

Ajustement et verrage des poutres MilliNewton, version 2

Ajustement et stabilisation par verrage de la 2^{ème} version des poutres MilliNewton.

Abgleich und Stabilisierung durch Verglasung der 2. Version der MilliNewton-Biegebalken.

Thomas Maeder, 5.6.2001

Projets: MilliNewton, TEPLAZID-ajustement.

Mots-Clefs: offset, MilliNewton, ajustement capteurs, stabilisation, verrage.

Table des matières

1. Introduction	2
2. Expériences	2
3. Résultats	4

Résumé

Le verrage de l'ajustement grossier est une méthode prometteuse de stabilisation des capteurs ; par rapport à la dispersion initiale de l'offset, on observe une amélioration d'un facteur env. 10–20, avec une dispersion après ajustement et stabilisation ayant grosso modo le même ordre de grandeur que le span (env. 3 mV/V). Ces résultats ont été obtenus avec un verrage ayant une température de cuisson nominale de 600°C (cuit à env. 650°C) et avec des conditions de coupe laser peu optimisées. L'utilisation d'un verrage à température de cuisson plus faible et / ou une optimisation plus poussée de la coupe permettrait d'améliorer encore les résultats.

Kurzfassung

Die Stabilisierung des Offset-Grobabgleichs durch Verglasung erwies sich als vielversprechend ; Gegenüber der ursprünglichen Offsetverteilung erreicht man eine Verbesserung um ein Faktor 10–20, mit einer restlichen Offset-Verteilungsbreite von gleicher Grössenordnung wie die Spanne (ca. 3 mV/V). Dies wurde mit einem 600°C–Glas (um 650°C eingebrannt) und noch nicht ganz optimierten Trimschnitten erreicht. Diese Ergebnisse sollten bei Einsatz von tiefschmelzenden Gläsern und / oder weiterer Optimierung des Trimms noch besser ausfallen.

1. Introduction

La protection de l'ajustement grossier du ponts de mesure par verrage est une méthode potentiellement efficace pour en augmenter la stabilité. En se basant sur les études précédentes¹ sur les poutres monoface, on se propose d'étudier la stabilisation par verrage de l'ajustement de la poutre MilliNewton, avec la séquence la plus "classique" : ajustement, nettoyage aux ultra-sons, puis déposition du verrage.

2. Expériences

Fabrication

La procédure de fabrication est résumée ci-dessous.

- 0) **Substrats rayés et percés.** Les substrats (01-600 à 01-608) sont en alumine "standard" 96% (Kyocera A-476, Haldemann & Porret), d'épaisseur 0.25 à 0.63 mm, rayés et percés.
- 1) **Déposition des couches** (sauf verrage). Les résistances de jauge (DP 2041, 10 k Ω) et d'ajustement grossier de l'offset (DP 2031, 1 k Ω) sont contactées avec de l'or fin (ESL 8837). Pour plus d'informations, se référer au rapport précédent². Une photo de la poutre sérigraphiée est donnée à la fig. 2-1.
- 2) **Ajustement grossier de l'offset au laser.** Dans le cadre de cette étude, différentes conditions d'ajustement ont été essayées.
- 3) **Nettoyage aux ultrasons.** L'ajustement laser génère de la poussière de résistance, qui se redépose au voisinage de la coupe et gêne l'adhérence du verrage. Le nettoyage aux ultrasons permet de modérer ce problème, sans toutefois le supprimer.
- 4) **Déposition du verrage** (ESL G-481, verrage ayant une température de cuisson nominale d'env. 600°C). La présence de poussière de résistance nécessite cependant une cuisson à des températures plus élevées pour garantir l'adhérence du verrage au voisinage de la coupe. Les deux couches de verrage (une sur chaque face) sont co-cuites.

