

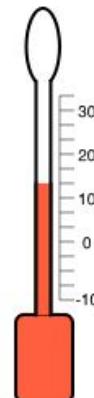
1 Thermomètres à dilatation

1.1 Thermomètre à dilatation de liquide

Sous l'effet de la température, le liquide se dilate et monte dans un tube fin gradué (capillaire).

On obtient des échelles et des sensibilités différentes selon le rapport des volumes du réservoir et du capillaire.

- Liquides utilisés : mercure, alcool coloré
- Domaine d'utilisation :
 - -30 à 600 °C pour le mercure
 - -110 à 100 °C pour l'alcool éthylique
- Caractéristiques : simple d'emploi, bon marché mais fragile ; les modèles précis ont une faible étendue de mesure.

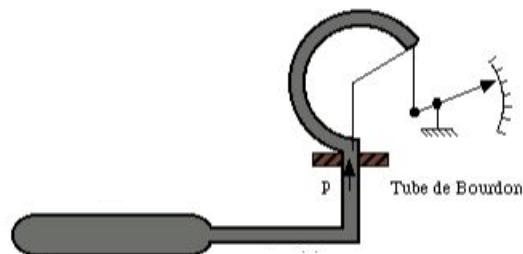


1.2 Thermomètre à dilatation de gaz

Sous l'effet de la température, un gaz se dilate.

Sa pression augmente donc. Il suffit de mesurer cette pression pour avoir l'image de la température.

- Domaine d'utilisation : de -100 à +650 °C



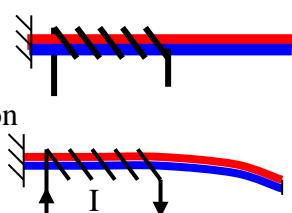
1.3 Thermomètre à dilatation de solides : bilame

Un bilame est constitué de 2 lames minces de métaux ayant des coefficients de dilatation très différents. Sous l'effet de la température, le bilame s'incurve.

Formule de l'allongement d'un solide : $L = L_0 * [1 + \alpha * T]$

α = coefficient de dilatation linéaire en $^{\circ}\text{C}^{-1}$

- Métaux utilisés : invar (alliage Fe-Ni se dilatant peu) ; cuivre, laiton
- Domaine d'utilisation de -50 à +200 °C
- Utilisation : thermostat pour appareil de sécurité
- Caractéristiques : simples, fidèles et précis.



2 Thermomètres électrique : les sondes à résistance

2.1 Principe physique

La résistance électrique d'un conducteur métallique varie avec la température. Cette variation est réversible. Une relation est établie entre la résistance R et la température T.

Les métaux utilisables sont :

- Cuivre (Cu) : domaine de température réduit et linéaire.
- Nickel (Ni) : domaine de température plus important mais non linéaire
- Platine (Pt) : grande plage de température, très bonne linéarité et possibilité d'obtenir des fils de très faible diamètre.

La sonde **Pt 100** est un capteur de température qui est utilisé dans le domaine industriel (agroalimentaire, chimie, raffinerie...). Ce capteur est constitué d'une résistance en Platine. La valeur initiale du Pt100 est de 100 ohms correspondant à une température de 0°C. Pour le platine, la relation résistance/température est de la forme :

$$R = R_0 * [1 + a * T + b * T^2 + c * T^3]$$

- T la température en °C
- R_0 la résistance à 0 °C
- a, b et c des coefficients positifs. spécifiques au métal

Le platine est le matériau le plus utilisé [$a = 3,9083 * 10^{-3}$; $b = -5,775 * 10^{-7}$; $c = -4,183 * 10^{-12}$]

2.2 Tables de référence

Comme les lois de variation $R = f(T)$ ne sont pas strictement linéaire, pour chaque matériau, des tables de référence relient la résistance à la température de la sonde.

Exemple : extrait d'un table d'une sonde platine PT100. Température en °C, résistance en Ω.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 100,00 | 100,39 | 100,78 | 101,17 | 101,56 | 101,95 | 102,34 | 102,73 | 103,12 | 103,51 |
| 10 | 103,90 | 104,29 | 104,68 | 105,07 | 105,46 | 105,85 | 106,24 | 106,63 | 107,02 | 107,40 |
| 20 | 107,79 | 108,18 | 108,57 | 108,96 | 109,35 | 109,73 | 110,12 | 110,51 | 110,90 | 111,29 |

Quelle est la valeur d'une sonde PT100 à 27 °C ?

$$R_{27^\circ\text{C}} = 110,51 \Omega$$

2.3 Phénomène d'auto échauffement

Pour mesure la résistance d'une sonde à résistance, un courant électrique la traverse. Le passage du courant crée de la chaleur par effet joule.

