b>	<b>60-80%</b>	<b>25-30%</b>
<b>Nature des câbles</b>	<b>Au dopé Be et Ca (5-10ppm)</b> <b>Al dopé Si (1%)</b> <b>Al dopé Mg (0.5 –1%)</b>	
<b>Diamètres</b>	<b>25 µm , 50 µm,..</b>	



# Interconnexions – Filaires – Les équipements

## Delvotek -Wedge -Semi automatique



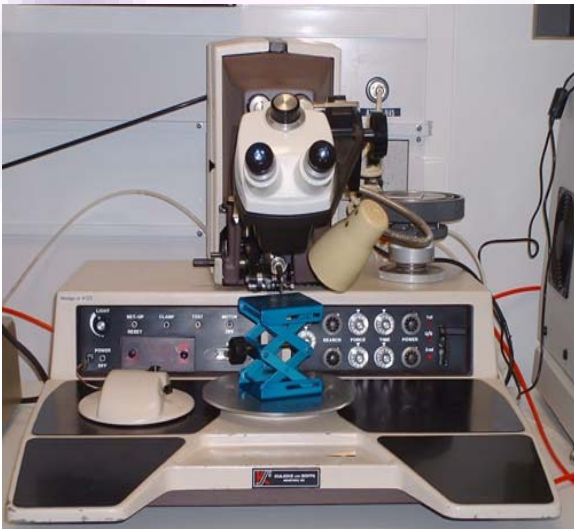
### Caractéristiques nécessaires des plots

- Aluminium ou Or
- 8000 Å
- Recuits
  - Al 450°C 20'
  - Au 250°C 20'

## KnS 484-Wedge -Manuelle



## KnS 4123-Wedge -Manuelle



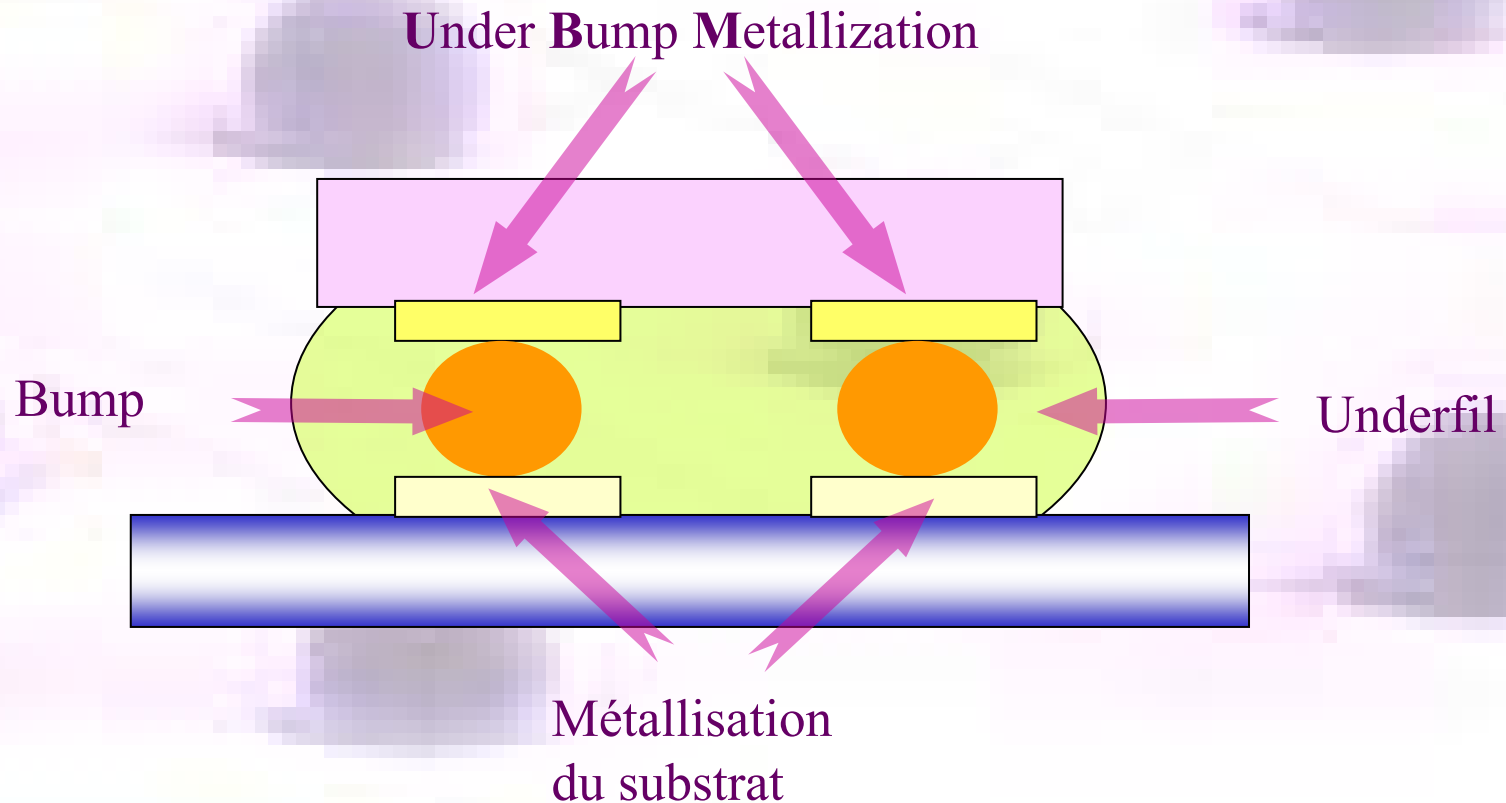
## KnS 4124-Ball -Manuelle



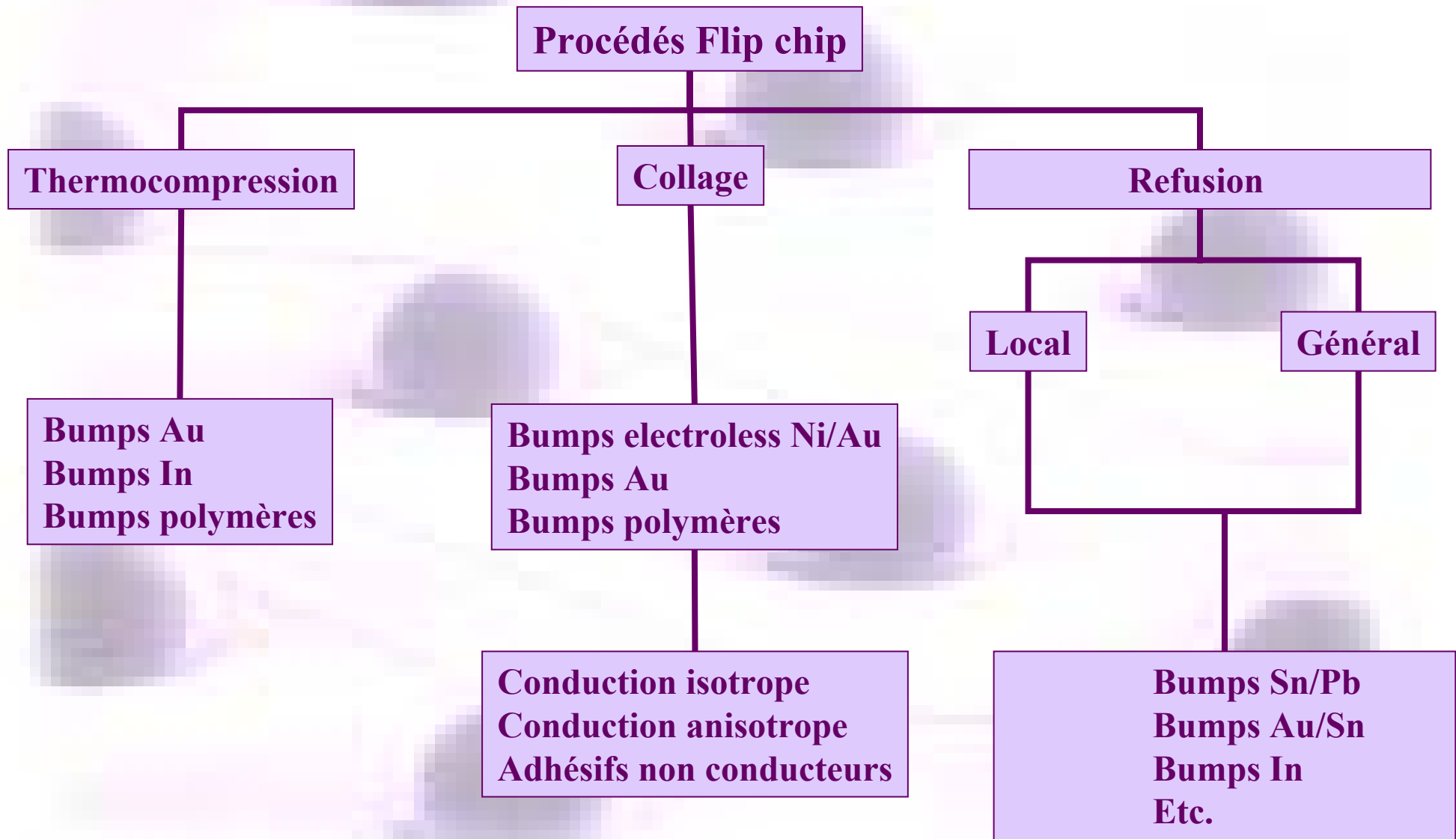
# Interconnexions – Flip chip - Principe

La puce retournée est directement soudée sur le substrat par l'intermédiaire de plots métalliques (bumps) préalablement réalisés

## ✓ Quatre zones fonctionnelles



# Interconnexions – Flip chip – Les procédés



# Interconnexions – Flip chip - Procédés

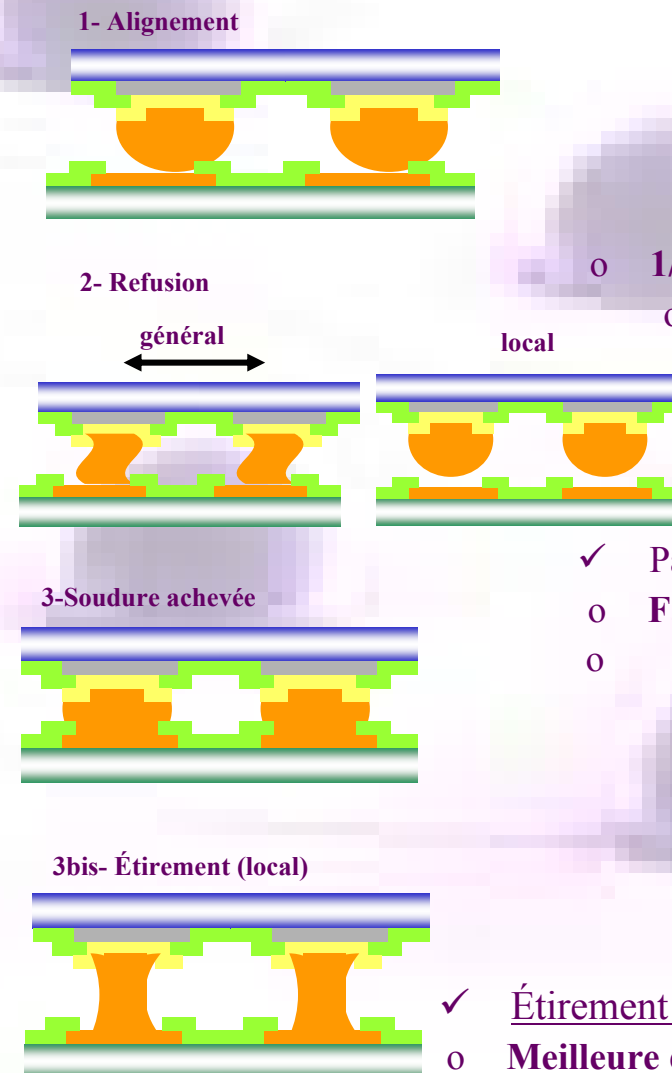
## Thermo compression

- ✓ Bumps
  - Au
  - In
  - Polymères
- ✓ Précision fonction de
  - Taille des bumps
  - Taille des plots
  - Pas des plots
- ✓ Parallélisme nécessaire
  - Élevé
- ✓ Forces élevées
  - 10 kg/mm<sup>2</sup> pour Au
- ✓ Température
  - 300-350°C pour Au
  - Ambiante pour In



## Refusion

- ✓ Bumps
  - Sn/Pb
  - In
  - Au/Sn
- ✓ Précision
  - 1/3 plots pour général
  - Élevée pour local
- ✓ Parallélisme nécessaire
  - Faible pour le général
  - Fort pour le local
- ✓ Forces faibles
- ✓ Température
  - 183° pour Sn/Pb
- ✓ Étirement des soudures (local)
  - Meilleure durée de vie en cycle thermique

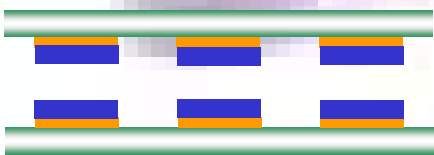


# Interconnexions – Flip chip - Procédés

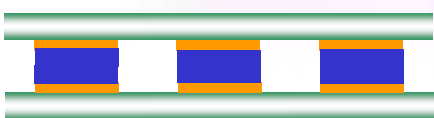
## Bumps polymères

- ✓ Précision fonction de
  - Taille des bumps
  - Taille des plots
  - Pas des plots
- ✓ Parallélisme nécessaire
  - **Faible (ductilité)**
- ✓ Thermocompression
- ✓ Force et température
  - **Plus faible que pour Au**

1- Alignement



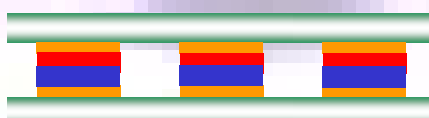
2- Pression+chaleur



1bis- Dispense de colle et alignement



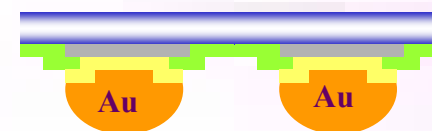
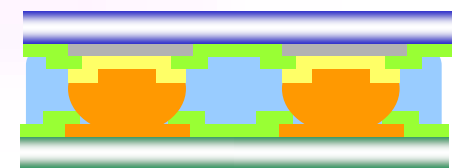
2bis- Réticulation



## Adhésifs non conducteurs

- ✓ Bumps
  - Ni/Au electroless
  - **Ball bumping**
- ✓ Précision fonction de
  - Taille des bumps
  - Taille des plots
  - Pas des plots
- ✓ Parallélisme nécessaire
  - **Fort**
- ✓ Forces
  - Moyenne lors du contact puis
  - Dues à la réticulation de la colle

1- Alignement

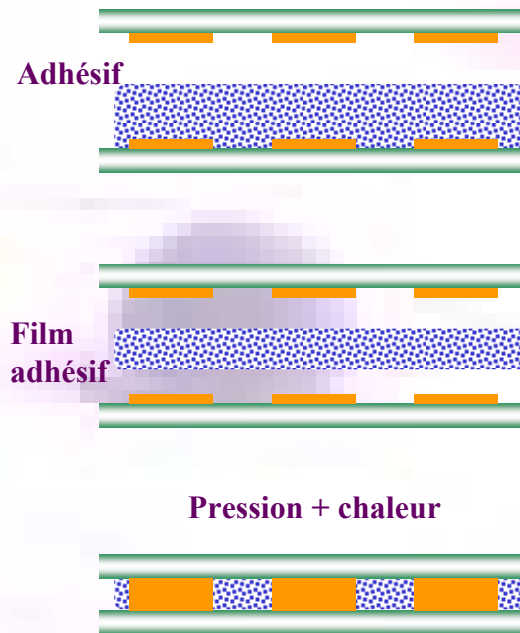
2- Contact + chaleur  
2bis-Contact + UV

- ✓ Réticulation
  - Thermique
  - UV

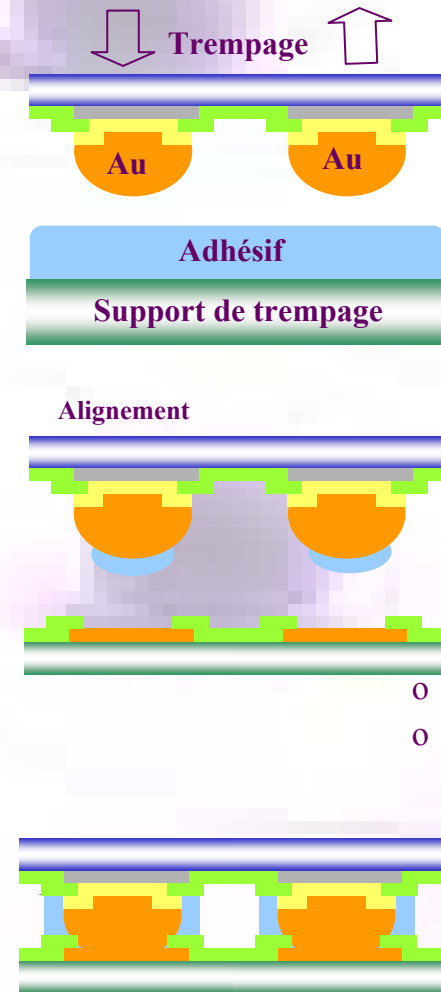
# Interconnexions – Flip chip - Procédés

## Conducteurs anisotropes

- ✓ Bumps
  - Ni/Au electroless
- ✓ Pads
  - Au
- ✓ Adhésifs
  - Pâtes
  - Films
  - Préformes
- ✓ Soudure
  - Parallélisme très élevé
  - Contrôle très précis de la température
  - Contrôle très précis de la température



## Conducteurs isotropes



- ✓ Bumps
  - Ni/Au electroless
  - Polymères
  - Ball bumping
- ✓ Précision fonction de
  - Taille des bumps
  - Taille des plots
  - Pas des plots
- ✓ Parallélisme nécessaire
  - Fort
- ✓ Forces
  - Moyenne lors du contact puis
  - Dues à la réticulation de la colle
- ✓ Réticulation
  - Thermique
  - UV

# Interconnexions – Flip chip – Under Bump Metallisation

## Rôles

- ✓ Accrochage composant / bumps
- ✓ Prévention de la corrosion
- ✓ Barrière à la diffusion intermétallique

## Morphologie (techniques des films minces)

---

Anti oxydant : Au

---

Accrochage : SnPb, Cu, Ni, Pd, Pt

---

Barrière : Cu, W, Ti, TiW, Ni, CrCu

---

Adhésif : Cr, Ti, Ni, W, TiW, Zn

Composant

Typiquement utilisés

- [Cr, CrCu, Cu, Au]
- [Ti, Ni, Au]
- [Al, Ni V, Cu]
- [Zn, Ni-P, Au]
- [Ti, Pt, Au]
- [Ti, W, Ni, Au]

