



MilliNewton – Ajustement passif de l'embase version E

Ajustement passif de l'embase en version E – infos et résultats.

Passivabgleich der Unterlage, Version E – Infos und Ergebnisse.

Thomas Maeder, 14.2.2006.

Projet: MilliNewton

Mots-Clefs: MilliNewton, capteur de force.

Table des matières

1. INTRODUCTION	2
2. RESISTANCES A AJUSTER.....	3
3. PLAGES DE CONTACT	3
4. PARAMETRES D'AJUSTEMENT ET SUBSTRATS.....	4
5. RESULTATS - VALEURS INITIALES	5
6. RESULTATS – VALEURS AJUSTEES.....	6
7. EFFET DU RECUI DE STABILISATION	8
8. CONCLUSIONS.....	9

Résumé

Ce document décrit l'ajustement passif de l'embase MilliNewton, version E, ainsi que les résultats obtenus sur 5 substrats, avant ajustement, après ajustement et après recuit ultérieur de stabilisation.

La correction des défauts de l'embase D permet notamment la sérigraphie plus mince et avec des paramètres plus raisonnables de la composition résistive 100 kOhm ESL 3915. Le problème de sa grande variation en valeur subsiste, mais est maintenant sous contrôle.

La diminution d'épaisseur de cette composition permet l'abaissement de la puissance de coupe, ce qui améliore la stabilité et la précision des 100 kOhm, mais aussi des résistances basées sur la composition 10 kOhm DP 2041, qui a de sérieux problèmes de stabilité si elle est ajustée à puissance trop élevée.

1. Introduction

La version E de l'embase MilliNewton (layout et schéma aux figures 1 et 2) corrige quelques problèmes avec la version D, notamment:

- **Résistance de gain R16.** Il est de nouveau possible d'ajuster cette résistance en passif : la plage de contact manquante a été rétablie, ce qui augmente aussi la précision de l'ajustement de R3 (sans la plage, on ajustait R3 et R16 en série à $R_2 + 65 \text{ Ohm}$ pour tenir compte de R16), et évite une coupe "en aveugle" lors de l'ajustement actif.
- **Résistances 100 kOhm.** Avec la version D et la composition ESL 3915, les résistances étaient trop élevées, ou alors beaucoup trop épaisses. La géométrie des résistances a été corrigée en conséquence sur cette version, avec succès (cf rapport du 1.2.2006).

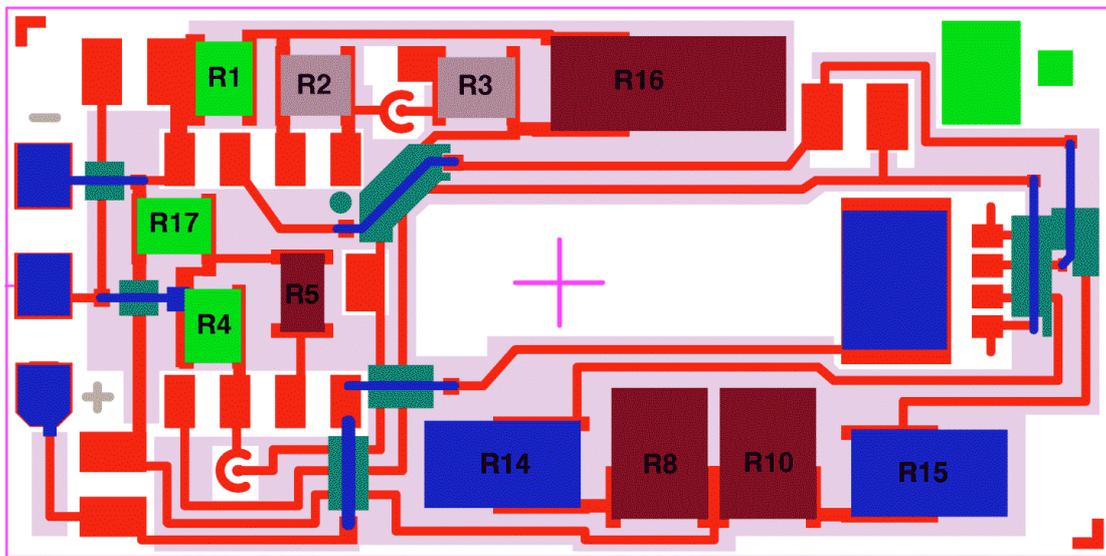


Figure 1. Layout de l'embase E (verrage en semi-transparence).