La sonde PT100 dissipe une puissance $P = U * I = R_{PT100} * I^2$, ce qui échauffe ce capteur et perturbe la mesure.

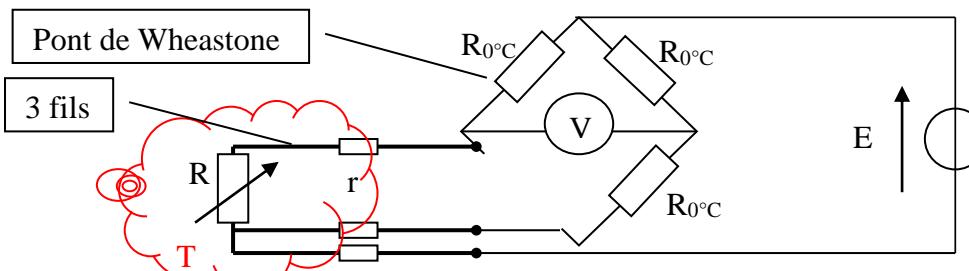
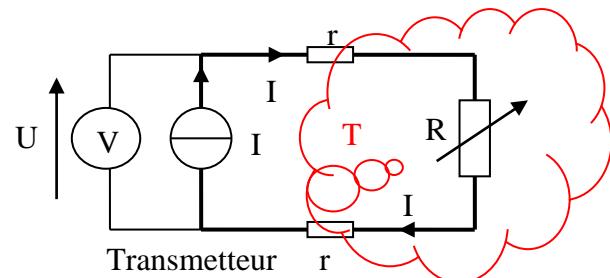
Pour limiter ce problème, on diminue le courant, ou on fait une mesure de courte durée.

2.4 Montages de mesure

La mesure de la température se ramène donc à une mesure de résistance. La méthode la plus simple consiste à alimenter la résistance avec un courant I et de mesurer la tension aux bornes de la résistance (on rappelle $U = R * I$)

Deux problèmes de mesure apparaissent :

- La tension n'est pas nulle pour 0 °C car $R_{0^\circ\text{C}} = 100 \Omega \Rightarrow$ solution montage en pont de Wheatstone. (*Voir TD sur la température*)
- La résistance des fils de jonction « r » influence la tension de mesure car $U = [r + R + r] * I \Rightarrow$ solution montage 3 fils. (*Voir TD sur la température*)

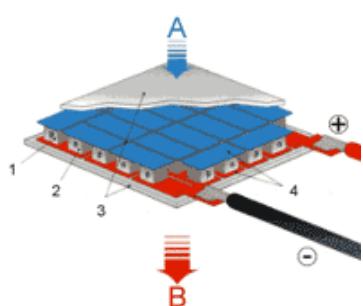
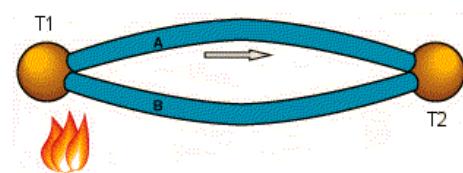


3 Thermomètres électriques : les thermocouples

3.1 Phénomènes thermoélectriques

a Effet Seebeck

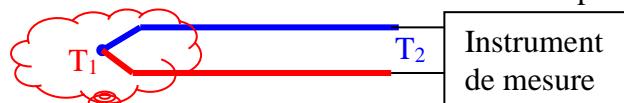
Thomas Johann Seebeck (1770-1831) est le premier à avoir mis en évidence le fait que dans un circuit fermé constitué de deux conducteurs de nature différente (un métal **A** et un métal **B**), il circule un courant lorsqu'on maintient entre les deux jonctions une différence de température. Ce courant est dû à l'apparition d'une force électromotrice (fém) directement liée à la différence entre les températures **T1** et **T2** des deux jonctions.



