

## **MilliNewton – dérive due aux contraintes dans la brasure**

*Dérive de l'offset du signal de sortie des poutres MilliNewton (1ère version, avec variantes), assemblées sur embase sans électronique par brasure tendre sans plomb Sn96 (96.5% Sn + 3.5% Ag), lors de tests à long terme.*

Thomas Maeder, 21.2.2007

**Projet:** MilliNewton

**Mots-Clefs:** capteur de force MilliNewton, brasure tendre, dérive, fluage, relaxation.

### **Table des matières**

<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>2</b>
<b>2. EXPERIENCES</b> .....	<b>3</b>
2.1. ECHANTILLONS .....	3
2.2. MESURES .....	3
<b>3. RESULTATS</b> .....	<b>4</b>
3.1. EVOLUTION DANS LE TEMPS .....	4
3.2. EFFET DE LA DISTANCE ET DE L'ETAMAGE .....	6
3.3. EFFET DE LA LONGUEUR DE LA PLAGE DE BRASURE .....	7
<b>4. CONCLUSIONS</b> .....	<b>7</b>

### **Résumé**

Quarante poutres MilliNewton, version 1, ont été brasées sur embase sans électronique, et leur offset a été mesuré lors de tests à long terme impliquant quelques cycles thermiques entre température ambiante et 85 ou 100°C.

Trois paramètres ont été explorés : 1) La longueur de la plage de brasure principale ; 2) la distance entre les résistances de mesure et la brasure ; 3) le pré-étamage de cette plage ou non. Seule la distance résistances – brasure joue un rôle important : l'effet des contraintes dans la brasure se fait fortement sentir à des distances en dessous de 2.0 mm.

La dérive se fait en général (mais pas toujours) surtout sentir au 1<sup>er</sup> cycle thermique. Ensuite, on observe une certaine stabilisation.

# 1. Introduction

Le capteur de force MilliNewton (figure 1) utilise une mesure basée sur la flexion d'une poutre (cantilever) munie d'un pont piézorésistif en technologie des couches épaisses et assemblée sur l'embase par brasure tendre (figure 2).

Au refroidissement après le brasage de la poutre, la brasure accumule des contraintes, en raison de sa dilatation thermique nettement plus élevée que celle de la poutre et de l'embase. Ces contraintes, en raison de la proximité de la brasure aux résistances de mesure, peuvent modifier légèrement le signal de sortie. De plus, ces contraintes sont susceptibles de fluer / de se relaxer dans la gamme de température d'utilisation. Ces deux phénomènes peuvent ensemble occasionner une dérive du capteur.

Une étude à long terme a donc été entreprise, pour déterminer un degré de dérive "typique" pour différents paramètres de la poutre et de l'assemblage.

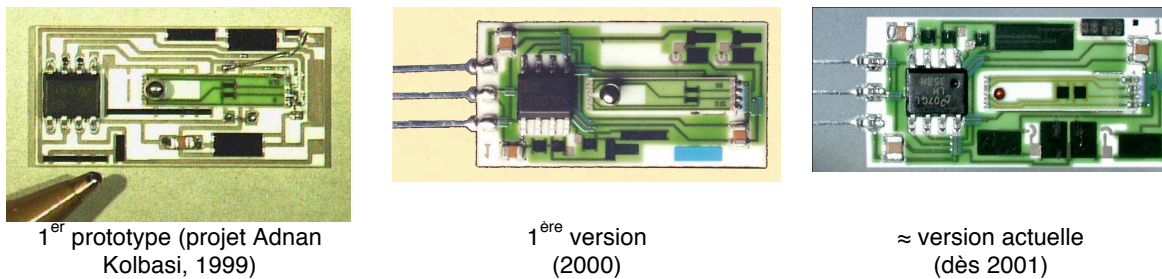


Figure 1. Le capteur MilliNewton et son évolution.

