

smiths connectors



# PRÉSENTATION PROJET SIEMSTACK

---

ENGINEERING SUPERIOR SOLUTIONS

**Hyperboloid, Spring Probe, High Speed and Filtered Interconnects**

Aerospace & Defense, Industrial, Medical, Space, Test & Measurement, Transportation

June 2015 |



Company Confidential

©2013 Smiths Connectors Proprietary Data

[www.smithsconnectors.com](http://www.smithsconnectors.com)

# SIEMSTACK

Solutions d'Interposeur Electrique pour Module à  
STACKER



## Objectifs stratégiques de la filière

La stratégie RTI de la filière est de répondre aux grands enjeux de l'aéronautique en préparant les technologies du futur sur des thématiques de pointe.

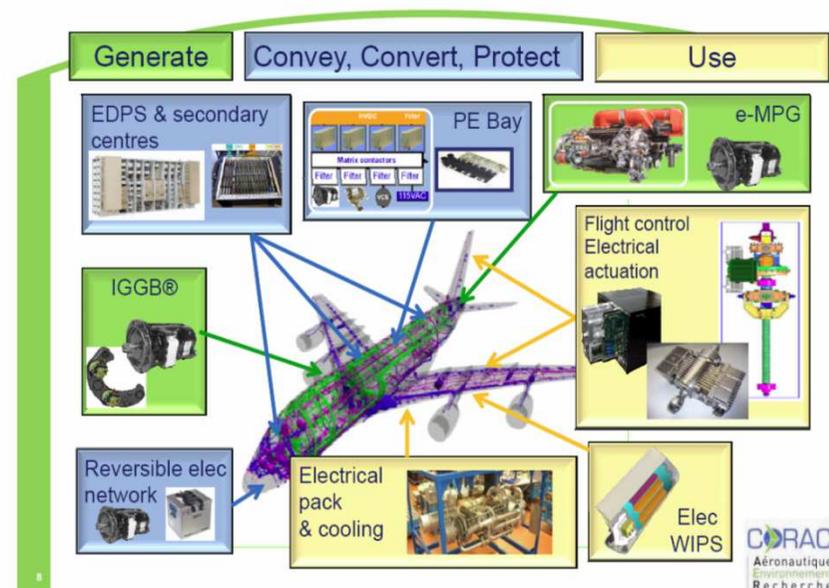
- Exemple de feuilles de route :

- ✓ ACARE (Advisory Council for Aviation Research and Innovation in Europe)
- ✓ CORAC (COnseil pour la Recherche Aéronautique Civil).

- Objectif commun :

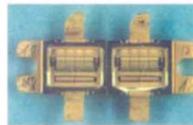
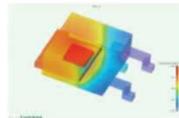
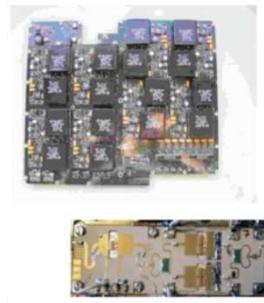
- ✓ la réduction des émissions de dioxyde de carbone (CO<sup>2</sup>) et la réduction des émissions d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>).
- ✓ 2% des émissions de CO<sup>2</sup> sont émises par le transport aérien, soient 628.000.000 tonnes de CO<sup>2</sup> par an avec une croissance prévue de 4 à 5% par an !
- ✓ Diminution de 75% à horizon 2050 du CO<sup>2</sup> et des NO<sub>x</sub> (diminution de 90% à horizon 2050).

### A complete new energy chain



## OBJECTIFS

- Nombreux projets de recherche orientés vers les systèmes de propulsion, les matériaux et la fiabilité des systèmes électriques et électroniques :
  - ✓ **AUDACE** (fiabilité des systèmes mécatronique),
  - ✓ **ACCEA** (matériaux composites conducteur),
  - ✓ **SEFORA** (Smart EMA (actionneur électro-mécanique) For Operations in Rough Atmospheres),
  - ✓ **CREAM** (Compact & Reliable Electronic integrated in Actuator and Motor),
  - ✓ **AMPERES** (systèmes des avions « plus électriques ») ...
- Pour mener à bien ces nouveaux systèmes, les équipementiers et avionneurs vont devoir disposer de solutions d'interconnexions fiables répondant à de nouveaux challenges technologiques (tenue à des hautes températures - miniaturisation).

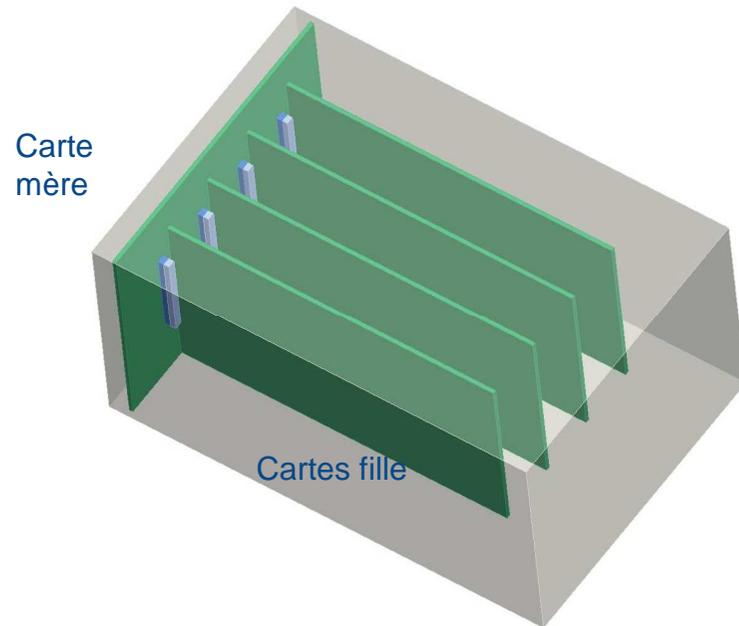


## OBJECTIFS

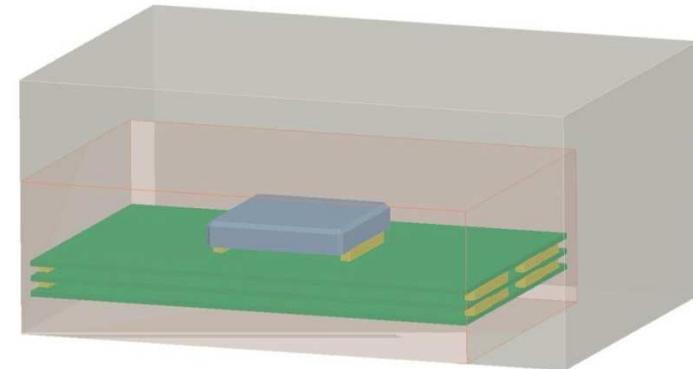
- Gain potentiel avec SIEMSTACK :

Exemple :

4 cartes fille sur carte mère via un connecteur DIN (Electronique de « vol »)



Cartes et composants empilés grâce au connecteur SIEMSTACK



⇒ 1<sup>ère</sup> estimation : gain de 30 % en volume et en masse.

