



MilliNewton – Ajustement passif de l'embase version E – compléments

Thomas Maeder, 20.3.2006.

Projet: MilliNewton

Mots-Clefs: MilliNewton, capteur de force, résistance, ajustement passif

Table des matières

1. PARAMETRES D'AJUSTEMENT ET SUBSTRATS	2
2. RESULTATS - VALEURS INITIALES	3
3. RESULTATS – VALEURS AJUSTEES	3
4. RESULTATS - EFFET DU RECUIT DE STABILISATION.....	4
5. CONCLUSIONS.....	5

Résumé

Ce document décrit l'ajustement passif de l'embase MilliNewton, version E, optimisé par rapport aux conditions précédentes (rapport du 14.2. 2006).

L'ajustement est désormais très fiable, avec d'excellents résultats obtenus sur 15 substrats.

Cependant, il faut absolument veiller à ce que le laser soit allumé depuis plus de 30 min avant de commencer une opération d'ajustement.

1. Paramètres d'ajustement et substrats

Ce chapitre donne les paramètres d'ajustement optimisés. Pour les autres informations (introduction, schéma, layouts, etc.), se reporter au rapport du 14.2.2006.

Paramètre globaux

- **Laser.** La puissance est fixée à 65%, et la fréquence à 5 kHz.
- **Vitesse / galvo.** Les deux vitesses sont 4 mm/s (vitesse rapide) et 0.5 mm/s (vitesse réduite), avec réduction proportionnelle de la fréquence laser en mode lent.
- **Dépassement des valeurs-cibles.** Pour les paires R1/R4 et R2/R3, un dépassement des valeurs de respectivement +20% et +10% est toléré. Dans ce cas, la résistance la plus faible est ajustée à la valeur de la plus élevée, avec les mêmes tolérances que pour l'ajustement normal.
- **Tentatives.** En cas d'échec, l'ajustement d'une embase est tenté une 2^e fois. Cette nouveauté permet d'éviter les dépassements occasionnels de la valeur-cible, quasiment impossibles à éviter totalement pour R2/R3 et surtout pour R1/R4 en raison de la large distribution des valeurs initiales. On ajuste alors (voir ci-dessus) la résistance la plus petite à la valeur de la plus grande.
- **Recuit.** Comme dans les versions précédentes, les embases ajustées sont recuites avec le profil de cuisson du verrage, 580°C 10 min.

Paramètres spécifiques

Les valeurs nominales et paramètres spécifiques sont donnés pour chaque résistance au tableau 1, et sont identiques pour chaque paire (R2/R3 et R1/R4). Par rapport aux versions précédentes, l'introduction d'une 2^e tentative couplée à l'adaptation des valeurs-cibles a permis une simplification drastique, avec en prime une augmentation de la fiabilité !

Rés.	Géométrie	Valeur nominale [kOhm]	L [mm]	D [mm]	A [mm]	N	TP [%]	RP [%]	PS [%]
R5	Méandre	200	1.1	0.5	1.7	2	-30	-7	-0.5
R16	U	400	3.5	0.4			-14	-4	-2.0
R2	Double	10	1.4	0.4			-23	-13	-1.1
R3	Double	10	1.4	0.4			-23	-13	-1.1
R1	Double	100	1.7	0.4			-22	-12	-1.0
R4	Double	100	1.7	0.4			-22	-12	-1.0
R17	Méandre	200	1.2	0.6	1.9	2	-25	-13	-1.0

Tableau 1. Paramètres d'ajustement : géométrie et comparateurs.

L = longueur maximale de coupe ; D = décalage entre coupes parallèles / opposées, ou largeur du U ; A = Distance d'alternance de points de départ (méandres) ; N = nombre maxi de coupes (méandres).

TP (*turnpoint*) : changement de direction ou de coupe.

RP (*reduction point*) : réduction de vitesse (avec réduction proportionnelle de fréquence).

PS (*prestop*) : arrêt de l'ajustement.

2. Résultats - valeurs initiales

Les valeurs initiales ont été mesurées sur 15 substrats : 06-535...549. Les statistiques sont données ci-dessous au tableau 2, en pourcentages par rapport à la valeur nominale. Par rapport aux précédentes mesures, on obtient les mêmes tendances.

	$\Delta R1$ [%]	$\Delta R4$ [%]	$\Delta R17$ [%]	$\Delta R2$ [%]	$\Delta R3$ [%]	$\Delta R5$ [%]	$\Delta R16$ [%]
Moyenne	-28	-16	-33	-36	-28	-37	-71
Ecart-type	13	14	13	3	3	6	7
Min	-58	-60	-66	-42	-38	-59	-85
Max	+5	+17	+1	-22	-13	-24	-55

Tableau 2. Valeurs initiales des différentes résistances, en écarts par rapport à leur valeur nominale.

L'appariement des paires R2/R3 et R1/R4 n'est pas optimal ; en moyenne, $\Delta R2 - \Delta R3 = -8\%$ et $\Delta R1 - \Delta R4 = -12\%$. Il n'est pas utile de le corriger à présent, car tant DP 2041 (stabilité médiocre à l'ajustement) que ESL 3915 (pas conforme RoHS) devront être remplacées.

3. Résultats – valeurs ajustées

Les résultats de l'ajustement sont donnés au tableau 3.