# Interconnexions – Flip chip -Bumps

## Rôles

- ✓ Connexion électrique
- ✓ Dissipation thermique
- ✓ Fixation mécanique

## Compositions types pour les alliages

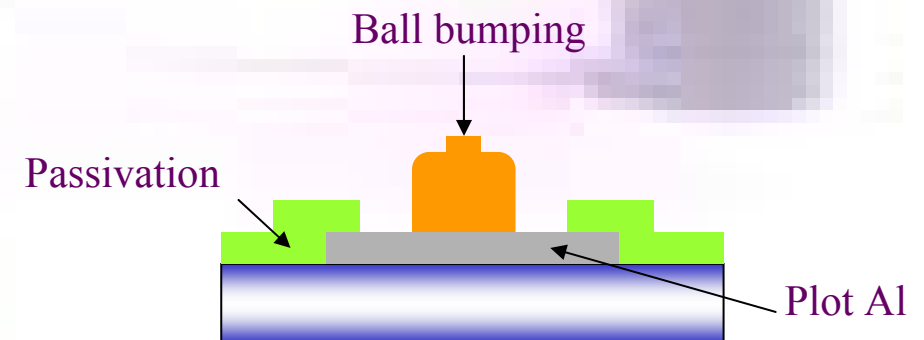
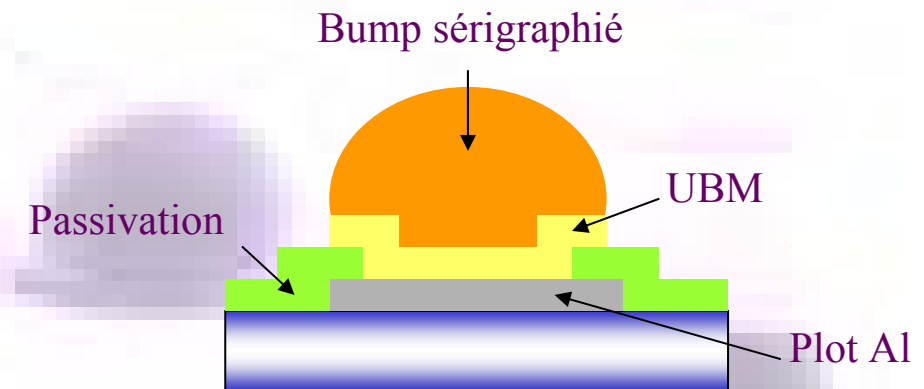
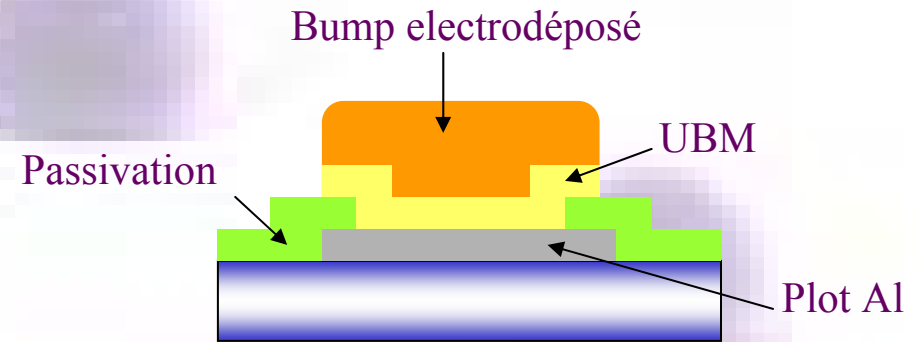
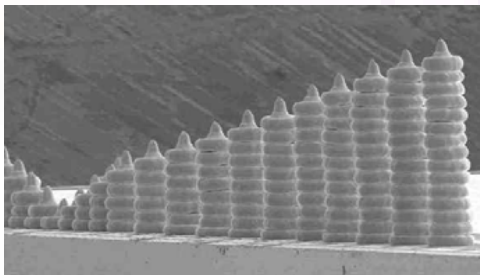
- ✓ **Point de fusion à température élevée (> 250°C)**
  - 95% Pb - 5% Sn
  - 97% Pb – 3% Sn
- ✓ **Point de fusion à température moyenne (entre 200 et 250°C)**
  - 95.5% Sn – 3.5% Ag – 1% Cu
  - 85.9% Sn – 3.1% Ag – 10% In – 1% Cu
  - 96.5% Sn – 3.5% Ag
- ✓ **Point de fusion à température basse (< 250°C)**
  - 37% Pb – 63% Sn eutectique
  - 88% In – 12% Pb
  - 100% In
  - 48% Sn – 52% In



# Interconnexions – Flip chip - Bumps

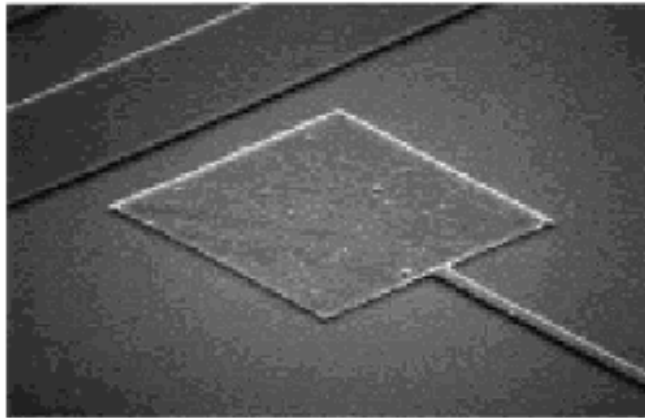
## Techniques de réalisation

- ✓ Evaporation
- ✓ Croissance électrolytique
- ✓ Electroless
- ✓ Sérigraphie
- ✓ Ball bumping
- ✓ Cœur polyimide métallisé
- ✓ Jet d'encre

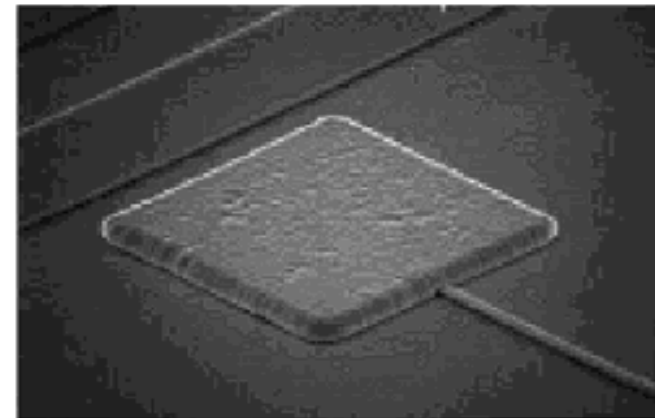


# Interconnexions – Flip chip – Bumps

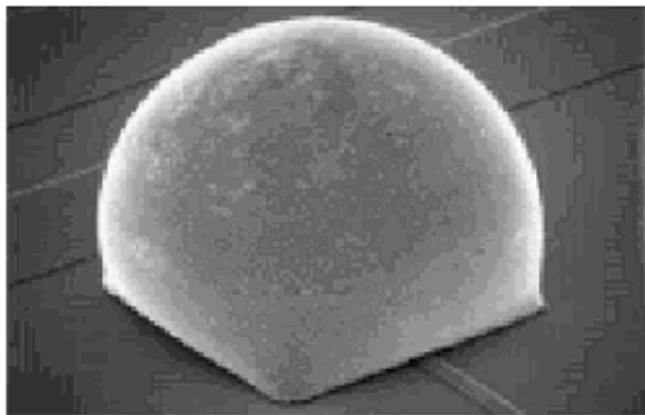
## Exemple de réalisation par sérigraphie et refusion



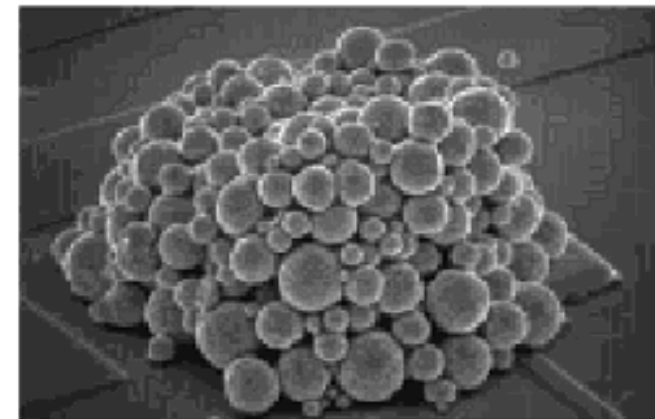
**Pad Al**



**UBM**



**Refusion**



**Dépôt de la brasure par sérigraphie**

# Interconnexions – Flip chip – Métallisation de substrat et Underfill

## Métallisation de substrat

### ✓ Rôles

- o Connexion électrique
- o Fixation mécanique

### ✓ Composition

- o Identique à celle des bumps

### ✓ Procédés

- o Identiques à ceux des bumps

## Underfill

### ✓ Rôles

- o Compenser les CTE
- o Protection chimique
- o Protection mécanique

### ✓ Composition

- o Polymères
- o Adhésifs

### ✓ Procédés

- o Capillarité puis réticulation
- o Injection puis réticulation

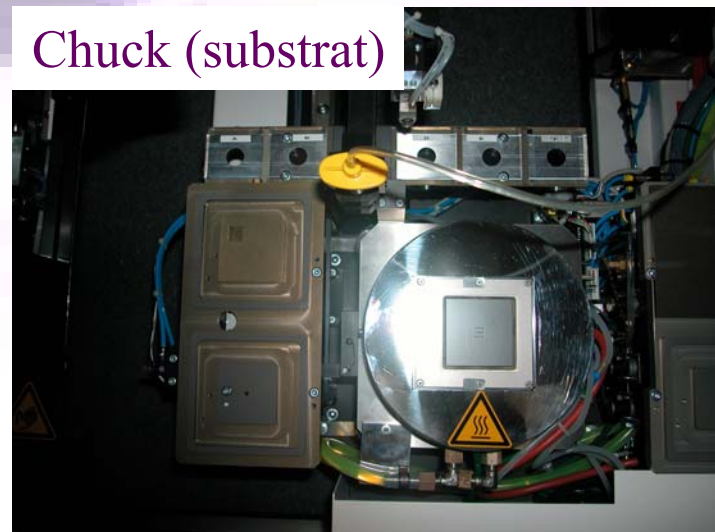
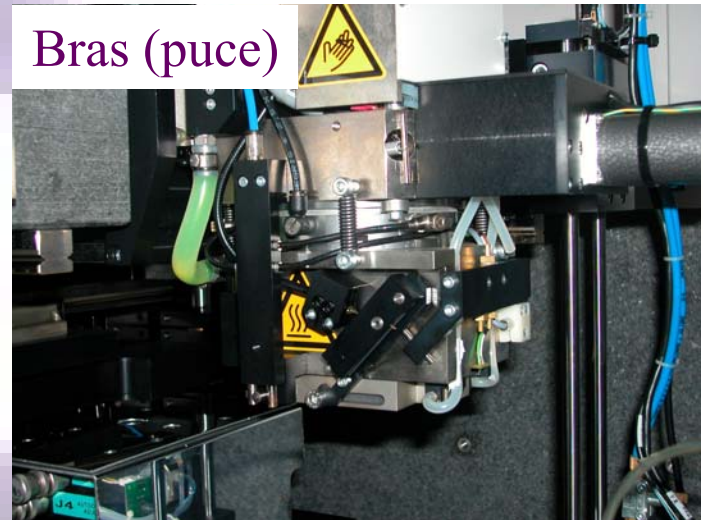
# Interconnexions – Flip chip - Équipement

## FC 150 : semi automatique

T° jusqu'à 450 °C

Précision de l'alignement : 1 µm

Dispense d'underfill



# Interconnexions – Flip chip – FC150 : Structure générale

---

- ✓ **Système d'alignement (chuck) motorisé en X et Y**
- ✓ **Système optique**
  - o Motorisé en X et Y
  - o Surimposition : vues simultanées puce / substrat
  - o Auto collimateur intégré ( vérification parallélisme)
- ✓ **Bras de soudure (UBA)**
- ✓ **Système de manipulation du substrat**
  - o Chargement /Déchargement
- ✓ **Système de contrôle**
  - o Déplacements (joysticks)
  - o Focalisation
  - o Paramètres process
  - o Écriture procédures
- ✓ **Dispense de colle**
  - o Non volumétrique

# Interconnexions – Flip chip – FC150 : Caractéristiques

## ✓ Tailles des échantillons

- o Puce 0.2 à 40 mm
- o Substrat 0.5 à 150 mm

## ✓ Courses moteurs

- o X 300 mm
- o Y 250 mm
- o Précision 1  $\mu\text{m}$
  
- o Z (chuck) 6 mm /  $\pm 7^\circ$
- o Précision 0.5  $\mu\text{m}$  /  $5.7 \cdot 10^{-3}^\circ$

## ✓ Optique

- o Taille du champ 375 x 280  $\mu\text{m}$
- o Grossissement x 400
- o Courses 44 x 143 mm
- o Précision 1  $\mu\text{m}$

## ✓ Chuck 2 pouces

- o Jusqu'à 450  $^\circ\text{C}$  à  $\pm 1^\circ\text{C}$
- o Uniformité 5 %
- o Puissance maximum 1600 W
- o Rampe maximum 10 $^\circ\text{C/s}$

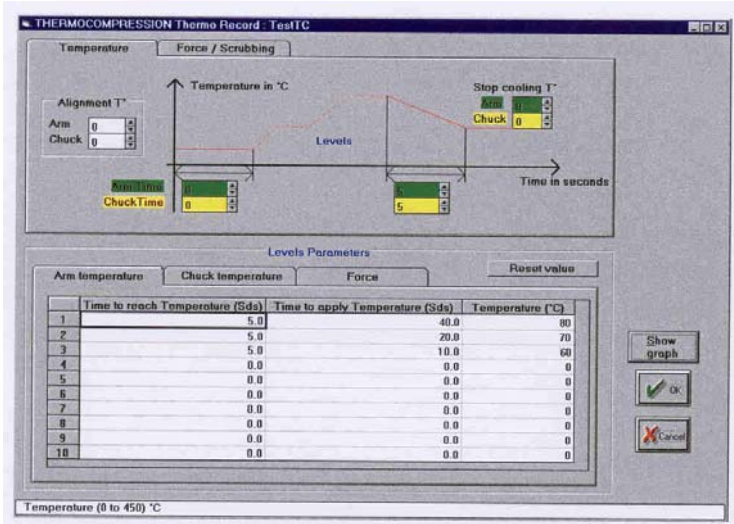
## ✓ UBA

- o Même caractéristiques thermiques
- o Force maximum 50 kg
  - Précision 3 g entre 0 et 5 kg
  - Précision 12g entre 5 et 30 kg
  - Précision 24g entre 30 et 50 kg

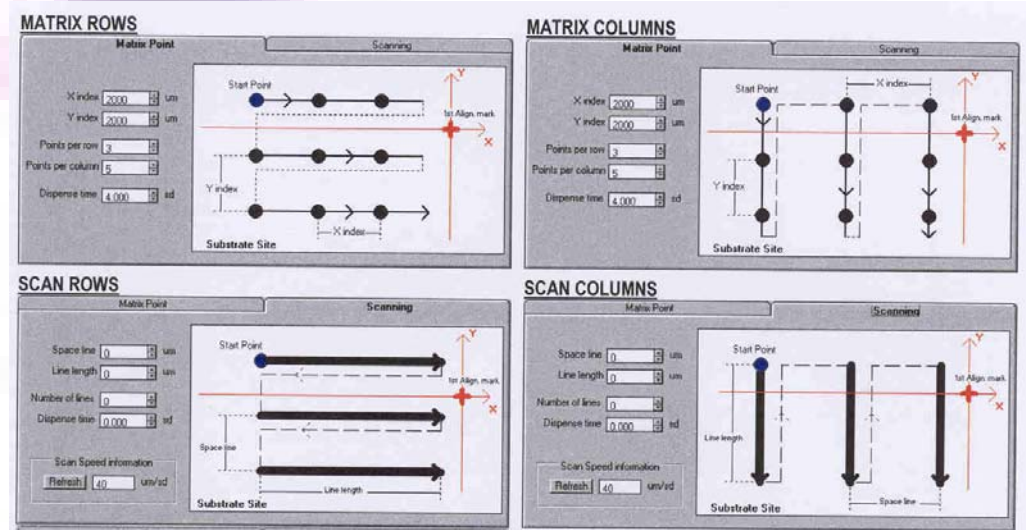


# Interconnexions – Flip chip – FC150 : fonctionnalités

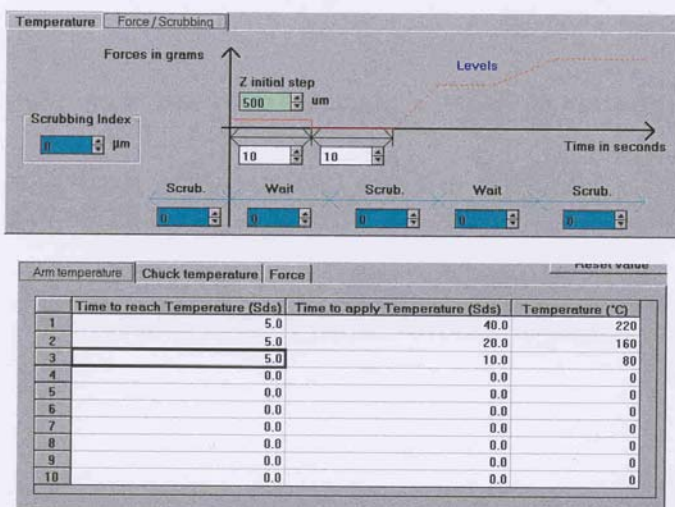
## ✓ Thermocompression



## ✓ Enduction



## ✓ Refusion générale



## ✓ Hybridation

- o Thermique
- o UV

# Interconnexions – Flip chip – FC150 : mise en oeuvre

## 1. Définition des bibliothèques

- o Substrat
  - Morphologie des sites d'hybridation
  - Position des motifs d'alignement
- o Puces
  - Morphologie
  - Position des motifs d'alignement
- o Cassettes substrat et cassettes puces
  - Morphologie
- o Hybridation
  - Thermocompression
  - UV
  - Refusion
  - Collage

## 2. Choix ou fabrication des outils

- o Cassettes et outil de préhension de la puce
- o Fonction de la puce et du substrat

## 3. Pré écriture du programme

## 4. Test des étapes pas à pas

## 5. Déverminage

## 6. Validation des étapes

## 7. Écriture définitive

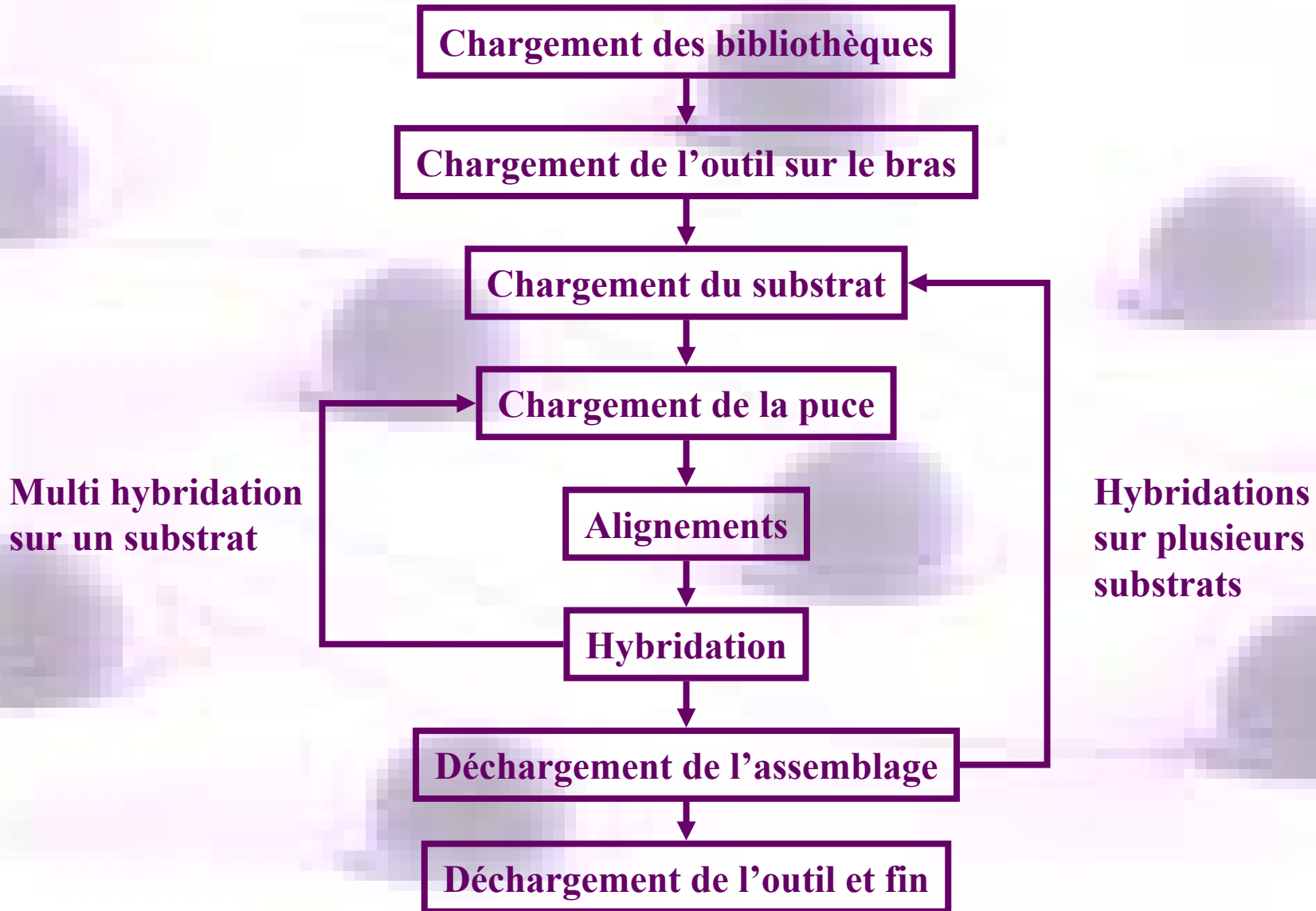
## 8. Compilation

## 9. Calibration machine

## 10. Exécution (semi automatique)



# Interconnexions – Flip chip – FC150 : cycle type



# Interconnexions – TAB

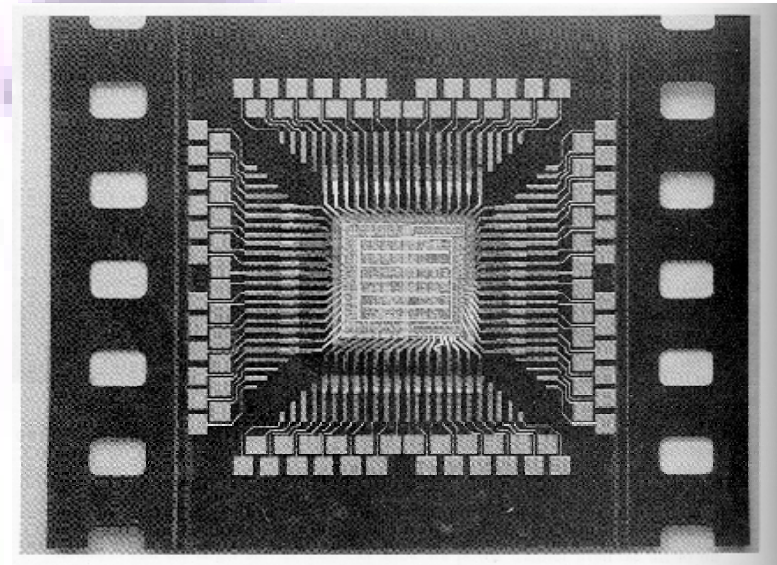
Montage automatisé de CI, préalablement disposés sur des films souples, sur une carte.

