

Résistances PTC ESL 2612 sur Al_2O_3

Propriétés (valeur et coefficient en température) sur alumine des résistances PTC ESL 2612 utilisées pour la compensation en température des capteurs.

Eigenschaften (Wert und Temperaturkoeffizient) auf Al_2O_3 der zum Sensorabgleich eingesetzten ESL 2612 - PTC Widerstände.

Thomas Maeder, 26.6.2000

Projet: général, référence pour TEPLAZID, METAL, et pour la fabrication de capteurs.

Mots-clefs: résistances, PTC, compensation en température.

Résumé

La pâte résistive PTC ESL 2612 a été cuite sur le substrat standard (alumine 96%) et en utilisant le profil de cuisson standard, afin de connaître sa valeur et son coefficient en température. En tout, 4 terminaisons différentes ont été utilisées (argent/palladium et or, Du Pont et ESL).

Sur alumine, en l'absence d'effet de terminaison (résistances longues), la valeur de la pâte à température ambiante est d'env. 100 Ω , avec un coefficient en température d'env. 2300 ppm/K. La valeur, et quelque peu le coefficient, est sensible à la longueur et au type de terminaison (AgPd ou Au, Du Pont ou ESL) utilisé.

1. Introduction

Les résistances de type PTC (*positive temperature coefficient*) sont utilisées pour l'ajustement en température des capteurs. Leur effet est environ proportionnel au produit de leur valeur et de leur coefficient en température. Par exemple, pour un ajustement sur plaque chauffante¹, on ajuste la sortie à haute température de sorte que:

$$U_a = U_0 + \frac{U_0 - U_T}{TCR_{PTC} \cdot \Delta T}$$

| | |
|-------------|--|
| U_a | tension de sortie du capteur |
| U_0 | tension de sortie désirée (zéro) |
| U_T | tension de sortie mesurée à température avant ajustement |
| TCR_{PTC} | coefficient en température des résistances PTC |
| ΔT | intervalle de température plaque chauffante - ambiante. |

Le coefficient en température TCR de ces résistances doit être aussi élevé et aussi reproductible que possible, afin de minimiser la valeur de ces résistances d'ajustement et de tomber aussi juste que possible (éviter les itérations).

La pâte résistive PTC ESL 2612 (*Electroscience Laboratories*) est utilisée par Huba Control pour l'ajustement en température de ses capteurs. On se propose de l'étudier ici.

2. Expériences

Substrats

Les substrats sont en alumine "standard" 96% (Kyocera A-476, Haldemann & Porret), d'épaisseur 0.50 mm.

Circuit et pâtes

Le circuit "test patterns" est utilisé ici. Il a comme caractéristiques principales:

- Largeur de résistances 0.6 et 1.5 mm.
- Longueur de résistances 0.3, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.5 et 5.0 mm.
- 2 niveaux de conducteurs (terminaisons des résistances), usuellement AgPd et Au.
- 4 zones équivalentes par substrat = 4 (8 = 4 * 2 pour la longueur 0.8 mm) résistances nominale-ment identiques par substrat.

Deux variantes de pâtes, différant par les conducteurs utilisés comme terminaisons des résistances ont été étudiées, avec 3 substrats par variante. Elles sont décrites au tableau 2-I ci-dessous.

| Variante | Terminaisons Du Pont (DP) | Terminaisons ESL |
|--------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Niveau AgPd | DP 5104 | ESL 9635B |
| Niveau Au | DP 5744 | ESL 8837 (or fin) |
| Niveau résistances | ESL 2612 | ESL 2612 |
| Diélectriques / verrages | aucun | aucun |
| Codes substrats | 00-001 00-002 00-003 | 00-004 00-005 00-006 |

Tableau 2-I. Pâtes utilisées.

La résistance (ESL 3612 I , lot K360-18/ 7.1.99) a été sérigraphiée avec une trame de 325 *mesh* en utilisant une émulsion de 40 μm .

Cuisson

Les substrats ont été cuits posés directement sur la bande du four Sierratherm de l'IPM (résistances vers le haut). Le profil standard « 30MN_PR » (tableau 2-II) a été utilisé pour tous les substrats. Ce profil donne un pic d'env. 10 min à 850°C. Le réglage correspondant du four est donné ci-dessous:

| Température 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] |
|---------------------------------|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 850 | 8.67 | 540 | 765 | 866 | 867 | 876 | 890 |

Tableau 2-II. Réglages du four Sierratherm pour le profil standard « 30MN_PR ».

