



# Analyse de la Microstructure des Joints Sans-Plomb des BGAs

*Jaspreet Sidhu, Daniel Trias, Sébastien Drouet*

**Interconnex 27-28 Sept, 2005, Grenoble**

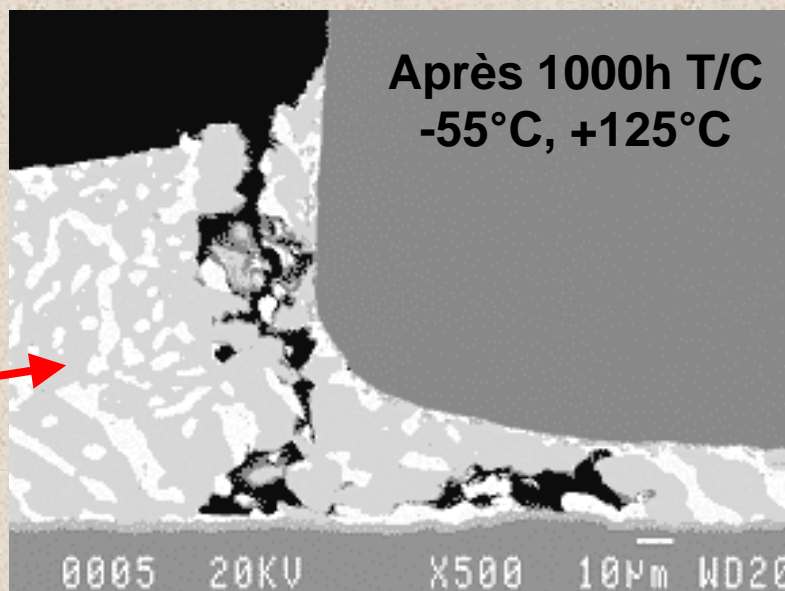
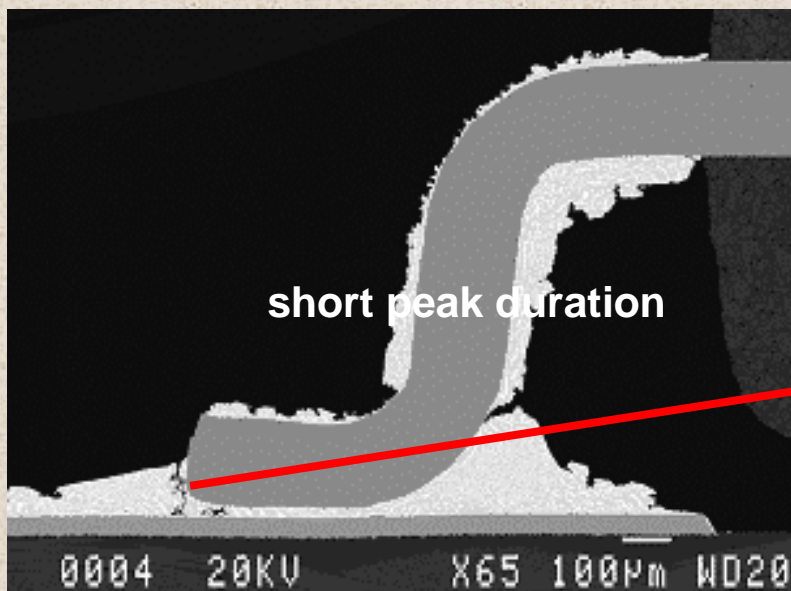
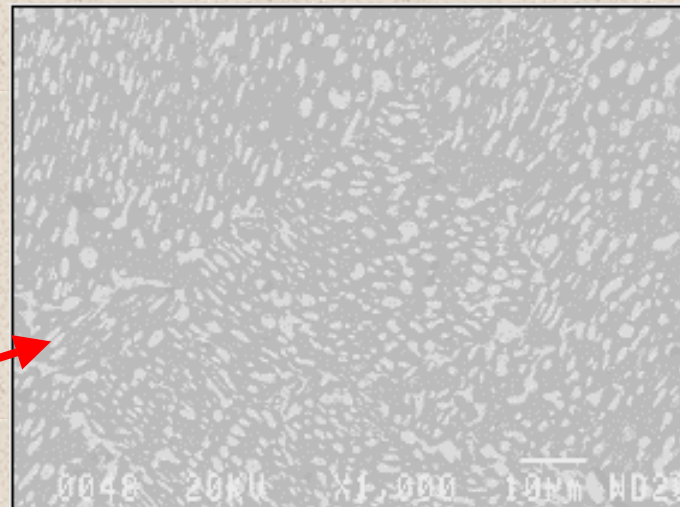
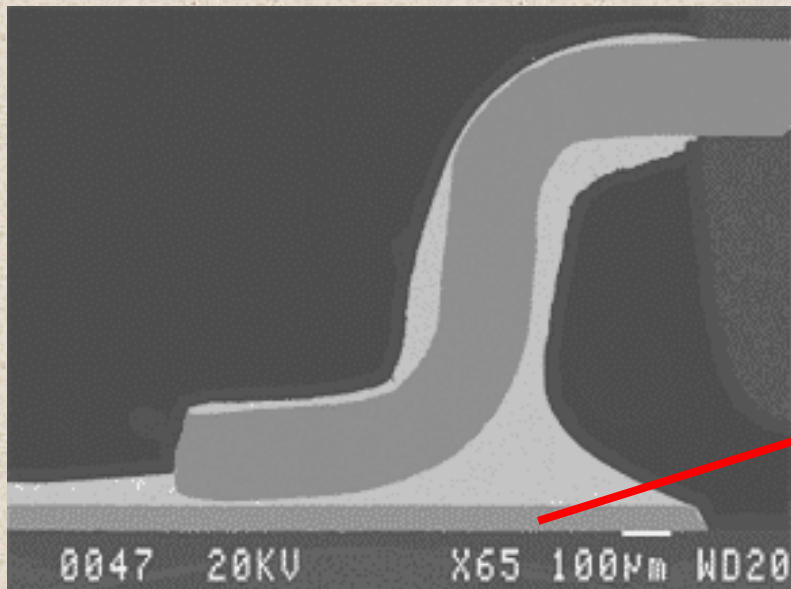


# Sommaire

- Rappel des mécanismes de défaillance intrinsèque au soudure SnPb (63-37) et des méthodes d'expertise
- Approche traditionnelle de l'expertise des joints « Sans plomb »
- Structure métallurgique élémentaire des joints « Sans plomb »
- Difficultés de la préparation de ce type de matériaux
- Évolution de cette structure en fonction des stress appliqués
- Mécanismes de défaillance et modes de propagation identifiés
- Conclusions, interrogations et études futures