## Morphologie identique au flip chip

- o UBM (2 couches)
  - Barrière : Ti, Tu, TiTu, Cu, Mo, Ni, Pt, Pb, Cr
  - Accrochage : Au, Cu, SnPb
- o Bumps : Au, Cu, SnPb

## Procédés

- o Thermocompression
- o Soudure laser
- o Soudure laser-ultrasons
- o Gaz chaud



# Interconnexions – Les techniques - Performances

	Filaire (Au)	TAB (Cu)	Flip chip (Pb/Sn)
Résistance (ohms)	<b>0.03</b>	<b>0.02</b>	0.002
Inductance (nH)	<b>0.65</b>	<b>2.1</b>	0.2
Capacité (pF)	<b>0.006</b>	<b>0.04</b>	0.001
Max E/S (2000)	<b>&lt;700</b>	<b>800-100</b>	>1000+
Max E/S (2010)	<b>1000</b>	<b>2000</b>	10 000
Réparation	<b>Faible</b>	<b>Faible</b>	Bonne
Taux d'erreur	<b>10E-5</b>	-	< 10E-8
Empreinte	<b>Moyenne</b>	<b>Moyenne-grande</b>	<b>Petite</b>
Performances électriques	<b>Acceptables</b>	<b>Bonnes</b>	<b>Excellentes</b>
Performances thermomécaniques	<b>Acceptables</b>	<b>Excellentes</b>	<b>Bonnes</b>
Coût relatif	<b>1</b>	<b>1.2</b>	<b>0.8</b>

# MATERIAUX, TECHNIQUES ET PROCÉDES POUR L'ASSEMBLAGE

---

## A. INTRODUCTION

## B. LES MATERIAUX

## C. LES PROCÉDES ET TECHNIQUES

### 1. **Processus générique de la microélectronique**

- a. Discrétisation
- b. Assemblage
- c. Interconnexion

#### **d. Protection**

- 2. Assemblages de substrats
- 3. Assemblages hybrides et 3D

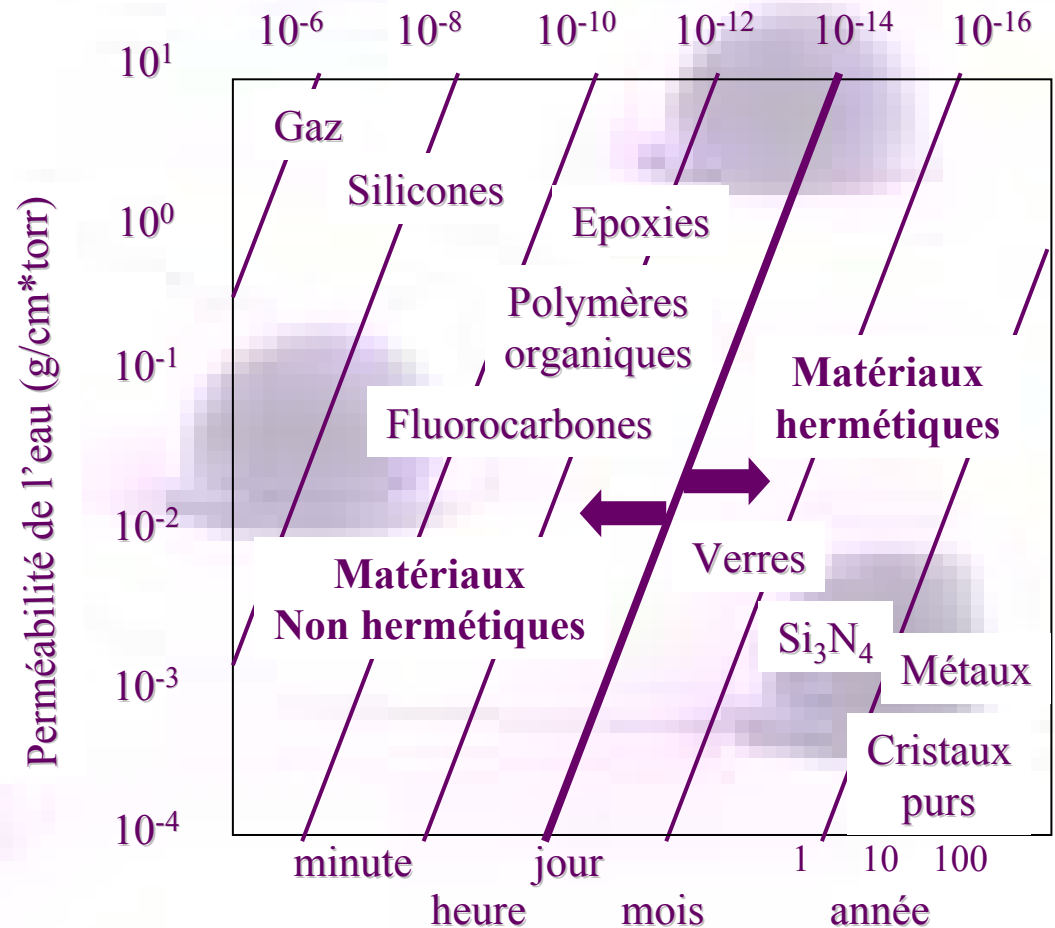
## D. AU LAAS

## E. ANNEXES

# Protection – Définitions

## Réaliser la protection mécanique, chimique, et électrique des composants

- ✓ Encapsulation : protection non hermétique. Elle est réalisée avec des composés organiques
- ✓ Scellement : protection hermétique. Il est réalisé avec des éléments non organiques (capots)
- ✓ Herméticité : diffusion d'He  $< 10^{-8} \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$



# Protection – Encapsulation

## Matériaux

### o Composés

- Résine
- Solvant
- Liant réticulable
- Catalyseur
- Colorant
- Réducteur de CTE

### Exemple pour l'underfill

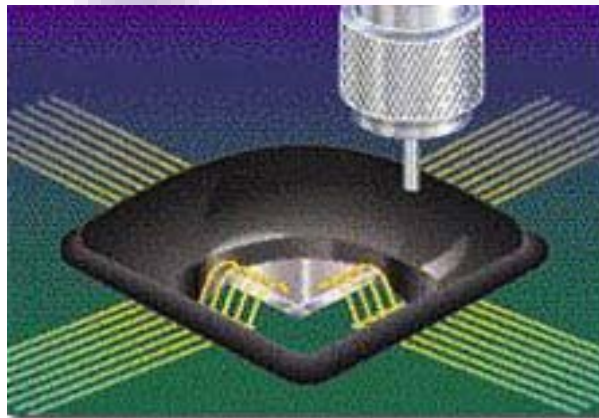
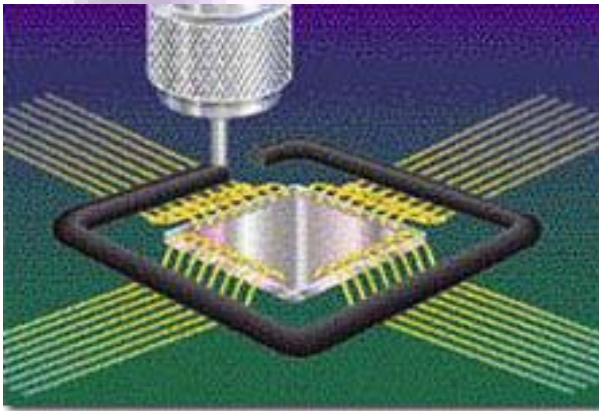
Biphenal A diepoxie	5.8%
Epoxie cycloaliphatique	12.5%
Anhydride HMPA	13.8%
2ethyl 4methyl imidazole	0.3%
Pigment noir	0.1%
Sphérules de silice	67.5%

### ✓ Quatre familles

- Epoxy
- Silicones
- Urethanes
- Cyanate esther

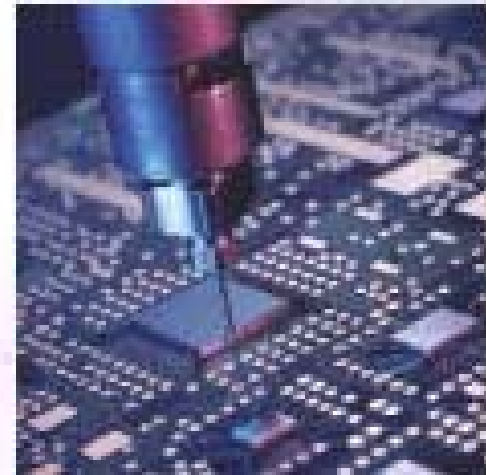
# Protection – Encapsulation

## Glob top



## Underfill

- o Mise en œuvre par capillarité avec
  - Viscosité faible
  - Tension de surface élevée
  - T° du composant de 70 à 100 °C
- o Forme du périmètre
- o Taille de l'aiguille
- o Position de l'aiguille
- o Pression dans la seringue
- o Vitesse de déplacement

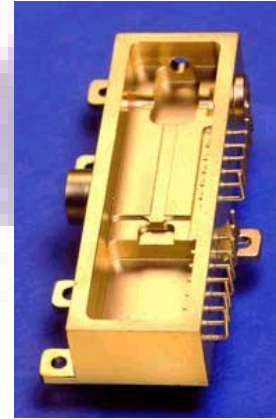
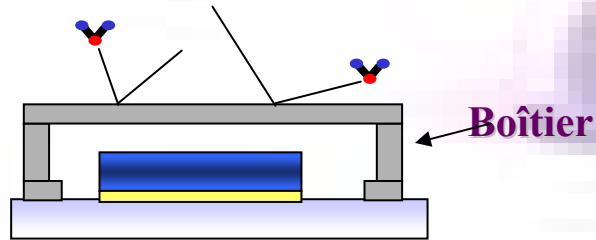




# Protection – Scellement

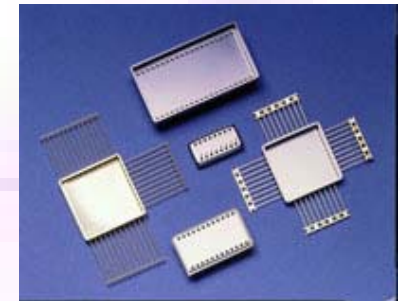
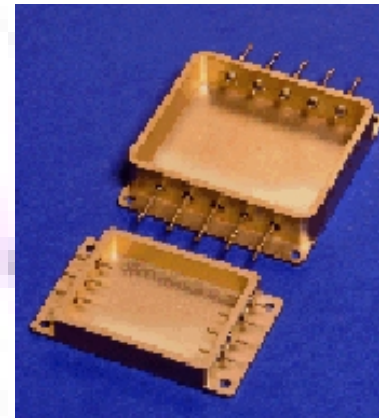
## ✓ Boîtiers

- o Métalliques
- o Céramiques
- o ...

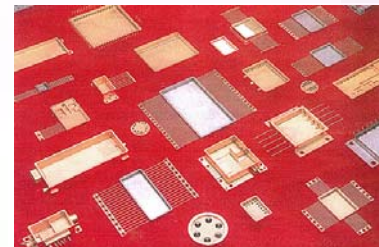


## ✓ Paramètres

- o Domaine d'utilisation
  - RF
  - Puissance
  - Optoélectronique
  - ...
- o Morphologie
  - Géométrie
  - Dimensions
  - Poids
- o Nombre de connexions



## ✓ Infinité de solutions adaptées à chaque application !!!





# MATERIAUX, TECHNIQUES ET PROCÉDES POUR L'ASSEMBLAGE

---

## A. INTRODUCTION

## B. LES MATERIAUX

## C. LES PROCÉDES ET TECHNIQUES

1. Processus générique de la microélectronique

### 2. Assemblages de substrats

a. Amincissement

b. Soudure

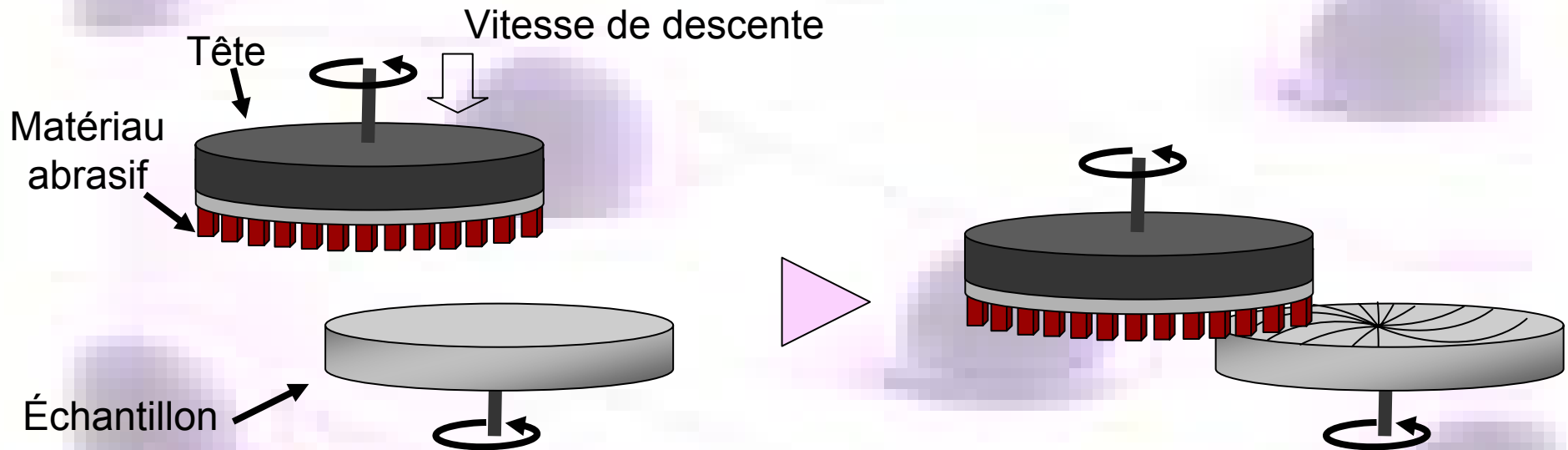
3. Assemblages hybrides et 3D

## D. AU LAAS

## E. ANNEXES

# Principe d'un grinder

- ✓ Une meule abrasive, en rotation, enlève la matière d'un échantillon lui-même en rotation. Un fluide permet le refroidissement pendant le procédé

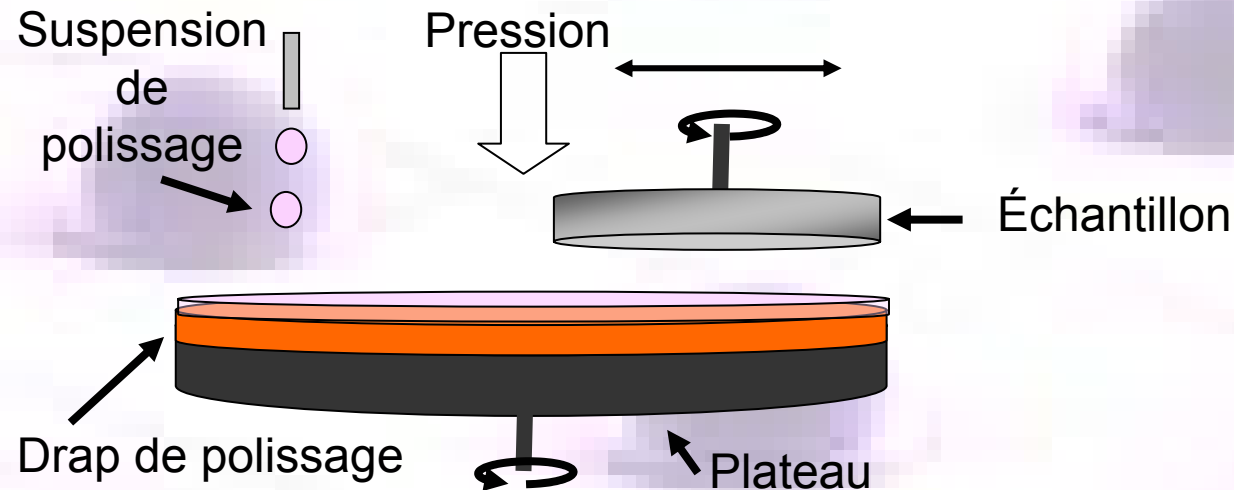


- ✓ Paramètres principaux

- o Nature des matériaux (abrasif, échantillon)
- o Vitesses de descente de la tête
- o Vitesses de rotation

# Principe d'une polisseuse

- ✓ Un plateau en rotation porte un drap imprégné d'une suspension micro abrasive. L'échantillon, disposé sur une tête en rotation et en translation, est amené au contact du drap avec une pression contrôlée



- ✓ Paramètres principaux

- o Caractéristiques des matériaux (échantillon, drap, suspension)
- o Vitesses de rotation, débit de la suspension
- o Pression de la tête

# Amincissement de substrats : Grinder vs Polisseuse

## ✓ Grinder

- o Procédé agressif
- o Procédé rapide
- o Grandes épaisseurs
- o Transmission du stress jusqu'à 3 fois la taille de la particule minimum
- o Améliore l'uniformité d'épaisseur
- o État de surface de faible qualité

## ✓ Polisseuse

- o Procédé doux
- o Procédé lent
- o Relaxation du stress
- o Limité à 20-30  $\mu\text{m}$  maximum
  - Perte de planéité
  - Échantillons convexes
- o Très bon état de surface