Mesures

Les résistances ont été mesurées dans l'armoire climatique Vötsch, à -25°C , $+25^{\circ}\text{C}$ et $+100^{\circ}\text{C}$, afin de déterminer valeurs et coefficients en température. La valeur nominale de la résistance carrée R_c est donnée à $+25^{\circ}\text{C}$, et correspond à la moyenne des résistances équivalentes, $12 = 4 * 3$ substrats dans la plupart des cas.

$$R_c = \frac{b}{l} \cdot R$$

| | |
|-------|--|
| R_c | résistance carrée |
| R | résistance à $+25^{\circ}\text{C}$ |
| b | largeur de la résistance |
| l | longueur de la résistance (entre terminaisons) |

A partir des mesures supplémentaires à -25°C et $+100^{\circ}\text{C}$, on tire les coefficients en température à „froid“ et à „chaud“ $CTCR$ et $HTCR$:

$$CTCR = \frac{R_{-25^{\circ}\text{C}} - R_{+25^{\circ}\text{C}}}{-R_{+25^{\circ}\text{C}} \cdot 50^{\circ}\text{C}}$$

$$HTCR = \frac{R_{+100^{\circ}\text{C}} - R_{+25^{\circ}\text{C}}}{R_{+25^{\circ}\text{C}} \cdot 75^{\circ}\text{C}}$$

| | |
|--|--|
| $CTCR$ | coefficient en température à froid, entre $+25^{\circ}\text{C}$ et -25°C |
| $HTCR$ | coefficient en température à chaud, entre $+25^{\circ}\text{C}$ et $+100^{\circ}\text{C}$ |
| $R_{-25^{\circ}\text{C}, +25^{\circ}\text{C}, +100^{\circ}\text{C}}$ | valeur de la résistance, à resp. -25°C , $+25^{\circ}\text{C}$, et $+100^{\circ}\text{C}$ |

3. Résultats

Les valeurs (résistances carrées) et coefficients en température sont donnés aux figures 3-1, 3-2 (valeurs), 3-3 et 3-4 (coefficient à „froid“ – $CTCR$), 3-5 et 3-6 (coefficient à „chaud“ – $HTCR$). Une comparaison pour les résistances les plus longues (5 mm) est encore donnée aux figures 3-7 et 3-8.

La valeur tend à diminuer à faible longueur. L'effet est plus marqué sur AgPd que sur Au. Sur Au, l'effet est plus marqué avec DP 5744 que ESL 8837 (or fin).

Les coefficients en température TCR varient peu: on reste autour de 2300 ppm/K, avec un léger effet de longueur pour les terminaisons AgPd. A part les résistances les plus courtes sur AgPd, l'écart-type des valeurs est d'env. 30 ppm/K. Si on admet une erreur maximale de 3 x l'écart-type, l'erreur maximale sur les ajustements en température effectués en partant d'une valeur donnée de TCR se situera autour de 4% ($= 3 * 30 / 2300$).

La dépendance en température de ces résistances est très linéaire entre -25°C et $+100^{\circ}\text{C}$: la différence $HTCR - CTCR$ n'est que de 20 ppm/K.