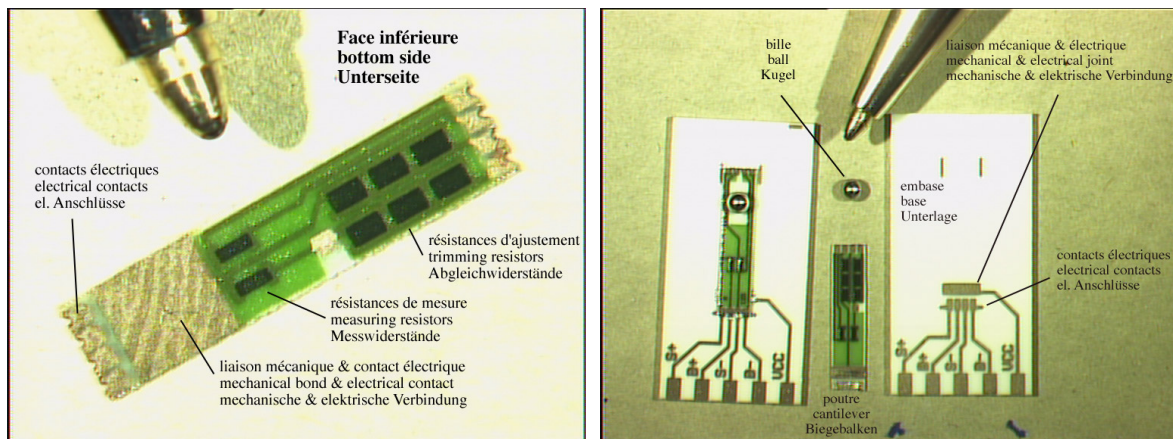


Figure 2. La poutre (version 1, gauche) et son assemblage sur l'embase (droite).

## 2. Expériences

### 2.1. Echantillons

Tous les échantillons sont des "vieilles" (version 1) poutres en alumine (épaisseur : 0.25 mm), montées sur des embases (épaisseur 1 mm) sans électronique en alumine également (figure 2). Les plages de brasure sont toutes en Ag:Pd 3:1 ESL 9635B, et la brasure tendre est une pâte à base d'alliage Sn96, c'est-à-dire 96.5% Sn + 3.5% Ag (composition eutectique, point de fusion = 221°C).

Nous avons varié 3 paramètres :

- 1) Longueur de la plage principale de brasure : 1, 2 ou 3 mm
- 2) Distance résistances (milieu) – bord de la plage principale de brasure : 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 ou 4.0 mm.
- 3) Pré-étamage ou non de la poutre.

Cette version de poutres comporte un grand nombre de variantes sur le substrat (pour la version 2, elles sont toutes identiques), et permettent de faire varier les 2 premiers paramètres. Les échantillons sont dénotés comme suit (exemple) :

**135x**

<b>1</b>	<b>35</b>	<b>x</b>
1 <sup>er</sup> chiffre : longueur en mm de la plage principale de brasure	2 & 3 <sup>e</sup> chiffres : distance entre le bord de la plage de brasure et le milieu des résistances de mesure, en unités de 0.1 mm	poutre étamée = "x" non étamée = rien
Plage : 1 mm	Distance : 3.5 mm	Étamage : oui

Tableau 1. Notation des échantillons.

Tous les échantillons étaient assez "vieux" avant la mesure, c'est-à-dire que plus d'un mois s'était écoulé depuis la brasure de la poutre sur l'embase.

### 2.2. Mesures

Les échantillons ont été mesurés périodiquement sur environ 2'100 h, sans être chargés mais en étant soumis à des changements de température. Les résultats sont donnés en dérive par rapport à la 1<sup>ère</sup> mesure, et on a compensé le coefficient en température mesuré au 1<sup>er</sup> chauffage. Les étapes du test sont donnés au tableau 2.

No	Température & désignation	Durée [h]
0	25°C a	1
1	85°C a	113
2	100°C a	32
3	85°C a'	87
4	25°C b	531
5	85°C b	244
6	25°C c	340
7	85°C c	231
8	25°C d	508

Tableau 2. Etapes du test à long terme.