## ✓ Procédés complémentaires !!!

# Grinder G&N MPS2-R300DCS :



Meule

Portes échantillons



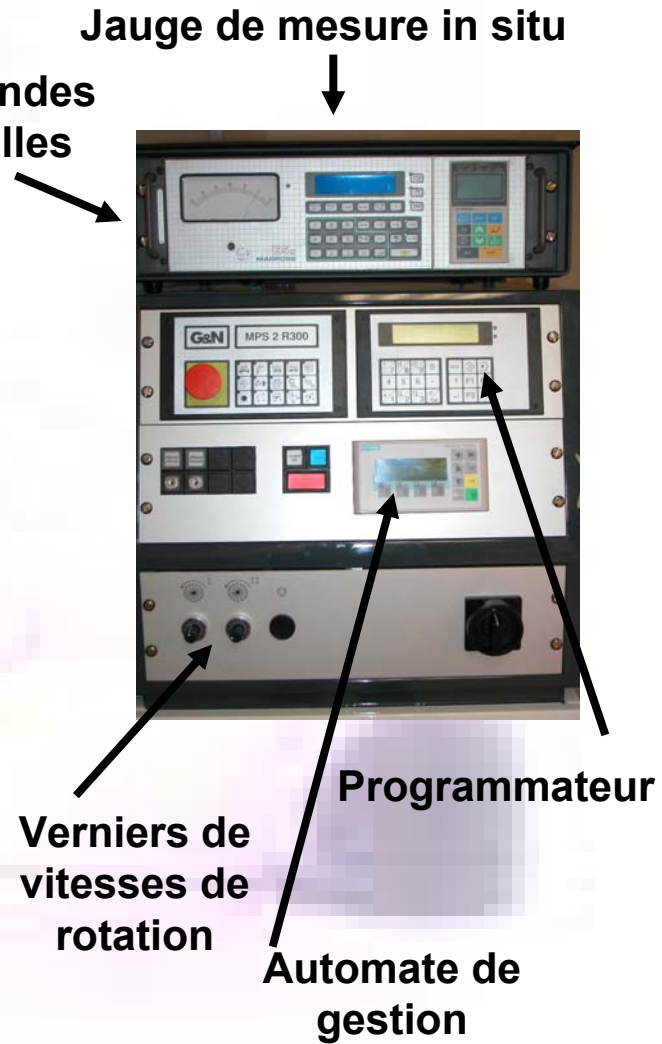
Bras de mesure



Enceinte de process

Panneau de commande

MPS2 R300 DCS  
G&N



# Grinder G&N MPS2-R300DCS : Paramètres matériels

## Rugosité moyenne générée par les meules (en $\mu\text{m}$ )

	Steel	Ha.-Metal	Alu	Ceramic	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Glass	Si
# 8000							0,0025
# 4000							0,004
D 3							0,01
D7K		0,005				0,002	0,016
D15K		0,009-0,017		0,01-0,07			0,02-0,08
D15M							0,1
D20K							
D20M							
D25K				0,11			
D25M							
D35K							
D35M							0,175
D46K		0,009-0,02		0,08-0,2	0,28-0,35	0,07-0,13	0,1-0,25
D46M						0,1-0,15	
D76K	0,12-0,18	0,14-0,19		0,05-0,09			
D76M							
D91K			0,23-0,29	0,2-0,6			
D91M			0,22-0,28	0,2-0,8	0,2	0,5-1,2	
D107K							
D107M							
D126K		0,18-0,2				0,37-0,4	
D126M					0,5-0,8		
B30K	0,04-0,08	0,06					
B46K	0,12-0,15			0,25-0,28		0,27-0,3	
B76K	0,09-0,13						
B107K	0,1-0,15						
B126K	0,12-0,15			0,25-0,28		0,27-0,29	
1A46J14	0,6-1,5						
EK120	0,23-1,0						
SC320	0,06-0,16						

### ✓ Paramètres fixes

- o Débit d'eau : 15l/min
- o Hauteur maximale de l'échantillon : 170 mm

### ✓ Paramètre variables

- o Rotation de la meule :
  - Actuellement à 2560 tr/min
  - Changement de la courroie et des poulies
- o Grain de la meule
  - Actuellement D15C

### ✓ Paramètres programmables

- o Vitesses de rotations du plateau
  - Pendant l'enlèvement : 0-30 tr/min
  - Pendant l'affinage : 0-30 tr/min
- o Vitesse d'enlèvement rapide : 10-1000  $\mu\text{m}/\text{min}$
- o Vitesse d'enlèvement lente : 1-1000  $\mu\text{m}/\text{min}$
- o Temps d'affinage : 0-1000 sec



# Grinder G&N MPS2-R300DCS : Procédés

---

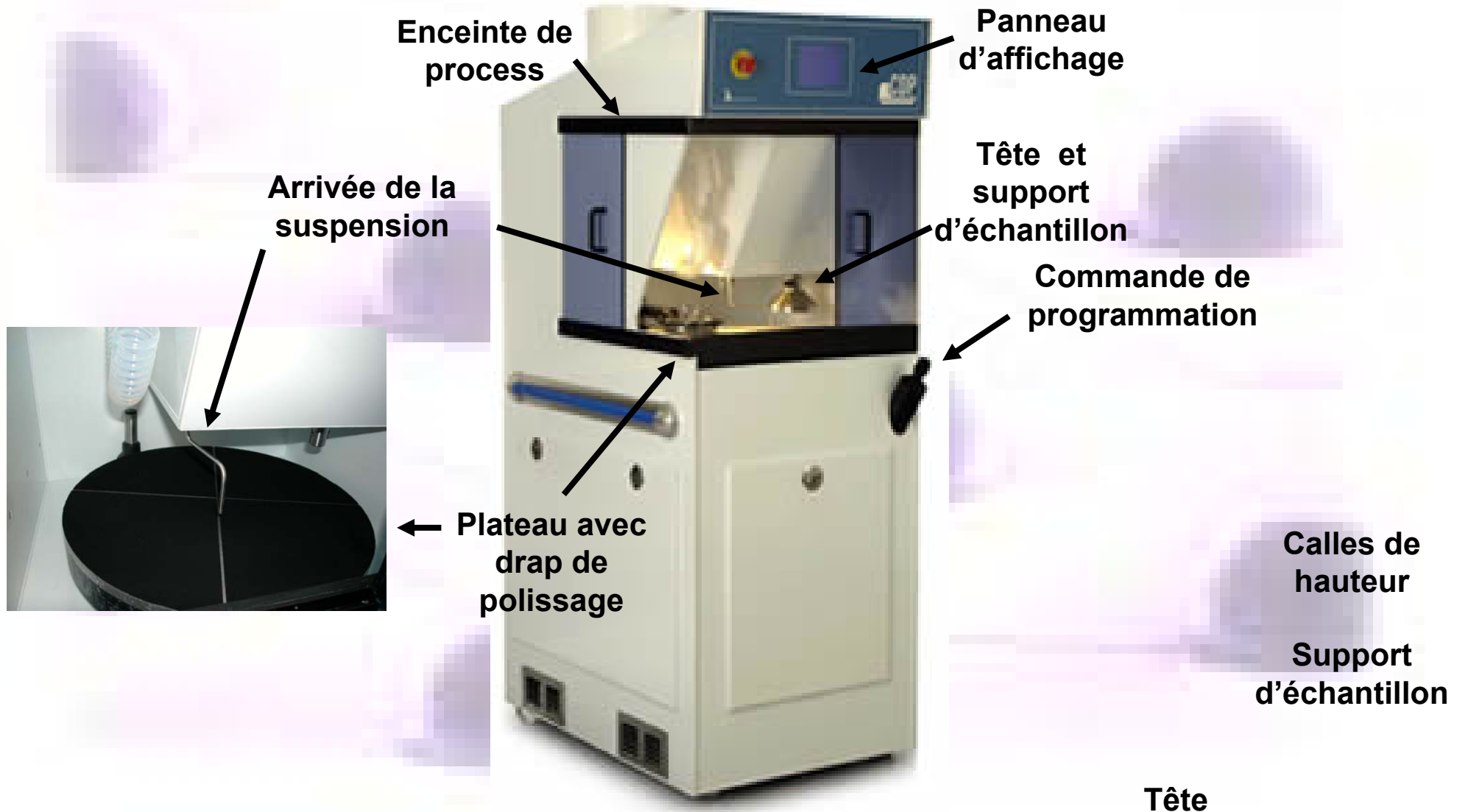
## ✓ 3 modes de programmation

- Enlèvement constant
- Épaisseur finale constante
- Mesure in situ

## ○ Premiers résultats

- Rugosité finale indépendante de la vitesse de descente lente
- Valeur moyenne avec meule D15C : 270Å
- Flèche pour épaisseur finale de 400 µm : environ 115 µm.

# Polisseuse Logitech CDP : Configuration





# Polisseuse Logitech CDP : Paramètres matériels

## ✓ Choix du couple drap/suspension en fonction de l'application !!

### ✓ Suspension

- o Nature
  - Poudre abrasive
    - Oxyde d'aluminium (Pur, Fondu, Calciné)
    - Oxyde de Cérium
    - Carbure de Bore
    - Carbure de Silicium
    - Diamant synthétique
  - Fluide
    - Hypochlorite de sodium
    - Éthane diol
    - Etc.
- o Propriétés
  - Taille des grains
  - Abrasivité
  - Chimiques

### ✓ Drap de polissage

- o Nature (Fournisseurs très discrets)
  - Polyuréthanes
  - Feutres
  - Etc.
- o Propriétés
  - Texture (plus ou moins rugueuse)
  - Habilité à retenir la suspension

### ✓ Supports d'échantillons (époxyes)

- o Taille adaptée à l'échantillon
  - Wafer
  - Pucés
- o Hauteur
  - Adaptable avec des calles
  - Optimiser pour un bon maintien

# Polisseuse Logitech CDP : Programmation

## ✓ Fonctionnement Semi automatique

## ✓ Paramètres

### o Débit de la suspension :

- 0 à 500 ml/min

### o Vitesse de rotation du plateau :

- 0 à 160 tr/min

### o Température du plateau :

- 60°C max

### o Vitesse de rotation de la tête :

- 0 à 130°C

### o Pression de la tête sur le plateau :

- 1 à 9 psi

### o Amplitude de balayage de la tête :

- 0 à 100%

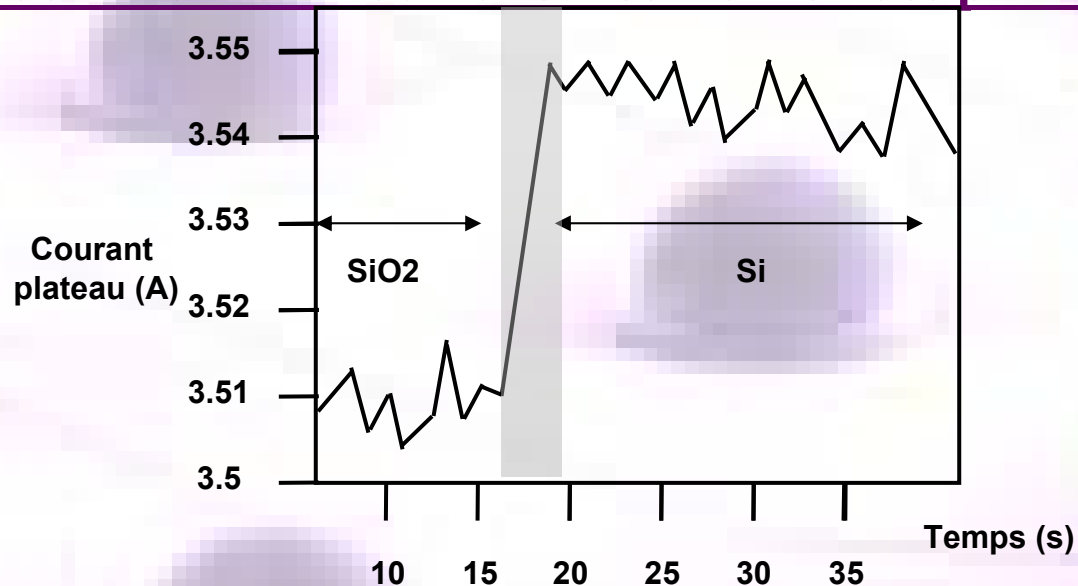
<u>Application</u>	<u>Suspension</u>		<u>Drap</u>	<u>Vitesse plateau</u>	<u>Vitesse tête</u>	<u>Pression</u>	<u>Débit</u>	<u>Rugosité</u>
	<u>Référence</u>	<u>Grains</u>						
SiO <sub>2</sub>	<u>Microplanar CMP 1150</u>	<u>Sub micron</u>	<u>Suba IV PII</u>	<u>60 tr/min</u>	<u>40 tr/min</u>	<u>3 psi</u>	<u>100 mls/min</u>	<u>≈ 2nm</u>
	<u>Semi-sperse</u>	<u>Sub micron</u>	<u>ESM-013 W/PSA</u>	<u>50 tr/min</u>	<u>30 tr/min</u>	<u>2 psi</u>	<u>120 mls/min</u>	<u>≈ 1.5nm</u>
	<u>Syton SF1</u>	<u>0.04 µm</u>	<u>Chemcloth</u>	<u>60 tr/min</u>	<u>40 tr/min</u>	<u>2 psi</u>	<u>120 mls/min</u>	<u>≈ 0.5nm</u>
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	<u>Syton SF1</u>	<u>0.04 µm</u>	<u>Chemcloth</u>	<u>70 tr/min</u>	<u>50 tr/min</u>	<u>3 psi</u>	<u>150 mls/min</u>	<u>≈ 0.5nm</u>

# Polisseuse Logitech CDP : Détection de changement de couches

## ✓ Mesure et affichage des paramètres machines

- Vitesse plateau
- Vitesse tête
- Courant moteur plateau
- Courant moteur tête

## ✓ Tout changement de matériaux induit une modification des paramètres

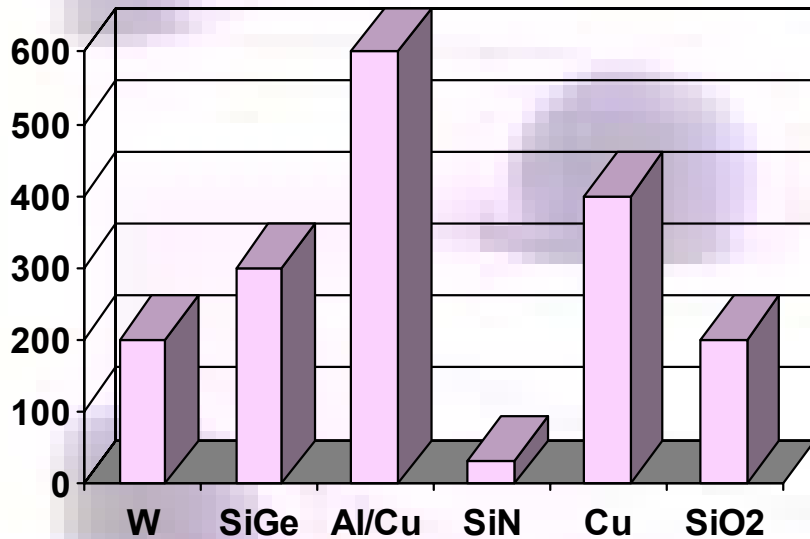


**Étalonnage préalable car la plage de détection est très fine !!!!**

# Polisseuse Logitech CDP : Procédés

## ✓ Selon Logitech

Vitesse d'enlèvement en A/min



## ✓ SiO2

- o Uniformité  $\approx 100$  à  $200 \text{ \AA}$
- o Répétabilité meilleure que 3%

## ✓ Etudes

- o Influence des divers paramètres sur la vitesse et la qualité de polissage du Si (nature de la suspension et du drap constants)
  - Vitesses de rotation
  - Différentiel des vitesses de rotation
  - Pression
  - Débit de la suspension
- o Résultats (provisoires)
  - Vitesse limitée par la nature du drap et de la suspension
  - Conservation des contraintes

# MATERIAUX, TECHNIQUES ET PROCÉDES POUR L'ASSEMBLAGE

---

## A. INTRODUCTION

## B. LES MATERIAUX

## C. LES PROCÉDES ET TECHNIQUES

1. Processus générique de la microélectronique

### **2. Assemblages de substrats**

a. Amincissement

**b. Soudure**

3. Assemblages hybrides et 3D

## D. AU LAAS

## E. ANNEXES

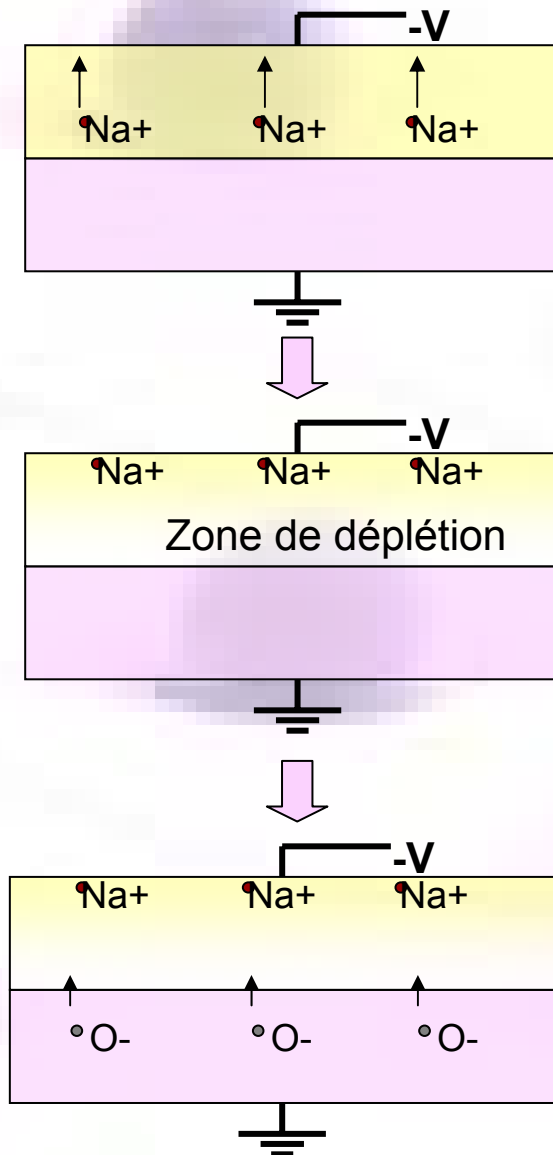
# La Soudure anodique

## ✓ Verre /silicium

- o Permanent
- o Hermétique
- o T° entre 300 et 500°C

## ✓ Applications

- o Capteurs de pression
- o Accéléromètres
- o Micro fluïdique
- o Packaging : Minimisation des différences de CTE entre les structures silicium et les supports de montage (PCB)



Sous l'action d'une différence de potentiel les cations migrent vers la surface du verre. Cela crée une zone de déplétion avec un fort champ électrique à l'interface verre/Silicium

Sous l'action du champ électrique les wafers sont intimement en contact.

Les anions du Silicium migrent à l'interface verre/Silicium. Créant un lien chimique permanent.

# La soudure directe (fusion)

## ✓ Mise en contact de deux substrats plats et de faible rugosité (quelques Å)

- o Pompage sous vide secondaire
- o Mise en contact avec exercice d'une pression
- o Création de liaisons de type :
  - Van Der Waals
  - Hydrogène
- o La température du procédé influe sur la solidité du lien
  - Pré fusion (jusqu'à 500 °C)
  - Fusion (typiquement 1000°C)
  - Si température ambiante possibilité de décollage des substrats (lame de rasoir)
- o Importance de l'état surface
  - Poussières
  - Activation chimique

## ✓ Bénéfices

- o Si substrats de même nature pas de différence de CTE
- o Par rapport à la soudure anodique
  - Plus grande tenue en température
  - Absence d'ions alcalins donc compatible avec la technologie MOS

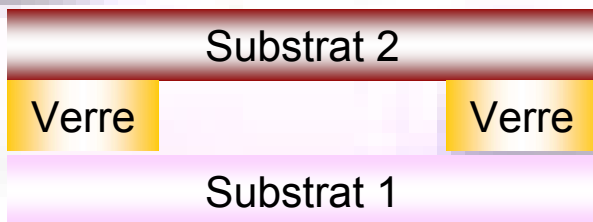
## ✓ Applications

- o Technologie SOI
- o MEMS
- o Supports pour gravure profonde ?