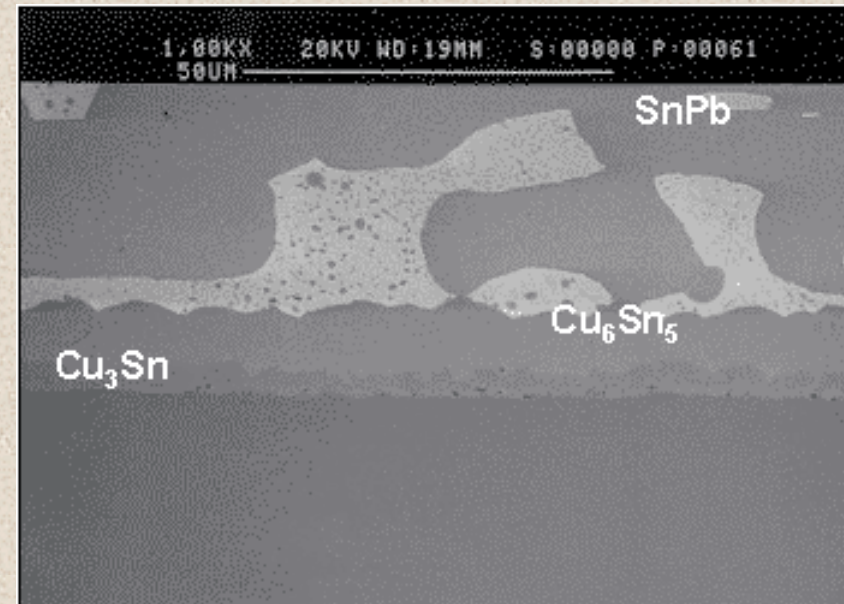
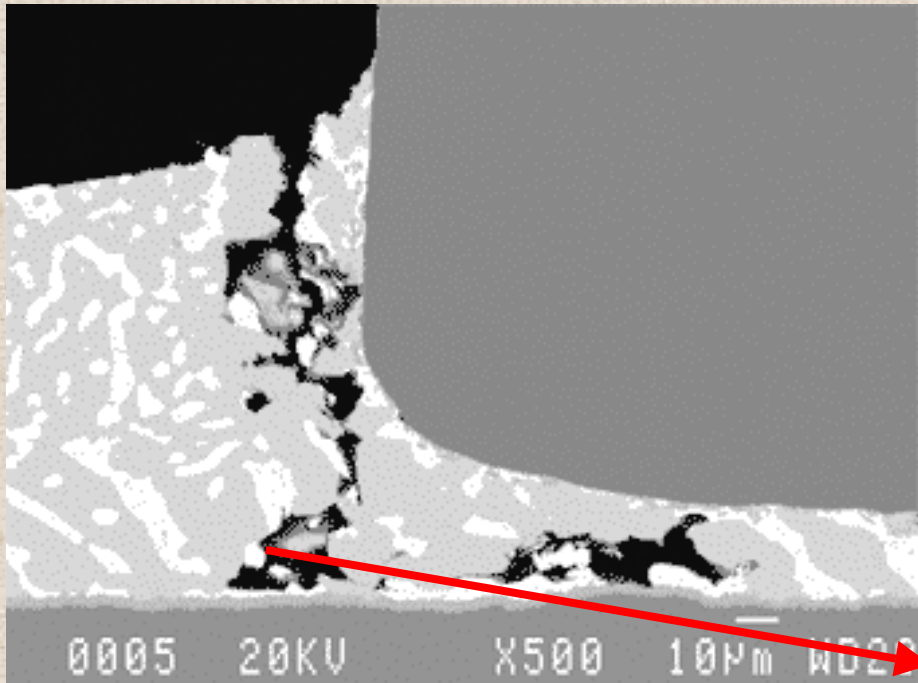
# Mécanismes de défaillances – SnPb

## 1. La coalescence des phases



# Mécanismes de défaillances – SnPb

## 1. La croissance des intermétalliques

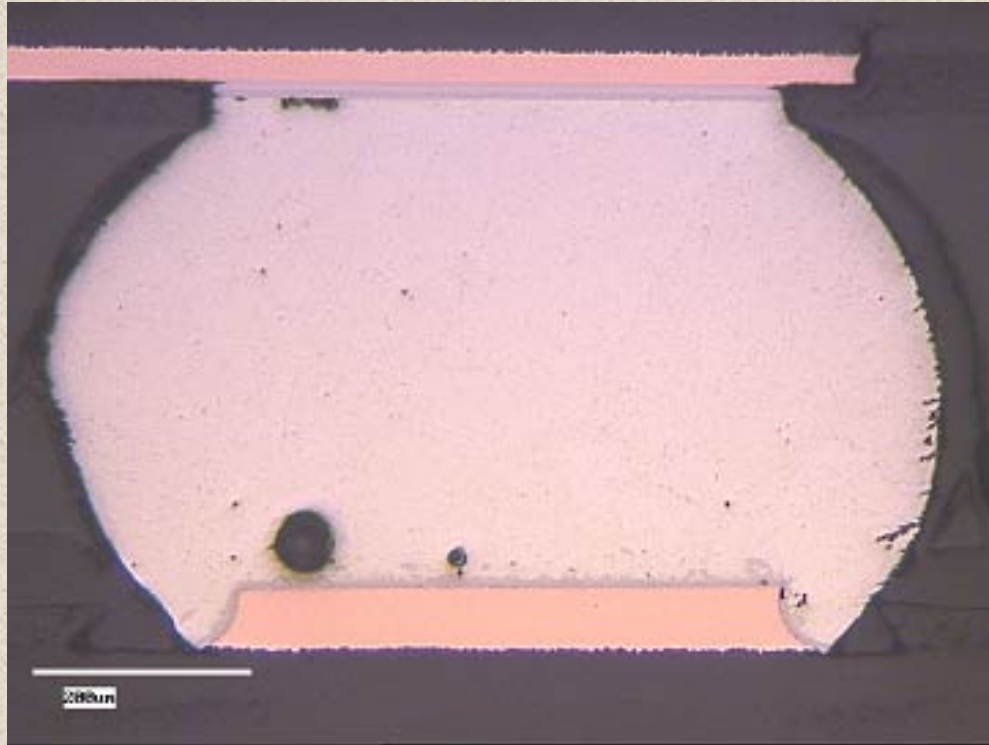


# Méthodologie d'expertise des joints SnPb (63-37)

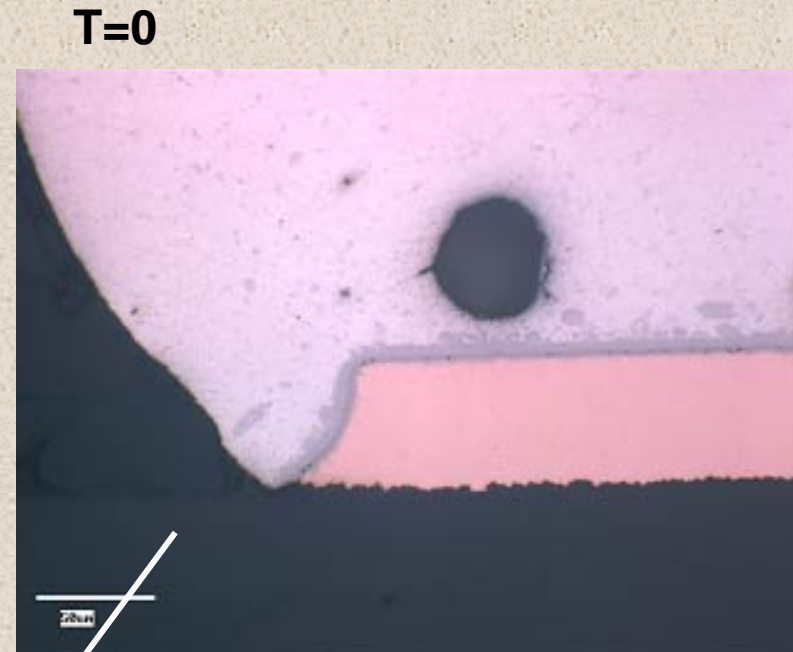
Principalement basée sur :

- Une observation en coupe des joints en microscopie optique et en microscopie électronique
- Une bonne connaissance de la microstructure du joint et de son évolution en fonction des stress appliqués