# ASPECTS INNOVANTS

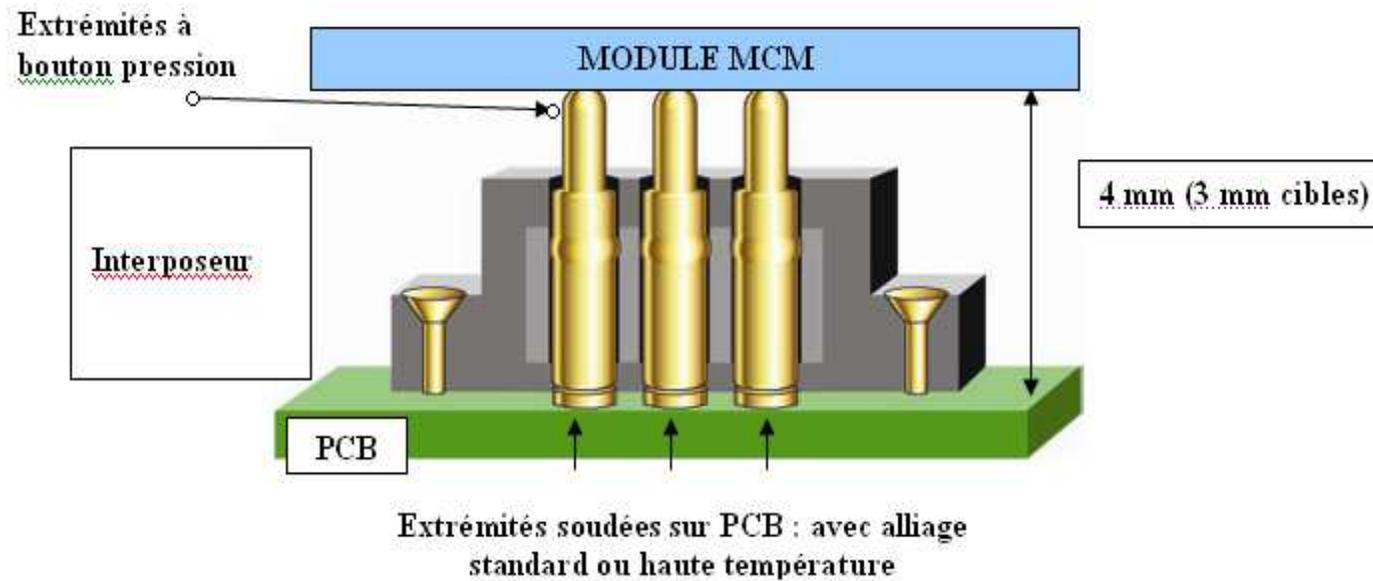
## Innovations focalisées sur plusieurs niveaux :

- **Technique :**
  - ✓ réalisation d'une solution d'interconnexion miniature (<4 mm),
  - ✓ résistance à des hautes températures (>200°C).
- **Process :**
  - ✓ développement d'un process de brasage innovant à haute température,
  - ✓ fiabilité électrique et mécanique.
- **Maintenance :**
  - ✓ démantèlement facile des composants soudés sur des cartes imprimées,
  - ✓ recyclage de produits permettant d'éviter le broyage et l'incinération de tels systèmes,
  - ✓ remplacement de certains éléments défectueux sans avoir à changer le système entier.



# INTERCONNEXION

- *Etudier et évaluer la fiabilité d'une interconnexion à bouton pression pour applications aéronautiques en température.*



- *Interposeur : Solution d'interconnexion à bouton pression*
- *MCM : Substrat en céramique (Multi Chip Module)*
- *PCB : Circuit imprimé (Printed Circuit Board)*

# VERROUS TECHNOLOGIQUES

## • Fiabilité en température :

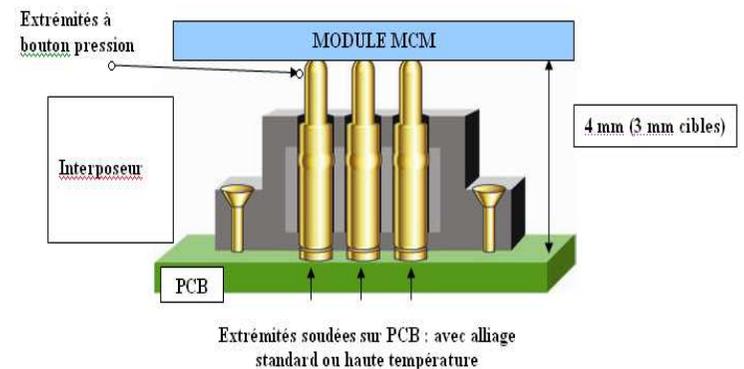
- ✓ Résister aux environnements de plus en plus sévères :
  - ❑ vibrations et température (actuellement 125°C uniquement ; température continue demandée >200°C),
  - ❑ fiabilité de la soudure « haute température » : température de fusion des alliages de soudure standards inférieure à 200°C (183°C pour le SnPb).
- ✓ Recherche de matériaux plastiques pour résister à la température,
- ✓ Maîtrise du process de soudage de ce connecteur (haute température et système miniature),
- ✓ Offrir des résistances de contacts électriques faibles (< 50 milliohms).

## • Miniaturisation :

- ✓ Hauteur < 4 mm (cible : 3 mm),
- ✓ Offrir une haute densité de contacts électriques (pas entre contacts = 1 mm),
- ✓ Alignement de ces contacts miniatures (1 mm entre chaque contact).

## • Compétitivité :

- ✓ S'intégrer facilement avec une mise en œuvre aisée,
- ✓ Avoir un coût de possession compétitif sur tout le cycle de vie des EEE concernés,
- ✓ Offrir un démantèlement facile des substrats céramiques (modules MCM) sur carte imprimée.