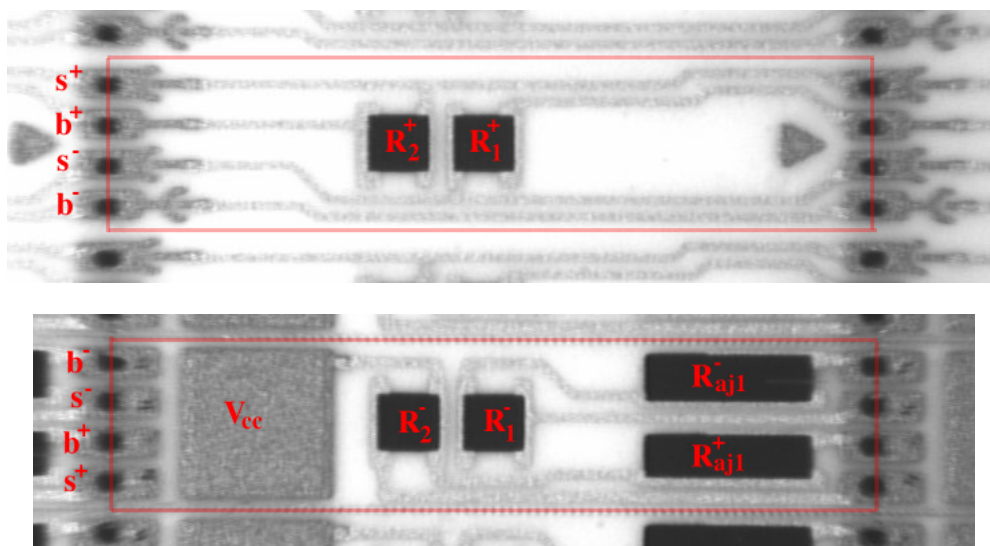


Fig. 2-1. Photo des deux faces de la 2^e version des poutres MilliNewton.
En haut : dessus ; en bas : dessous. La poutre (rectangle rouge) mesure 12.8 x 3.0 mm.

¹ Rapport "Ajustement et verrage de poutres monofaces", T. Maeder, 4.3.2001.

² Rapport "Offset non ajusté des poutres MilliNewton, version 2", T. Maeder, 17.4.2001.

Cuisson des couches

Les conducteurs ont été cuits aux conditions standard ("30MN_PR"), selon le tableau 2-I. Pour la cuisson des résistances, on utilise un profil adapté au fait que les substrats sont posés sur les supports ("S30MN_PR").

Le verrage est cuit avec un profil ("ESL_680" décalé de 80°C vers le haut par rapport à son profil nominal, afin de garantir l'adhérence du verrage au voisinage de la coupe (voir ci-dessus) et de compenser la diminution de la température du substrat due à son montage sur supports (face supérieure du substrat dessous). Le plateau de température de cuisson effectif du verrage est env. 650°C 10 min.

Profil	Temp. nominale [°C]	Vitesse de bande [cm/min]	Zone 1 [°C]	Zone 2 [°C]	Zone 3 [°C]	Zone 4 [°C]	Zone 5 [°C]	Zone 6 [°C]
30MN_PR	850	8.67	540	765	866	867	876	890
S30MN_PR	850	8.67	540	765	875	875	884	908
ESL_680	680	8.67	360	580	675	683	690	703

Tableau 2-I. Réglages du four Sierratherm pour les profils utilisés.

Ajustement laser

Les paramètres d'ajustement sont résumés au tableau 2-II, et donnés pour chaque substrat au tableau 2-III. Dans cette étude, le passage au four suit toujours le même profil, mais un des substrats (01-600) n'a pas été recouvert de verrage.

Comme il a été constaté sur les premiers substrats (01-600 à 01-603) que l'offset avait tendance à augmenter lors du verrage, les autres substrats ont été ajustés avec une valeur-cible de l'offset différente de 0 (-1.5 mV/V).

Type de coupe	I simple
Puissance	45% ou 50%
Fréquence	3 kHz, avec réduction de fréquence en mode lent
Vitesse	2 ou 1 mm/s (rapide) ; 0.3 mm/s (lent)
Pilotage	valeur-cible : 0 mV/V ou -1.5 mV/V ralentissement : 2.0 mV/V avant cible fin de l'ajustement : 0.3 mV/V avant cible
Acquisition	HP 3458A; temps d'échantillonnage: 1 ms

Tableau 2-II. Paramètres d'ajustement laser.

No substrat	Verrage	Cuisson (profil)	Puissance laser %	Vitesse de coupe (rapide / lente) [mm/s]	Valeur-cible [mV/V]
01-600	(sans)	ESL_680	50%	1.0 / 0.3	+0.0 mV/V
01-601	ESL G-481	ESL_680	45%	1.0 / 0.3	+0.0 mV/V
01-602	ESL G-481	ESL_680	50%	2.0 / 0.3	+0.0 mV/V
01-603	ESL G-481	ESL_680	50%	1.0 / 0.3	+0.0 mV/V
01-604	ESL G-481	ESL_680	50%	2.0 / 0.3	-1.5 mV/V
01-605	ESL G-481	ESL_680	50%	2.0 / 0.3	-1.5 mV/V
01-606	ESL G-481	ESL_680	50%	2.0 / 0.3	-1.5 mV/V
01-607	ESL G-481	ESL_680	50%	2.0 / 0.3	-1.5 mV/V
01-608	ESL G-481	ESL_680	50%	2.0 / 0.3	-1.5 mV/V

Tableau 2–III. Paramètres d'ajustement et verrage des substrats.