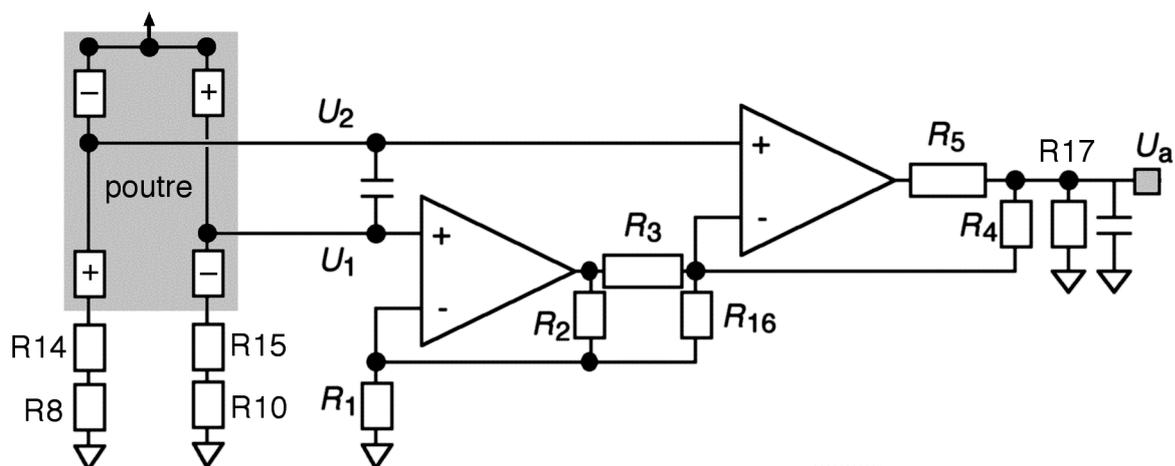


Figure 2. Schéma électrique de l'embase MilliNewton (U_a = sortie).

2. Résistances à ajuster

Le layout est donné à la figure 1, et les données correspondantes des résistances sont reportées au tableau 1. Les résistances sont couvertes par le verrage ESL G-481 cuit à 580°C, 10 min. Après ajustement, on les stabilise par recuit en repassant les substrats avec le même profil que celui ayant servi à la cuisson du verrage (ESL 580°C).

Les valeurs $R_1 = R_4$ et R_{16} définissent le gain initial et donc la réponse minimale du signal de sortie de la poutre. Pour un span nominal de 600 mV/V (MilliNewton standard) et un gain initial de $R_1 / R_{16} = 400$, on a donc une réponse minimale de 1.5 mV/V, ce qui est confortable pour le capteur standard, mais trop pour le monoface (cf rapport de TP de semestre, Michel Hess, 2006), qui requiert donc un ajustement spécifique de R16 à une valeur plus faible.

Rés.	Composition	Valeur nom. & précision	Notes
R1, R4	ESL 3915	100 kOhm \pm 2%	Apparier R1 & R4 ; +9% OK
R2, R3	DP 2041	10 kOhm \pm 2%	Apparier R2 & R3 ; +9% OK
R16	DP 2021	250 Ohm \pm 5%	pas critique
R5	DP 2021	200 Ohm \pm 15%	pas critique
R17	ESL 3915	200 kOhm \pm 15%	pas critique
R8, R10	DP 2021	-	Ajustement actif de l'offset +,-
R16	DP 2021	-	Ajustement actif du span -
R14, R15	ESL 2612I	-	Ajustement actif du TCO +,-

Tableau 1. Résistances, compositions, valeurs nominales et précisions.

3. Plages de contact

La carte à pointes a été mise à jour et les nos de contact sont donnés au tableau 2.