### 3. Résultats

#### 3.1. Evolution dans le temps

La figure 3 donne l'évolution de l'offset de deux groupes d'échantillons, l'un montrant des variations assez prononcées (haut & milieu) et l'autre plus stable (bas). Les phénomènes de relaxation sont très visibles, surtout à 85°C pour les échantillons "110", "310" et "210x". On note que ces échantillons ne dérivent pas qu'au 1<sup>er</sup> cycle thermique – on relève différents comportements :

- Certains échantillons semblent avoir atteint un équilibre (120x, 310x, 310) : on observe des variations autour de cet équilibre lors des changements de température, qui se relaxent ensuite dans le temps, sans importante dérive à long terme.
- D'autres, en revanche, semblent être hors équilibre (110 & 210x ici), et dérivent progressivement, surtout lors des phases de température élevée (en raison de la relaxation plus rapide des contraintes). On constate pour un des deux (110) une certaine stabilisation au dernier cycle.
- Finalement, beaucoup d'échantillons (2<sup>e</sup> groupe) dérive très peu au cours du test. On constate cependant un phénomène intéressant : la compensation en température calculée sur la base du 1<sup>er</sup> cycle thermique peut se révéler un peu imprécise par la suite (230) – il y a quand même un certain "formage" de la brasure.

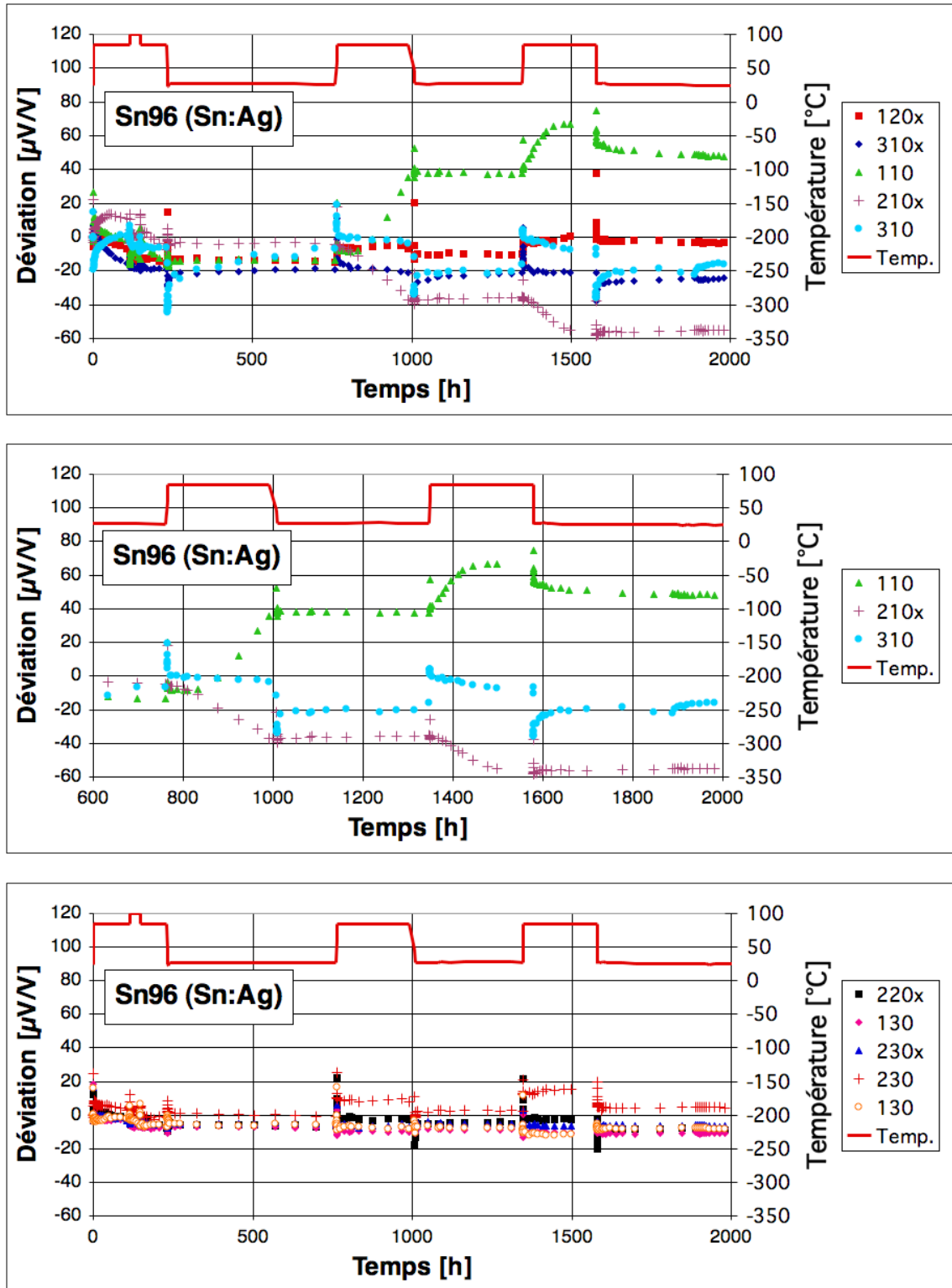


Figure 3. Variation au cours du test de l'offset (déviation par rapport à la valeur initiale), pour quelques échantillons montrant des variations importantes (haut, agrandissement de l'échelle de temps & sélection au milieu), et pour quelques échantillons plus stables (bas). Le profil de température est aussi donné.

### 3.2. Effet de la distance et de l'étamage

L'effet de la distance brasure – résistances et de l'étamage est donné à la figures 4 : si la distance influence très fortement la dérive, ce n'est pas le cas de l'étamage, où aucune influence claire n'est visible.

Il semble qu'une distance minimale d'environ 2 mm est à respecter, sous peine de forte dérive. Au delà, l'amélioration de la stabilité devient moins importante, et la réponse brute chute continuellement : l'optimum se situe donc vers 2...3 mm.

