



## **MilliNewton – Ajustement de la poutre bumpée 2 faces**

*Ajustement grossier de l'offset de la poutre MilliNewton bumpée 2 faces, version Ba*

*Offset-Grobabgleich des zweiseitigen gebumpten MilliNewton-Biegebalkens, Version Ba.*

Thomas Maeder, 18.8.2008.

**Projet:** MilliNewton

**Mots-clefs:** MilliNewton, capteur de force.

### ***Table des matières***

1. INTRODUCTION .....	2
2. PRODUCTION & AJUSTEMENT .....	3
3. RESULTATS .....	3
4. REFERENCES.....	5

### ***Résumé***

Ce document décrit l'ajustement grossier de l'offset de la poutre MilliNewton bumpée 2 faces, version A, et les résultats sur 2 substrats (nominalement 360 poutres) d'épaisseur 0.4 mm, donnant des poutres de force nominale de 1 N.

La procédure d'ajustement + recuit est globalement identique à celle de la version Ad. Quatre points ont été étudiés ici.

- 1) **L'or fin ESL 8837-D** doit être sérigraphié suffisamment épais, sous peine de gros problèmes de fiabilité de contact, ce qui est maintenant en ordre. Cependant, il reste un problème d'interruptions sporadiques de pistes, apparemment dû à des contaminations locales (particules tombant du tube du four ?), auxquelles cet or est apparemment très sensible.
- 2) **Les trous métallisés indépendants** permettent un jugement très fiable de la conformité lors de l'ajustement ; il n'y a quasiment plus de risque d'erreur.
- 3) **Les plages de contact**, bien que nettement meilleures que les abords des trous métallisés de la version A, sont encore trop petites ; il faudra les agrandir.
- 4) **L'ajustement discret** fonctionne bien et diminue le besoin en ajustement "analogique". Cependant, une des deux résistances n'est pas nécessaire, sa coupe donnant le même décalage d'offset que l'activation d'une résistance "analogique".

## 1. Introduction

La production de la poutre MilliNewton-A (version Ad, anciennement dénotée "D") était assez stabilisée. La fiabilité finale (après test) était devenue très bonne, grâce à un meilleur contrôle (circuit + procédure), capable de tenir compte de quasiment tous les défauts possibles. Le principal problème de rendement était lié à la déposition de l'or fin ESL 8837D ; il doit absolument être déposé suffisamment épais [1].

Cependant, cette poutre était très problématique au montage, à cause des contacts arrière :

- Leur disposition en ligne ne laissait que très peu de place, ce qui nécessiterait un masque en tôle pour la brasure et ne supprimerait pas entièrement le risque de court-circuit. Actuellement, il y a un certain taux de déchet dû tant aux courts-circuits (trop de brasure) qu'aux connexions ouvertes (pas assez). Le meilleur compromis est obtenu en déposant peu de brasure et en rajoutant manuellement là où elle manque, ce qui est extrêmement fastidieux.
- Le mouillage de la métallisation des trous, très mince, par la brasure entraîne des problèmes de fiabilité par dissolution, d'autant plus insidieux qu'ils peuvent se déclarer après coup, lors de sollicitations mécaniques ou thermiques.
- Le partage des trous métallisés pose un problème potentiel de fiabilité en production et en test ; une poutre peut être testée comme bonne lors de l'ajustement en substrats, puis devenir mauvaise par arrachage de la métallisation lors de son individualisation. De plus, certains défauts sur une poutre peuvent électriquement "se propager" à ses voisines immédiates.
- Finalement, l'ajustement et le contrôle de la poutre étaient assez critiques au niveau de la carte à pointes, car les plages de contact au voisinage des trous métallisés étaient très petites.

Parallèlement, à l'ajustement des capteurs, on constatait souvent un coefficient en température de l'offset (TCO) important, attribué au fait que les résistances d'ajustement de la poutre utilisaient une encre différente (DuPont / DP 2031, 1 k $\Omega$ ) de celles du pont de mesure (DP 2041, 10 k $\Omega$ ).

Pour la version B, il a donc été décidé de développer une poutre (figure 1) présentant les caractéristiques suivantes :

- La composition résistive (DP 2041, inchangée) utilisée pour le pont de mesure l'est également pour l'ajustement, dans un effort pour diminuer le coefficient en température de l'offset (TCO), les résistances d'ajustement sont de la même encre que les résistances sensibles (DuPont 2041).
- L'ajustement de l'offset se fait majoritairement – dans le futur peut-être même exclusivement – de manière discrète, la résistance DP 2041 étant moins stable à l'état ajusté.
- Les trous sont découplés des plages de brasure, permettant en principe un pré-étamage (bumping) efficace.
- Les trous métallisés sont individuels, et les poutres découplées électriquement entre elles, sans ponts de brasure réalisés après coup : une poutre contrôlée comme bonne l'est donc vraiment.
- Même si les plages de brasure restent petites, elles sont désormais sans trous, ce qui devrait permettre des contacts plus faciles avec la carte à pointe.