Résistance	Pointe 1	Pointe 2
R1	3	4
R2	3	28
R3	9	30
R4	1	38
R5	1	36
R16	3	30
R17	1	2

Tableau 2. Contacts utilisés pour mesurer et ajuster les résistances.

4. Paramètres d'ajustement et substrats

Les paramètres des coupes d'ajustement sont donnés pour chaque résistance au tableau 3. L'ajustement est réalisé dans l'ordre indiqué.

15 substrats (06-500...06-514) ont été ajustés, selon les paramètres donnés au tableau 4:

- Les 5 premiers (06-500...504) ont été ajustés avec des paramètres quelque peu divergents de ceux donnés au tableau 3 ("A" = préliminaire), et ne seront donc pas pris en compte pour les mesures de précision d'ajustement.
- Les 5 suivants (06-505...509) ont été ajustés selon "B" (pour R1 & R4). La composition ESL 3915 étant désormais sérigraphiée plus mince, on a pu descendre la puissance, qui était très élevée (90%) dans la version D : plusieurs puissances entre 60% et 90% ont été essayées.
- Après cette série, comme on a constaté qu'on avait pas encore atteint la puissance minimale, et que certains points de l'ajustement de R1 & R4 devaient être améliorés, on a encore ajusté 5 substrats (06-510...514). A une puissance de 40%, DP2041 (R2 & R3) ne peut plus être ajustée: nous avons donc travaillé entre 45% et 60%.

Rés.	Géométrie	L [mm]	D [mm]	A [mm]	N	TP [%]	RP [%]	PS [%]
R5	Méandre	1.1	0.5	1.7	2	-30	-7	-0.5
R16	U	2.5	0.4			-14	-4	-2.0
R2	Méandre	1.4	0.4	1.9	2	-23	-14	-1.1
R3	Méandre	1.4	0.4	1.9	2	-23	-14	-1.1
R4 (B1)	Double	1.7	0.4			-25	-14	-3.0
R1 (B)	Double	1.7	0.4			-22	-11	-1.0
R1 (C)	Double	1.7	0.4			-22	-12	-1.0
R4 (C)	Double	1.7	0.4			-22	-12	-1.0
R4 (B2*)	Simple	1.0					-40	-0.3
R17	Méandre	1.2	0.6	1.9	2	-25	-13	-1.0

Tableau 3. Paramètres d'ajustement : géométrie et comparateurs.

R1 et R4 sont ajustés selon les paramètres "B" ou "C". ("A" pas mentionné = tests).

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.

* A l'encontre de R4 (B1), au milieu des deux coupes, toujours lent.

No Substrat	Puissance laser [%]	Fréquence laser [kHz]	Vitesse rapide [mm/s]	Vitesse lente [mm/s]	Paramètres (tab. 3)	Observations
06-500 ... 06-504	90	4	4.0	0.4	A	coupes trop fortes
06-505	90	4	4.0	0.4	B	coupes trop fortes
06-506	80	5	4.0	0.6	B	coupes trop fortes ? v. lente trop rapide ?
06-507	70	5	4.0	0.5	B	coupes bonnes ?
06-508	65	5	4.0	0.5	B	coupes bonnes ?
06-509	60	5	4.0	0.5	B	coupes bonnes ?
06-510	60	5	4.0	0.5	C	coupes bonnes ?
06-511 06-512	55	5	4.0	0.5	C	coupes bonnes ?
06-513	50	5	4.0	0.5	C	coupes bonnes ?
06-514	45	5	4.0	0.5	C	R2 & R3 ne peuvent plus être coupées en dessous de 45%

Tableau 4. Paramètres d'ajustement des différents substrats.

5. Résultats - valeurs initiales

Les valeurs initiales ont été mesurées sur 10 substrats : 06-500...504 et 06-510...514. Les statistiques sont données ci-dessous au tableau 5, en pourcentages par rapport à la valeur nominale (cf tableau 1).