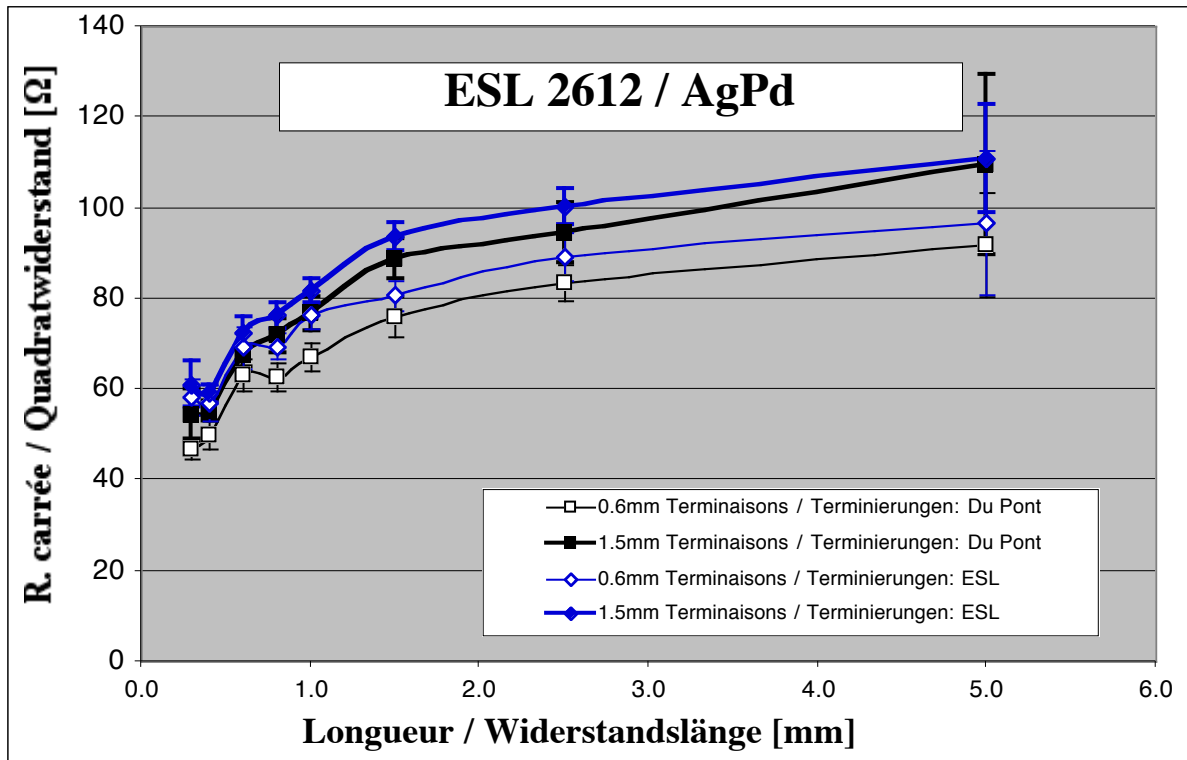


Abb. 3-1. Résistance carrée de ESL 2612 en fonction de la longueur, de la largeur (0.6 mm ou 1.5 mm) et des terminaisons AgPd utilisées (DP 5104 ou ESL 9635B). Barres d'erreur = écart-type.