# COMPETENCES

**HYPERTAC**  
Interposeur

**ARELIS**  
Brasure

**AREELIS**  
Technologies

Essais thermo-  
mécanique &  
simulation

**Analyses Surface**  
LABORATOIRE ERIC BEUCHER

Vieillessement &  
analyse matériaux

**C.E.V.A.A.**

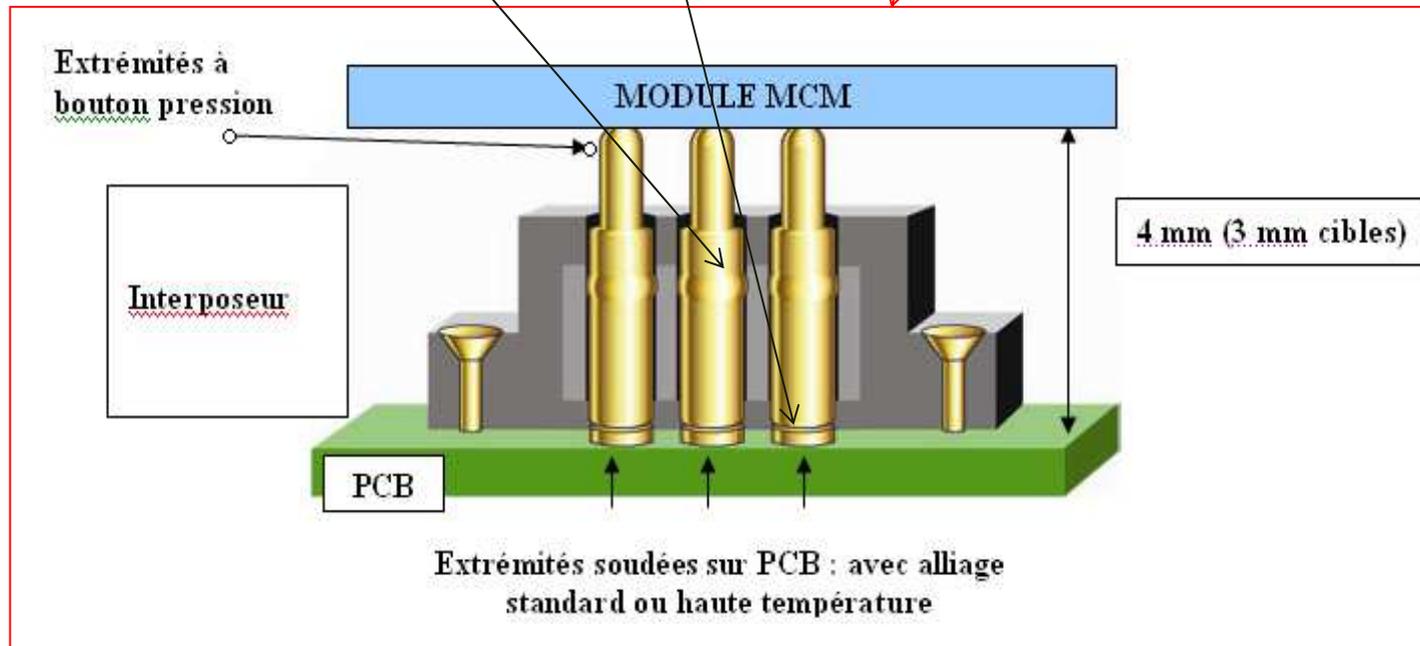
Vibrations en  
température

**GPM**  
Groupe de Physique des Matériaux

Choix  
matériaux

**Am**

Modélisation  
& simulation  
joints brasés





# PARTENAIRES DU PROJET



- **Missions d'HYPERTAC**

- ✓ *Manager et coordonner le projet Siemstack avec l'ensemble des partenaires,*
- ✓ *Modéliser des solutions innovantes,*
- ✓ *Etudier un nouveau connecteur innovant miniature et résistant à la température.*



- **Missions d'ARELIS**

- ✓ *Etudier un nouveau process de soudure innovant,*
- ✓ *Mettre en œuvre le brasage des différents connecteurs sur les véhicules de test,*
- ✓ *Apporter son expertise dans les analyses et les essais.*



- **Missions d'AREELIS Technologies**

- ✓ *Modéliser le comportement thermomécanique du connecteur,*
- ✓ *Réaliser les essais de tenue thermique du connecteur,*
- ✓ *Réaliser une interface « utilisateur » du logiciel développé par le LOFIMS pour une exploitation industrielle.*





# PARTENAIRES DU PROJET



- **Missions d'A&S**

- ✓ Réaliser des essais de vieillissement accélérés, des essais climatiques,
- ✓ Analyser les surfaces et les matériaux assemblés avec des procédés de soudure innovants.



- **Missions du CEVAA**

- ✓ Définir des nouveaux profils de missions dynamiques,
- ✓ Mettre en œuvre de nouveaux tests dynamiques en environnement contrôlé (vibrations en température).



- **Missions du GPM**

- ✓ Réaliser l'état de l'art des matériaux utilisables pour résister à la température,
- ✓ Apporter ses connaissances en matériaux : analyse de risque, analyse des caractérisations et phénomènes



- **Missions du LOFIMS**

- ✓ Modéliser thermo mécaniquement des joints brasés,
- ✓ Adapter un modèle numérique (capitalisation du projet AUDACE)
- ✓ Modéliser la fiabilité prévisionnelle



**WP1 – Management du projet**  
 Hypertac

## WP2 - Formulation

*Hypertac – Arelis – GPM*

*Spécification technique du besoin  
(analyse fonctionnelle)*  
**Hypertac**

*Etat de l'art des interposeurs*  
**Hypertac**

*Etat de l'art relatif aux  
procédés de soudure hautes  
températures*  
**Arelis**

*Etat de l'art relatif aux  
alliages hautes températures*  
**Arelis et GPM**

## WP3 – Modélisation et Faisabilité

*Hypertac – Arelis – Areelis – LOFIMS – GPM*

*Modélisation thermomécanique et fiabilité prévisionnelle de la  
solution retenue*  
**Areelis - LOFIMS**

*Modélisation et Faisabilité technico-économique  
de l'interposeur*  
**Hypertac**

*du process de soudure*  
**Arelis - GPM**

## WP4 – Prototypage démonstrateurs V1

*Hypertac – Arelis – Areelis – GPM – CEVAA – A&S*

*Fabrication des démonstrateurs V1*  
**Hypertac - Arelis**

*Analyses et essais*  
**Cevaa – A&S - Areelis**

*Recommandations et optimisations*  
**Hypertac – Arelis – Areelis – A&S – Cevaa – GPM – LOFIMS**

## WP5 – Evaluation démonstrateurs V2

*Hypertac – Arelis – Areelis – LOFIMS – GPM – CEVAA – A&S*

*Optimisation en fonction des recommandations*  
**Hypertac – Arelis – Areelis – LOFIMS**

*Démonstrateurs V2 + Analyse et essais*  
**Hypertac – Arelis – Areelis – A&S – Cevaa – GPM – LOFIMS**

# PLANNING Macro

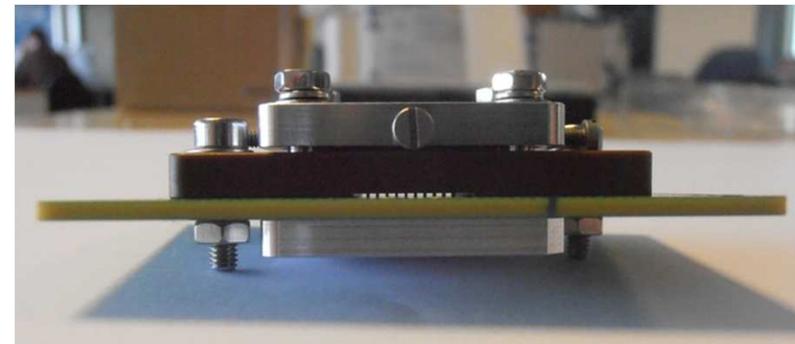
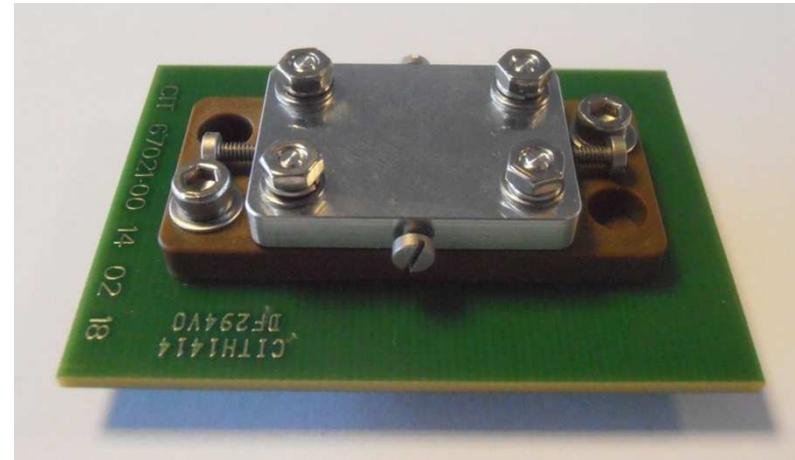
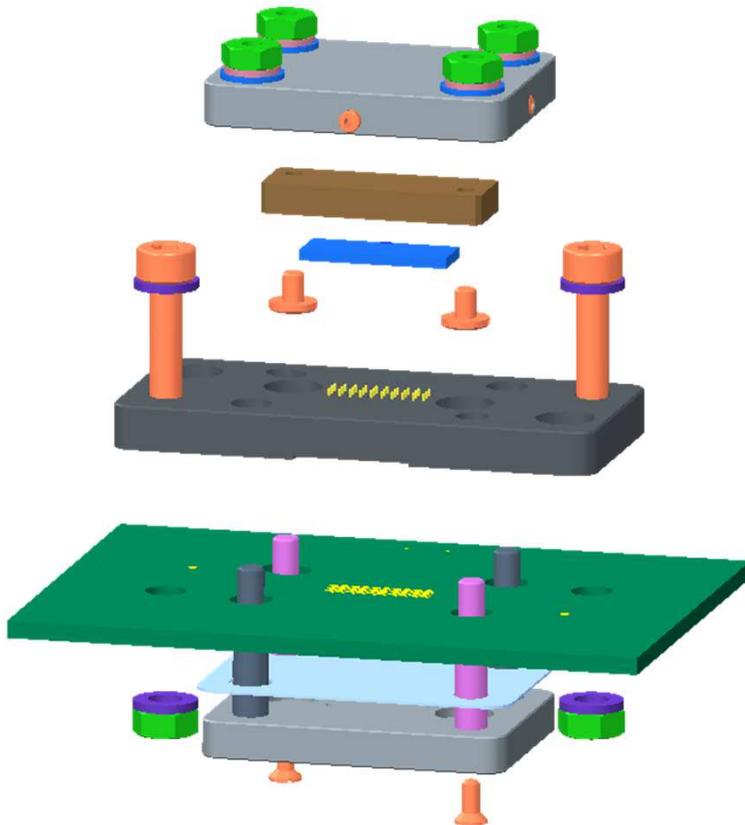
		Année 1						Année 2				Durée (mois)
Work Package		I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	
1	Management du projet											20
2	Formulation											3
3	Modélisation et Faisabilité											4
4	Prototypage démonstrateurs V1											6
5	Evaluation démonstrateurs V2											7