# Expertise des joints « Sans Plomb » avec la méthode classique

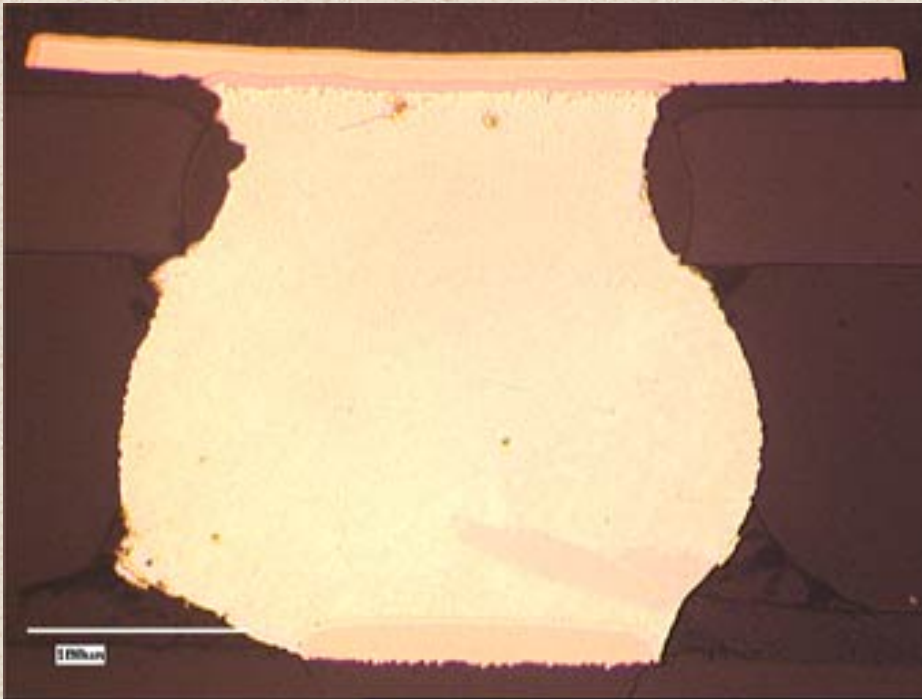


Peu d'information disponible à l'observation

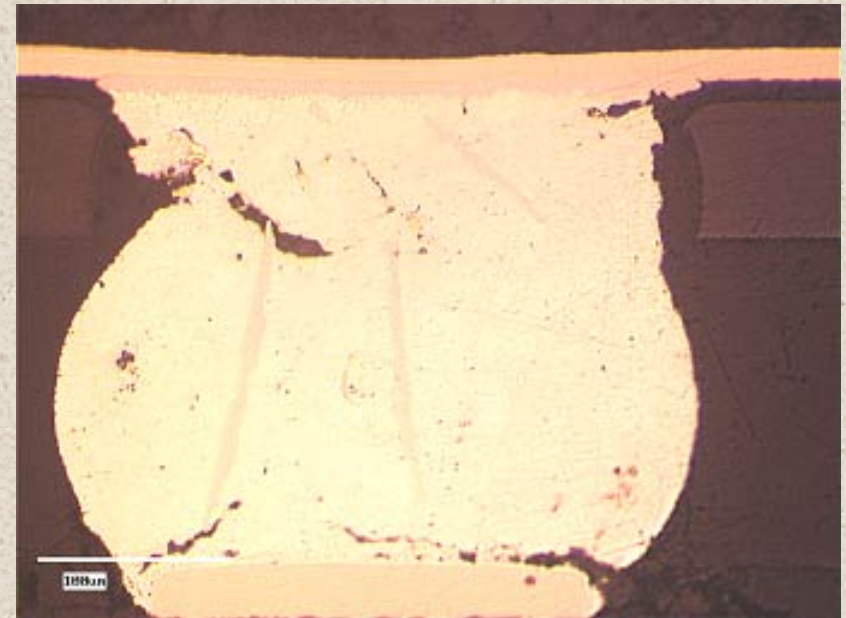


**Intermétallique**

# Expertise des joints « Sans Plomb » avec la méthode classique



**600 cycles**



**2000 cycles**

Aucune évolution de la microstructure est observé.

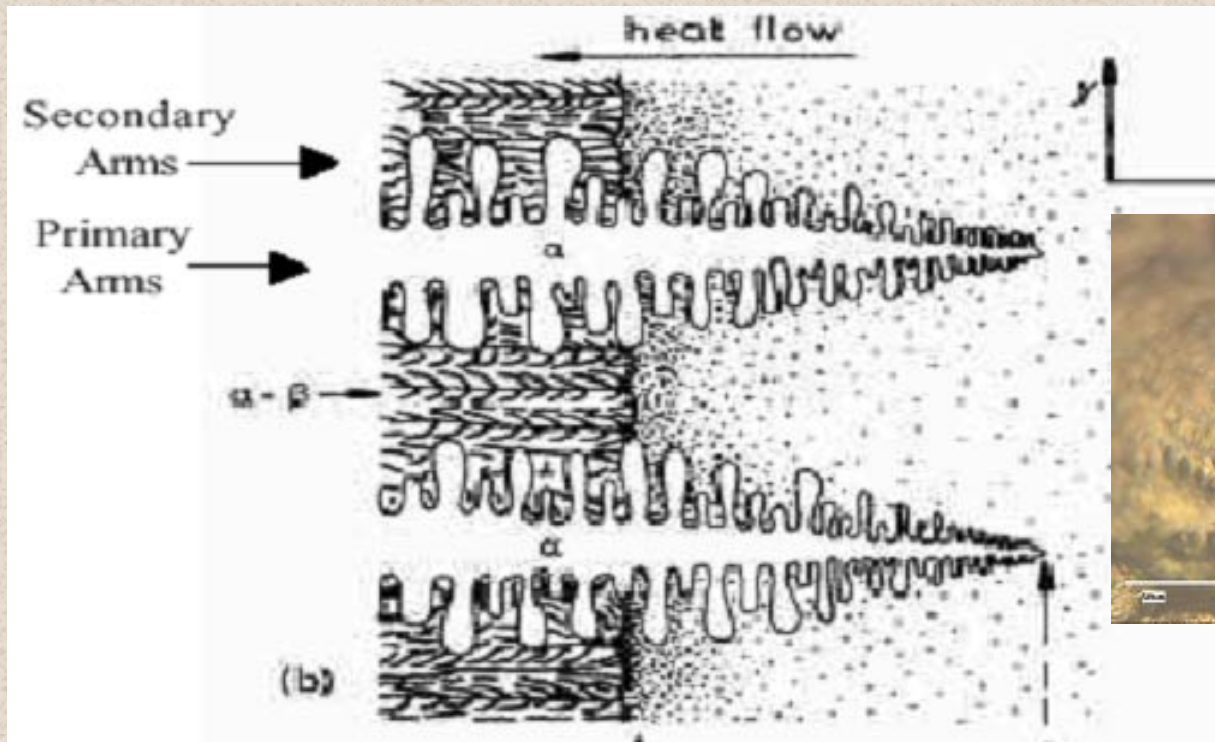
Besoin d'adapter les méthodes classique de préparation et observation pour l'expertise sans-plomb.