	$\Delta R1$ [%]	$\Delta R4$ [%]	$\Delta R17$ [%]	$\Delta R2$ [%]	$\Delta R3$ [%]	$\Delta R5$ [%]	$\Delta R16$ [%]
Moyenne	-34	-22	-38	-37	-30	-38	-68
Ecart-type	10	12	11	4	3	6	4
Min	-58	-50	-62	-44	-38	-57	-77
Max	-10	+4	-14	-5	-17	-13	-53

Tableau 5. Valeurs initiales des différentes résistances.

De ces résultats, on peut tirer les observations suivantes :

- **Résistances R1, R4 et R17 (ESL 3915, 100 kOhm).** L'écart-type de cette composition est effectivement très élevé : env. 15%! Cependant, comme le montre le cas de R1, elle est relativement sous contrôle, d'autant plus (voir plus loin) que le comportement à l'ajustement de cette composition est excellent pour une 100 kOhm. R1 et R17 sont assez bien dimensionnées. En revanche, R4 devrait être environ 15% plus petite pour l'apparier à R1. Sur le layout, R1 et R4 ont la même largeur, mais R4 semble très légèrement plus longue que R1.

- **Résistances R2 et R3 (DP 2041, 10 kOhm).** L'écart-type est faible (4%), et les valeurs sont bonnes. Cependant, R3 est nettement plus longue sur le layout, ce qui se reflète par une nette différence des valeurs moyennes. A terme, il sera cependant préférable de remplacer DP 2041 par ESL 3914 ou une autre composition, ce qui nécessitera de toute façon une adaptation de la géométrie.
- **Résistances R5 et R16 (DP 2021, 100 Ohm).** L'écart-type est assez faible (9%) et les valeurs sont bonnes pour R5. Dans le cas de R16, on n'a pas vraiment de valeur nominale – on ne fait qu'un pré-ajustement d'une résistance ensuite ajustée en actif.

6. Résultats – valeurs ajustées

Les résultats de l'ajustement sont représentés à la figure 3 pour 06-505...514.

- **ESL 3915.** L'ajustement est assez indépendant de la puissance. R1 et R17 donnent une bonne précision, précision qui était moins bonne pour R4 à $\geq 60\%$ (conditions B), ce qui indique la stratégie consistant à utiliser la valeur en fin d'ajustement de R1 pour piloter R4 n'est pas bonne, car celle-ci est mesurée en mode rapide, et peut-être en présence d'effets thermiques. Un retour à un ajustement indépendant pour les deux résistances (conditions C, $\leq 60\%$, on peut faire mieux, mais c'est plus compliqué...) donne de bons résultats.
- **DP 2041.** L'ajustement à $>70\%$ de puissance fait dériver la résistance vers le haut. Ce n'est pas un problème de précision d'ajustement en soi, car celui-ci donne une bonne valeur, mais de dérive après coup, déjà à température ambiante !
- **DP 2021.** Cette composition, en accord avec tous les essais précédents, permet un ajustement précis et stable.