# Les soudures avec couches intermédiaires

## ✓ Verre fritté

- o Verres à point de fusion faible (400 à 600°C)
- o Délimitation de cavités sur substrat par :
  - Préformes
  - Spin on
  - Sérigraphie
  - Photolithographie
  - Etc.
- o Scellement avec un autre substrat
  - Sous vide
  - Sous atmosphère contrôlée
- o Faible contrôle dimensionnel



## ✓ Thermocompression

- o Liaison assurée par inter diffusion d'une couche de métal en surface des deux substrats (Typiquement de l'or)
- o Température moyenne 300°C
- o Pression exercée 10bar
- o Faible dégazage

## ✓ Brasure

- o Liaison assurée par interdiffusion d'alliages à faible point de fusion
  - Dépôts : Au-Sn, Cu-Sn, Pb-Sn
  - Recuisson pour mélange
  - Soudure
- o Faible contrôle dimensionnel



# Les soudures avec couches intermédiaires

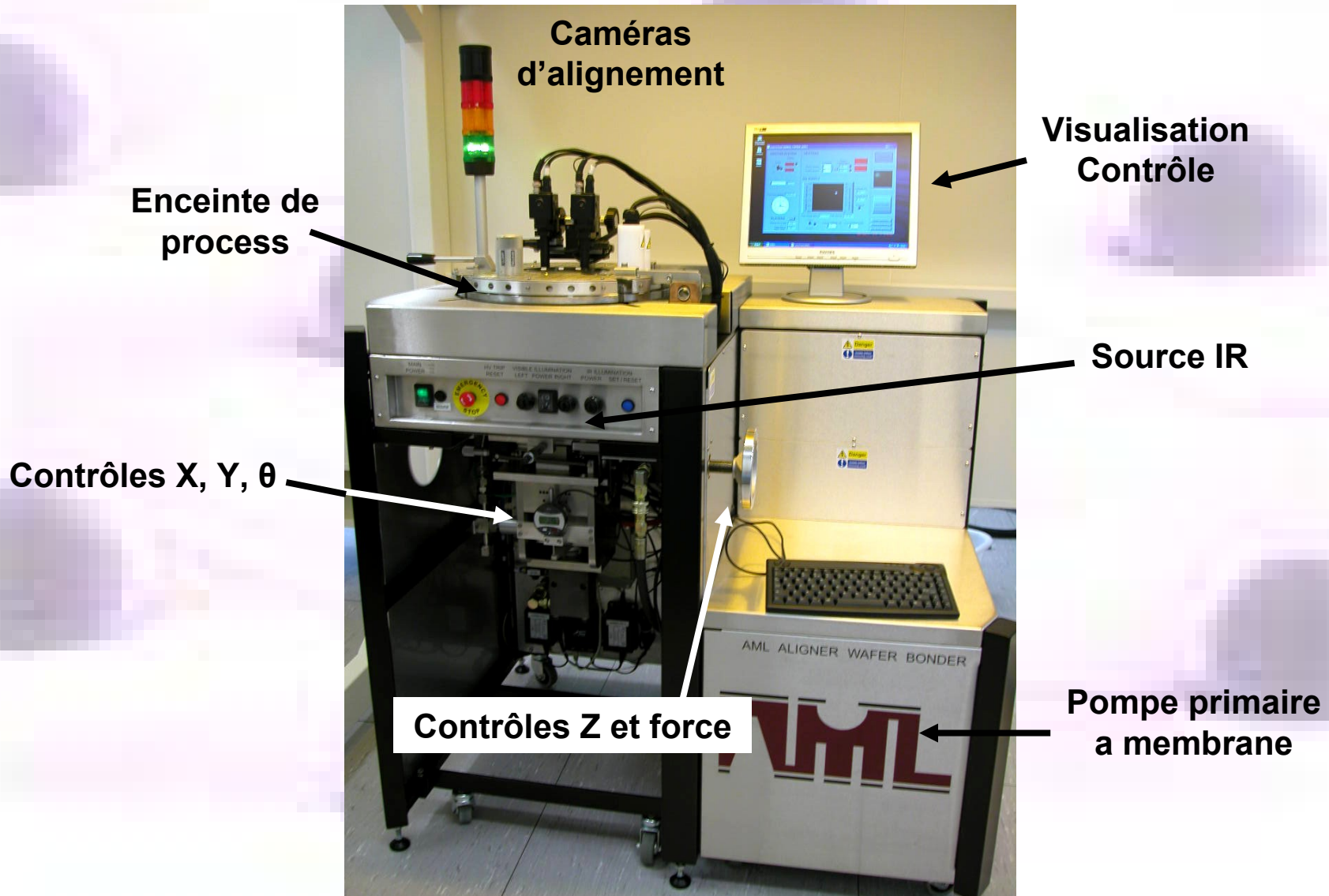
## ✓ Adhésifs

- o Epoxies
- o Silicones
- o Résines photosensibles
- o Polyimides
  
- o Faible contrôle dimensionnel si température élevée
- o Utilisable si limites en température sévères

## ✓ Eutectiques

- o Un substrat est enduit du premier composant du systèmes
- o L'autre substrat est enduit avec le second composant du système
- o La soudure est réalisée à la température de la fusion eutectique
- o Au 97.1% / Si 2.85% à 363°C
- o Sn 62% / Pb 38% à 183°C
  
- o Liaison forte
- o Hermétique

# AML AWB04 : Configuration



# AML AWB04 : Paramètres

## ✓ Vide - Pression

- o Vide limite  $2 \cdot 10^{-6}$  mBar
- o Pressurisation : 1bar

## ✓ Température

- o Contrôle des rampes de montée et de descente ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ) avec uniformité  $\pm 2^\circ\text{C}$  (100 mm)
- o  $450^\circ\text{C}$  sous vide –  $375^\circ\text{C}$  en surpression

## ✓ Alignement

- o  $\pm 2.5 \mu\text{m}$  en visible
- o  $\pm 10 \mu\text{m}$  en IR
- o Mires symétriques sur les substrats
  - Distance  $67\text{mm} \pm 5\text{mm}$

## ✓ Haute tension

- o Jusqu'à 2500V

## ✓ Procédés

- o En température
  - Minimisation des CTE
- o Sous vide
- o En surpression (à venir)
- o Exemple : Soudure anodique
  - Silicium– Pyrex
    - Nettoyage
    - $400^\circ\text{C}$
    - 600 V
    - 75N

# MATERIAUX, TECHNIQUES ET PROCEDES POUR L'ASSEMBLAGE

---

## A. INTRODUCTION

## B. LES MATERIAUX

## C. LES PROCEDES ET TECHNIQUES

1. Processus générique de la microélectronique

2. Assemblages de substrats

### **3. Assemblages hybrides et 3D**

1. **Multi Chip Modules**

2. **Assemblage 3D**

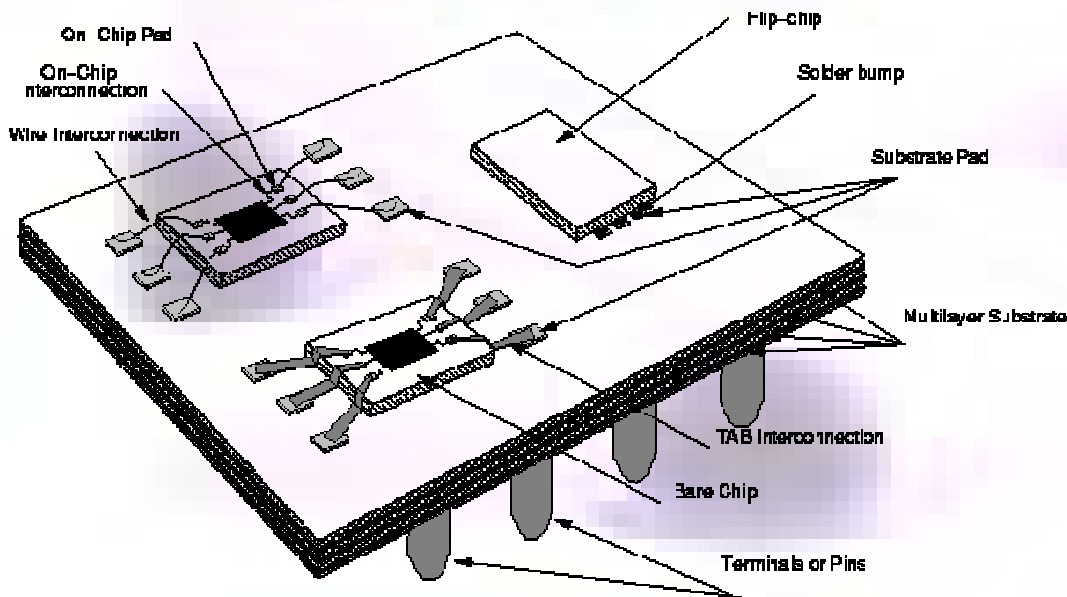
## D. AU LAAS

## E. ANNEXES

# L'assemblage des systèmes : Multi Chip Modules

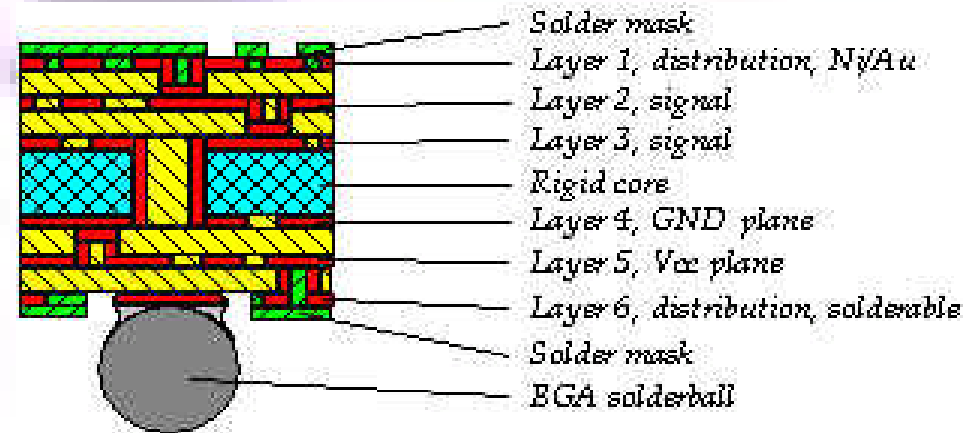
## ✓ Substrat multicouche supportant plusieurs composants interconnectés

- o Structure 2D
- o Les diverses couches du substrat permettent la réalisation de connexions complexes entre les composants
- o Techniques de montage des composants très variées



## ✓ Types de substrats multicouches

- o MCM Diélectriques : films minces sur semi-conducteur ou céramique
- o MCM Céramiques : films épais ou céramiques cofrittées (Sérigraphie, Cofrittage)
- o MCM Laminés : lignes de cuivres séparées par des organiques renforcés par de la fibre de verre (Dérivé de la technique des cartes)

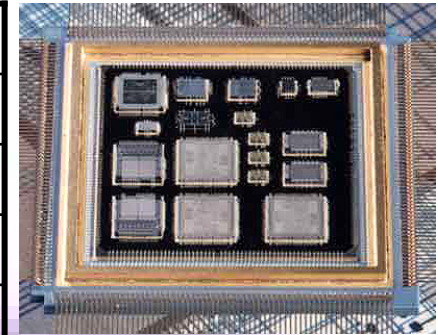


Exemple de vue en coupe d'un substrat MCM

# L'assemblage des systèmes : Multi Chip Modules

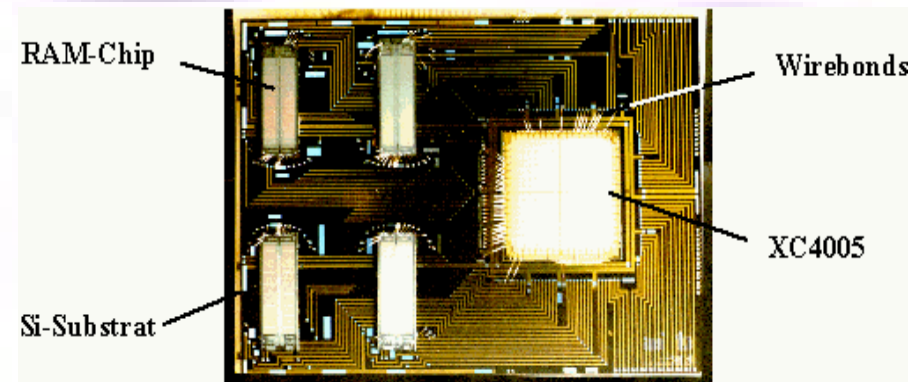
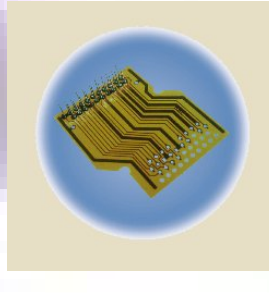
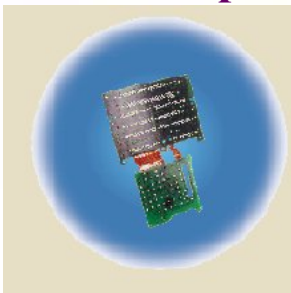
## ✓ Propriétés des substrats multicouches

Paramètres	MCM- L	MCM-C	MCM-D
Epaisseur ligne / épaisseur espacement ( $\mu\text{m}$ )	125 / 125	100 / 125	20 / 20
Taille des vias ( $\mu\text{m}$ )	250	200	20
Uniformité ( $\pm \mu\text{m}$ )	12	25	5
Nombre de couches	10	30	5
Constante diélectrique	3.5 à 4.5	5.2 à 7.8	2.9
Epaisseur du diélectrique ( $\mu\text{m}$ )	112	100	1 à 10
Résistances et capacités intégrées	Non	Oui	Oui



## ✓ Existents dans diverses configurations

- o Souples ou Rigides mono ou multi couches
- o Souples et rigides multicouches
- o Avec broches de connexion
- o Avec pistes d'épaisseurs variables



# MATERIAUX, TECHNIQUES ET PROCÉDES POUR L'ASSEMBLAGE

---

## A. INTRODUCTION

## B. LES MATERIAUX

## C. LES PROCÉDES ET TECHNIQUES

1. Processus générique de la microélectronique

2. Assemblages de substrats

### **3. Assemblages hybrides et 3D**

1. Multi Chip Modules

**2. Assemblage 3D**

## D. AU LAAS

## E. ANNEXES



# L'assemblage 3D

## ✓ Empilement sur PCB ou sur support par TAB



## ✓ Couches minces sur les faces d'un cube

- o Routage des signaux en bordures → assemblage (schémas 1 et 2) → définition des lignes et plots sur les tranches → usinage laser des métallisations pour définition des contacts

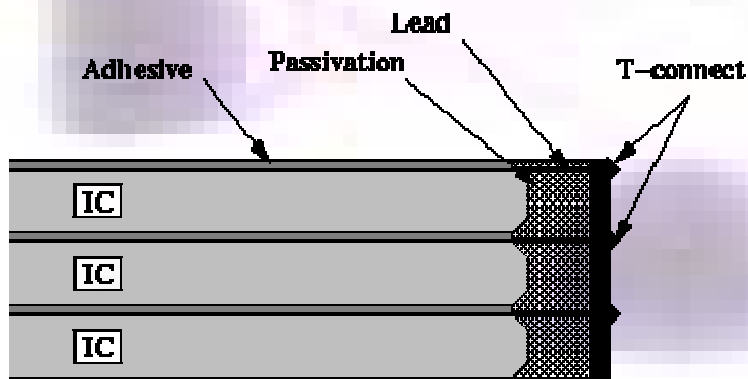


Schéma 1 (vue de face)

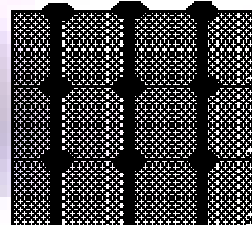
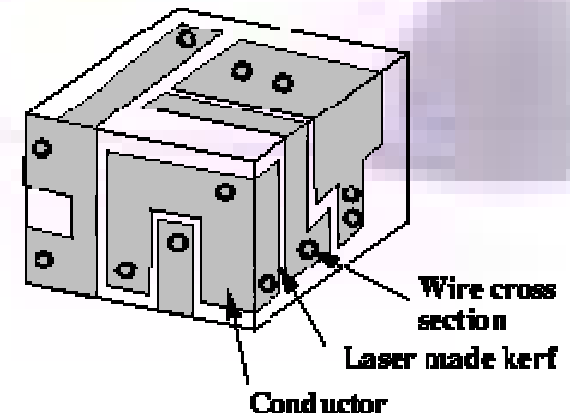


Schéma 2 (vue de coté)

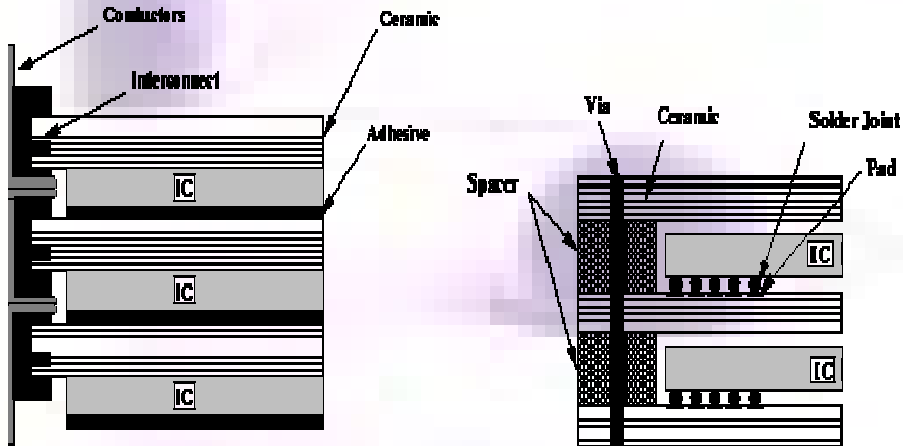




# L'assemblage 3D

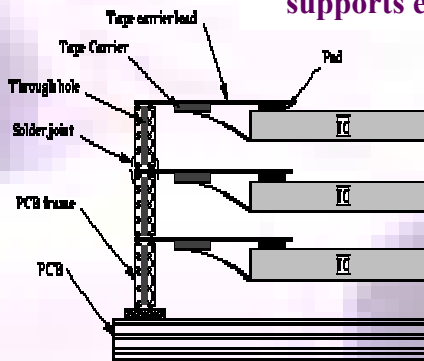
- ✓ Connexion périphérique sur support conducteur
- ✓ Connexion par soudure ou flip chip

- o Les signaux sont ramenés sur le bord des composants → soudure sur un support

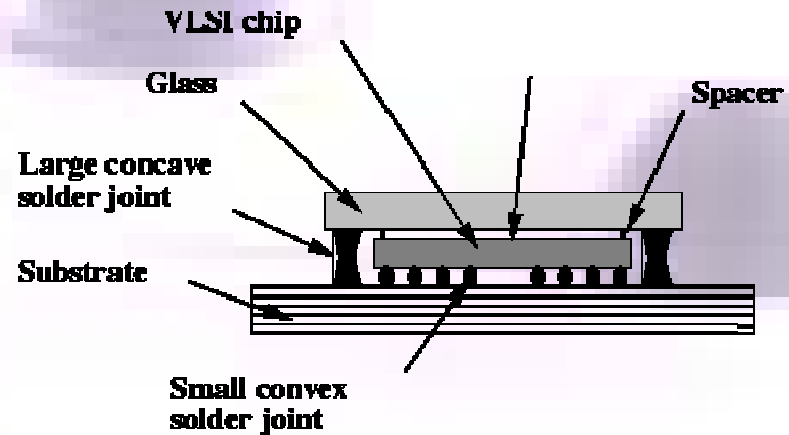
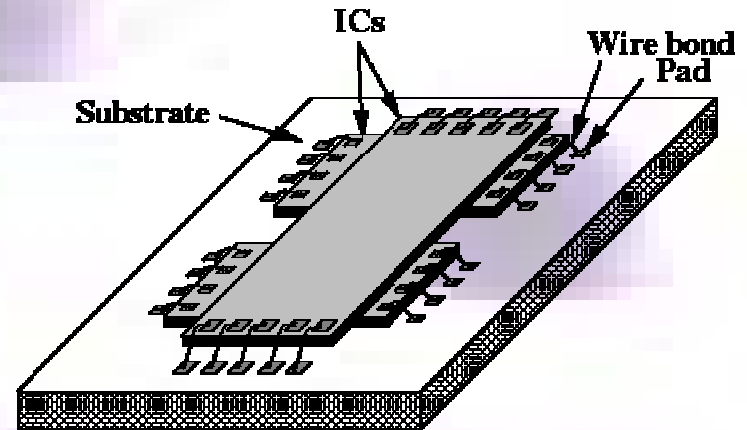