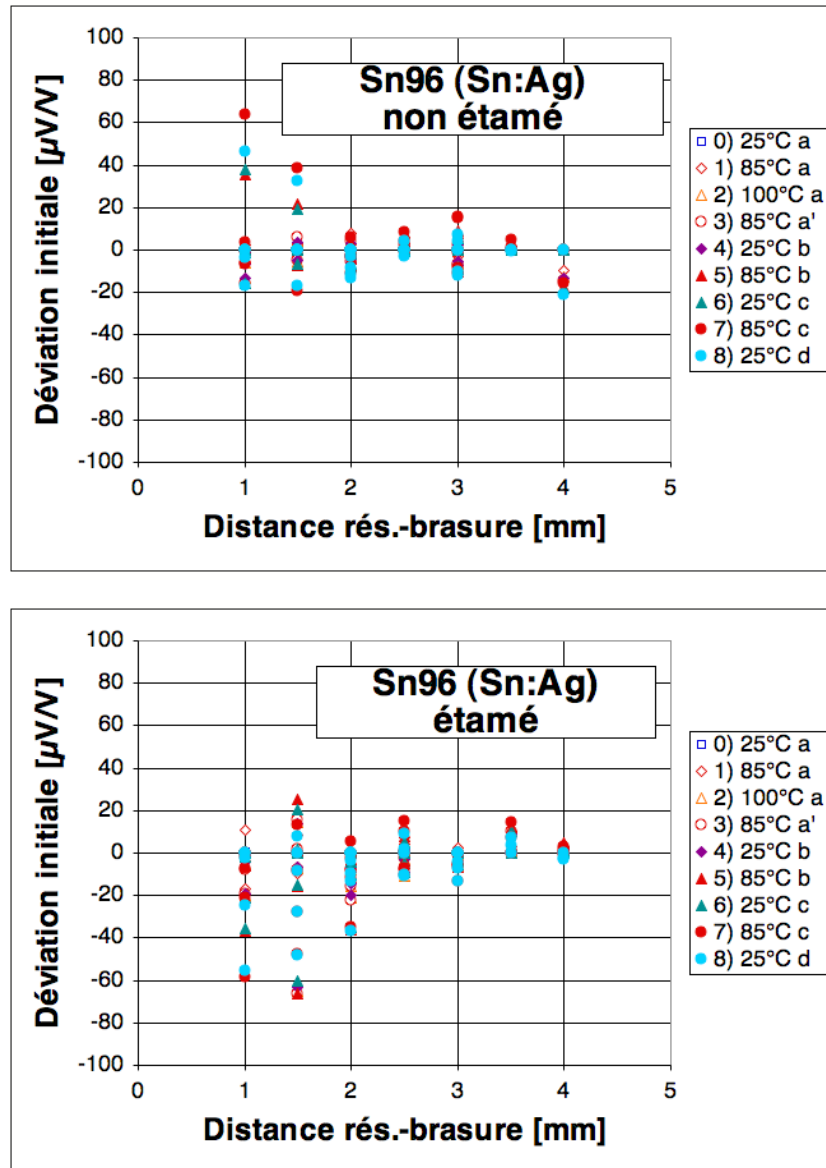


Figure 4. Effet de la distance sur la dérive après les différentes étapes.

### 3.3. Effet de la longueur de la plage de brasure

L'effet de la longueur de la plage de brasure principale est montré à la figure 5. On ne constate pas d'influence marquée de ce paramètre sur la dérive. Nous avons donc sélectionné pour le capteur final la longueur la plus importante raisonnablement possible (env. 3 mm), afin de favoriser la stabilité mécanique pour les variantes à force élevée.

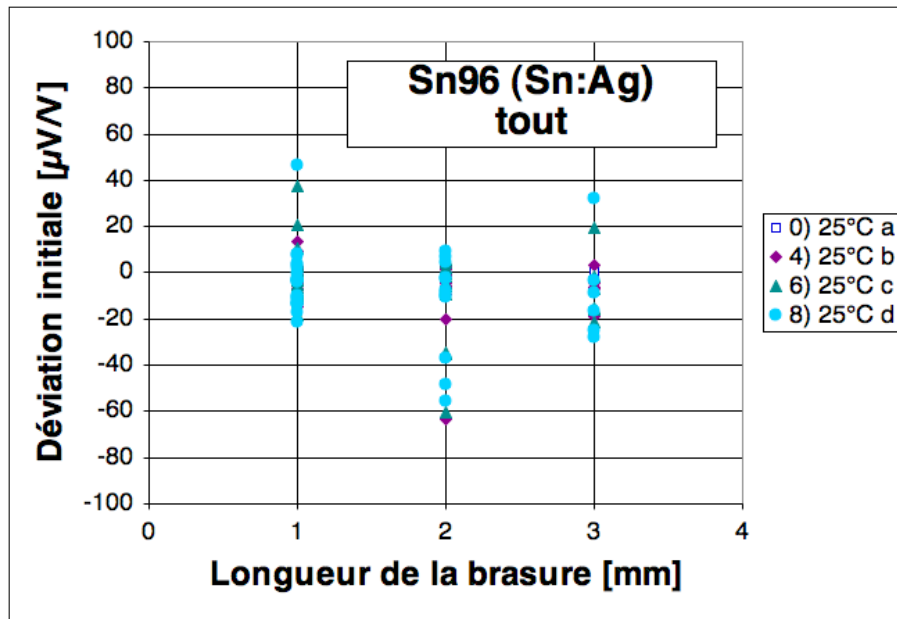


Figure 5. Effet de la longueur de la plage de brasure principale sur la dérive après les différentes étapes (25°C uniquement).

## 4. Conclusions

Le test à long terme de poutres MilliNewton (largeur : 3 mm ; épaisseur : 0.25 mm) brasées avec l'alliage sans plomb Sn96 révèle des variations d'offset essentiellement dépendantes (avec une certaine dispersion) de la distance entre la brasure et les résistances de mesure. Cette distance doit être égale ou supérieure à environ 2 mm si on veut éviter de trop grandes dérives. Dans ce cas, la valeur absolue de la dérive est  $< 20 \mu\text{V/V}$ , ce qui est moins de 1% de la pleine échelle, qui est de l'ordre de 2...3 mV/V.

Les tests ont aussi montré que la stabilité des contraintes et donc du signal pourrait être améliorée en "formant" les capteurs, en les soumettant à quelques cycles thermiques, avant de réaliser l'ajustement final.