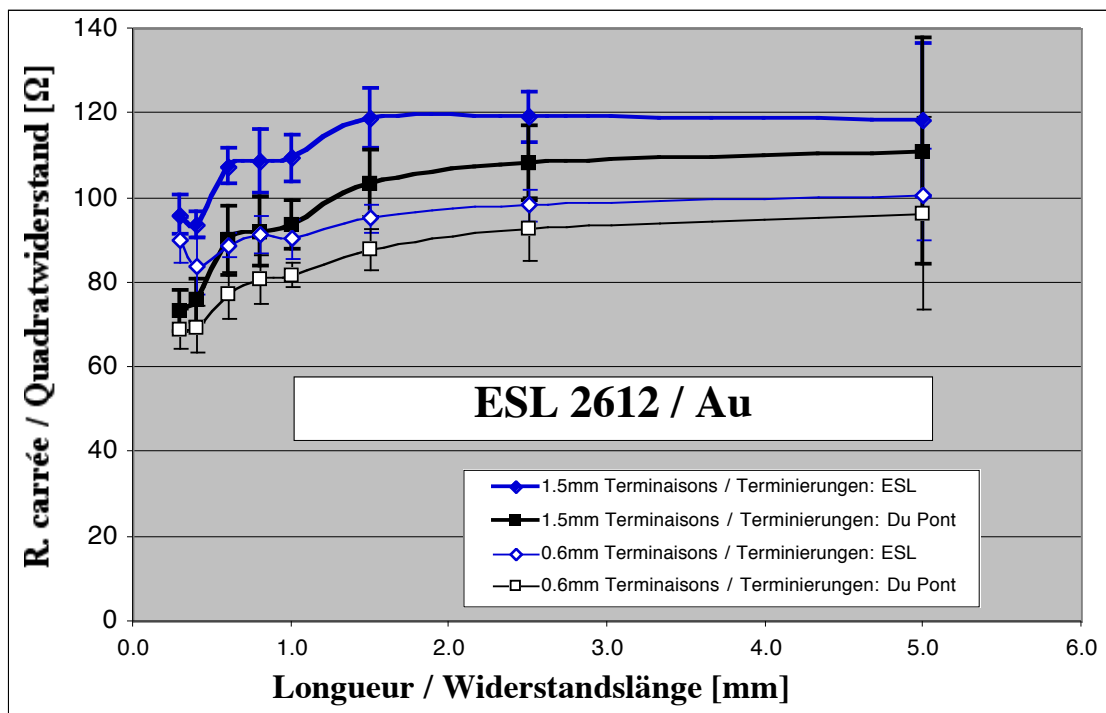


Abb. 3-2. Résistance carrée de ESL 2612 en fonction de la longueur, de la largeur (0.6 mm ou 1.5 mm) et des terminaisons Au utilisées (DP 5744 ou ESL 8837). Barres d'erreur = écart-type.

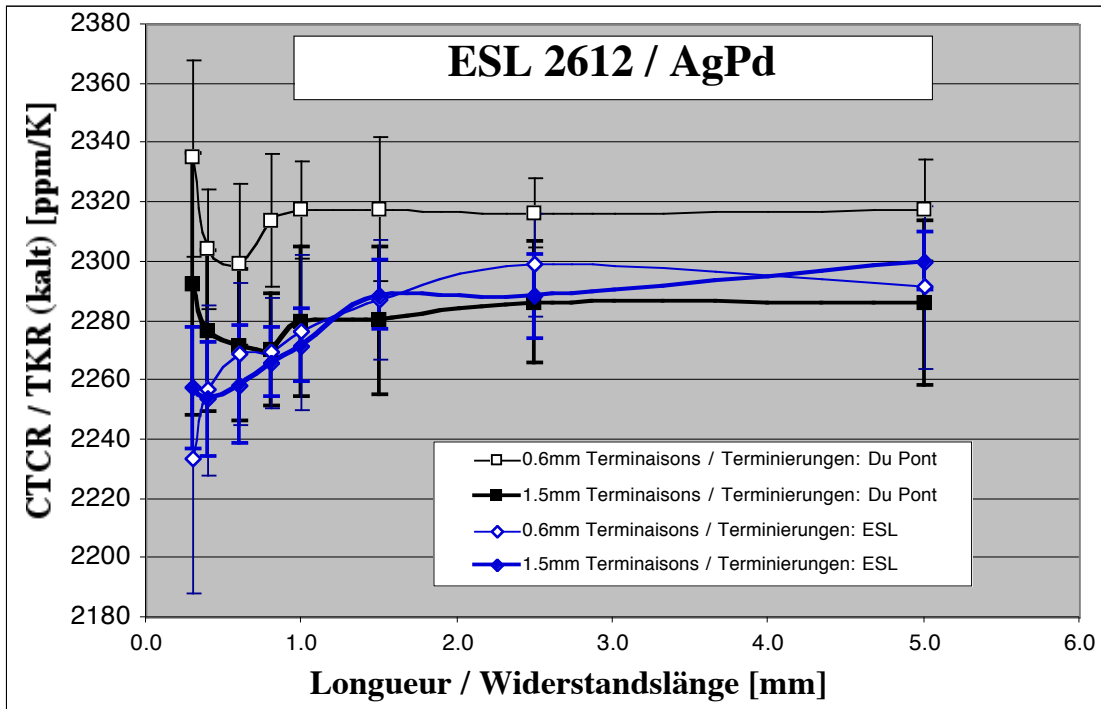


Abb. 3-3. Coefficient en température „froid“ (*CTCR*) de ESL 2612 en fonction de la longueur, de la largeur (0.6 mm ou 1.5 mm) et des terminaisons AgPd utilisées (DP 5104 ou ESL 9635B).
Barres d'erreur = écart-type.