Empilement par collage

Empilement avec supports et entretoises



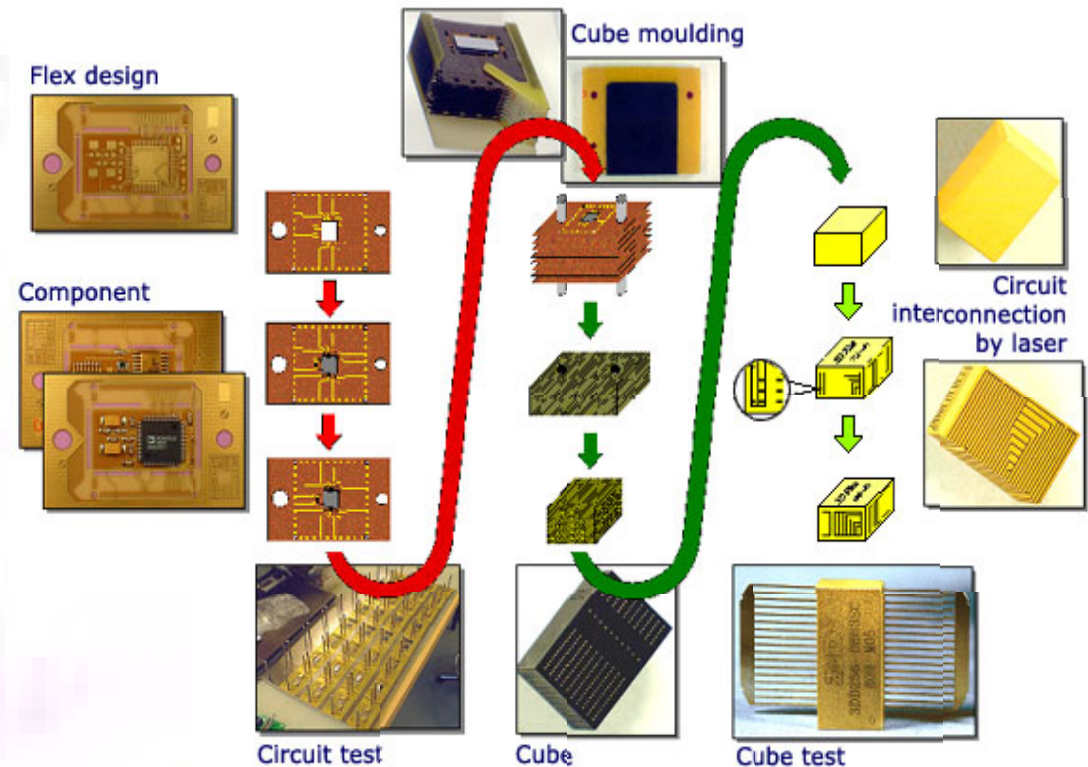
Empilement avec PCBs



# L'assemblage 3D

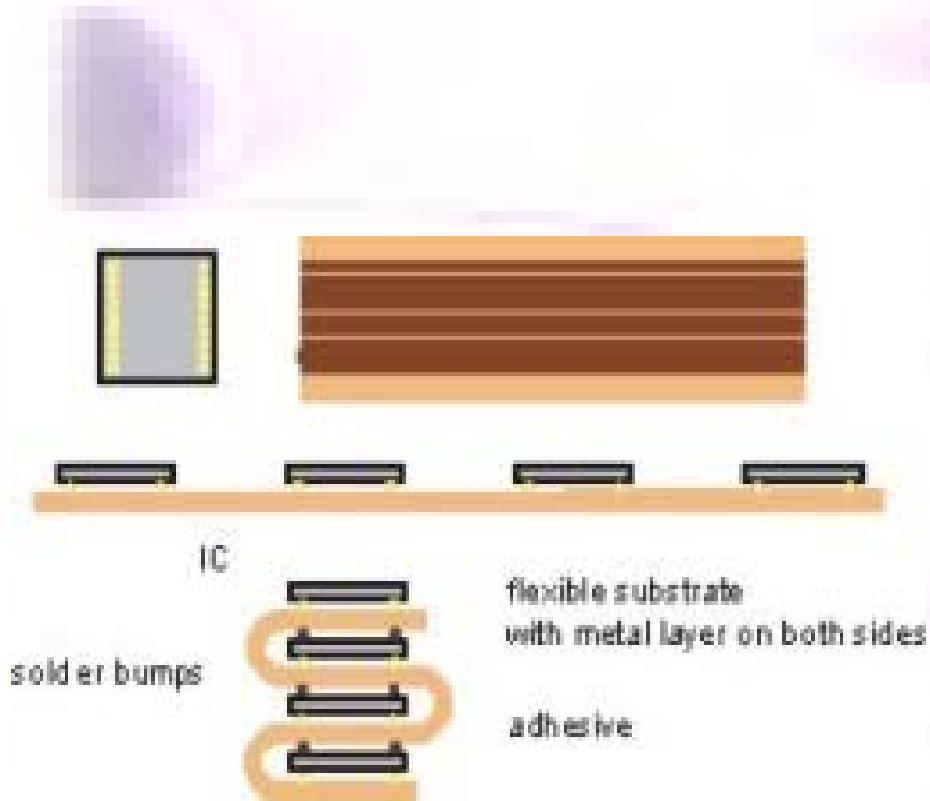
## ✓ Composants montés sur films souples

1. Conception de l'assemblage
2. Report des composants sur les flexs
  - o Toutes techniques de report possibles
  - o Variables d'un flex à l'autre ou sur un même flex
  - o Possibilité de test après montage
3. Empilement sur un outil
  - o Entretoises pour écart constant
4. Moulage
  - o Epoxie
5. Sciage
  - o Libération des connexions externes
6. Métallisation
  - o  $2\mu\text{m}$  Ni electroless
  - +
  - o  $5\mu\text{m}$  Ni electro déposé
7. Gravure laser
  1. Définition des connexions



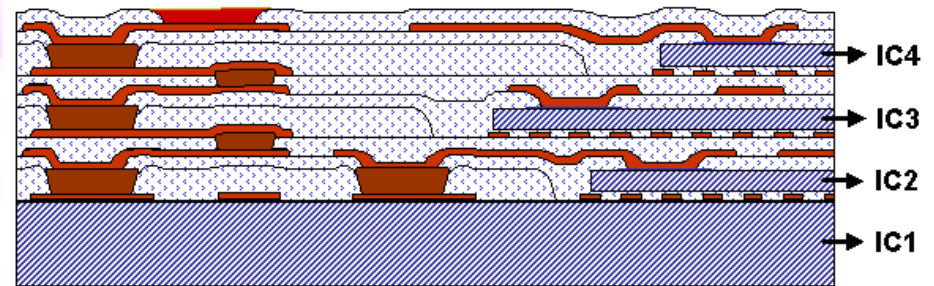
# L'assemblage 3D


## ✓ Composants montés sur films souples



## ✓ Empilement de substrats amincis

1. Amincissement des substrats avec les composants fonctionnels
2. Report sur le substrat hôte
3. Dépôt de diélectrique
4. Réalisation des interconnexions
5. Planarisation
6. Étape 1 ou fin



 Si-die - base wafer & thin embedded die

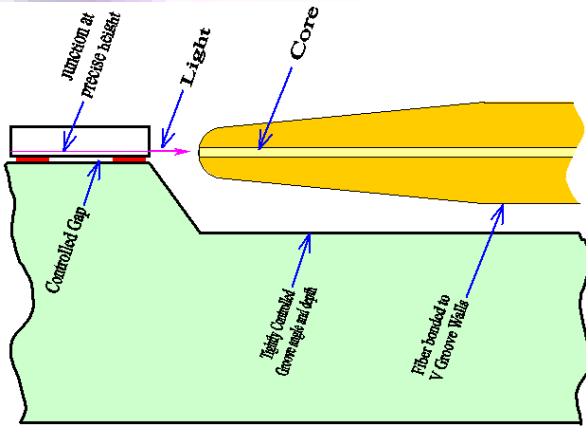
 Dielectric layer (BCB)

 Interconnect line (Cu)

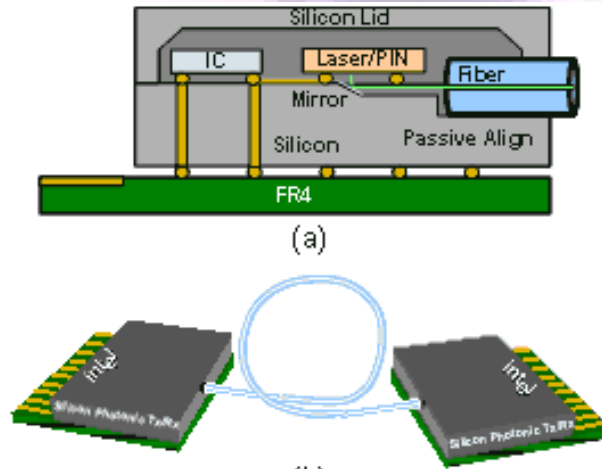
# L'assemblage 3D

## ✓ Couplage de fibres optiques

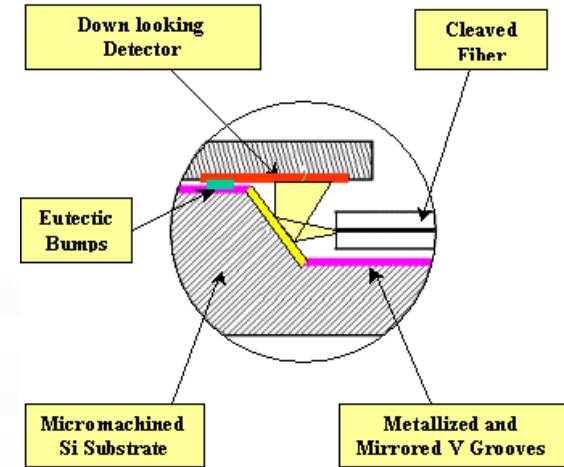
- o Tranchées en V usinée dans le Silicium
- o Positionnement passif



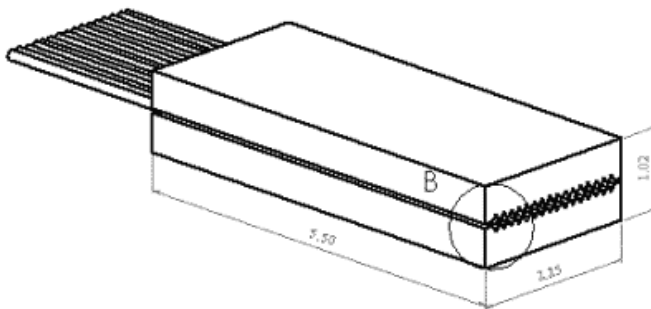
Alignement sur une diode laser



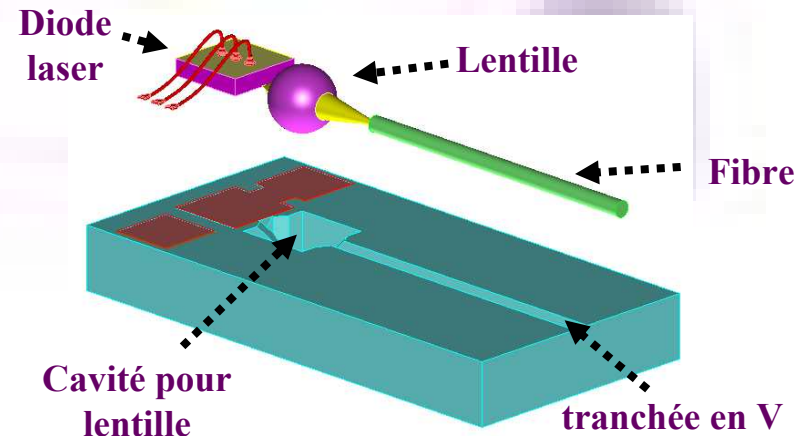
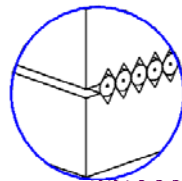
Configuration d'un assemblage



Alignement sur un détecteur  
Fibre clivée



Assemblage par double  
tranchées en V



# MATERIAUX, TECHNIQUES ET PROCEDES POUR L'ASSEMBLAGE

---

- A. INTRODUCTION
- B. LES MATERIAUX
- C. LES PROCEDES ET TECHNIQUES
- D. AU LAAS
  - a. **Organisation**
  - b. **Fonctionnement**
  - c. **Exemple**
- E. ANNEXES

# Zone assemblage – Organisation

## ✓ Intervenants

- o David Colin
- o Thierry Do Conto
- o Hugues Granier



## ✓ Organisation

1. Définition du projet par le demandeur
2. Analyse par les personnels TEAM
3. Analyse commune avec le demandeur
4. Organisation des actions
5. Conclusions

# Zone assemblage – Fonctionnement

## ✓ Fiche de demande de travaux



Document Adobe  
Acrobat

## ✓ Répertoires des opérations

- o Archivage
- o Antécédents

### Assemblage



Document Adobe  
Acrobat

### Découpe

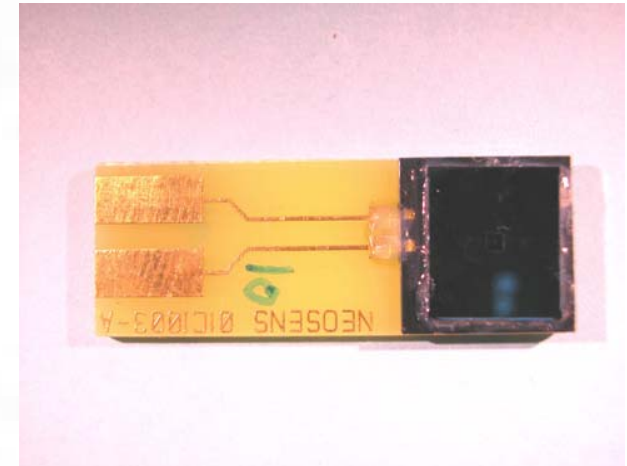
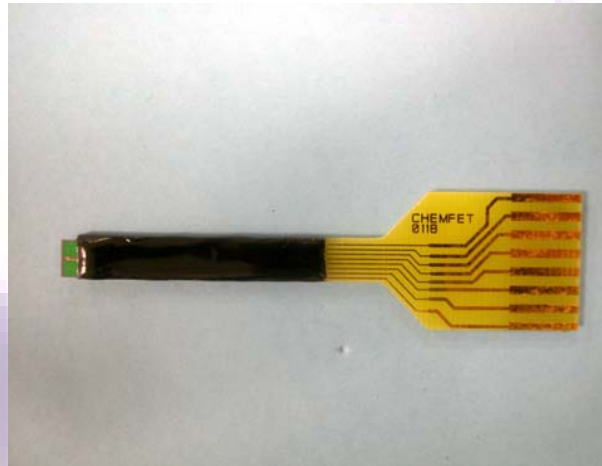
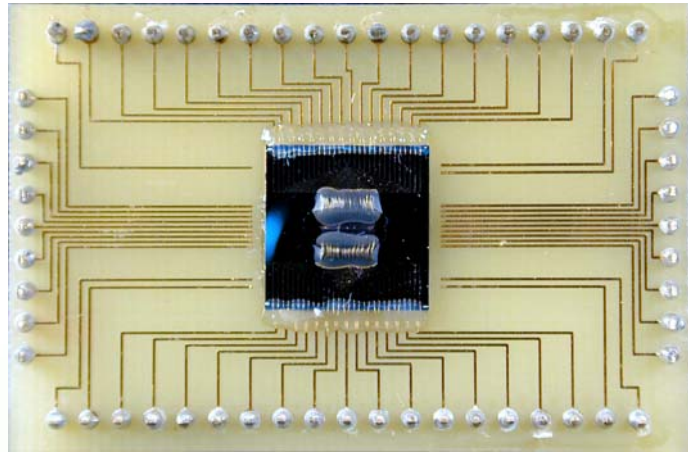