# Expertise des joints « Sans Plomb » avec la méthode classique

- Pas d'information sur l'évolution de la structure
- Constatation de l'apparition de crack sans identification de l'origine et/ou du mode de propagation
- Seul mode de défaillance identifié est lié à la croissance des intermétalliques sur les substrats
- Pas de prédiction possible sur la fiabilité d'un joint et sur son « age »
- Pas de lien entre le joint et la maîtrise du procédé

Nécessité de comprendre la microstructure de la brasure à T0 et son évolution en fonction des stress

# Microstructure d'un joint Sans-Plomb



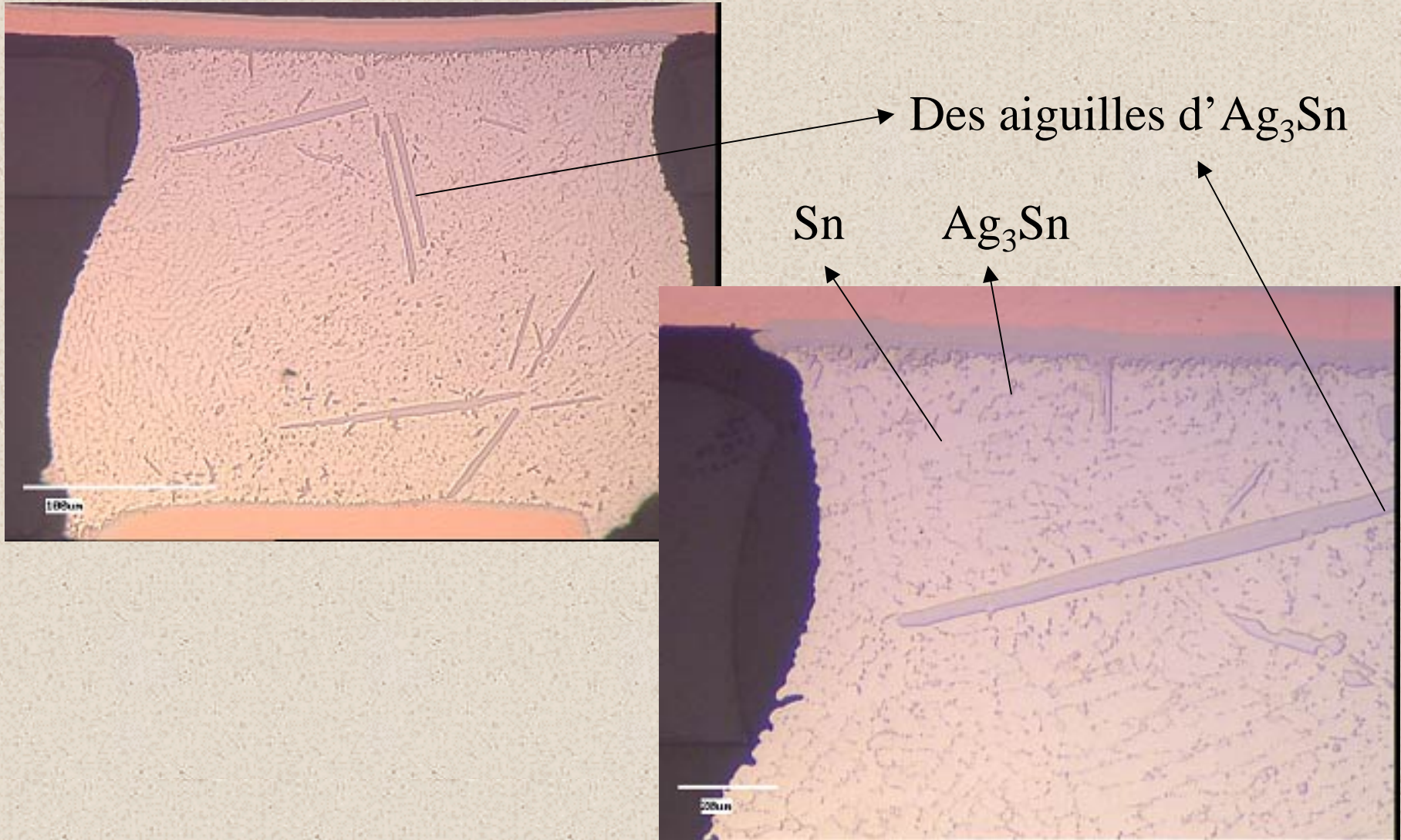
**Dendrite d'étain vue sur la surface d'un joint**

Lors de la solidification, la formation des dendrites commence par les endroits les plus froids – donc les bords.

Vitesse du refroidissement augmente, les dendrites sont plus orientées et plus rapprochées

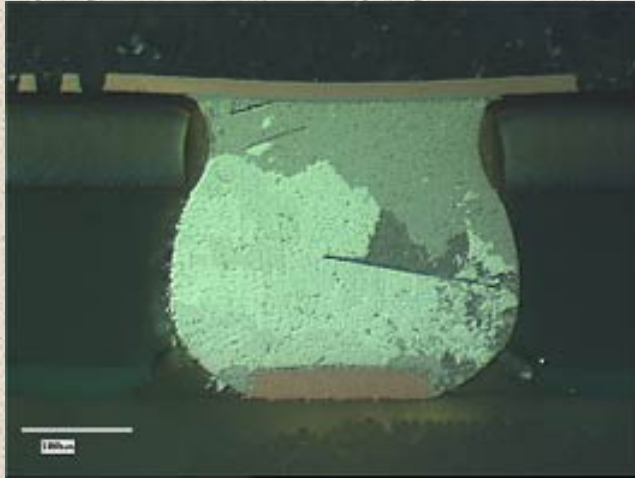
➔ Tenue Mécanique s'accroît

# La Microstructure Dendritique Après Révélation Chimique

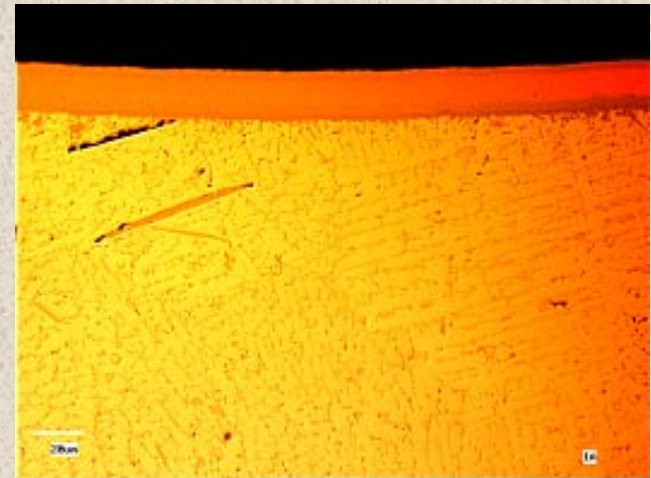


# Autre mode d'inspection en lumière polarisée

Apparition de Macro grains liée à la croissance simultanée des cristaux à partir de différents endroits lors de la solidification.