3. Résultats

La moyenne et l'écart-type de l'offset, après ajustement et après verrage, ainsi que la variation due aux ultrasons et au verrage, sont résumés au tableau 3–I. Les résultats sont aussi reportés par substrat aux figures 3–1 à 3–9. En comparaison, la moyenne et l'écart-type de l'offset initial sont env. -20 ± 30 mV/V.

L'effet des ultrasons est très faible (env. 0.2 mV/V). En revanche, le passage au four, avec ou sans verrage, tend à faire augmenter l'offset de plusieurs mV/V, avec une dispersion entre poutres individuelles ainsi qu'entre substrats ajustés avec des conditions nominalement identiques (01–604 à 01–608). Ces derniers substrats montrent qu'on peut améliorer l'ajustement après verrage en compensant l'augmentation de l'offset par un ajustement vers un offset négatif. Dans notre cas, une valeur-cible un peu plus négative (env. -2.5 mV/V au lieu de -1.5) aurait été souhaitable.

Une dépendance entre l'offset initial et l'offset après verrage n'apparaît que faiblement sur certains substrats ; elle est nettement plus faible que la dispersion entre poutres individuelles.

Ces résultats sont assez satisfaisants, étant donné qu'on vise initialement une précision après stabilisation de l'ordre du span (env. 3 mV/V). Dans cette étude, le fait que le laser n'était pas très bien focalisé (conflit entre focalisation de la caméra et celle du laser) peut aussi expliquer la dispersion assez importante entre les différents substrats. Entre temps, ce problème a été réglé, et on devrait obtenir des résultats plus reproductibles.

No	Paramètres d'ajustement puissance ; vitesse ; valeur-cible	Offset ajusté (moyenne ± écart-type) [mV/V]	ΔOffset ultrasons + verrage / four (moyenne ± écart-type) [mV/V]	Offset après verrage (moyenne ± écart-type) [mV/V]
01-600*	50% ; 1.0 / 0.3 mm/s ; +0.0 mV/V	-0.2 ± 0.2	+3.4 ± 2.4	+3.2 ± 2.4
01-601	45% ; 1.0 / 0.3 mm/s ; +0.0 mV/V	-0.0 ± 0.3	+2.1 ± 0.9	+2.2 ± 0.9
01-602	50% ; 2.0 / 0.3 mm/s ; +0.0 mV/V	-0.1 ± 0.2	+2.1 ± 1.0	+2.0 ± 1.0
01-603	50% ; 1.0 / 0.3 mm/s ; +0.0 mV/V	-0.1 ± 0.2	+1.5 ± 1.3	+1.4 ± 1.3
01-604	50% ; 2.0 / 0.3 mm/s ; -1.5 mV/V	-1.7 ± 0.2	+1.5 ± 1.8	-0.2 ± 1.8
01-605	50% ; 2.0 / 0.3 mm/s ; -1.5 mV/V	-1.7 ± 0.2	+1.8 ± 1.3	+0.1 ± 1.4
01-606	50% ; 2.0 / 0.3 mm/s ; -1.5 mV/V	-1.7 ± 0.3	+3.1 ± 1.8	+1.4 ± 1.8
01-607	50% ; 2.0 / 0.3 mm/s ; -1.5 mV/V	-1.7 ± 0.1	+1.4 ± 1.3	-0.3 ± 1.3
01-608	50% ; 2.0 / 0.3 mm/s ; -1.5 mV/V	-1.7 ± 0.2	+3.6 ± 1.6	+1.9 ± 1.7

Tableau 3-I. Résultat (offset), pour chaque substrat

* : recuit après ajustement, mais sans verrage.