Jean Charles Athanase Peltier, physicien français (1785-1845) est connu pour sa découverte en 1834 de l'effet Peltier : c'est lorsqu'un courant électrique passe dans une jonction de deux conducteurs de métaux différents, on observe une augmentation ou une baisse de température selon le sens du courant ; la quantité de chaleur dégagée ou absorbée étant proportionnelle à l'intensité du courant. C'est, en quelque sorte, l'inverse de l'effet Seebeck. Le passage d'un courant peut donc absorber de la chaleur ; on utilise cet effet dans certains petits réfrigérateurs ou pour le refroidissement de circuits électriques.

c Conséquences de ces deux effets

- Un circuit composé d'un nombre quelconque de conducteurs métalliques, dont les jonctions sont à la même température ne crée pas de f.e.m.
On peut donc insérer un instrument de mesure sans perturber le thermocouple.



- Des jonctions peuvent être réalisées avec des métaux différents si toutes les soudures sont à la même température.



- Si les métaux sont homogènes, les fils peuvent traverser des zones de température différentes.



3.2 Tables de référence

La sensibilité des thermocouples n'est pas linéaire avec la température. Pour chaque couple de matériaux, des tables de référence relient la f.e.m. à la température de la jonction de mesure (la jonction de référence étant considérée à 0 °C)

Exemple : table d'un thermocouple Fer/Cuivre-Nickel type J. Tension en µV

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------|------|------|------|-------------|------------|------|------|-------------|------|------|
| 0 | 0 | 50 | 101 | 151 | 202 | 253 | 303 | 354 | 405 | 456 |
| 10 | 507 | 558 | 609 | 660 | 711 | 762 | 814 | 865 | 916 | 968 |
| 20 | 1019 | 1071 | 1122 | 1174 | 1226 | 1277 | 1329 | 1381 | 1433 | 1485 |

Quelle est la f.e.m. fournie par ce thermocouple J si une extrémité est à 4 °C et l'autre extrémité est à 27 °C. $\Delta T = 27 - 4 = 23 \text{ }^{\circ}\text{C} \Rightarrow \text{f.e.m.} = 1174 \mu\text{V} \neq 1381 - 202 = 1179 \mu\text{V}$

3.3 Critères de choix d'un thermocouple

Les critères de choix sont :

- Le domaine de température à mesurer.
- La sensibilité du thermocouple (en $\mu\text{V} / ^\circ\text{C}$)
- La corrosion de l'environnement de mesure

Avantages :

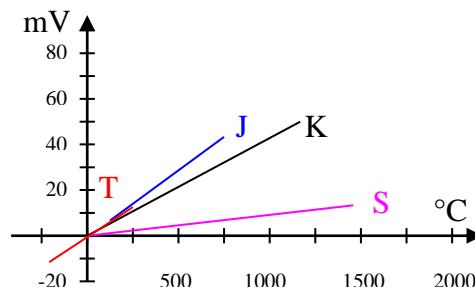
- Domaine d'utilisation de -270 à 2500 $^\circ\text{C}$ selon le type de couple choisi.
- bonne interchangeabilité
- mesures différentielles faciles.

Inconvénient : mauvaise linéarité.

Quelques exemples de thermocouples normalisés :

| Type | Métal A (+) | Métal B (-) | Plages utilisation | Coef. Seebeck $\alpha(\mu\text{V}/^\circ\text{C})$ | Erreur standard |
|------|---------------------|-------------|--------------------|--|-----------------|
| J | Fer | Constantan | -40 à +750°C | 50,38 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ à 0°C | 2,2% à 0,75% |
| K | Chromel | Alumel | -40 à +1200°C | 39,45 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ à 0°C | 2,2% à 0,75% |
| T | Cuivre | Constantan | -40 à +350°C | 38,75 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ à 0°C | 1% à 0,75% |
| S | Platine 10% Rhodium | Platine | 0 à +1600°C | 10,21 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ à 600°C | 1,5% à 0,25% |

Remarque : les couleurs des gaines des fils électriques des thermocouples sont normalisées.



3.4 Câbles d'extension ou câbles de compensation

Pour disposer de câbles plus longs que ceux fournis avec le thermocouple, l'idéal est d'utiliser les mêmes matériaux que le thermocouple. On parle de câbles d'extension.