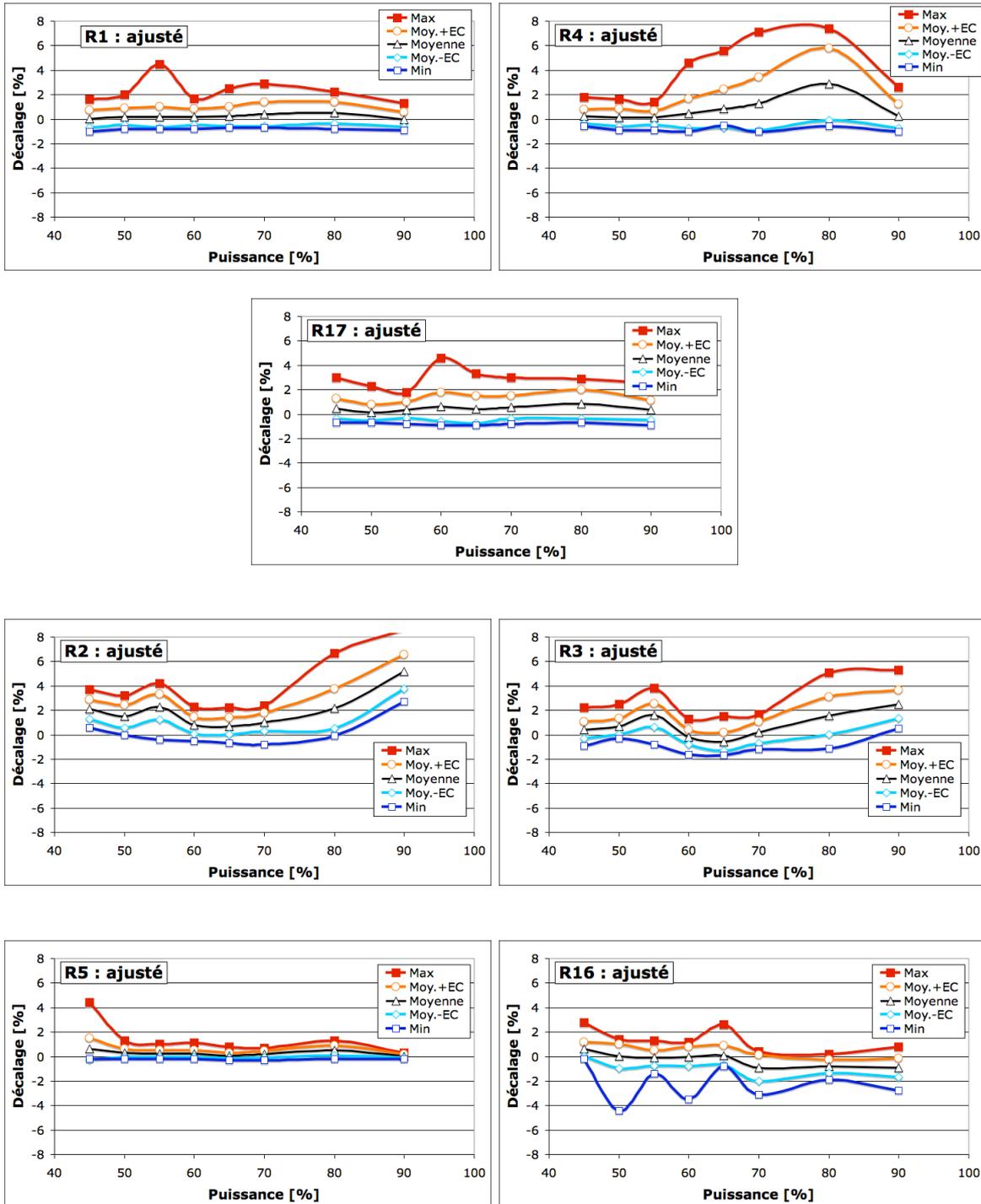


Figure 3. Décalage des résistances ajustées par rapport à leur valeur nominale, en fonction de la puissance de coupe.

7. 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 06-505...514, en fonction de la puissance d'ajustement.