- **R1, R4, R17 (ESL 3915)**. Les valeurs "débordent" vers le haut, ce qui est dû aux valeurs initiales trop hautes. Comme le programme apparie R1 et R4 dans ce cas, il est plus intéressant d'examiner la qualité de cet appariement : $\Delta R1 - \Delta R4 = 0.0 \pm 0.8\%$ (valeur & écart-type), ce qui n'est vraiment pas mal. R17, pas critique, est ajustée sans précautions particulières.
- **R2, R3 (DP 2041)**. Dans ce cas, les valeurs initiales sont bonnes. L'appariement est aussi acceptable, avec un peu de biais malgré les conditions identiques : $\Delta R2 - \Delta R3 = +0.7 \pm 0.8\%$.
- **R5, R16 (DP 2021)**. Comme on le voit avec R5, DP 2021 ne pose aucun problème, malgré des conditions d'ajustement favorisant la vitesse. Pour R16, la coupe en U est moins précise, d'où les +5% au maximum, et la longueur de coupe utilisée pour la plupart des substrats était en fait 3.0 mm, ce qui était parfois insuffisant pour atteindre la valeur nominale. La longueur de coupe maximale a donc après coup été ajustée à 3.5 mm, ce qui devrait permettre d'atteindre la nouvelle valeur nominale de 400 Ohm (gain initial : env. 500).

	$\Delta R1$ [%]	$\Delta R4$ [%]	$\Delta R17$ [%]	$\Delta R2$ [%]	$\Delta R3$ [%]	$\Delta R5$ [%]	$\Delta R16$ [%]
Moyenne	+1.0	+1.0	+0.6	+0.1	-0.6	+0.3	+0.8
Ecart-type	2.5	2.5	1.1	0.7	0.7	0.3	2.0
Min	-1.1	-1.1	-0.9	-1.4	-2.1	-0.3	-17.9
Max	+17.1	+17.3	+6.5	+2.9	+2.3	+1.7	+5.0

Tableau 3. Valeurs ajustées des résistances, en écarts par rapport à leur valeur nominale.

4. Résultats - effet du recuit de stabilisation

Les décalage de valeur observé au recuit de stabilisation (profil ESL 580°C : plateau 580°C 10 min pour un temps de passage d'environ 45 min) est donné, pour les mêmes substrats, au tableau 4.

- **R1, R4, R17 (ESL 3915).** La stabilité au recuit est excellente, étant donné qu'il s'agit d'une composition 100 kOhm ajustée. On obtient une légère augmentation et une faible dispersion.
- **R2, R3 (DP 2041).** La variation au recuit est en moyenne légèrement négative. La dispersion est nettement plus importante que pour ESL 3915. La valeur maximale obtenue (+9.3%) est probablement liée à un défaut de sérigraphie, car toutes les autres variations sont en dessous de +2%, ce qui est rassurant. Néanmoins, on pourrait attendre une meilleure stabilité pour une 10 kOhm, à la lumière des résultats obtenus pour ESL 3915.
- **R5, R16 (DP 2021).** La stabilité au recuit de cette composition ne pose absolument pas problème...

	$\Delta R1$ [%]	$\Delta R4$ [%]	$\Delta R17$ [%]	$\Delta R2$ [%]	$\Delta R3$ [%]	$\Delta R5$ [%]	$\Delta R16$ [%]
Moyenne	+0.4	+0.3	+0.4	-0.6	-0.5	-0.2	-0.1
Ecart-type	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6	0.1	0.1
Min	-0.5	-0.6	-0.4	-1.6	-1.4	-0.7	-0.3
Max	+1.5	+1.6	+1.8	+1.0	+9.3	+0.2	+0.3

Tableau 4. Variation au recuit, en pourcentage de la valeur nominale.

Attention : bien laisser chauffer le laser !

Quelques substrats ont été passés avec le laser encore froid. Leur stabilité après recuit laissait fortement à désirer, avec souvent des variations jusqu'à environ -20% pour R1/R4, et un peu de moindre envergure pour R2/R3 !

Un examen des coupes (figure 1) montre qu'elles sont fortement anisotropes, comme si le laser était défocalisé. Si on répète les coupes pendant la phase de chauffage, elles s'améliorent progressivement et on obtient la figure de droite après environ 30 min (si elles sont toujours mauvaises, il est alors probable que la focalisation est mauvaise). Les problèmes sont observés sur les coupes larges, où la densité de puissance est donc insuffisante – au recuit, une conduction parasite réapparaît au travers de la coupe...

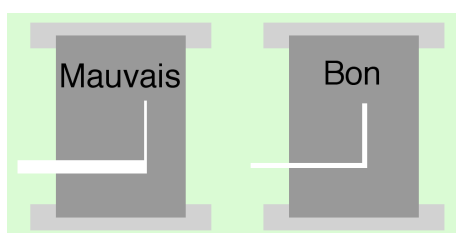


Figure 1. Effet de la focalisation du laser sur les coupes. Mauvais : coupes très anisotropes (très minces / très larges) ; bon : coupes isotropes, assez minces

5. Conclusions

- Les conditions d'ajustement sont maintenant stabilisées et satisfaisantes.
- DP 2021 a un comportement excellent, et sera donc probablement conservée.
- ESL 3915 est excellente pour une composition 100 kOhm. Malheureusement, elle devra être remplacée pour cause de non conformité ROHS.
- DP 2041 est plutôt mauvaise en ajustement en comparaison à ESL 3915. De plus, son effet de jauge ne la rend pas idéale pour une application soumise à des contraintes parasites. Dans un 1^{er} temps, on pourra optimiser ses propriétés d'ajustement en la sérigraphiant mince.
- La diode laser doit être enclenchée au moins 30 min avant tout ajustement. On vérifiera la forme de la coupe, qui donne une bonne indication de sa qualité.