Document Adobe  
Acrobat

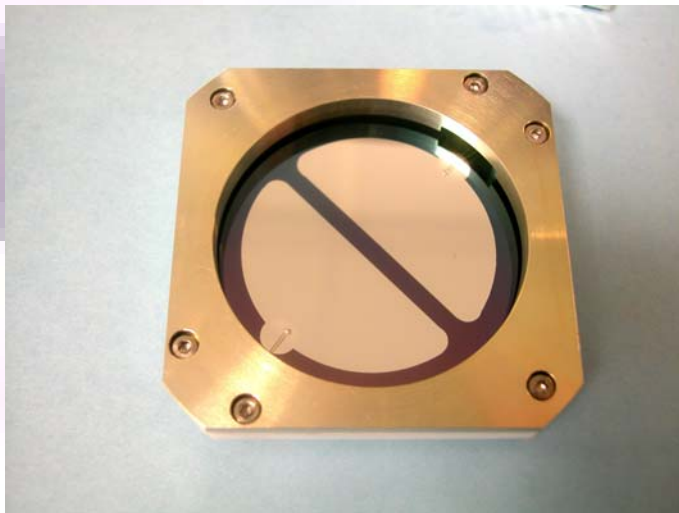


# Zone assemblage – Exemples

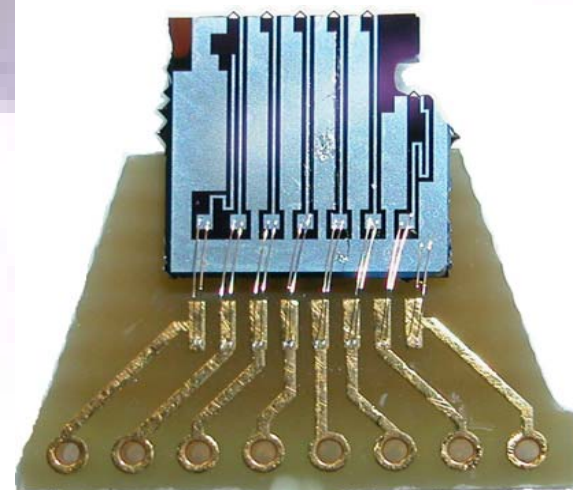
## Assemblages sur PCB



## Dosimètres (boîtier métallique spécifique)



## Microsoudure sur PCB

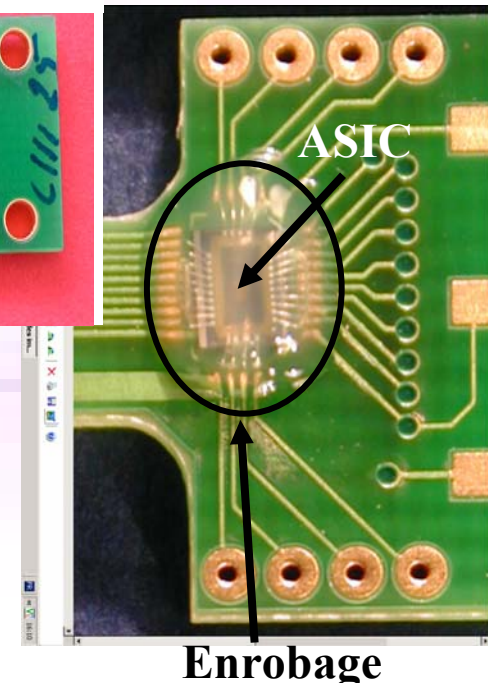
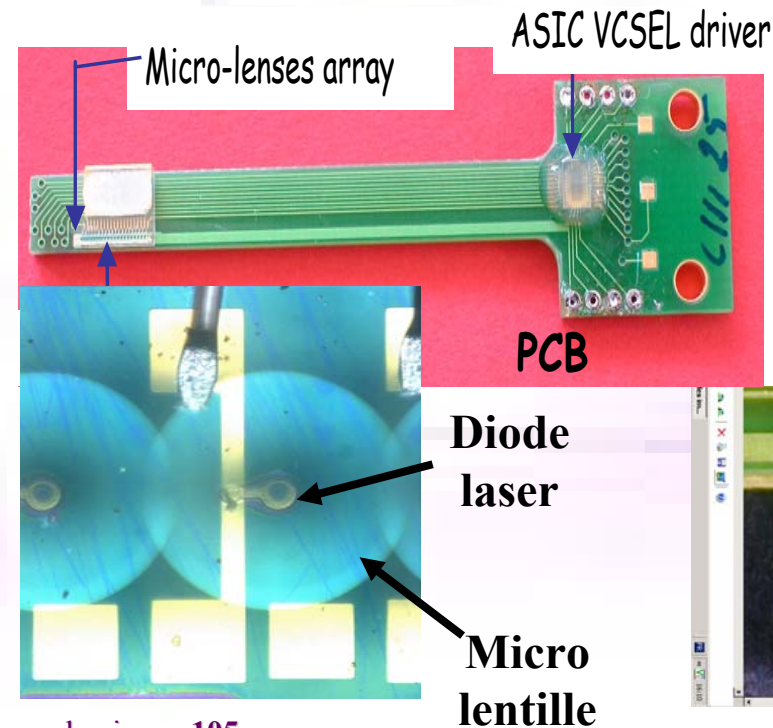
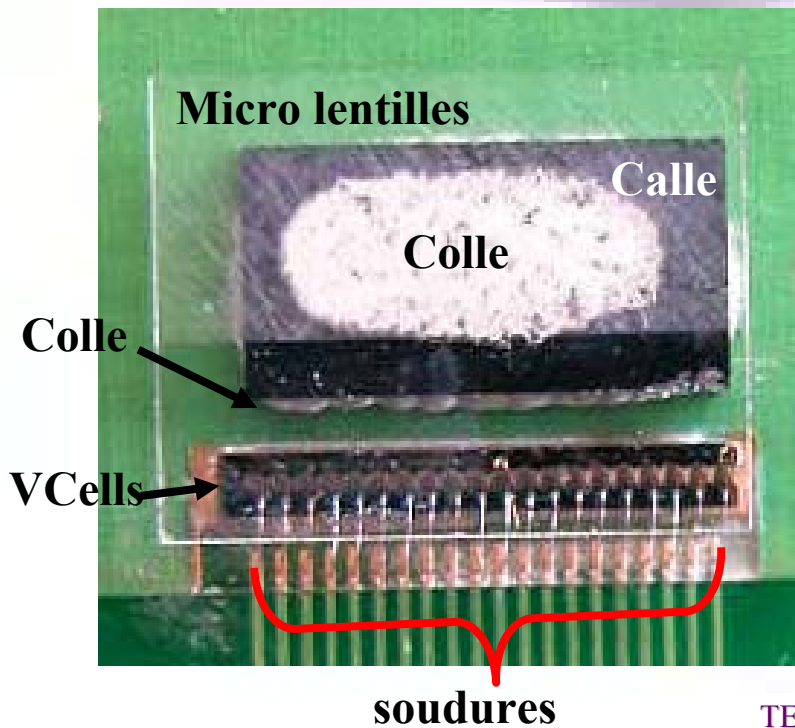
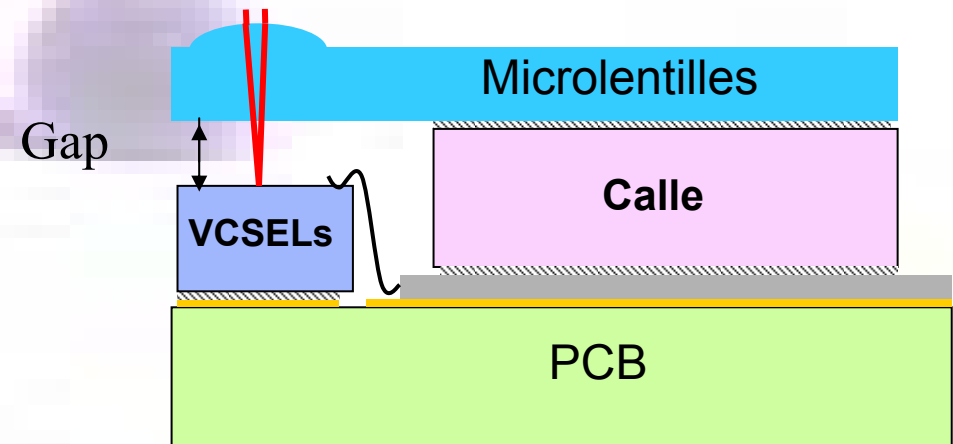




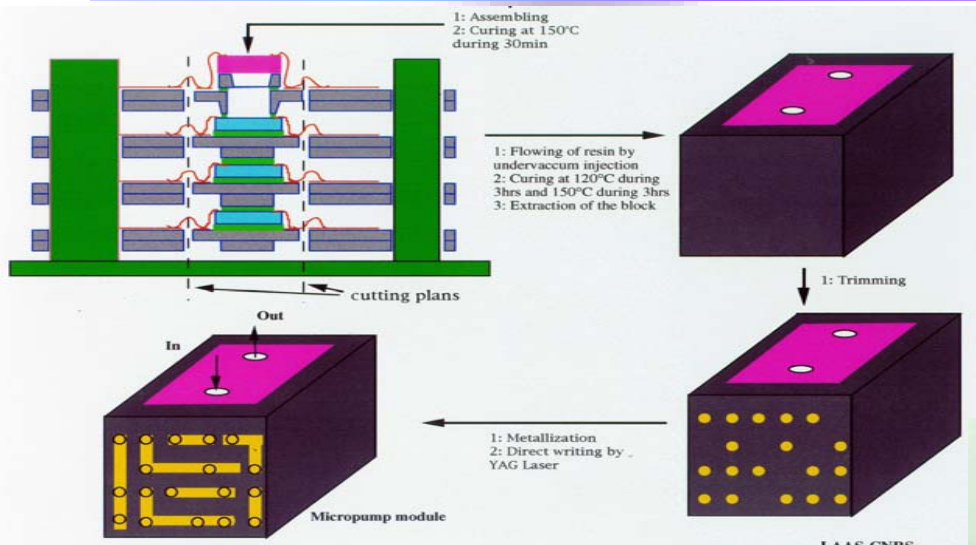
# Zone assemblage – Exemple - VCELLS

**Problématiques : contrôle très précis du gap et du centrage VCELL / lentille**

1. Collage VCELL
2. Collage ASIC
3. Microsoudure VCELL et ASIC
4. Enrobage ASIC
5. Collage Calle
6. Collage / Alignement microlentilles



# Exemples au LAAS : assemblage 3D



Procédé

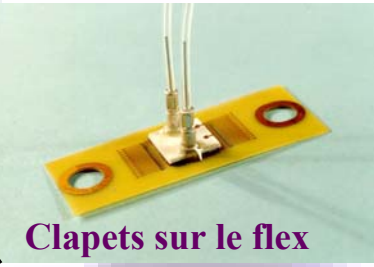
Outil d'alignement/moulage



Après sciage



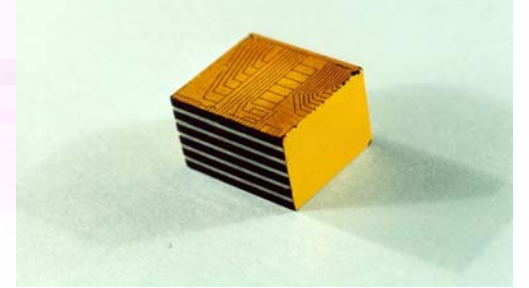
Clapets sur le flex



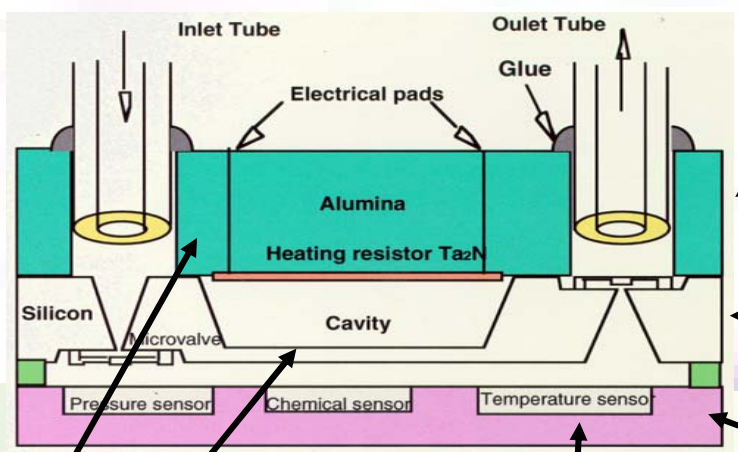
Valves sur le flex



Après métallisation et usinage laser

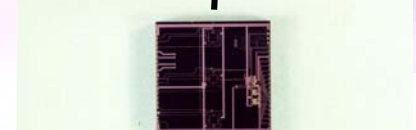


Traitement du signal sur le flex



Éléments de la pompe

Circuit de traitement du signal



# MATERIAUX, TECHNIQUES ET PROCÉDES POUR L'ASSEMBLAGE

---

A. INTRODUCTION

B. LES MATERIAUX

C. LES PROCÉDES ET TECHNIQUES

D. AU LAAS

E. ANNEXES

a. **Définitions des propriétés des matériaux**

b. **Constantes physiques de matériaux pour l'assemblage**

c. **Les nomenclatures en assemblage**

d. **Références**

# Annexe a

---

## Définitions des propriétés des matériaux

# Annexe a - Propriétés thermiques des matériaux

**Conductivité :** Quantité de chaleur transférée en une unité de temps au travers d'un matériaux d'une unité de surface et d'une unité d'épaisseur, quand les deux faces opposées différent d'une unité de température.

Unité :  $W.m^{-1}.K^{-1}$

**Tangente de perte  $\delta$  :** Caractéristique qui traduit le pouvoir de **dissipation thermique d'un matériaux**

$Tan \delta = \text{Energie stockée} / \text{Energie dissipée}$

Propriété électro-thermique

Pertes diélectriques = énergie stockée en un cycle de polarisation

$Tan \delta = 0$  toute l'énergie est dissipée

$Tan \delta \approx \infty$  toute l'énergie est stockée

# Annexe a - Propriétés thermiques des matériaux

---

**Transition vitreuse  $T_g$  : Pour les polymères en phase solide, température au delà de laquelle les mouvements thermiques des macromolécules leurs permettent de se mouvoir entre elles.**

$$T_g \neq T_{\text{fusion}}$$

Si  $T^\circ < T_g$  le matériau est dur et cassant

Si  $T^\circ > T_g$  le matériau est souple et élastique

**Coefficient Thermique d'Expansion : Caractéristique axiale qui traduit la variation dimensionnelle d'un matériaux soumis à une variation thermique**

$$\text{CTE} = dl / l \Delta T \text{ en } K^{-1}$$

- o Propriété thermo-mécanique

# Annexe a - Propriétés mécaniques des matériaux

---

**Contrainte  $\sigma$  : force appliquée à un corps par unité de surface.**

$$\sigma = F / A$$

F : force appliquée

A : surface d'application

Unité : N.m<sup>2</sup> (Pa)

**Déformation  $\varepsilon$  : Changement proportionnel en longueur, volume ou forme due à l'application d'une contrainte**

Suivant un axe  $\varepsilon = \Delta L / L$

**Contrainte limite : contrainte au delà de laquelle un matériau passe du domaine de déformation élastique au domaine de déformation plastique**

Déformation élastique = déformation maximale de 0.2 % après relâchement de la contrainte



# Annexe a - Propriétés mécaniques des matériaux

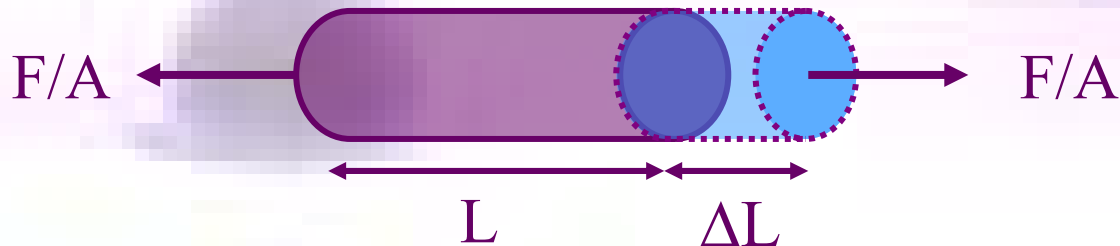
**Loi de Hook** : Dans le domaine de déformation élastique la déformation produite sur un corps est directement proportionnelle à la contrainte.

$$\text{Déformation} = K \cdot \text{Contrainte}$$

K constante

**Module de Young E (Loi de Hook longitudinale)** : dans le domaine de déformation élastique rapport de la contrainte sur la déformation longitudinale

$$E. \quad E = (F.L) / (A.\Delta L) \text{ en Pa}$$



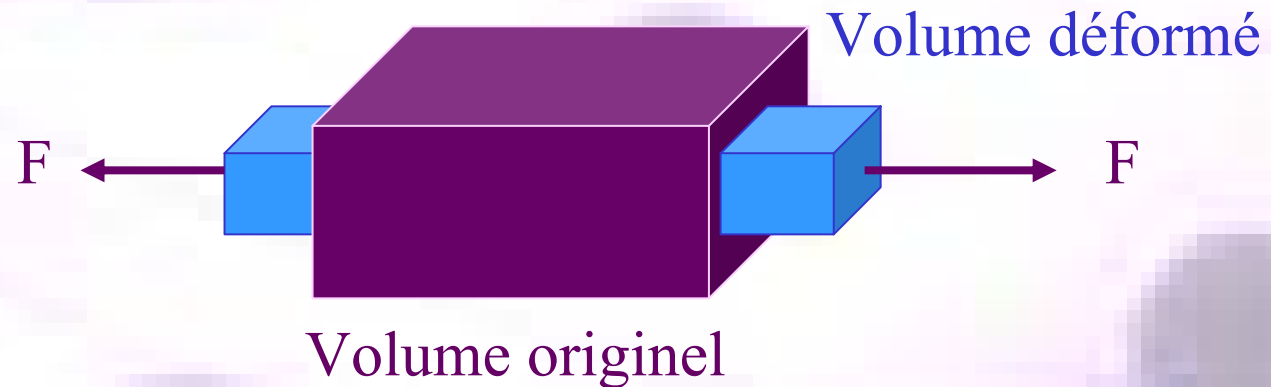


# Annexe a - Propriétés mécaniques des matériaux

**Coefficient de Poisson  $\nu$  : dans le domaine de déformation élastique rapport de la déformation de contraction transverse sur la déformation en extension dans l'axe de la contrainte**

$$\nu = - \varepsilon_{\text{transverse}} / \varepsilon_{\text{longitudinal}}$$

Signe – pour normalisation positive



Théoriquement  $-1 < \nu \leq 0.5$  en réalité la plupart des matériaux  $0 < \nu \leq 0.5$

Pour  $\nu = 0.5$  le matériaux est complètement incompressible

# Annexe a - Propriétés électriques des matériaux

**Conductivité  $\sigma$** : Caractéristique qui décrit le pouvoir de conduction des charges libres d'un matériaux.

$$\sigma = q (n\mu_n + p \mu_p) \text{ en } [\Omega.m]^{-1}$$

$\mu_n$  et  $\mu_p$  mobilités

$n$  et  $p$  densités des électrons et des trous

$q$  charge élémentaire

**Permittivité  $\epsilon$** : Caractéristique qui décrit le pouvoir de polarisation d'un matériaux sous l'influence d'un champ électrique

Caractérise l'influence des charges liées (molécules polaires, ions,...)

✓ Permittivité « absolue »

$$\epsilon = D / E \text{ en } F.m^{-1}$$

$D$  excitation électrique

$E$  champ électrique

✓ Permittivité relative (constante diélectrique)  $\epsilon_R$

$$\epsilon_R = \epsilon / \epsilon_0$$

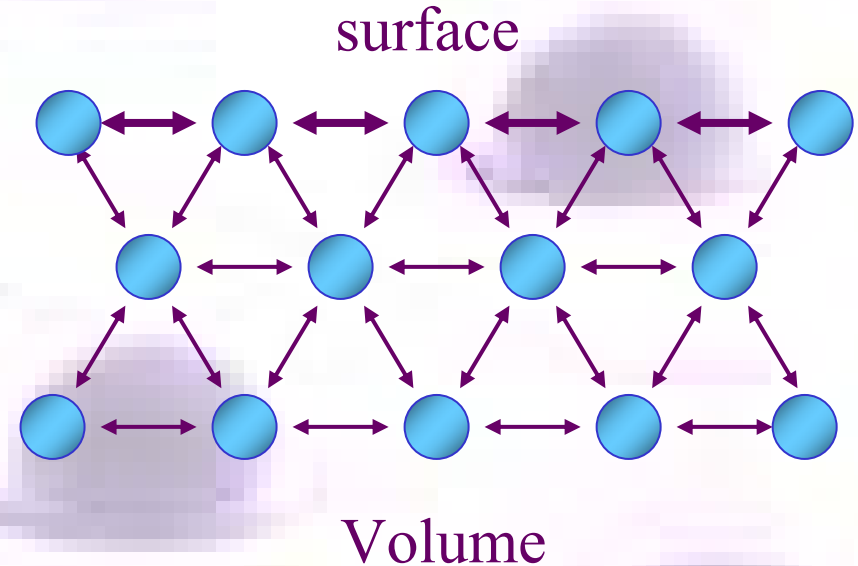
$\epsilon_0$  permittivité du vide =  $8.854187 \cdot 10^{-12} F.m^{-1}$

# Annexe a - Propriétés chimiques des matériaux

## Cohésion et tension de surface :

- ✓ Les interactions dans le volume entre les molécules d'un corps pur sont équilibrées par des forces uniformément réparties: les forces de cohésion
- ✓ Les interactions à la surface entre les molécules d'un corps pur ne sont pas équilibrées. Il existe une « énergie libre » appelée tension de surface.

Unités : dynes/cm ou mN/m

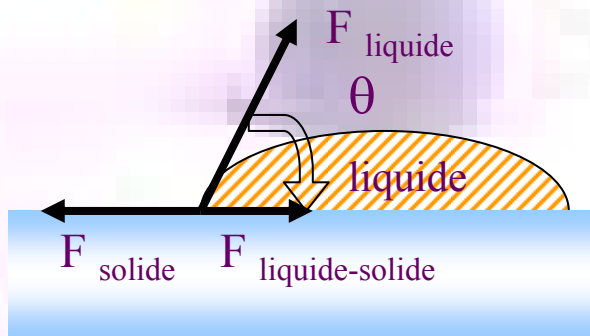


**Adhésion :** Les interactions entre les molécules de deux corps différents sont appelées forces d'adhésion

# Annexe a - Propriétés chimiques des matériaux

**Mouillage : Capacité pour un solide d'être en contact avec un liquide ou un gaz plutôt qu'avec un autre.**

✓ L' Angle de contact est obtenu par l' équilibre des différentes tensions de surface



$$F_{\text{liquide}} \cos\theta + F_{\text{liquide-solide}} = F_{\text{solide}}$$

$\theta = 0^\circ$  mouillabilité parfaite

$\theta = 180^\circ$  imperméabilité parfaite

✓ Pour un système liquide-solide donné dépend de

- La température
- La pression
- L'hygrométrie
- L'état de surface (rugosité, pureté)
- ...