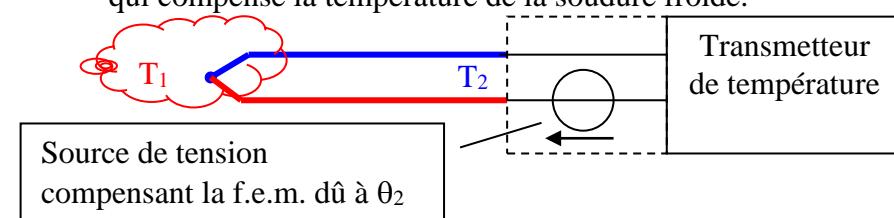
Pour certains couples, de tels câbles de grandes longueurs seraient trop chers (platine). On utilise alors des métaux différents, mais qui ont les mêmes caractéristiques thermoélectrique ($\mu\text{V} / ^\circ\text{C}$) que le couple de mesure dans une gamme de température réduite (exemple 0 à 80 $^\circ\text{C}$). Ce sont des câbles de compensation.

Pour éviter les erreurs de mesure, les points de connexion à la sonde ne devront pas être exposés à de grande température.

3.5 Méthodes de mesure

Pour obtenir une mesure relative par rapport au 0°C il existe deux méthodes :

- Immerger la seconde jonction (ou soudure froide) dans de la glace fondante. Voir la mesure de la température ambiante dans le TP n°6.
- Compensation électronique, un transmetteur intelligent ajoute une force électromotrice qui compense la température de la soudure froide.



| | | |
|-----------|------------------------|--------------|
| LP Rob&IA | R315 Mesures Physiques | CRS3 |
| § Mesures | Mesure de TEMPERATURES | Page 5 sur 9 |