Lumière Polarisée



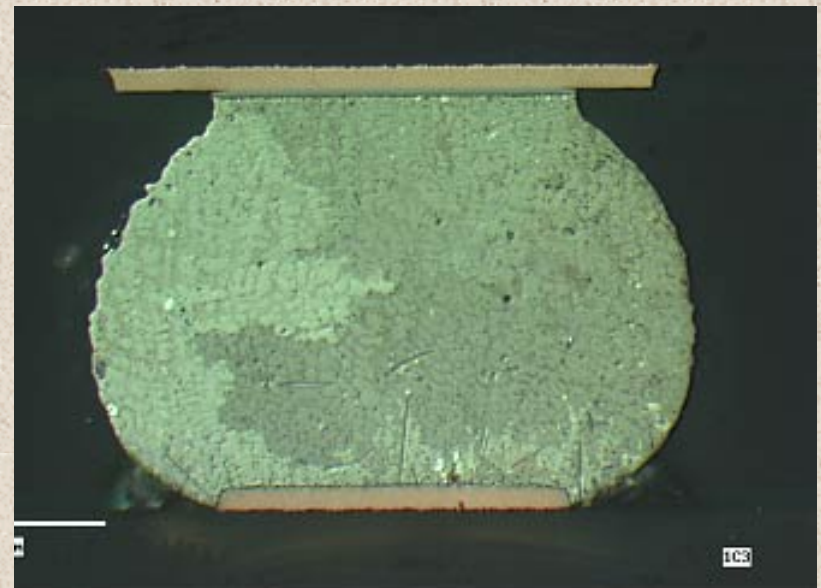
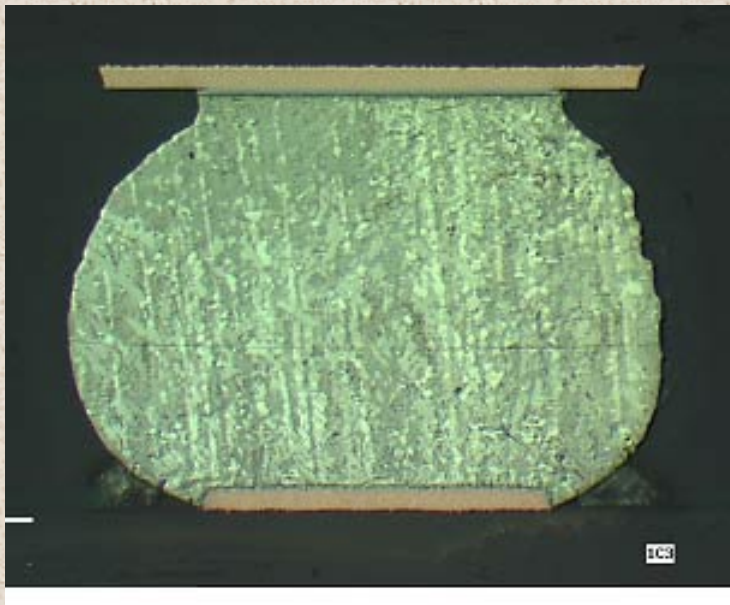
Bright-field

# Caractères permettant de qualifier un joint Sn Ag – Sn Ag Cu

- Sa structure dendritique
  - Orientation
  - Densité des dendrites par unité de surface
- Les intermétalliques  $Ag_3Sn$  (sous forme d'aiguilles) dans le joint
  - Présence et quantité
  - Longueur
  - Épaisseur
- Les macro grains de solidification
  - Taille
- Les intermétalliques avec les différents substrats
  - Taille
  - Nature

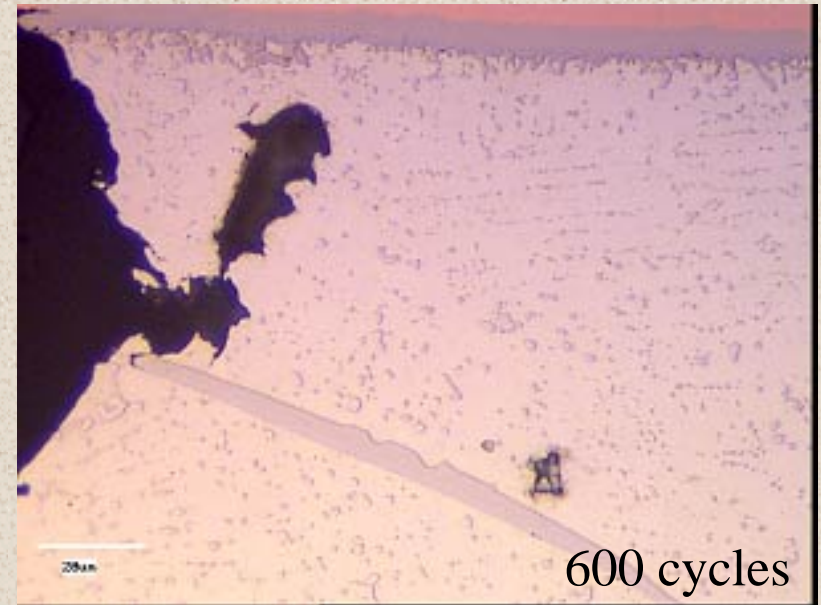
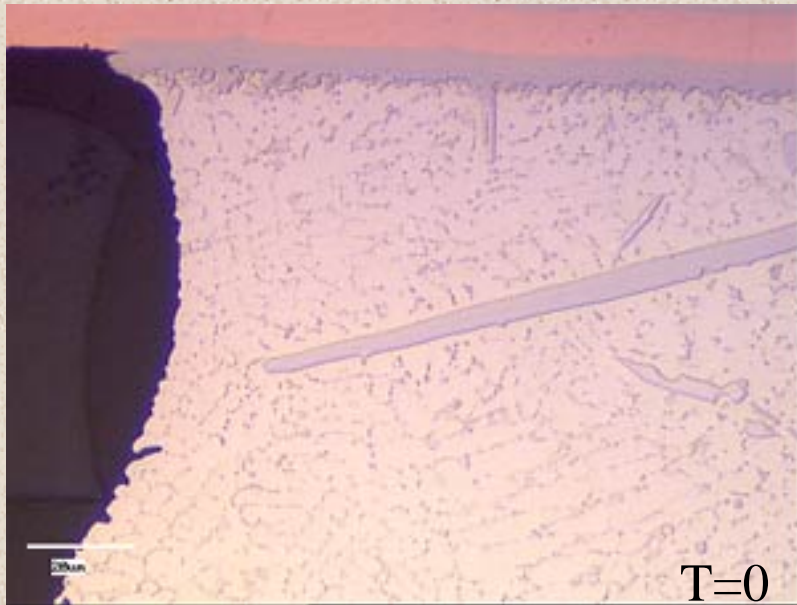
# Artefacts dues au polissage

*Metals Handbook*: «Preparation of tin and tin alloys for metallographic examination presents special problems rarely encountered in preparing specimens of other metals. Extreme care should be exercised during grinding and polishing because of susceptibility to distortion during these operations».



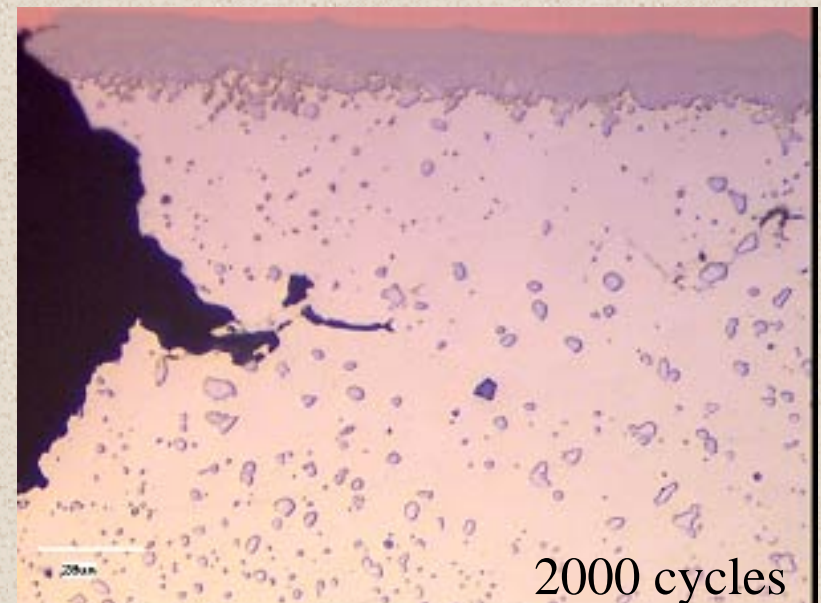
La méthode de préparation est critique car la qualité du polissage influe sur la microstructure du joint