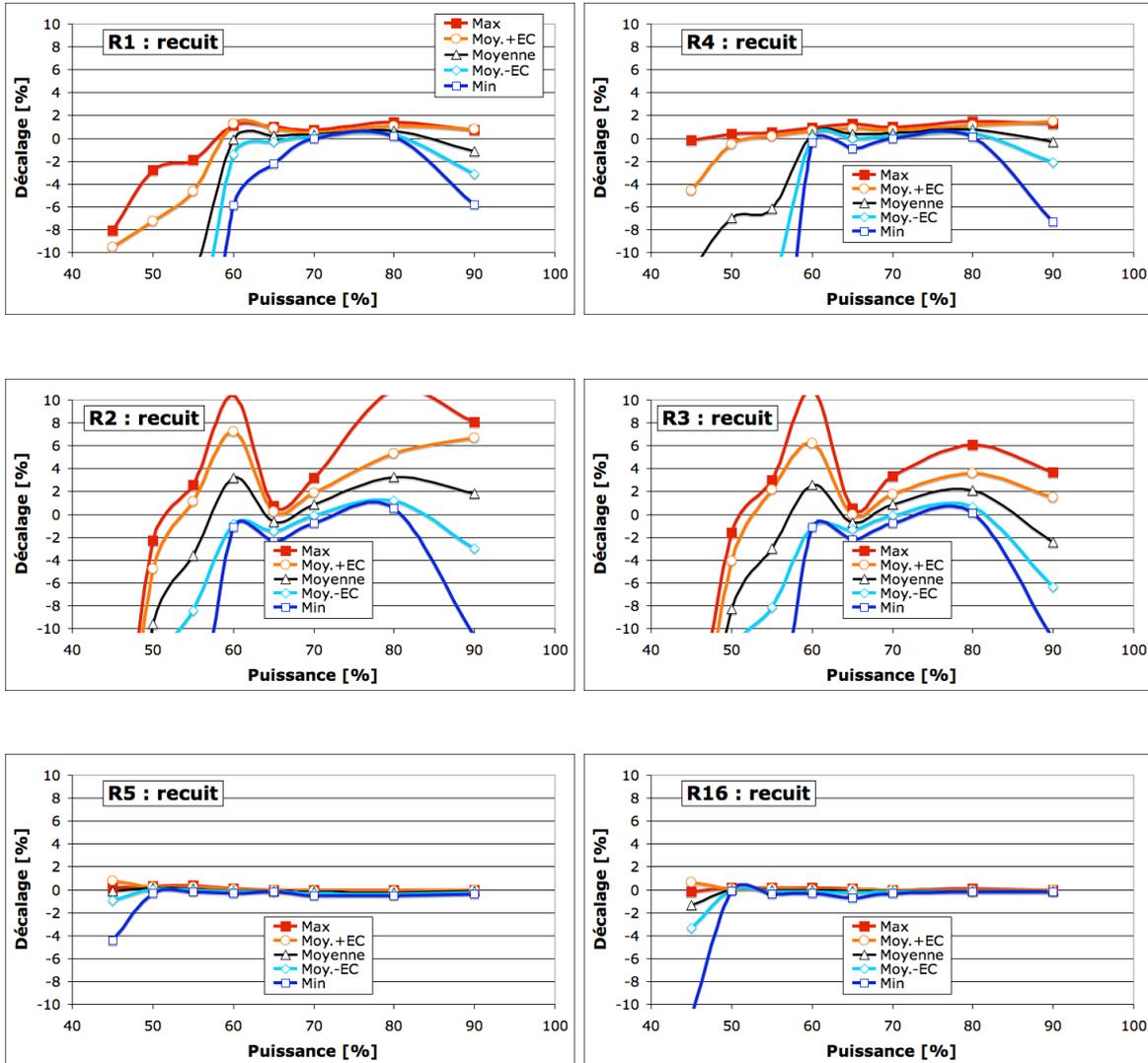


Figure 4. Décalage des résistances lors du passage au recuit, en fonction de la puissance laser utilisée pour les ajuster.

- **ESL 3915.** La bonne gamme de puissance est environ 65...80%. En dessous, le recuit a tendance à annuler l'ajustement, ce qui étrangement se produit aussi un peu à 90%.
- **DP 2041.** C'est la composition la plus critique : la bande de puissance acceptable est vers 65...70%.
- **DP 2021.** Dans ce cas, aucun problème à $\geq 50\%$...

8. Conclusions

- Dans l'ensemble, les valeurs sérigraphiées sont bonnes, à part une légère diminution (layout) souhaitable de la valeur de R3 et R4.
- L'ajustement (paramètres C, finaux) est bon pour toutes les résistances, mais la puissance est assez critique. Pour les autres substrats, on va choisir 65%.
- DP 2021 est très peu sensible à la puissance d'ajustement, ni tout de suite après ni après recuit de stabilisation à 580°C.
- ESL 3915 a une fenêtre de processus assez large, et doit essentiellement être ajustée à une puissance suffisante.
- DP 2041 est au contraire assez critique, apparemment plus que par le passé, ce qui est probablement dû à une épaisseur plus grande. A terme, il faudrait donc la sérigraphier plus mince ou changer de composition, par exemple en faveur de ESL 3914.