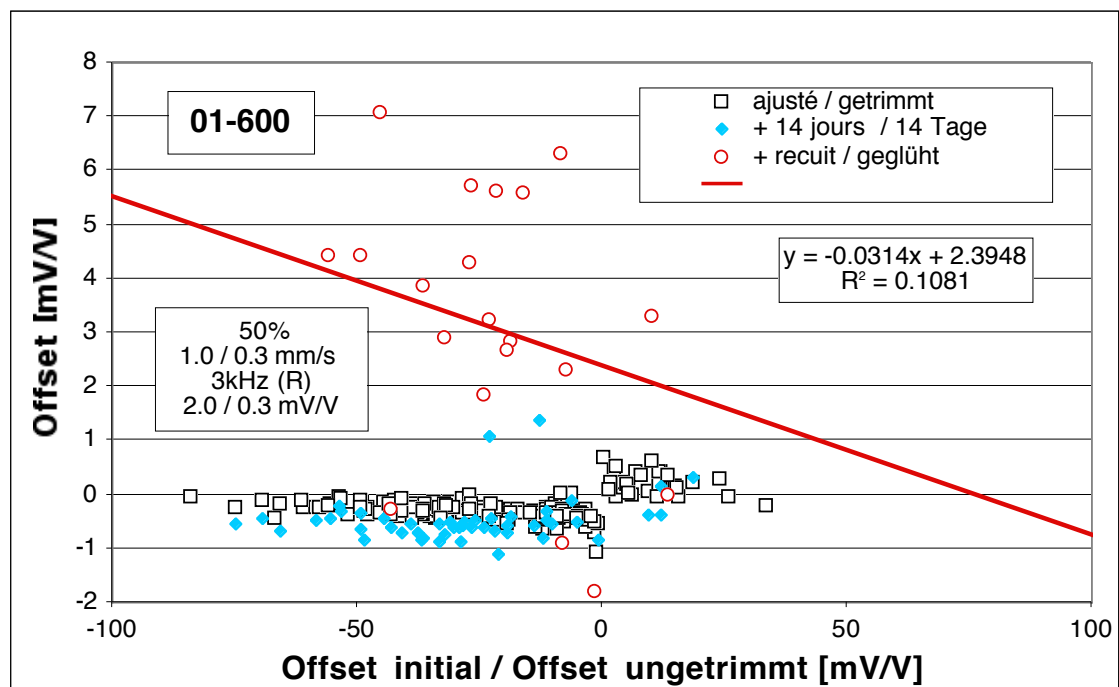


Figure 3-1. 01-600 : offset après ajustement, après ajustement et attente 14 jours, et après recuit dans le four. Ce substrat a été recuit avec le profil de cuisson du verrage, mais sans verrage.

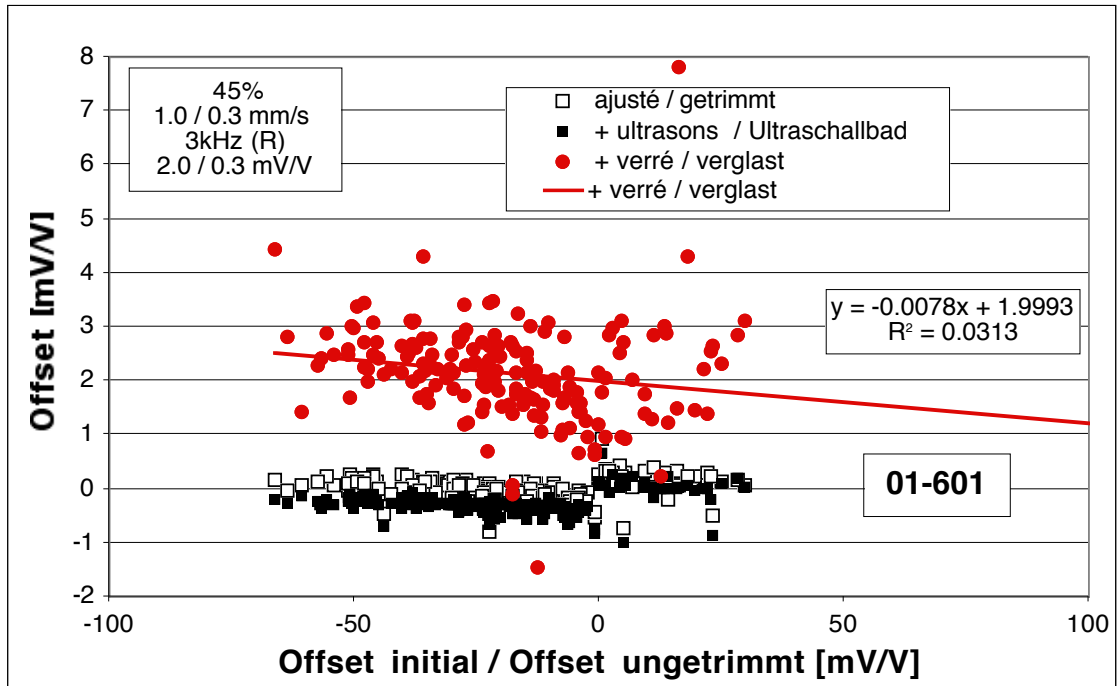


Figure 3-2. 01-601 : offset après ajustement, passage aux ultrasons, puis verrage.