# L'Interposeur réalisé



## L'interconnexion PCB / interposeur / LGA

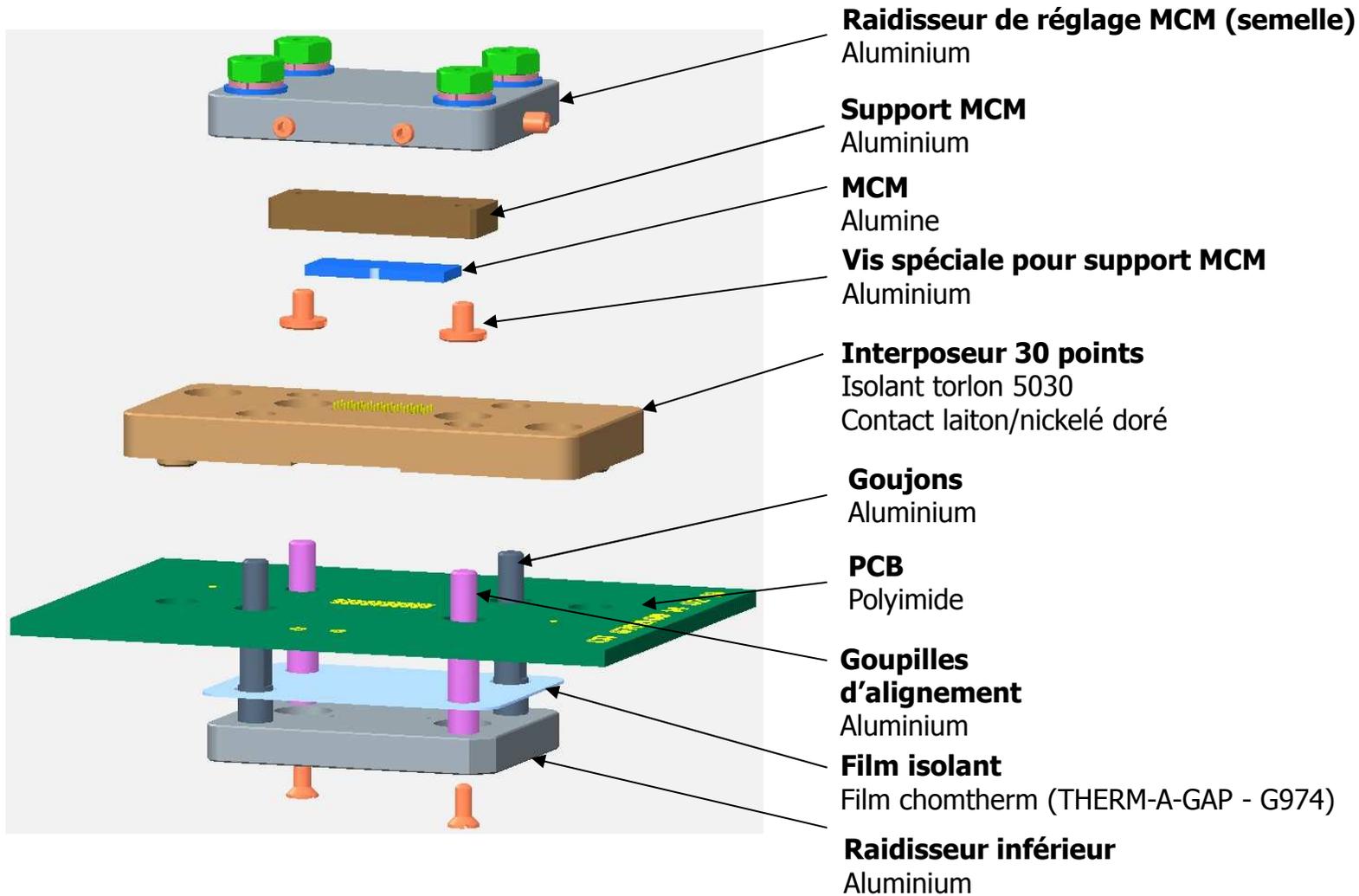
Présentation d'une solution d'interconnexion d'un connecteur  
- à pression d'un côté et brasé de l'autre - monté entre un circuit imprimé (PCB) et un « MCM »  
(substrat en céramique « Multi Chip Module »)



# L'Interposeur réalisé

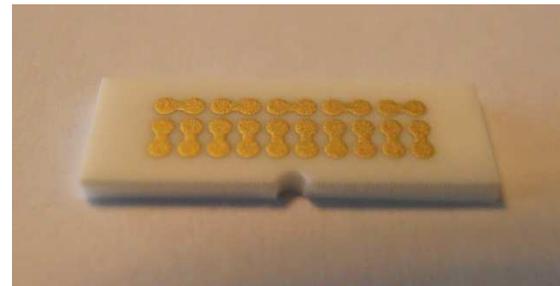
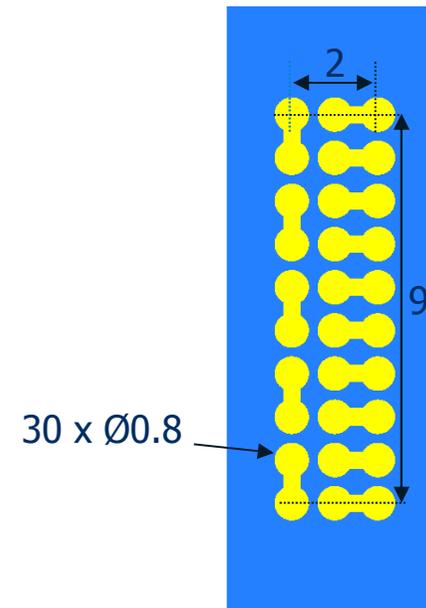