# Annexe a - Propriétés chimiques des matériaux

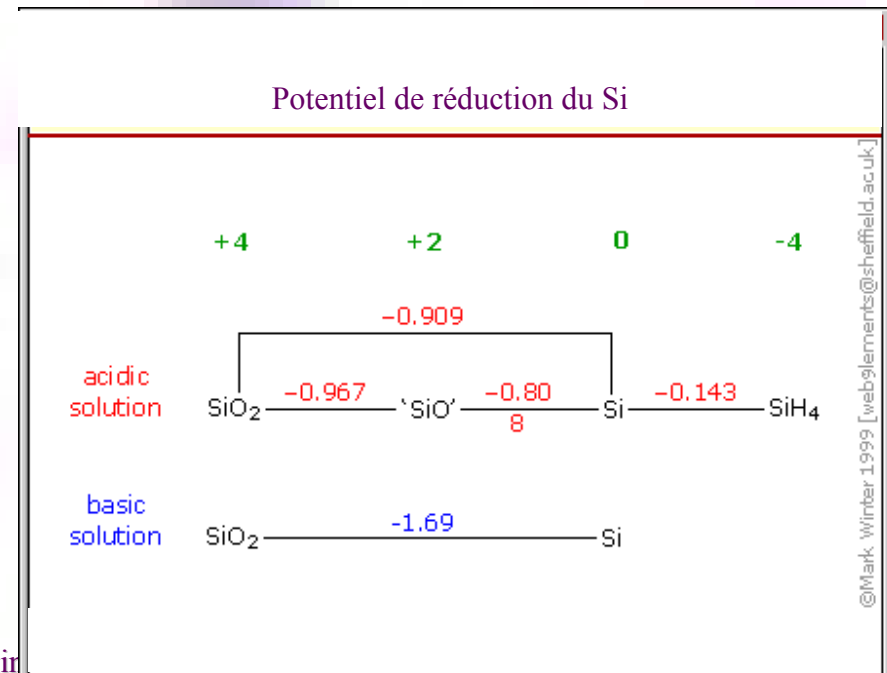
## Potentiel oxydo-réducteur :

- ✓ Oxydation : réaction dans laquelle les éléments échangent des électrons
  - Le réducteur perd un électron
  - L'oxydant gagne un électron
  - Caractéristique relative à la réaction
  
- ✓ Potentiel oxydo-réducteur : échelle du pouvoir oxydant relativement à celui de l'eau pure.

Unité : Volt

- ✓ Réactions d'oxydo-réduction :

- Corrosion
- Combustion
- Electrochimie
- ...



# Annexe b

---

## Constantes physiques de quelques matériaux pour l'assemblage

# Annexe b - Constantes physiques de quelques matériaux

## Matériaux de boîtiers

Properties	Units	Alumina (92%)	Kovar	Molding Compound	Sealing Glass	Cu-W (90%)	Cu
Density	kg/m <sup>3</sup> (g/cc)	3600-3700 (3.6-3.7)	8400 (8.4)	1790-1850 (1.79-1.85)	4700 (4.7)	17000 (17)	8900 (8.9)
Modulus of Elasticity	GPa	55	138	E <sub>1</sub> = 11.7 E <sub>2</sub> = 0.1	5.7	255	125
Tensile Strength	MPa	157	627	19.98			270
Thermal Conductivity (20°C)	W/mK	18	17.5	0.58 - 0.67	0.6	180 - 200	
Coefficient of Thermal Expansion	ppm/°C	6.8 (25°C - 400°C)	5.3 (40°C - 250°C)	a <sub>1</sub> ≤ 23 a <sub>2</sub> ≤ 80 (40°C - 250°C)	6.3 - 7.0 (40°C - 250°C)	6.5 (25°C - 500°C)	16 (25°C - 500°C)
Electrical Resistivity	Ω cm	10 <sup>14</sup>	49 X 10 <sup>-6</sup>	5 X 10 <sup>12</sup>	>10 <sup>11</sup>	<6 X 10 <sup>-6</sup>	<2 X 10 <sup>-6</sup>
Dielectric Constant (1 MHz)		7.9 - 10.0	NA	≤ 5.0	11.5	NA	NA
Flammability Rating *	inches			1/8			

## Matériaux de métallisation

Properties	Units	Copper Alloy MF 202	Alloy 42	Kovar	TAMAC5	CDA 194	OLIN 7025	EFTEC 64T
Density	kg/m <sup>3</sup> (g/cc)	8880 (8.8)	8100 (8.1)	8400 (8.4)	8900 (8.9)	8800 (8.8)	8800 (8.8)	8900 (8.9)
Modulus of Elasticity	GPa	113	145	138	120	121	131	119
Tensile Strength	MPa	490-590	588-735	627	527-562	480-519	527	560
Thermal Conductivity (20°C)	W/mK	160	15.7	17.5	138	263	166	300
Coefficient of Thermal Expansion	ppm/°C	17.0	4.5	5.3	16.7	16.3	17.1	17.0
Electrical Resistivity	Ω cm	5.7 X 10 <sup>-6</sup>	57 X 10 <sup>-6</sup>	49 X 10 <sup>-6</sup>	4.9 X 10 <sup>-6</sup>	2.6 X 10 <sup>-6</sup>	4.3 X 10 <sup>-6</sup>	2.3 X 10 <sup>-6</sup>

## Matériaux d'adhésion

Property	Units	Silver Filled Glass	Silver Filled Adhesive	Silver Filled Epoxy	99.99% Au + 2% Si	99.99% Au
Density	kg/m <sup>3</sup> (g/cc)	4500 (4.5)		2500 (2.5)	14500 (14.5)	19300 (19.3)
Modulus Elasticity	GPa		0.77		69.5 (Data for Au + 3% Si)	62.5
Tensile Strength	MPa	> 10.			500-600	130
Thermal Conductivity	W/mK	270	2.5 @ 121°C	1.6 @ 121°C	50	311
Coefficient of Thermal Expansion	ppm/°C	8	α <sub>1</sub> = 40 α <sub>2</sub> = 150	α <sub>1</sub> = 46 α <sub>2</sub> = 240	50 @ 25°C	14.2 @ 25°C
Electrical Resistivity	Ω cm	1 X 10 <sup>-5</sup>	1 X 10 <sup>-4</sup>	2 X 10 <sup>-4</sup>	3.1 X 10 <sup>-4</sup>	2.21 X 10 <sup>-6</sup>

## Matériaux de TCP

Property	Units	Polyimide	Adhesive	Cu-Foil Rolled	Cu-Foil Electro-Deposited	Encapsulant
Density	kg/m <sup>3</sup> (g/cc)	1470 (1.47)	1500 - (1.5)	8931 (8.9)	8931 (8.9)	1330 (1.33 uncured)
Modulus Elasticity	GPa	9 @ 25°C 4 @ 300°C	8 @ 25°C	127.4	127.4	6.55 @ 25°C
Tensile Strength	MPa	400	40 - 100	~450	532	
Thermal Conductivity	W/mK	0.2	0.1 - 0.2	390	390	0.52
Coefficient of Thermal Expansion	ppm/°C	12 - 18 25°C - 300°C	30 - 60 25°C - 300°C	16.7 25°C	16.7	α <sub>1</sub> = 31 α <sub>2</sub> = 118
Electrical Resistivity	Ω cm	>1 X 10 <sup>15</sup>	>10 <sup>16</sup> (0%RH) >10 <sup>15</sup> (55%RH)	1.7 X 10 <sup>-6</sup>	1.7 X 10 <sup>-6</sup>	
Dielectric Constant	relative	3.5 (KHz)	3.0 (1 KHz)	NA	NA	3.8 (1 KHz)

# Annexe b - Constantes physiques de quelques matériaux

## Matériaux de PBGA

Property	Units	Laminate Substrate	Solder Mask	Die Attach	Molding Compound	Solder Spheres
Density	g/cc		1.4	3.5	1.9	8.4
Modulus of Elasticity	GPa	12-18		0.3-2.0	Flexural Modulus 15 - 20	30
Tensile Strength	MPa	225-300			Flexural strength 95 - 150	35
Thermal Conductivity	W/mK		0.20	2.0	0.7-0.9	50.6
Glass Transition Temp	°C	195 (BT epoxy)	105	25-100	180-225	Eutectic point 183
Coefficient of Thermal Expansion	ppm/°C	12-16 (x, y) 72 - 85 (z)	$\alpha_1 = 60$ $\alpha_2 = 160$	$\alpha_1 = 40-80$ $\alpha_2 = 150-200$	$\alpha_1 = 12-18$ $\alpha_2 = 41-65$	24.7
Volume Resistivity	$\Omega \text{ cm} = 25^\circ \text{C}$		$10^{13} - 10^{16}$		$> 10^{14}$	

## Matériaux de BGA

Property	Units	Copper Slug	Tape Substrate	Die Attach	Encapsulation	Solder Spheres
Density	g/cc	8.96	1.4 (resin)	3.5	1.5-1.8	8.4
Modulus of Elasticity	GPa	110-20		0.3-2.0	5-13	30
Tensile Strength	MPa	220	24kpsi (resin)		70	35
Thermal Conductivity	W/mK	390-400		2.0	0.85-0.90	50.6
Glass Transition Temp	°C	Melting Point 1083	260	25-100	90-170	Eutectic point 183
Coefficient of Thermal Expansion	ppm/°C	16-18	(x, y) 50 (z)	$\alpha_1 = 40-80$ $\alpha_2 = 150-200$	$\alpha_1 = 16-26$ $\alpha_2 = 70-80$	24.7
Volume Resistivity	$\Omega \text{ cm} = 25^\circ \text{C}$		$10^6$		$> 10^{15}$	

## Matériaux de brasure

Solder Type	Temperature (°C)
Sn-Pb Plating (85 wt% Sn)	200 - 225
Sn-Pb Eutectic (62 wt% Sn)	183
Tin	232
Lead	327
Gold	1063
Copper	1083
Silver	961
Copper/Silver Braze (28 wt% Cu)	850
Au-Sn Eutectic (80 wt% Au)	280

## Matériaux de PPGA

Property	Units	Silver Filled Epoxy	Encapsulant
Density	kg/m <sup>3</sup> (g/cc)	2500 (2.5)	
Modulus Elasticity	GPa		10.2 @ 25° C
Tensile Strength	MPa		
Thermal Conductivity	W/mK	1.6 @ 121°C	0.52
Coefficient of Thermal Expansion	ppm/°C	$\alpha_1 = 46$ $\alpha_2 = 240$	$\alpha_1 = 19$ $\alpha_2 = 70$
Electrical Resistivity	$\Omega \text{ cm}$	$> 1 \times 10^{-4}$	$2.18 \times 10^{16}$
Dielectric Constant	relative		@ 1kHz=3.68



# Annexe c

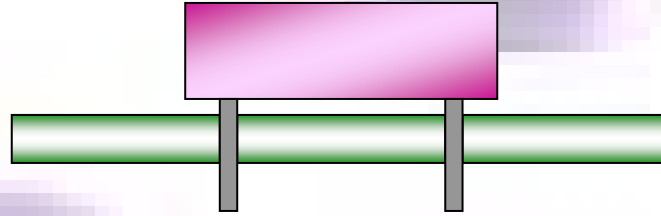
---

## Les nomenclatures en assemblage

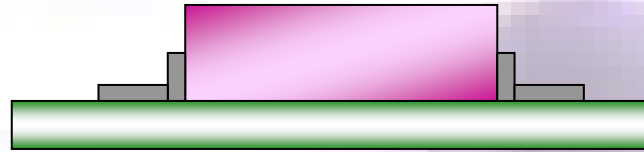
# Annexe c – Dénominations – Types de montage

---

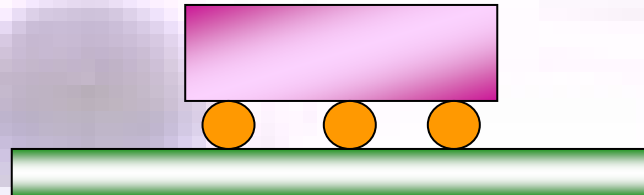
## o Pin Through Hole



## o Surface Mount Technology - Peripheral



## o Surface Mount Technology - Area Array

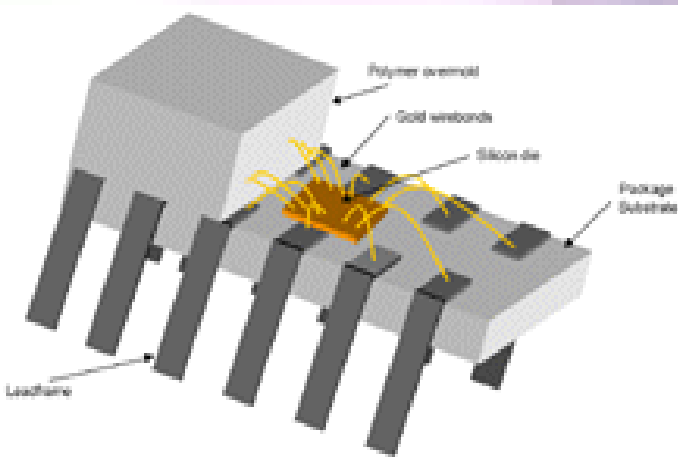


# Annexe c – Dénominations – Single Chip Package

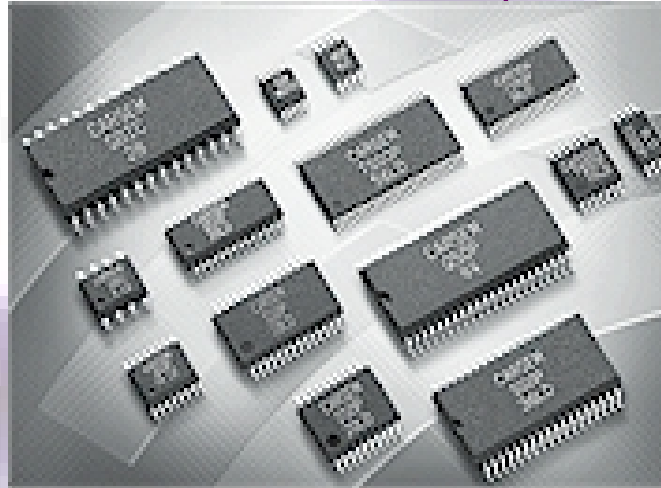
## ✓ SCP périphériques

- o pins : Cu ou Kovar,
- o enrobage : plastique ou céramique

- o **D**ual **I**n line **P**ackage
  - o Jusqu'à 48 pins



- o **S**mall **O**ut line **P**ackage
  - o Idem DIP mais plus fin



- o **Q**uad **F**lat **P**ackage
  - o Jusqu'à 304 pins

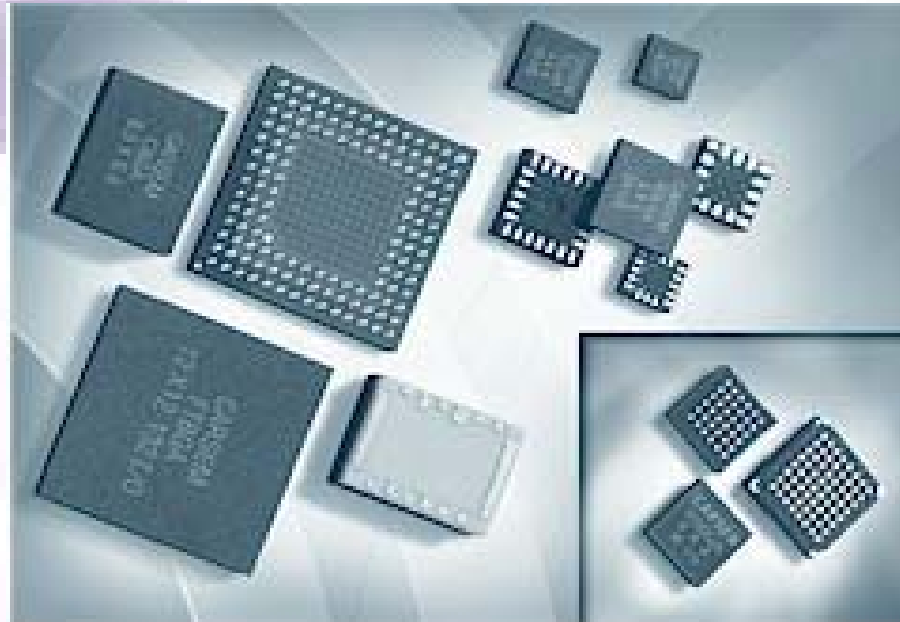


# Annexe c – Dénominations – Single Chip Package

## Area Array SCP

- o Substrats : plastiques, céramiques, flexibles
- o Connexions : Sn/Pb, soudure sans Pb

## Peripheral Grid Array



## o Ball Grid Array

## ✓ Chip Scale Package

- o Surface < surface puce + 50%
- o Périmètre < périmètre puce + 20 %

# Annexe c – Dénominations – Glossaire

## ✓ Surface Mount Device Package Types

**BGA: Ball Grid Array**  
**BQFP: Bumpered Quad Flat Pack**  
**CBGA: Ceramic Ball Grid Array**  
**CFP: Ceramic Flat Pack**  
**CPGA: Ceramic Pin Grid Array**  
**CQFP: Ceramic Quad Flat Pack**  
**TBD: Ceramic Lead-Less Chip Carrier**  
**DLCC: Dual Lead-Less Chip Carrier (Ceramic)**  
**FBGA: Fine-pitch Ball Grid Array**  
**fpBGA: Fine Pitch Ball Grid Array**  
**JLCC: J-Leaded Chip Carrier (Ceramic)**  
**LCC: Leaded Chip Carrier [also Leadless]**  
**LCCC: Leaded Ceramic Chip Carrier;**  
**LFBGA: Low-Profile, Fine-Pitch Ball Grid Array**  
**MLCC: Micro Leadframe Chip Carrier**  
**PBGA: Plastic Ball Grid Array**  
**PLCC: Plastic Leaded Chip Carrier**  
**PQFD: Plastic Quad Flat Pack**  
**PQFP: Plastic Quad Flat Pack**  
**PSOP: Plastic Small-Outline Package**  
**QFP: Quad Flatpack**  
**QSOP: Quarter Size Outline Package**  
**SOIC: Small Outline IC**  
**SOJ: Small-Outline Package [J-Lead]**  
**SSOP: Shrink Small-Outline Package**  
**TQFP: Thin Quad Flat Pack**  
**TSOP: Thin Small-Outline Package**  
**TSSOP: Thin Shrink Small-Outline Package**  
**TVSOP: Thin Very Small-Outline Package**  
**VQFB: Very-thin Quad Flat Pack**

## ✓ Through Hole Device Package Type

**C-DIP: Ceramic Dual In-line Package**  
**CERDIP: Ceramic DIP**  
**CPGA: Ceramic Pin Grid Array**  
**DIP: Dual In-line Package**  
**TBD: Dual In-line Zig-Zag Package;**  
**HDIP: Hermetic DIP**  
**PDIP: Plastic DIP [P-DIP]**  
**PGA: Pin Grid Array;**  
**PPGA: Plastic Pin Grid Array**  
**Shrink DIP: Shrink Dual In-Line Package**  
**SIP: Single In-line Package<sup>15</sup>**

# Annexe d

---

## Références

# Références

- ✓ **ELECTRONIC PACKAGING & INTERCONNECTION HANDBOOK**
  - o HAROER C A
  - o MCGRAW HILL 1997
- ✓ **FUNDAMENTALS OF MICROSYSTEMS PACKAGING**
  - o TUMMALA R R
  - o MC GRAW HILL 2001
- ✓ **ELECTRONIC PACKAGING DESIGN MATERIALS PROCESS AND RELIABILITY**
  - o LAU J,WONG C,PRINCE J,NAKAYAMA W
  - o MC GRAW HILL 1998
- ✓ **WIRE BONDING IN MICROELECTRONICS MATERIALS PROCESSES RELIABILITY .AND YIELD**
  - o HARMAN G
  - o MC GRAW HILL 1997
- ✓ **FLIP CHIP TECHNOLOGIES**
  - o LAU J H
  - o MCGRAW HILL 1995
- ✓ **MULTICHIP MODULES & RELATED TECHNOLOGIES**
  - o GINSBERG GL
  - o MCGRAW HILL 1994
- ✓ **SEMICONDUCTOR WAFER BONDING : SCIENCE AND TECHNOLOGY**
  - o TONG Q Y, GOSELE U
  - o JOHN WILEY & SONS 1999
- ✓ **HANDBOOK OF SEMICONDUCTOR WAFER CLEANING TECHNOLOGY : SCIENCE TECHNOLOGY AND APPLICATIONS**
  - o KERN W
  - o NOYES PUBLICATIONS 1993
- ✓ **L'ASSEMBLAGE PAR COLLAGE (cahiers sectoriels1 et2)**
  - o CRIF/CREACOL
  - o MINISTERE DE LA RECHERCHE DE LA REGION WALLONE
- ✓ **TRAITEMENTS DE SURFACE ET ADHERENCE**
  - o CREACOL/TECHNACOL