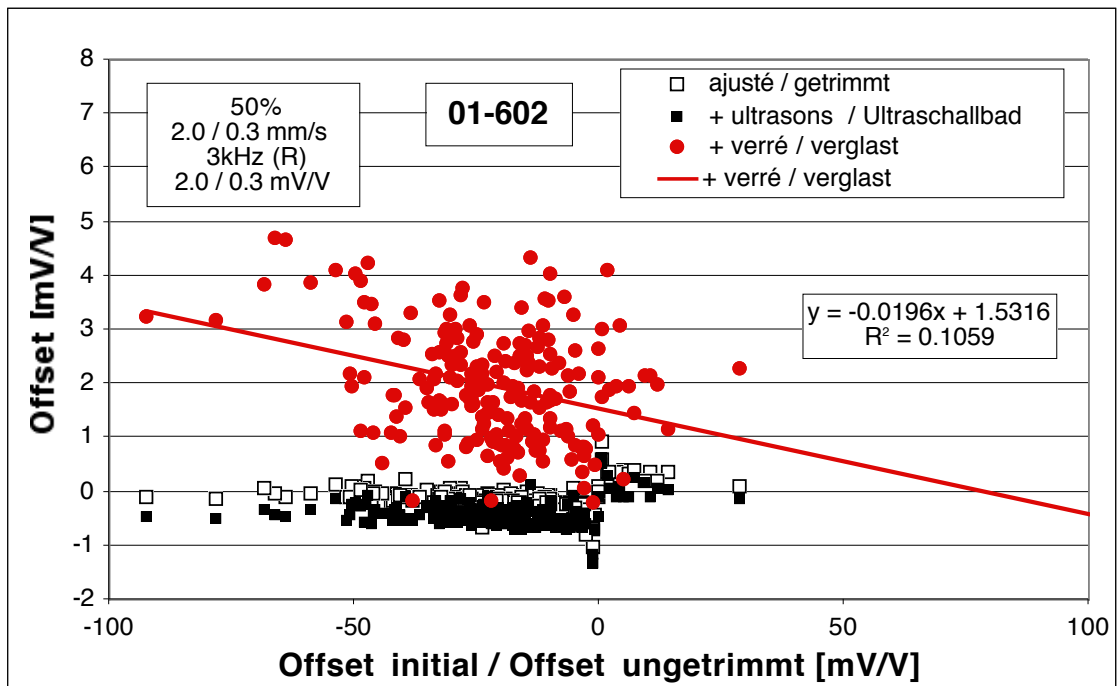


Figure 3-3. 01-602 : offset après ajustement, passage aux ultrasons, puis verrage.

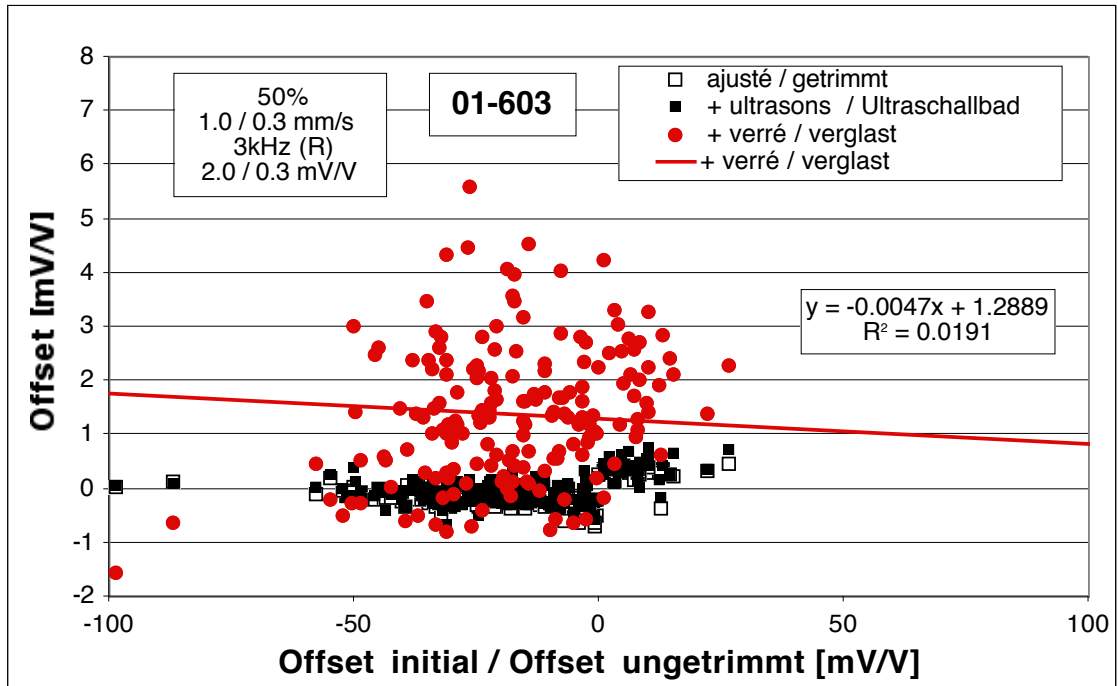


Figure 3-4. 01-604 : offset après ajustement, passage aux ultrasons, puis verrage.