smiths connectors

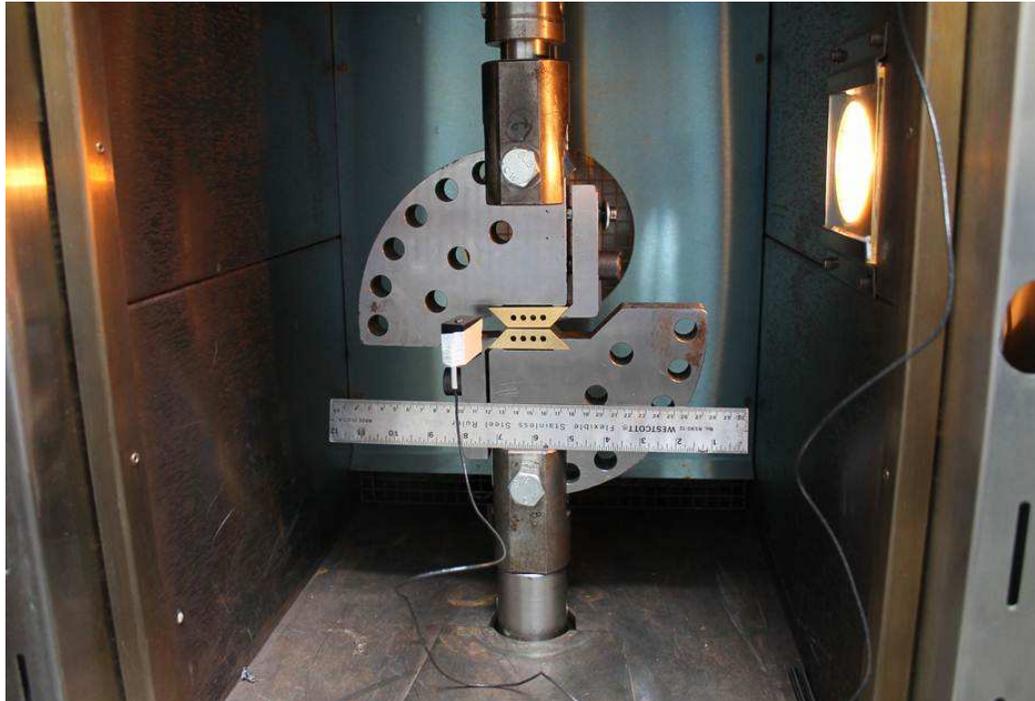


## Le MCM ou « Multi Chip Module »

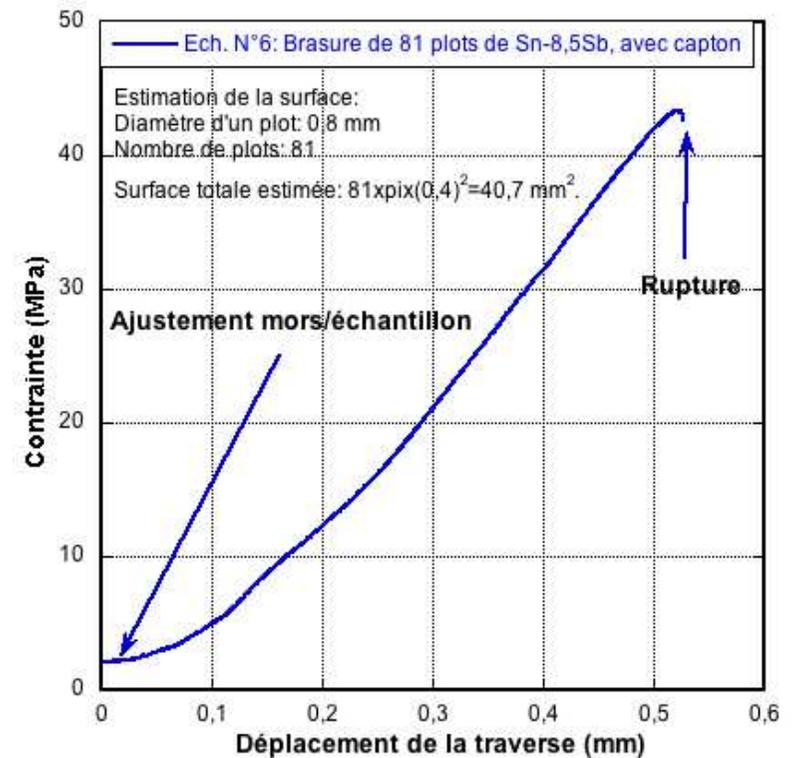
- Matériaux : Alumine  
CTE : 6,8 ppm/°C
- Ø de la plage d'accueil : 0.8
- Hauteur du composant : 1
- Dimension du composant : 5 x 14



# Caractérisation mécanique de la brasure



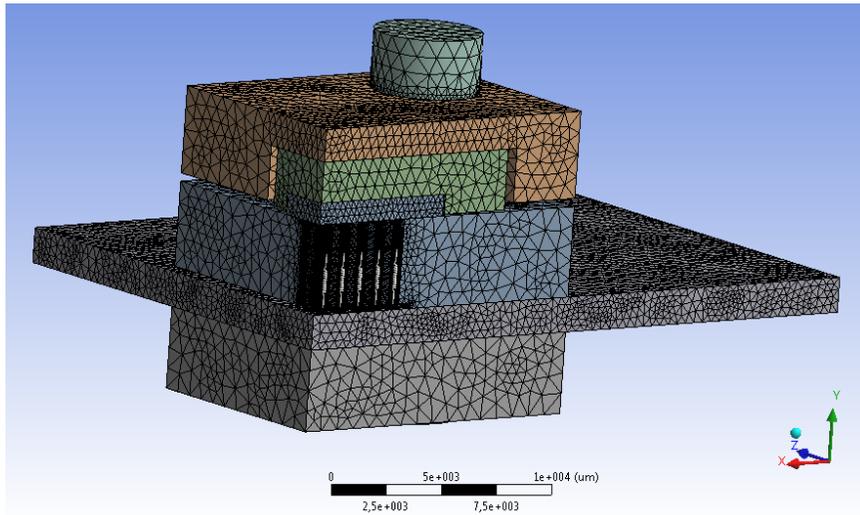
Machine de traction permettant de caractériser les éprouvettes Arcan.



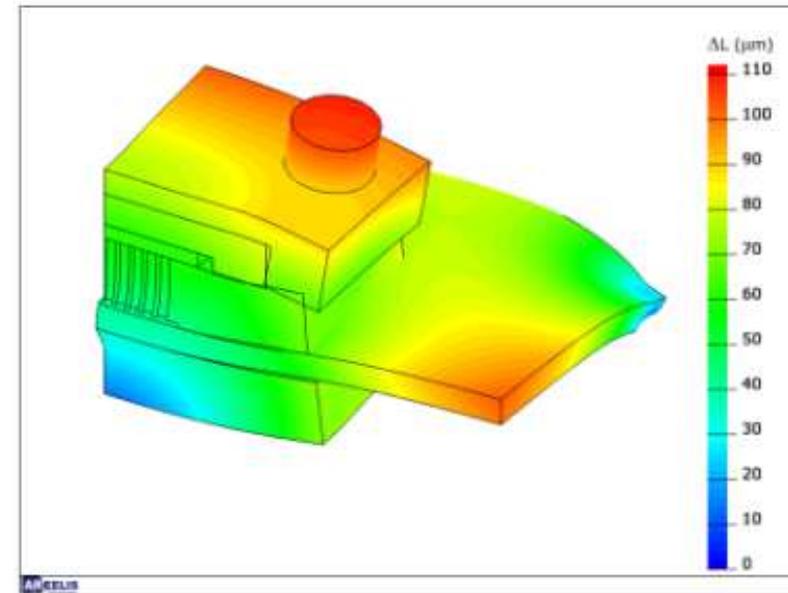
Essai de traction (ARCAN) sur brasure Sn8,5Sb.  
Estimation de la contrainte.  
(avec correction du "ped de courbe")  
Vitesse: 0,5 mm/min. T=20°C. Pas de TT.