# Évolution de la Microstructure Dendritique

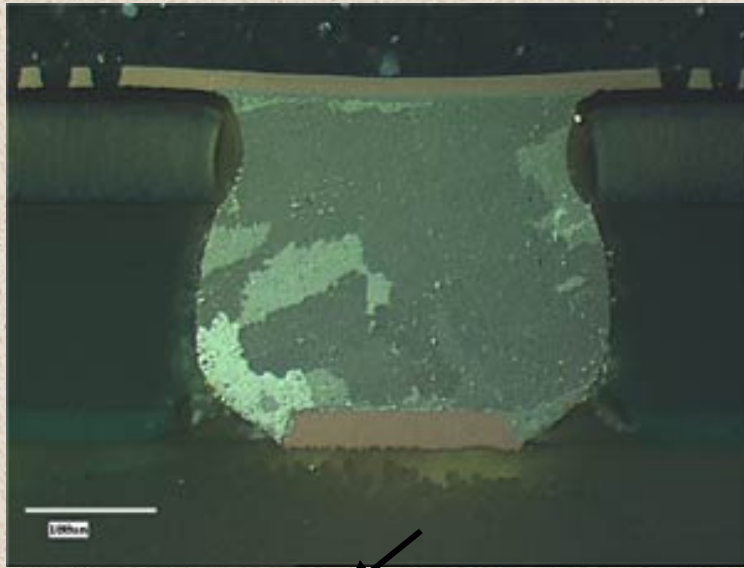


Coalescence des intermétalliques +  
Diminution des dendrites

→ Affaiblissement du joint



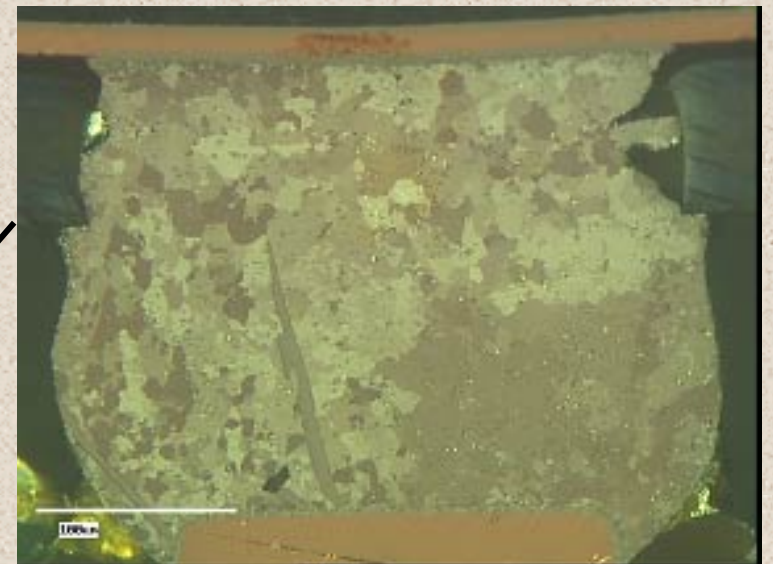
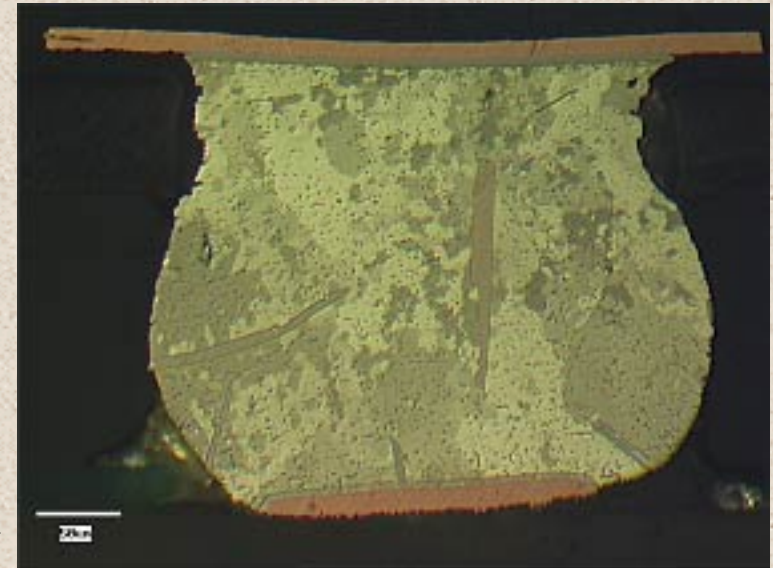
# Évolution des Macro Grains d'Étain



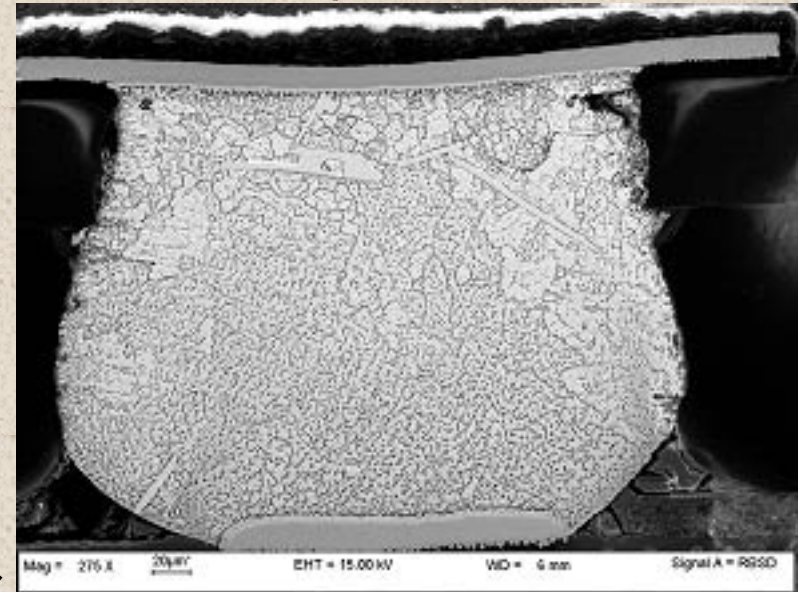
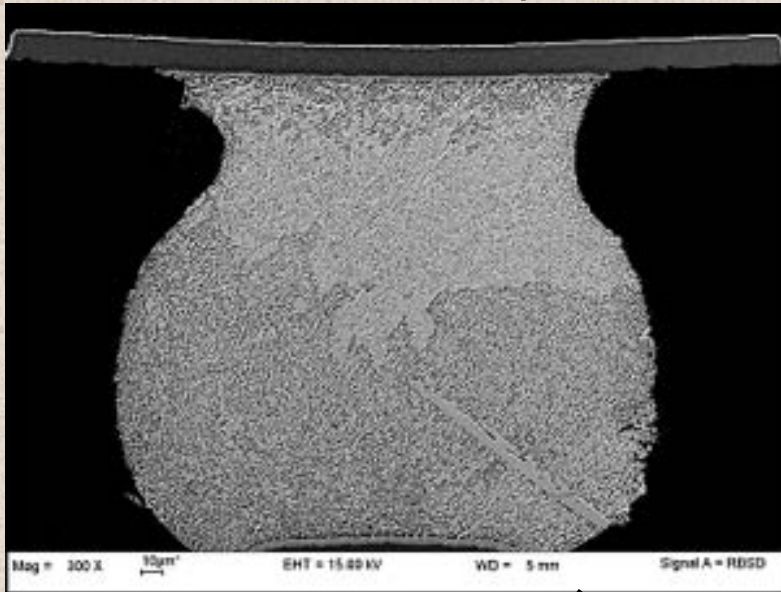
À  $T=0$  Grains d'étain formés par le refroidissement

À 600 cycles,  $40/125^{\circ}\text{C}$ , Les grains de  $T=0$  se divise dans les petites grains à quelques endroits.

À 2000 cycles,  $-40/125^{\circ}\text{C}$ , Le nombre de grains se multiplie un peu partout.