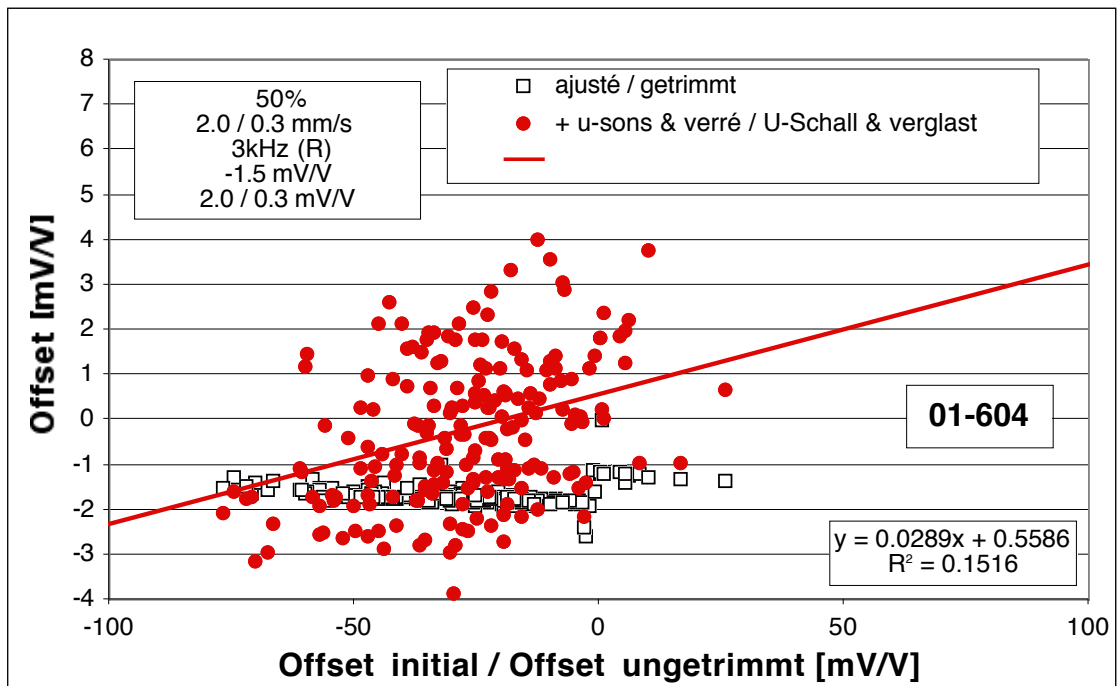


Figure 3-5. 01-604 : offset après ajustement, et après passage aux ultrasons et verrage.