⇒ La résistance mécanique maximale est cohérente avec les données du logiciel CES 2014 sur SnSb :  $45 \leq R_m(\text{MPa}) \leq 60$

# Modélisation thermo-mécanique de l'assemblage



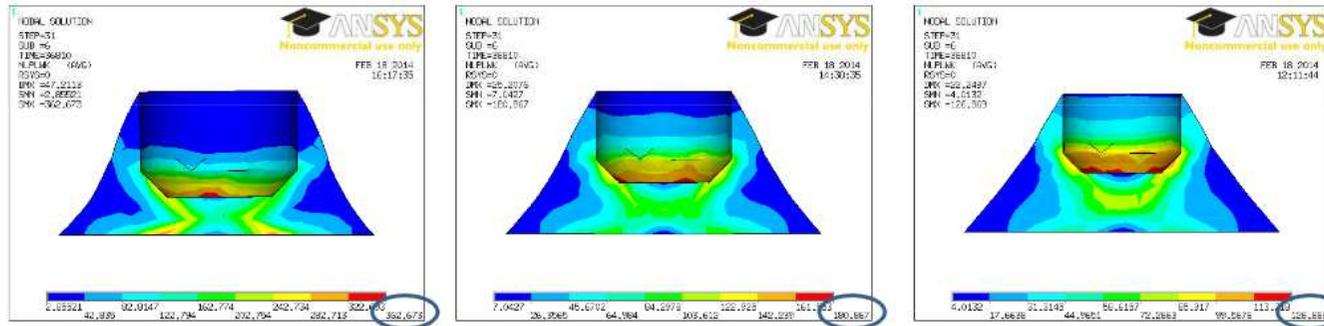
Cartographie de  $\Delta L$  à T = 200°C



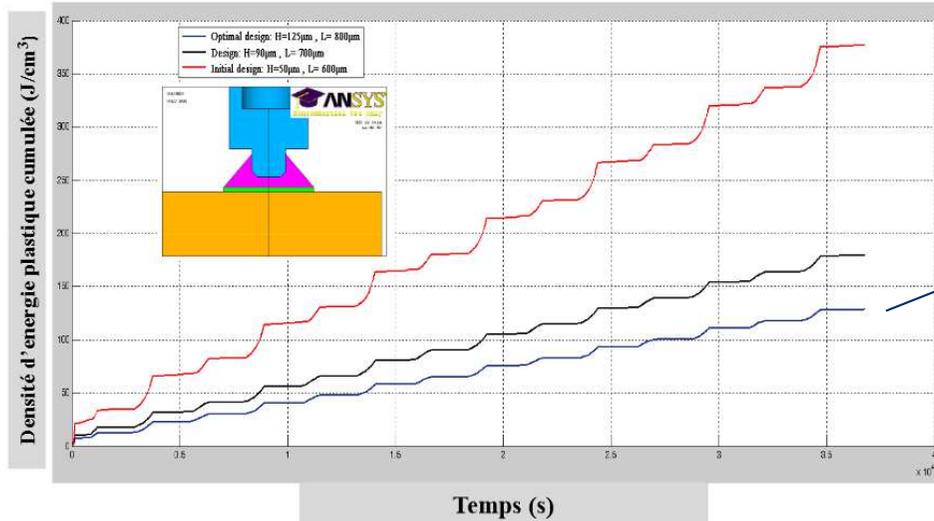
⇒ Avec les hypothèses de calcul prises, les contraintes dans l'assemblage sont acceptables.

# Modélisation thermo-mécanique de l'assemblage

Distribution de la Densité d'énergie plastique cumulée dans la brasure



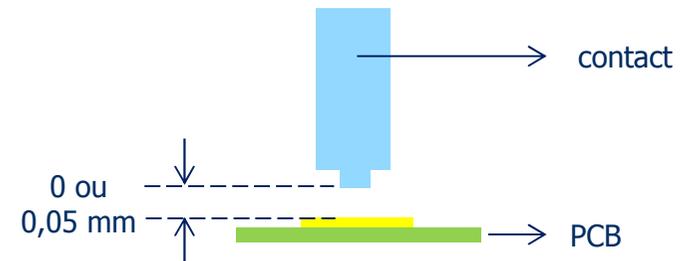
• Bonne résistance à la fatigue thermomécanique pour la brasure de type : modèle 1 (optimal design)



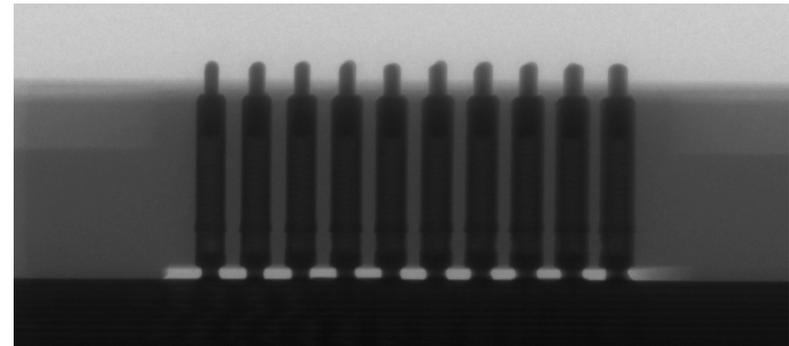
- ⇒ Plus la hauteur entre le bout du contact et le PCB augmente, plus la résistance à la fatigue thermo-mécanique augmente.
- ⇒ Lancement de 2 hauteurs en fabrication (version plaquée et relevée de 50 µm)

Densité d'énergie plastique cumulée dans chaque brasure pour six cycles

- Brasure au four en phase vapeur par Arelis de l'interposeur sur PCB :
- Version « contacts plaqués sur PCB »
- Version « contacts relevés de 0,05 mm / PCB »



- 3 Brasures évalués :
- SnCu pour 180°C continu
- SnSb pour 200°C continu
- BiAg pour 200°C continu et plus



Cliché pris grâce un appareil de tomographie X (source : analyse et surface)-SnCu