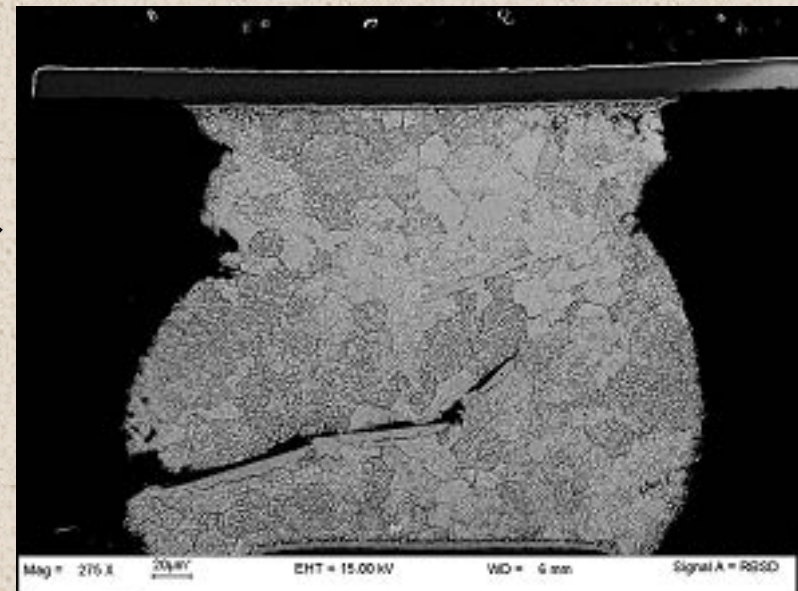
# Évolution des Macro Grains d'Étain (examen au MEB )



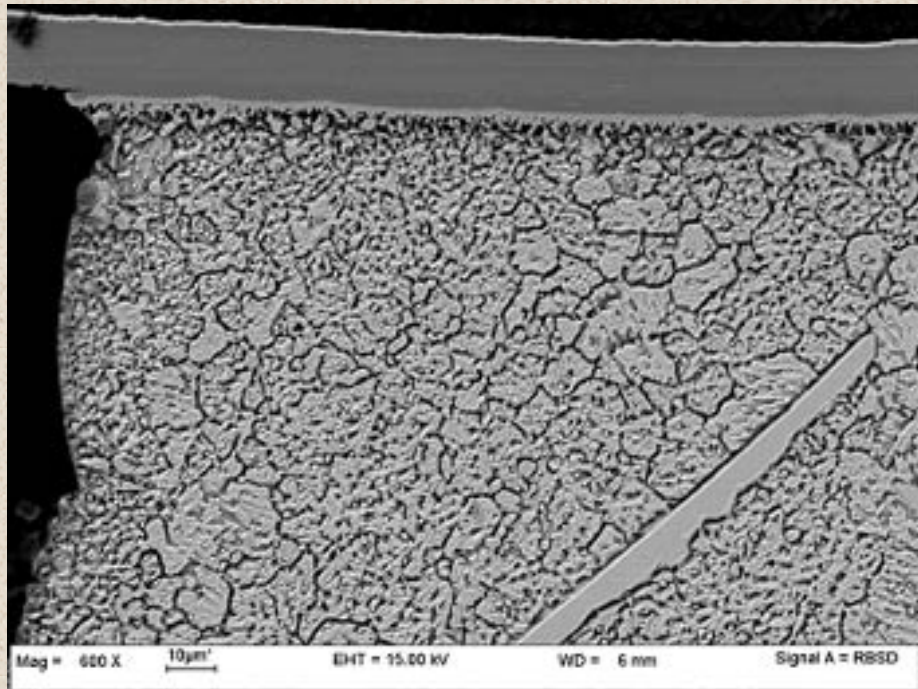
À T=0 Grains d'étain formés  
par le refroidissement

À 600 cycles, 40/125°C, Les grains  
de T=0 se recristallise en petits  
grains à quelques endroits.

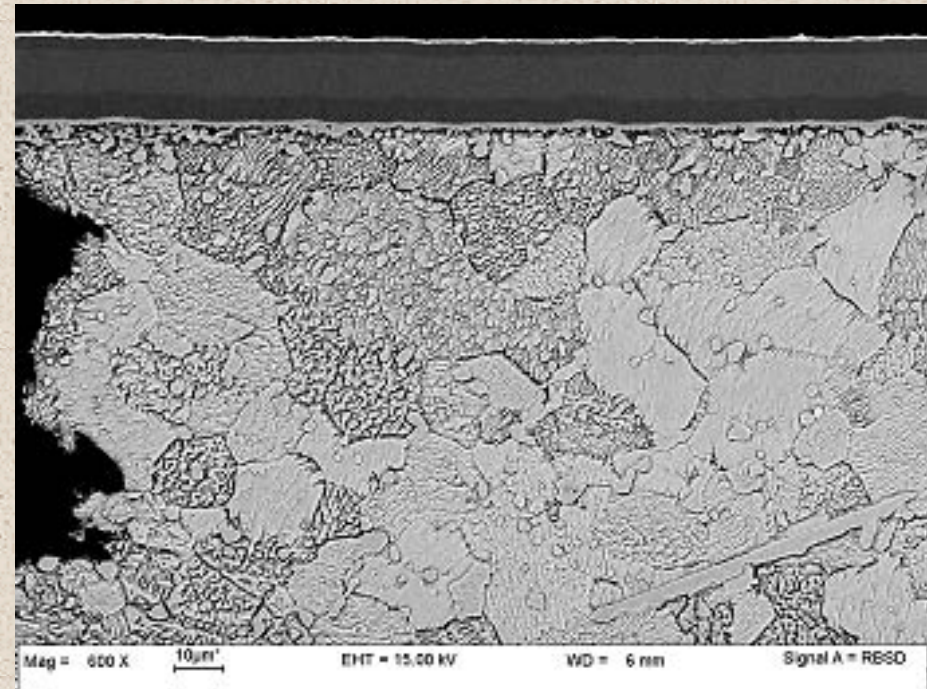
À 2000 cycles, -40/125°C,  
Croissance des grains après  
recristallisation.



# Croissance des Grains d'Étain

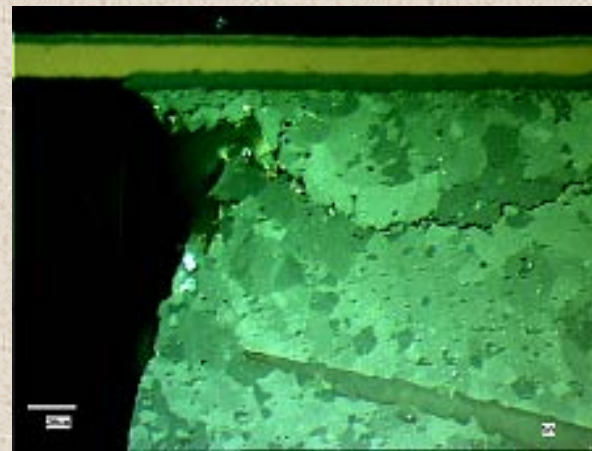
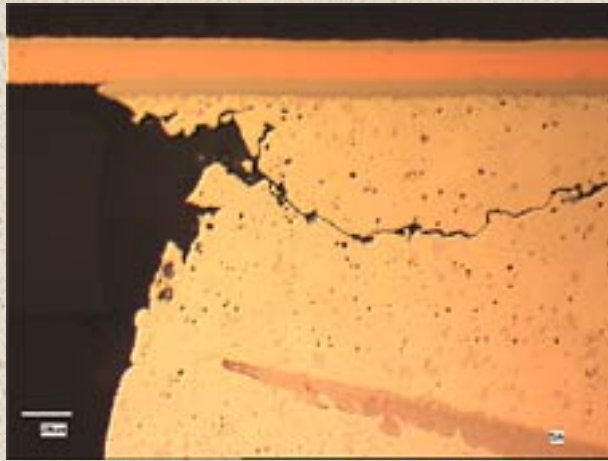