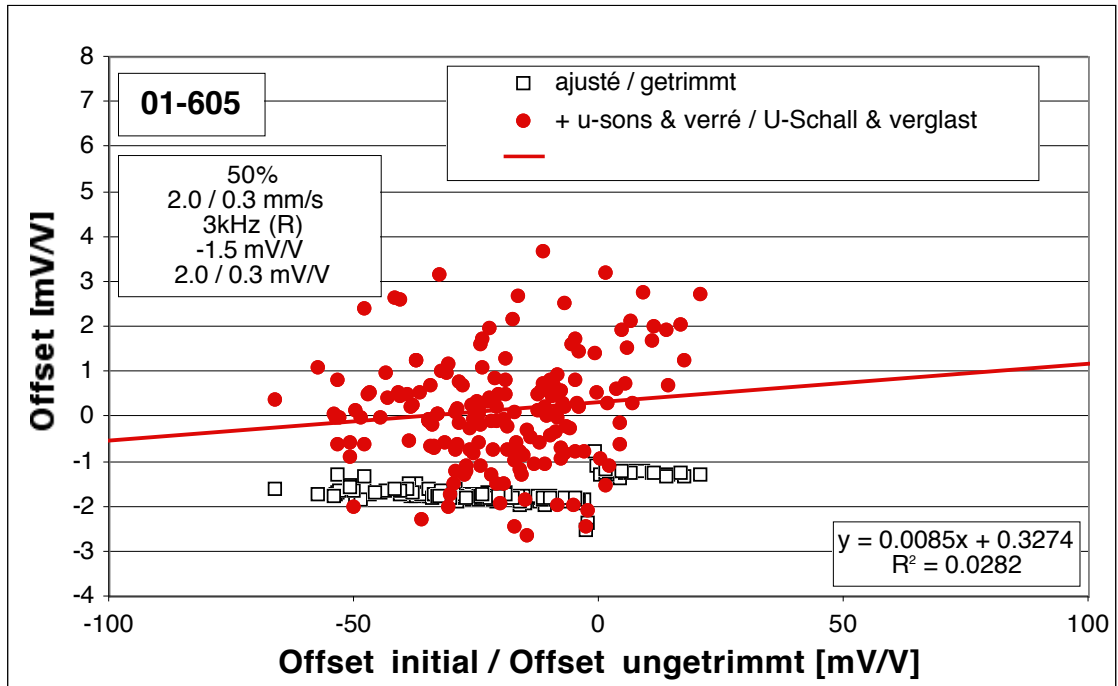


Figure 3-6. 01-605 : offset après ajustement, et après passage aux ultrasons et verrage.

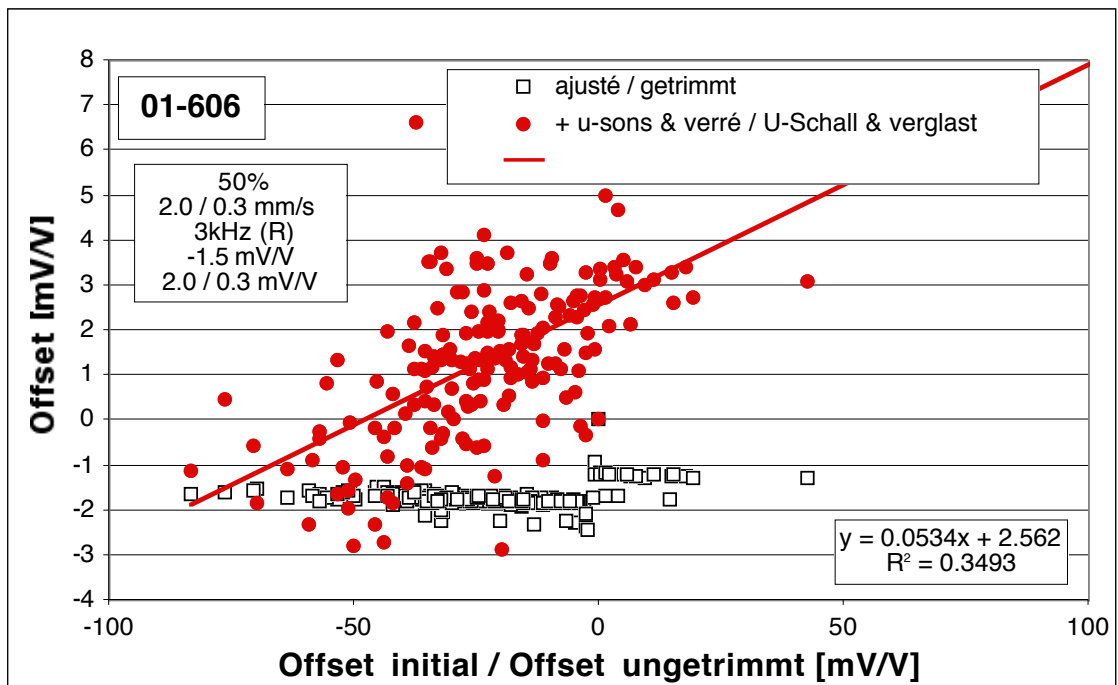


Figure 3-7. 01-606 : offset après ajustement, et après passage aux ultrasons et verrage.