## Brasure haute température : Impact sur l'isolant plastique

---

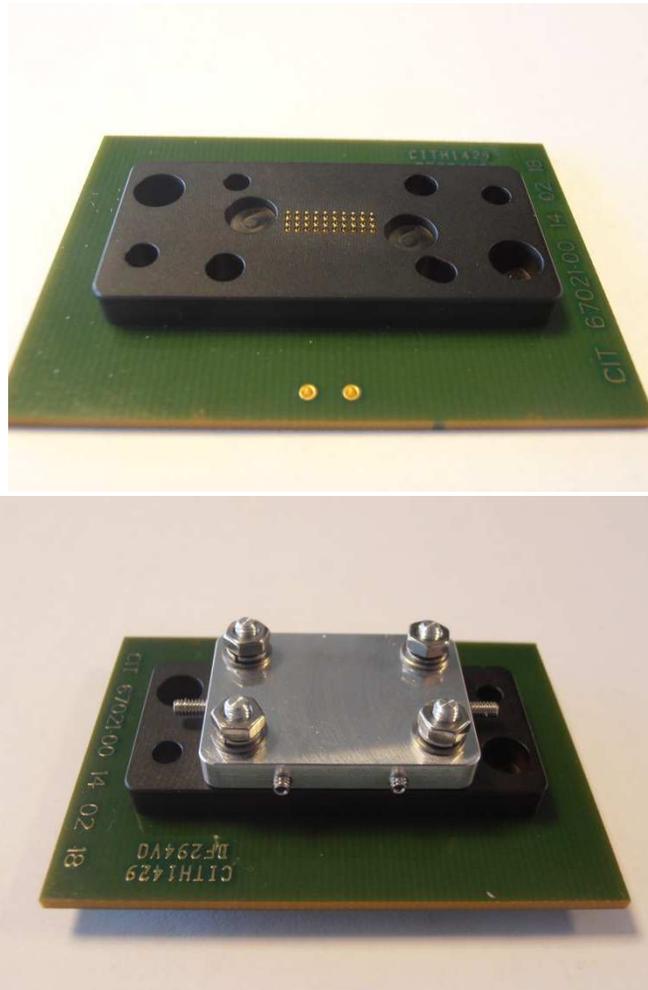
Matériaux de l'isolant % pâte à braser retenus :



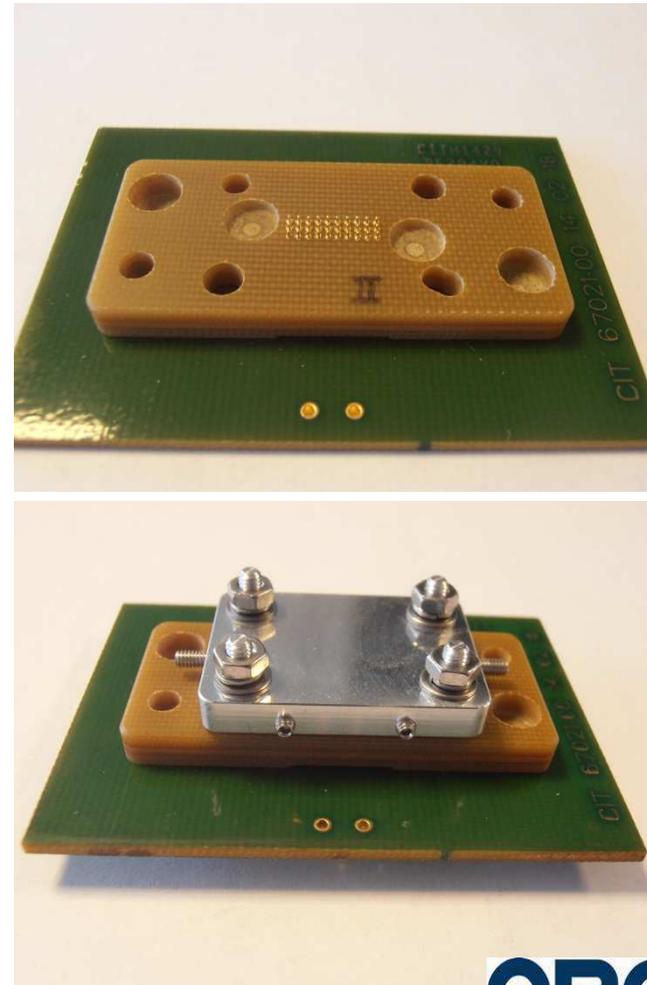
- Torlon : il peut être utilisé pour des applications à des températures moins élevées ( $\approx 180^{\circ}\text{C}$ ) si on utilise la pâte à braser SnCu . A  $200^{\circ}\text{C}$ , il est nécessaire de prendre la pâte SnSb.
- PBI : Il offre une grande tenue en température - utilisation de la pâte à braser (SnSb ou BiAg) pour  $200^{\circ}\text{C}$ .
- PI : Il offre aussi une grande tenue en température x – utilisation de la pâte à braser (SnSb ou BiAg) pour  $200^{\circ}\text{C}$ .

# Brasure haute température : assemblage

Isolant en PBI



Isolant en PI



## Plan d'évaluation

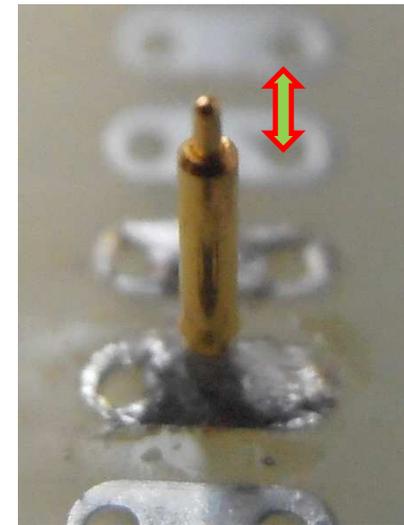
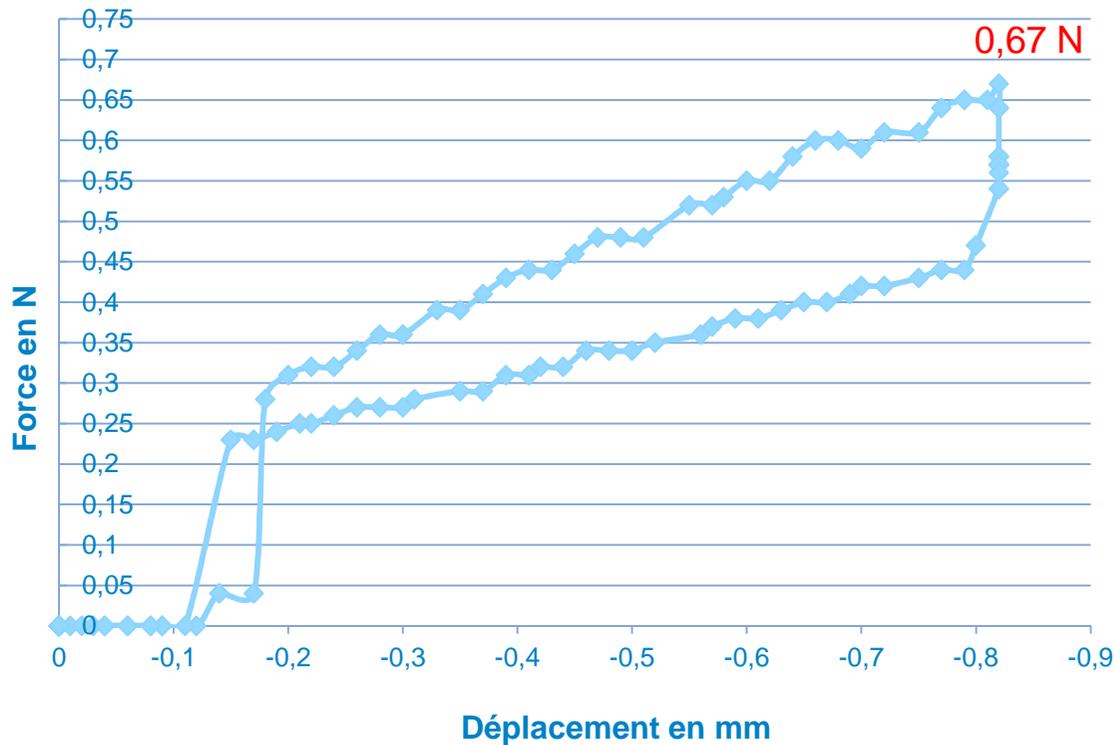
---

- Caractérisation mécanique et électrique
- Vibration aléatoire (25 g rms 20-2000 Hz) en température à 200°C ; 3h/axe
- Vieillessement accéléré 1000h @+200°C
- Chocs thermique : 500 cycles à -55°C / +200°C)
- Banc de chocs thermiques développé par Areelis
- Expertise après essais



## Caractérisation du contact à pression

- Force en fonction du déplacement : caractérisation  $F(d)$  pour 0, 100, 200, 500, 1000, 2000 manœuvres



  
**HYPERTAC**

# Vibration aléatoire en température (+200°C) ; 3h/axe ;

Test des assemblages effectués avec pâte à braser SnCu / SnSb / BiAg



- Pas de micro-coupe pendant le test à +200°C.