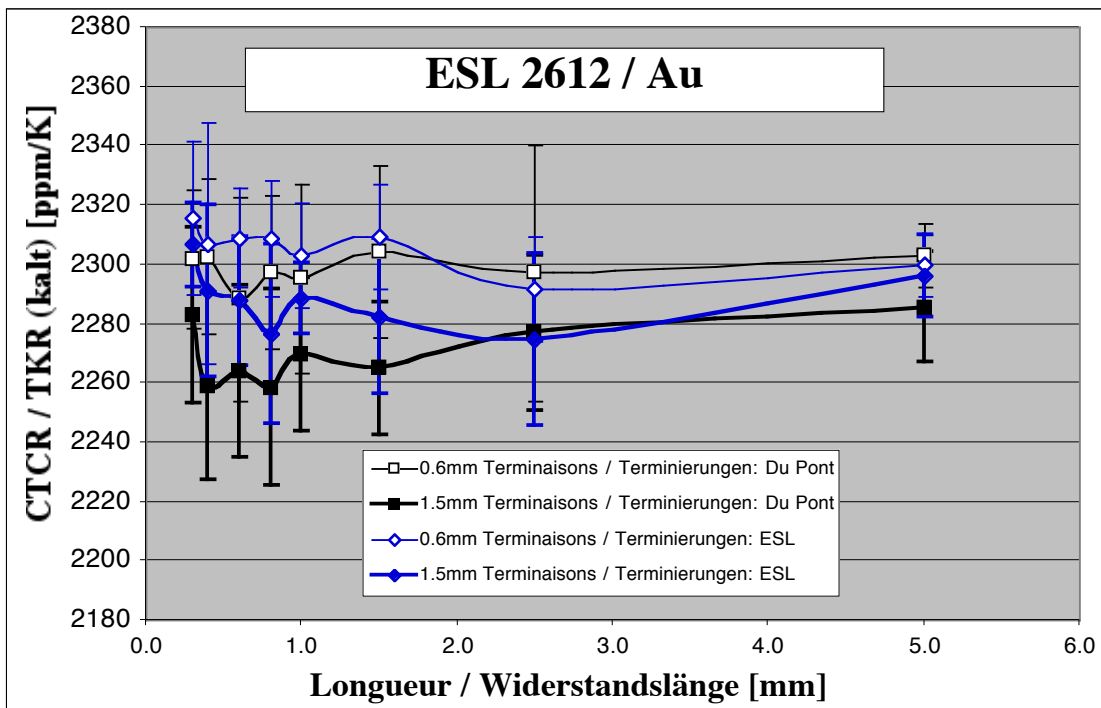


Abb. 3-4. Coefficient en température „froid“ (*CTCR*) de ESL 2612 en fonction de la longueur, de la largeur (0.6 mm ou 1.5 mm) et des terminaisons Au utilisées (DP 5744 ou ESL 8837).
Barres d'erreur = écart-type.