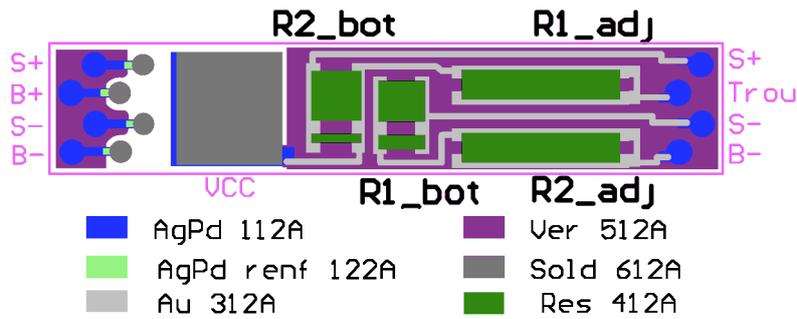


Figure 1. Layout (dessous) de la poutre Ba.

## 2. Production & ajustement

Les encres utilisées sont les mêmes que pour la version A [1], hormis l'utilisation d'une seule encre résistive :

- Métallisation des trous et zones de brasage : Ag:Pd ESL 9635B
- Pistes et terminaisons des résistances : Au fin ESL 8837D
- Résistances (pont + ajustement) : 10 k $\Omega$ , DP 2041
- Verrage : ESL G-481

À terme, on compte remplacer les conducteurs et le verrage par leurs équivalents sans plomb ni cadmium [2] :

- ESL 9635B  $\rightarrow$  ESL 9635G
- ESL 8837D  $\rightarrow$  ESL 8837D
- ESL G-481  $\rightarrow$  ESL G-485 ou Her CL90-8325

Cependant, il a été décidé de d'abord stabiliser la version B avant d'entamer la substitution des matériaux, excepté éventuellement les conducteurs.

En production, la sérigraphie de l'or ESL 8837D a fait l'objet d'une surveillance particulière. La procédure d'ajustement est quasi identique à celle des séries précédentes [1], paramètres y compris, avec cependant l'introduction de coupes discrètes, et l'utilisation d'une seule encre résistive (DP 2041), ce qui améliore le TCO mais rend les coupes dans la résistance moins stables. La procédure de recuit final pour refondre le verrage sur les coupes (verrage à 580°C, ajustement, puis recuit à 630°C) a été conservée.

## 3. Résultats

Deux substrats ("A" et "B", nominalement 2 x 180 = 360 poutres) ont été mesurés après production, ajustement et recuit à 630°C. La nouvelle carte d'ajustement permet la mesure, en plus de l'offset, de la résistance électrique des deux branches 1 (comportant la sortie négative s-) et 2 (avec la sortie positive s+). Les résultats sont résumés au tableau 1 et aux figures 2 et 3 (pour les deux substrats et le tout), et discutés ci-après.

Grandeur	Unité	Statistiques
Résistance du pont	[Ohm]	Moyenne = 5'853 ; écart-type = 169 Min = 5'453; max = 6'372
Résistance de pont, branche 1	[Ohm]	Moyenne = 12'328 ; écart-type = 536 Min = 11'079 ; max = 14'321
Résistance de pont, branche 2	[Ohm]	Moyenne = 11'155 ; écart-type = 401 Min = 10'176 ; max = 12'278
Offset	[mV/V]	Moyenne = -0.8 ; écart-type = 1.2 Min = -4.8 ; max = +3.9
Rendement		Poutres bonnes / total = 356 / 360 Déchet = 4 (1.1%) ; toutes par circuit ouvert

Tableau 1. Statistiques sur les poutres, version Ba.

## Rendement

Seules 4 mauvaises poutres ont été constatées, ce qui donne un excellent rendement proche de 99% ! Toutes ces défaillances sont dues à des circuits ouverts, le principal défaut rencontré étant l'interruption des conducteurs en or fin ESL 8837D par des "taches" isolantes. Il est difficile d'attribuer une cause à ces taches, qui semblent provenir d'une contamination, par le four ou par des résidus lors de la récupération de l'or sur le masque de sérigraphie.

## Résistance électrique du pont de mesure et de ses branches 1 et 2

La valeur de résistance du pont et de ses branches fluctue au gré des ajustements, la branche 1 (comportant plus d'ajustements) plus que la 2, la résistance globale du pont variant le moins. La valeur moyenne de 6 k $\Omega$  environ est tout à fait dans les attentes.