## Variations rapides de température [-55°C ; +200°C] ; 500 cycles

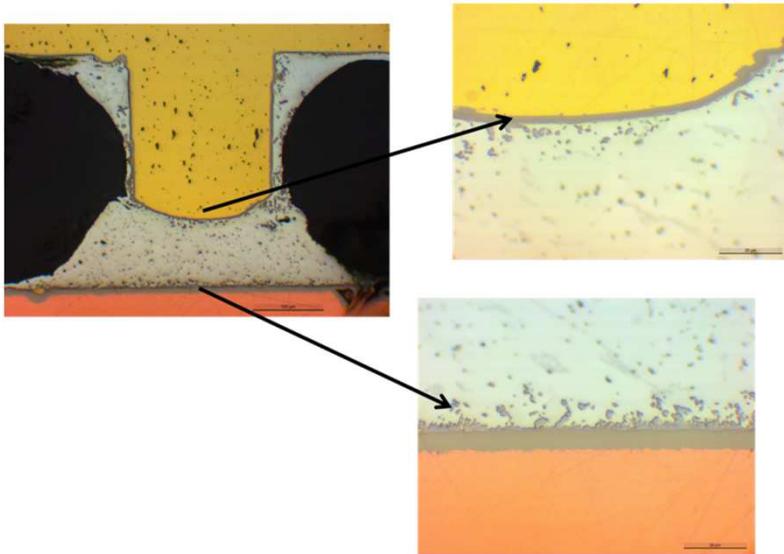
Test des assemblages effectués avec pâte à braser SnCu / SnSb / BiAg



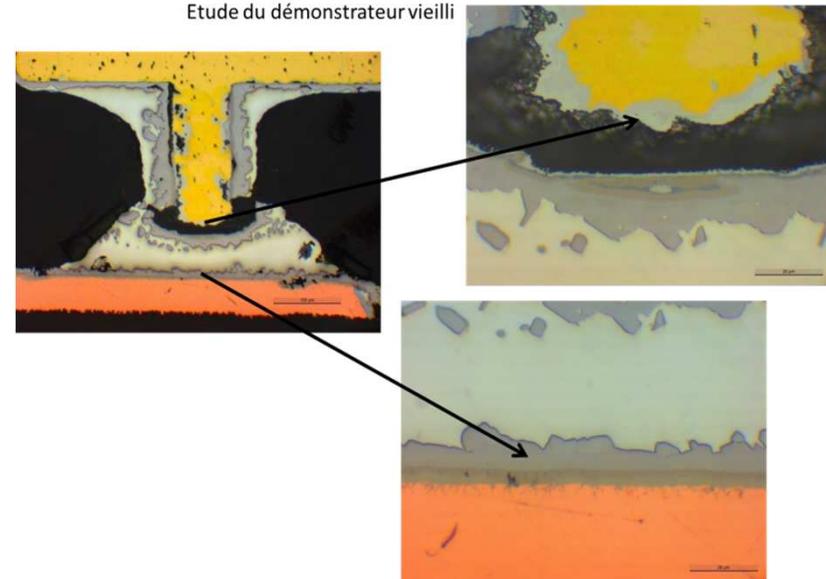
- Continuité électrique après 500 cycles.

# Coupe micrographique.

Etude du démonstrateur non vieilli



Etude du démonstrateur vieilli



Migrations d'éléments  $\Rightarrow$  ne se font probablement pas à la même vitesse  $\Rightarrow$  potentiel effet Kirkendall.

$\Rightarrow$  L'augmentation de température accélère fortement ces migrations

## CONCLUSIONS : Leçons apprises au cours du projet

### Investigation tenue de la brasure

- Vieillessement, coupe micrographique



### Evaluation positive

- Résistance électrique, vibrations aléatoire



### Fiabilité et analyse modale



### Modélisation thermo-mécanique



### Collaboration avec

- Partenaires : A&S, Arelis, GPM, CEVAA, AREELIS,
- Safran (céramique et analyse fonctionnelle)...

### Investigation brasure

- Nouvelle pâte à braser SnSb et BiAg



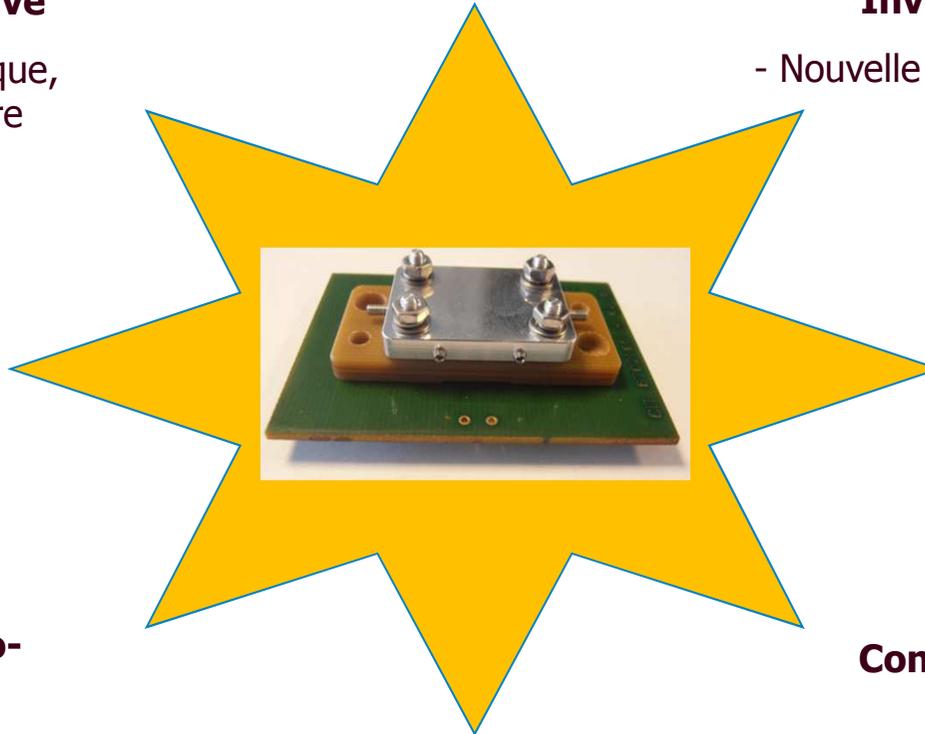
### Assemblage

- Four phase vapeur, four à chauffage rayonnant



### Connaissances approfondies : miniaturisation

- Design et process d'assemblage



**Merci pour votre attention**