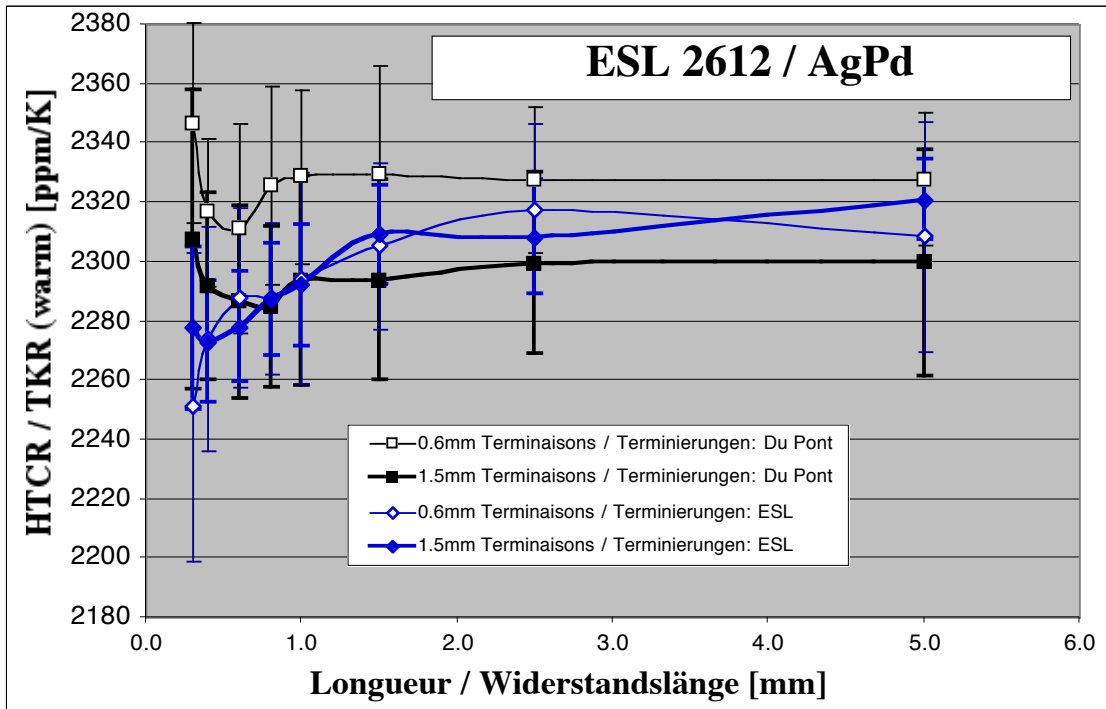


Abb. 3-5. Coefficient en température „chaud“ (*HTCR*) de ESL 2612 en fonction de la longueur, de la largeur (0.6 mm ou 1.5 mm) et des terminaisons AgPd utilisées (DP 5104 ou ESL 9635B).
Barres d'erreur = écart-type.

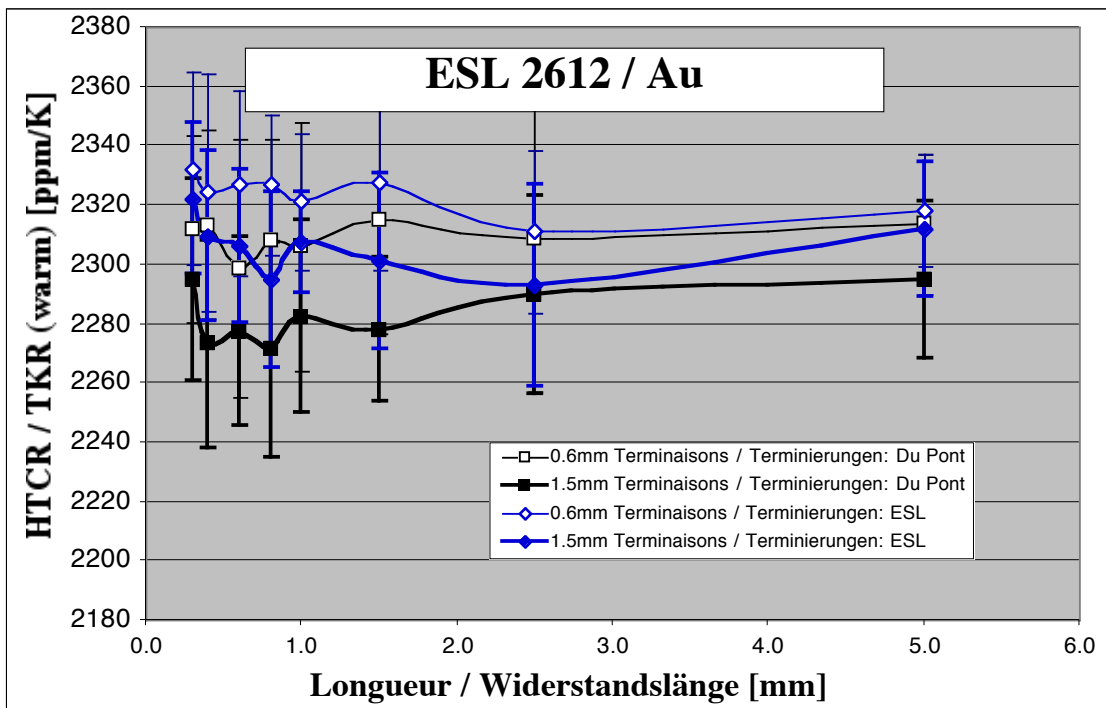


Abb. 3-6. Coefficient en température „chaud“ (*HTCR*) de ESL 2612 en fonction de la longueur, de la largeur (0.6 mm ou 1.5 mm) et des terminaisons Au utilisées (DP 5744 ou ESL 8837).
Barres d'erreur = écart-type.

