

# NOUVELLES BRASURES SANS PLOMB : CONCEPTION DES DISPOSITIFS D'ESSAI, FABRICATION DES ÉCHANTILLONS ET CARACTÉRISATION PAR QUANG BANG TAO

**Présentée par : Quang Bang Tao Discipline : automatique Laboratoire : LISV**

## **Résumé :**

De nos jours, une des stratégies pour améliorer les propriétés des brasures sans plomb est d'introduire en petites quantités certains éléments d'alliage. Dans notre étude, deux nouveaux types de brasures, dénommés Innolot et SAC-Bi et dont l'utilisation dans diverses applications électroniques augmente, sont caractérisées. En particulier, l'effet des éléments Ni, Sb et Bi sur les propriétés mécaniques est analysé. L'étude vise également à évaluer l'influence des facteurs de sollicitation, du vieillissement en température sur la réponse des matériaux et leurs évolutions microstructurales. A cet effet, une machine permettant de réaliser des essais de micro-traction sur éprouvettes miniatures a été conçue et fabriquée. Les sollicitations qu'elle permet d'appliquer sont multiples (traction, cisaillement et cyclage) et des conditions en température et en vitesse de déformation peuvent être imposées lors de l'essai. La fabrication des éprouvettes nécessaires aux essais a également été entreprise dans cette étude afin d'avoir un matériau similaire à celui issu du process industriel et de disposer d'une géométrie adaptée au type de caractérisation souhaitée (éprouvettes massives, à simple recouvrement, etc.).

Après ces étapes préparatoires, des tests ont été réalisés sous sollicitations de traction, cisaillement, fluage et fatigue en faisant varier les conditions d'essais. Le premier objectif a été l'identification du comportement des brasures, y compris en prenant en compte

l'effet du vieillissement. Ces données ont permis ensuite de réaliser des simulations thermo-mécaniques sur les matériaux utilisés sous forme de joints de brasure dans un module de puissance sous cyclage thermique. Les analyses de microstructure (SEM /EDS et EPMA) faites par la suite ont montré le rôle des éléments d'alliage (Ni, Sb et Bi) sur les performances mécaniques des brasures en termes de résistance, limite élastique et rigidité. Le rôle des facteurs d'essai, comme la température, la vitesse de sollicitation et la durée de vieillissement, a également été mis en évidence au niveau des propriétés obtenues et des changements dans la microstructure. Il a été établi que l'élément Sb permet de favoriser le durcissement par écrouissage des brasures, tandis que l'ajout des éléments Ni et Bi permettent un raffinement de la microstructure. Les essais ont aussi permis d'identifier les 9 paramètres de la loi d'Anand par une procédure numérique s'appuyant sur les données de traction et de cisaillement, permettant ainsi de réaliser des simulations par éléments finis. Ces dernières suggèrent un meilleur comportement à la fatigue pour la brasure InnoLot qui bénéficie est effets favorables des additifs.

### **Abstract :**

Nowadays, one of the strategies to improve the reliability of lead-free solder joints is to add minor alloying elements to solders. In this study, new lead-free solders, namely InnoLot and SAC387-Bi, which have begun to come into use in the electronic packaging, were considered to study the effect of Ni, Sb and Bi, as well as that of the testing conditions and isothermal aging, on the mechanical properties and microstructure evolution. A new micro-tensile machine are designed and fabricated, which can do tensile, compressive and cyclic tests with variation of speeds and temperatures, for testing miniature joint and bulk specimens. Additionally, the procedure to fabricate appropriate lap-shear joint and bulk specimens are described in this research. The tests, including shear, tensile, creep and fatigue tests, were conducted by micro-tensile and Instron machine at different test conditions. The first study is to characterize, experimentally, the mechanical behaviors and life time of solder joints submitted to isothermal aging and mechanical tests. The second goal of the project is to perform thermo-mechanical simulations of IGBT under thermal cycling. The experimental results indicate that, with addition of Ni, Sb and Bi in to SAC solder, the stress levels (UTS, yield stress) are improved. Moreover, testing conditions, such as temperature, strain rate, amplitude, aging time, may have substantial effects on the mechanical behavior and the microstructure features of the solder alloys. The enhanced strength and life time of the solders is attribute to the solid hardening effects of Sb in the Sn matrix and the refinement of the microstructure with the addition of Ni and Bi. The nine Anand material parameters are identified by using the data from shear and tensile tests. And then, the

obtained values were utilized to analyze the stress-strain response of an IGBT under thermal cycling. The results of simulations represent that the response to thermal cycling of the new solders is better than the reference solder, suggesting that additions of minor elements can enhance the fatigue life of the solder joints. Finally, the SEM/EDS and EPMA analysis of as-cast, as-reflowed as well as fractured specimens were done to observe the effects of these above factors on the microstructure of the solder alloys.

## INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

**M. Fethi BEN OUEZDOU**, Professeur des Universités, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines - Laboratoire LISV - Directeur de these

**M. Lahouari BENABOU**, Maître de conférences, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines - Laboratoire LISV - CoDirecteur de these

**M. Abdelkhalak EL HAMI**, Professeur des Universités, INSA Rouen - Laboratoire d'Optimisation et Fiabilité en Mécanique des Structures - Rapporteur

**M. Fabrice BRÉMAND**, Professeur des Universités, Université de Poitiers - Rapporteur

**Mme Florence LE-STRAT**, Ingénieur de Recherche, Renault Technocentre - Examineur

**M. Yves BIENVENU**, Professeur, Ecole des Mines de Paris - ParisTech - Examineur

**M. Frédéric MAZALEYRAT**, Professeur, ENS Cachan - Laboratoire SATIE - Examineur

**Contact :** dredval service FED : [theses@uvsq.fr](mailto:theses@uvsq.fr)