## Offset

L'offset des poutres est dans une fourchette très étroite, entre -5 et +7 mV/V, ce qui est très précis vu que la poutre a été recuite à 630°C après ajustement. La stabilité intrinsèque des matériaux, et surtout des coupes, est donc vérifiée.

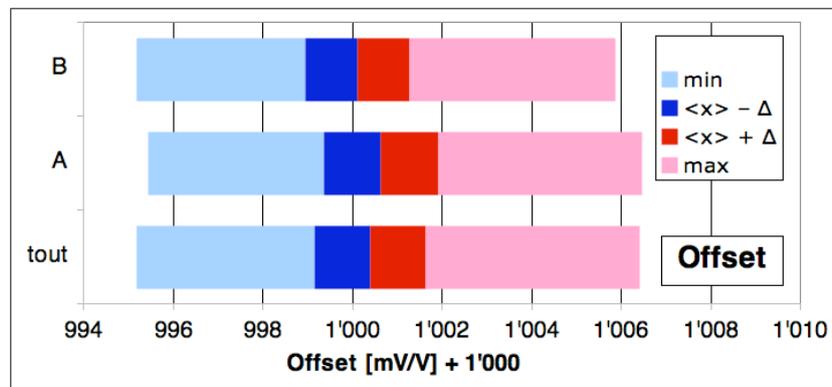


Figure 2. Offset des poutres.

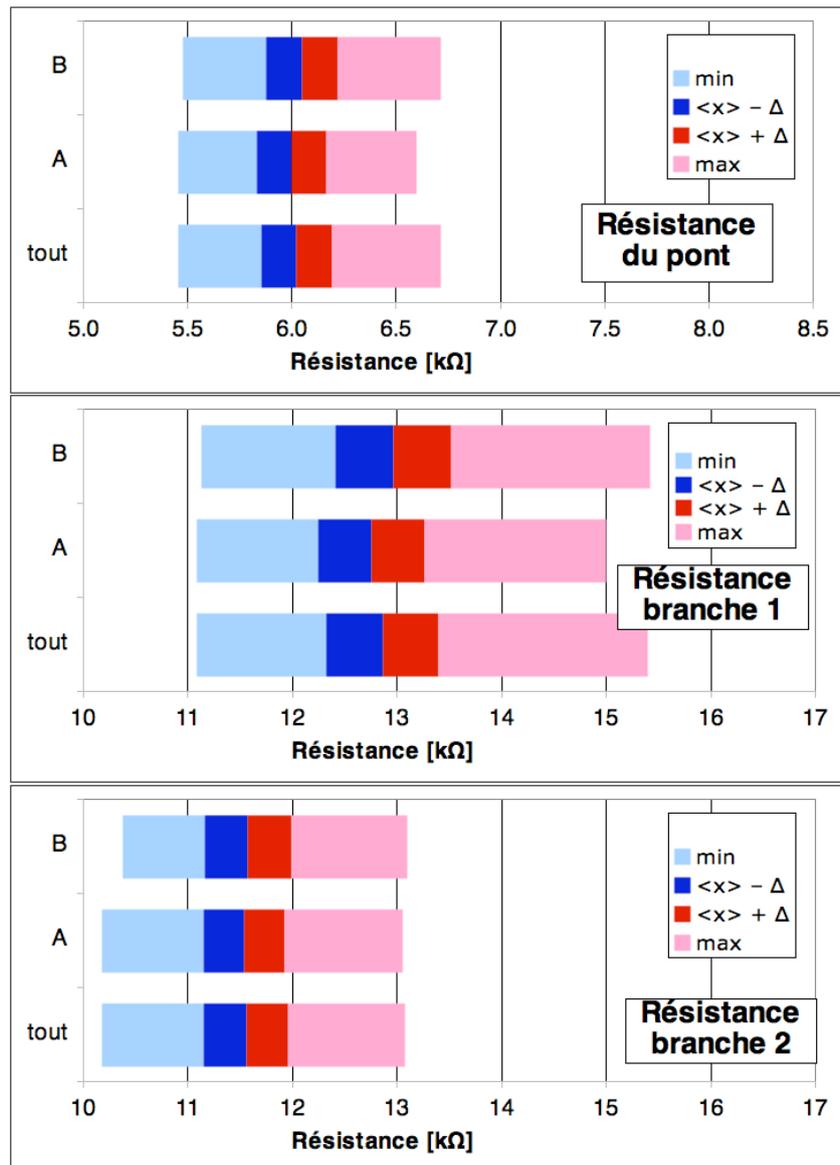


Figure 3. Résistance du pont de mesure et de ses branches.

## 4. Références

- [1] Maeder-T, "MilliNewton – Ajustement de la poutre version D", rapport du 13.4.2006.
- [2] Maeder-T, "MilliNewton – Ajustement passif & qualification RoHS", rapport du 7.11.2006.