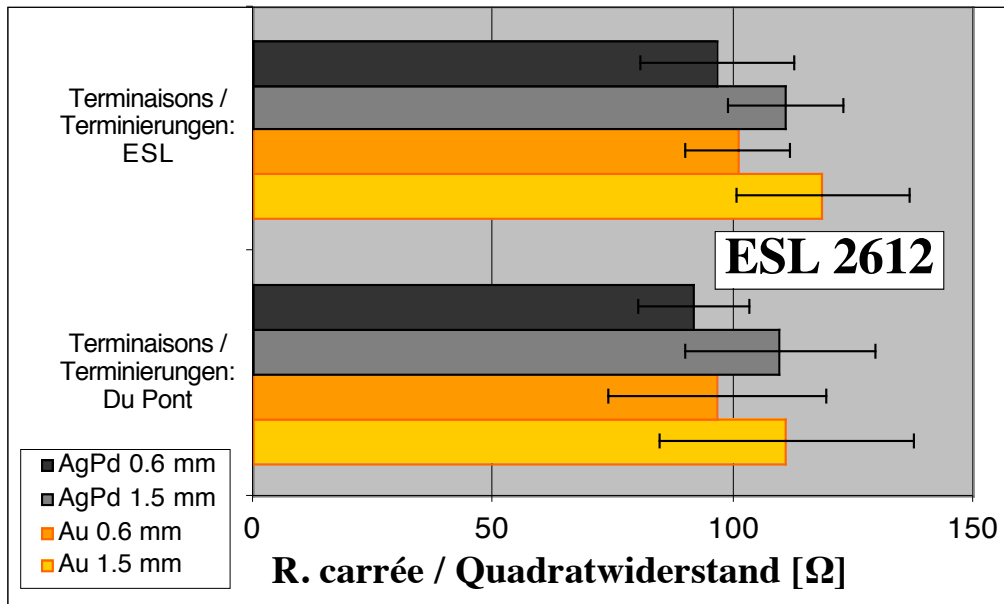


Fig. 3-7. Résistance carrée (pour les résistance de longueur 5 mm), en fonction des terminaisons et de la largeur. Les barres d'erreur représentent l'écart-type.

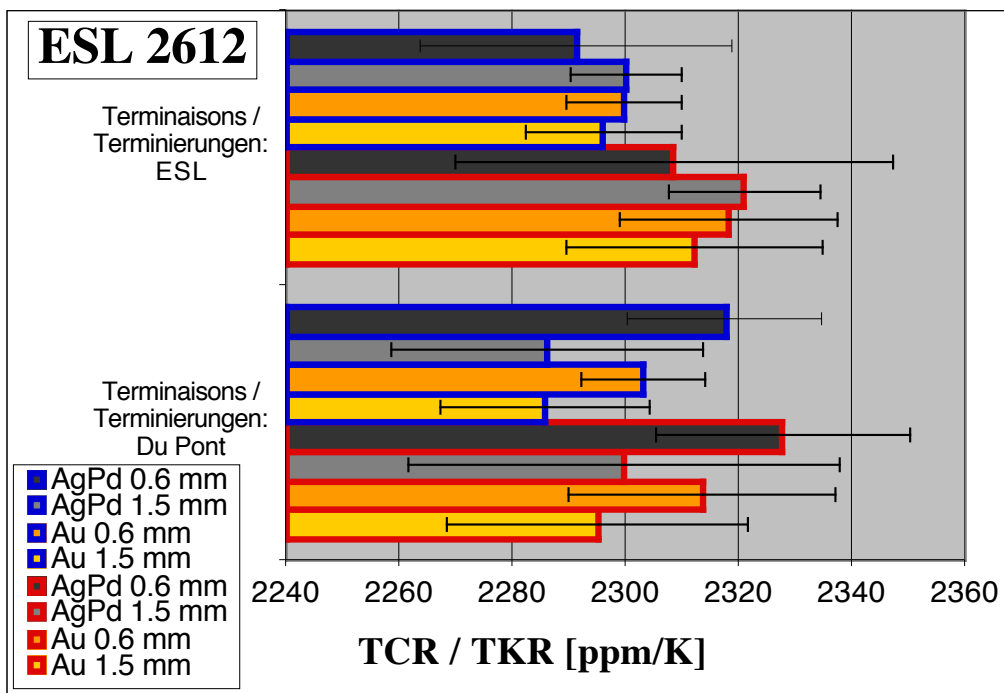


Fig. 3-8. Coefficients en température (pour les résistance de longueur 5 mm), en fonction des terminaisons et de la largeur. Les barres d'erreur représentent l'écart-type. Bleu = *CTCR*, rouge = *HTCR*.