**Taille de grains après 600 cycles -40/125°C**



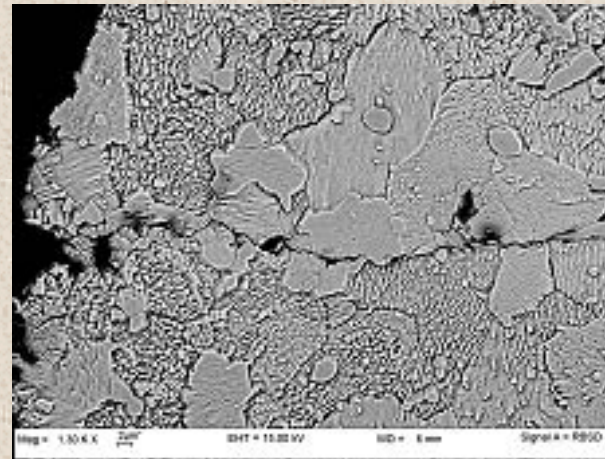
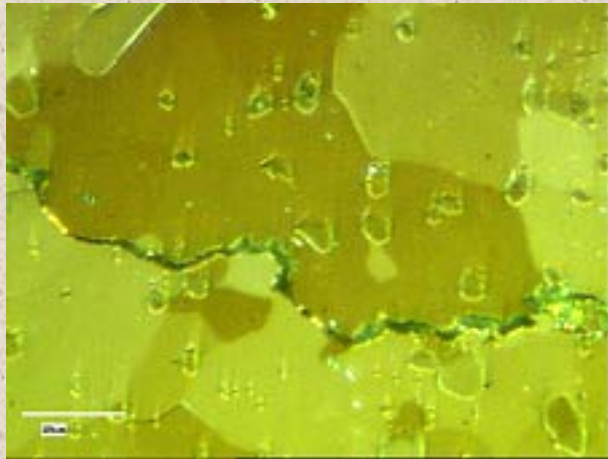
**Taille de grains après 2000 cycles -40/125°C**

# Mécanisme de défaillance



2000 cycles, -40/125°C

Fissuration le long des joints de grains.

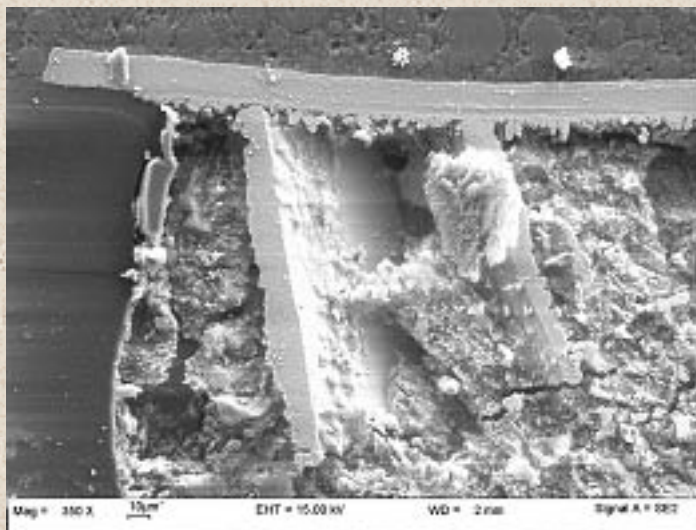
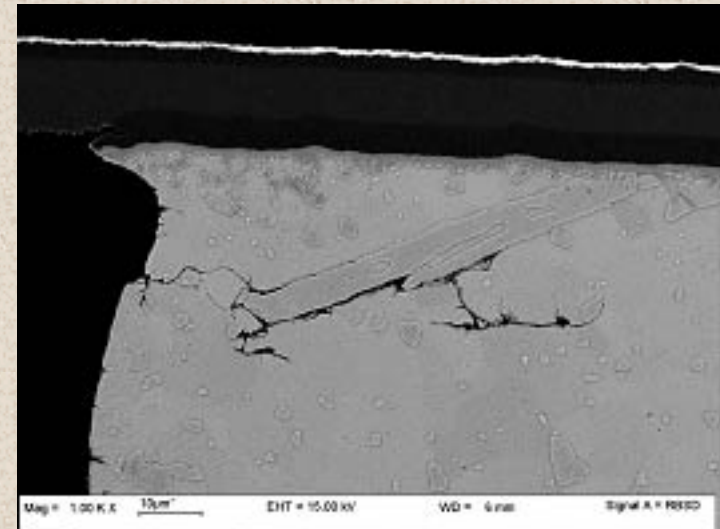
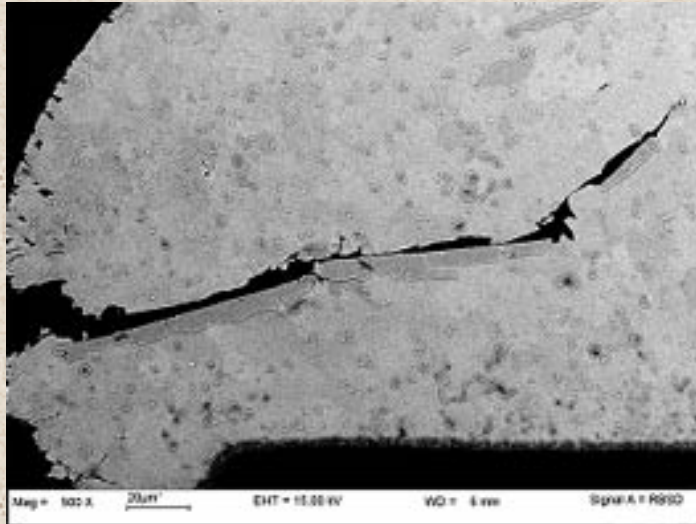


2000 cycles, -40/125°C

Évidence de la fatigue et du fluage.

# Autre mécanisme de défaillance

Propagation de fissures entre les précipités  $\text{Ag}_3\text{Sn}$  et la brasure



La taille des plaques d'intermétallique est en fonction du procédé assemblage et du niveau de vieillissement.

# Conclusions

- La méthode de préparation comme elle est utilisé aujourd'hui pour SnPb est insuffisant pour faire de l'expertise sur les joints sans plomb.
- Révélation chimique et microscopie sous lumière polarisée sont les techniques indispensables à l'expertise d'un joint «sans plomb».
- Nous avons identifié un certain nombre de paramètres permettant de « mesurer » et de « prévoir » l'évolution d'un joint
- La microstructure évolue en fonction des contraintes et du temps.
- Le procédé influence la microstructure et pourrait être optimiser afin d'améliorer la fiabilité.

# Interrogations

- Nous avons identifié des interactions entre le procédé et la microstructure, mais le lien direct entre les conditions du procédé (température, vitesse de refroidissement,... et certains caractères de la structure ne sont pas clairement établi.
- L'impact des compositions des alliages n'a pas été suffisamment étudié pour amener une recommandation en terme de durée de vie du joint.
- Les évolutions de la microstructure semblent montrer une certaine reproductibilité dans la succession des phases de vieillissement (dendrite, coalescence intermétallique => diminution des dendrites, recristallisation, propagation des cracks). Celles-ci peuvent elles être modélisées ?

# Travaux futurs

- Étude des liens entre les conditions de process et la micro structure
- Influence de la proportion d'Ag sur la fiabilité du joint (interaction avec le point précédent)
- Modélisation du vieillissement