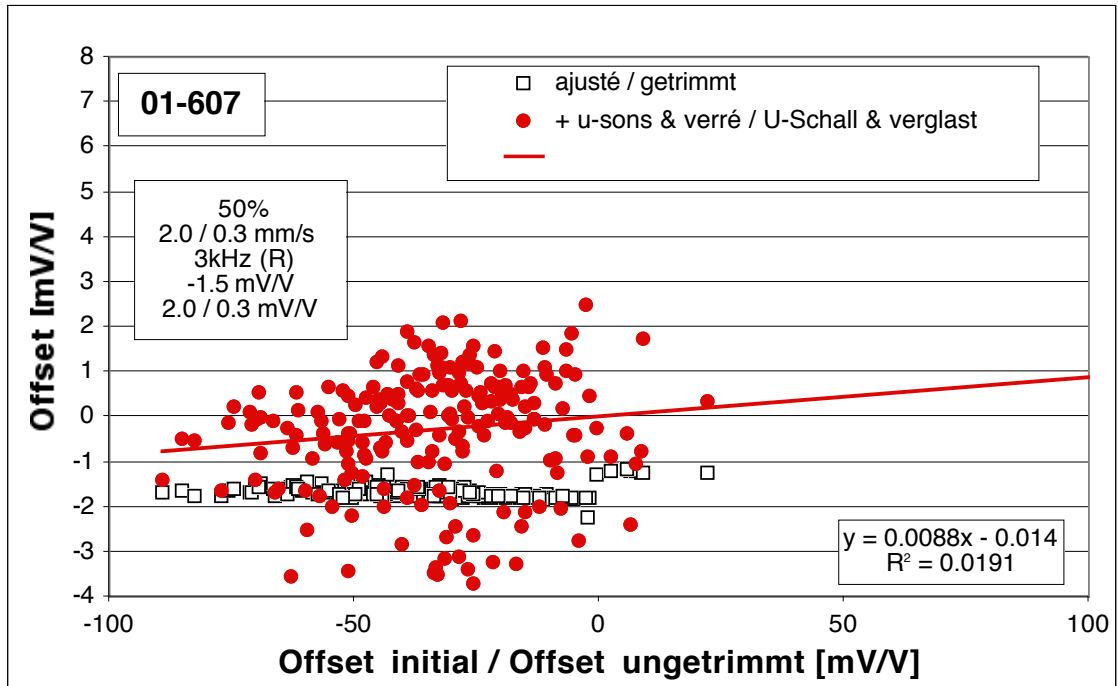


Figure 3-8. 01-607 : offset après ajustement, et après passage aux ultrasons et verrage.

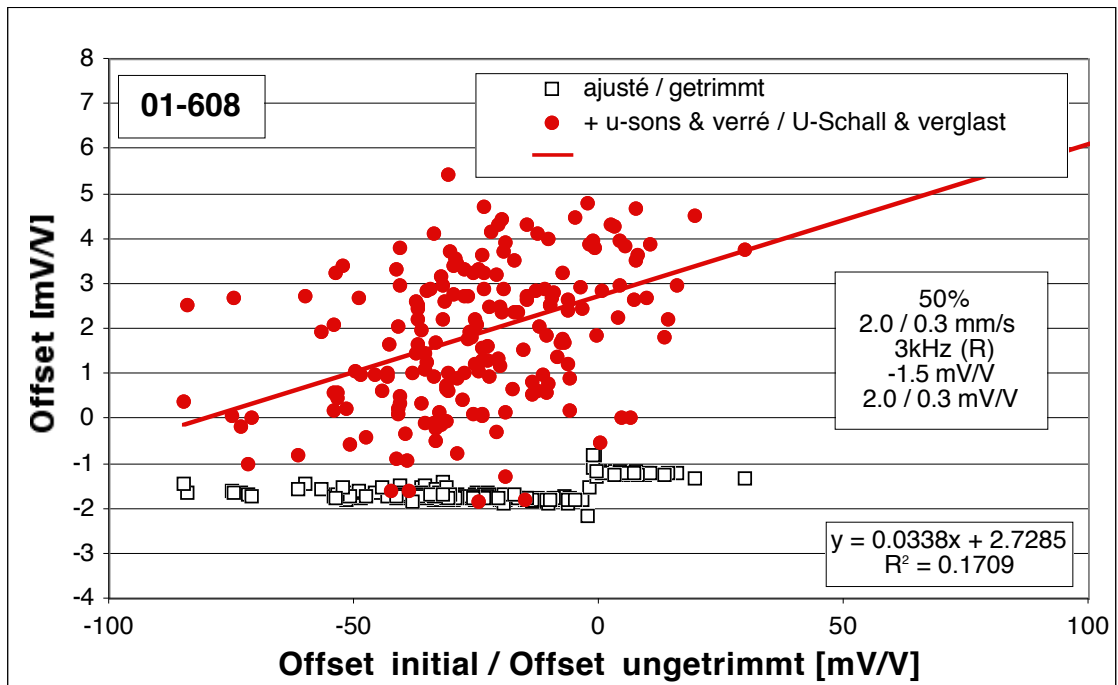


Figure 3-9. 01-608 : offset après ajustement, et après passage aux ultrasons et verrage.