4 Extrait de la table du thermocouple J

Type J : Fer / Cuivre-Nickel f.e.m. en μV jonction de référence à 0 °C

| ${}^{\circ}\text{C}(t_{90})$ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | ${}^{\circ}\text{C}(t_{90})$ |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------|
| -210 | -8095 | | | | | | | | | | -210 |
| -200 | -7890 | -7912 | -7934 | -7955 | -7976 | -7996 | -8017 | -8037 | -8057 | -8076 | -200 |
| -190 | -7659 | -7683 | -7707 | -7731 | -7755 | -7778 | -7801 | -7824 | -7846 | -7868 | -190 |
| -180 | -7403 | -7429 | -7456 | -7482 | -7508 | -7534 | -7559 | -7585 | -7610 | -7634 | -180 |
| -170 | -7123 | -7152 | -7181 | -7209 | -7237 | -7265 | -7293 | -7321 | -7348 | -7376 | -170 |
| -160 | -6821 | -6853 | -6883 | -6914 | -6944 | -6975 | -7005 | -7035 | -7064 | -7094 | -160 |
| -150 | -6500 | -6533 | -6566 | -6598 | -6631 | -6663 | -6695 | -6727 | -6759 | -6790 | -150 |
| -140 | -6159 | -6194 | -6229 | -6263 | -6298 | -6332 | -6366 | -6400 | -6433 | -6467 | -140 |
| -130 | -5801 | -5838 | -5874 | -5910 | -5946 | -5982 | -6018 | -6054 | -6089 | -6124 | -130 |
| -120 | -5426 | -5465 | -5503 | -5541 | -5578 | -5616 | -5653 | -5690 | -5727 | -5764 | -120 |
| -110 | -5037 | -5076 | -5116 | -5155 | -5194 | -5233 | -5272 | -5311 | -5350 | -5388 | -110 |
| -100 | -4633 | -4674 | -4714 | -4755 | -4796 | -4836 | -4877 | -4917 | -4957 | -4997 | -100 |
| -90 | -4215 | -4257 | -4300 | -4342 | -4384 | -4425 | -4467 | -4509 | -4550 | -4591 | -90 |
| -80 | -3786 | -3829 | -3872 | -3916 | -3959 | -4002 | -4045 | -4088 | -4130 | -4173 | -80 |
| -70 | -3344 | -3389 | -3434 | -3478 | -3522 | -3566 | -3610 | -3654 | -3698 | -3742 | -70 |
| -60 | -2893 | -2938 | -2984 | -3029 | -3075 | -3120 | -3165 | -3210 | -3255 | -3300 | -60 |
| -50 | -2431 | -2478 | -2524 | -2571 | -2617 | -2663 | -2709 | -2755 | -2801 | -2847 | -50 |
| -40 | -1961 | -2008 | -2055 | -2103 | -2150 | -2197 | -2244 | -2291 | -2338 | -2385 | -40 |
| -30 | -1482 | -1530 | -1578 | -1626 | -1674 | -1722 | -1770 | -1818 | -1865 | -1913 | -30 |
| -20 | -995 | -1044 | -1093 | -1142 | -1190 | -1239 | -1288 | -1336 | -1385 | -1433 | -20 |
| -10 | -501 | -550 | -600 | -650 | -699 | -749 | -798 | -847 | -896 | -946 | -10 |
| 0 | 0 | -50 | -101 | -151 | -201 | -251 | -301 | -351 | -401 | -451 | 0 |
| 0 | 0 | 50 | 101 | 151 | 202 | 253 | 303 | 354 | 405 | 456 | 0 |
| 10 | 507 | 558 | 609 | 660 | 711 | 762 | 814 | 865 | 916 | 968 | 10 |
| 20 | 1019 | 1071 | 1122 | 1174 | 1226 | 1277 | 1329 | 1381 | 1433 | 1485 | 20 |
| 30 | 1537 | 1589 | 1641 | 1693 | 1745 | 1797 | 1849 | 1902 | 1954 | 2006 | 30 |
| 40 | 2059 | 2111 | 2164 | 2216 | 2269 | 2322 | 2374 | 2427 | 2480 | 2532 | 40 |
| 50 | 2585 | 2638 | 2691 | 2744 | 2797 | 2850 | 2903 | 2956 | 3009 | 3062 | 50 |
| 60 | 3116 | 3169 | 3222 | 3275 | 3329 | 3382 | 3436 | 3489 | 3543 | 3596 | 60 |
| 70 | 3650 | 3703 | 3757 | 3810 | 3864 | 3918 | 3971 | 4025 | 4079 | 4133 | 70 |
| 80 | 4187 | 4240 | 4294 | 4348 | 4402 | 4456 | 4510 | 4564 | 4618 | 4672 | 80 |
| 90 | 4726 | 4781 | 4835 | 4889 | 4943 | 4997 | 5052 | 5106 | 5160 | 5215 | 90 |
| 100 | 5269 | 5323 | 5378 | 5432 | 5487 | 5541 | 5595 | 5650 | 5705 | 5759 | 100 |
| 110 | 5814 | 5868 | 5923 | 5977 | 6032 | 6087 | 6141 | 6196 | 6251 | 6306 | 110 |
| 120 | 6360 | 6415 | 6470 | 6525 | 6579 | 6634 | 6689 | 6744 | 6799 | 6854 | 120 |
| 130 | 6909 | 6964 | 7019 | 7074 | 7129 | 7184 | 7239 | 7294 | 7349 | 7404 | 130 |
| 140 | 7459 | 7514 | 7569 | 7624 | 7679 | 7734 | 7789 | 7844 | 7900 | 7955 | 140 |
| 150 | 8010 | 8065 | 8120 | 8175 | 8231 | 8286 | 8341 | 8396 | 8452 | 8507 | 150 |
| 160 | 8562 | 8618 | 8673 | 8728 | 8783 | 8839 | 8894 | 8949 | 9005 | 9060 | 160 |
| 170 | 9115 | 9171 | 9226 | 9282 | 9337 | 9392 | 9448 | 9503 | 9559 | 9614 | 170 |
| 180 | 9669 | 9725 | 9780 | 9836 | 9891 | 9947 | 10002 | 10057 | 10113 | 10168 | 180 |
| 190 | 10224 | 10279 | 10335 | 10390 | 10446 | 10501 | 10557 | 10612 | 10668 | 10723 | 190 |
| 200 | 10779 | 10834 | 10890 | 10945 | 11001 | 11056 | 11112 | 11167 | 11223 | 11278 | 200 |
| 210 | 11334 | 11389 | 11445 | 11501 | 11556 | 11612 | 11667 | 11723 | 11778 | 11834 | 210 |
| 220 | 11889 | 11945 | 12000 | 12056 | 12111 | 12167 | 12222 | 12278 | 12334 | 12389 | 220 |
| 230 | 12445 | 12500 | 12556 | 12611 | 12667 | 12722 | 12778 | 12833 | 12889 | 12944 | 230 |
| 240 | 13000 | 13056 | 13111 | 13167 | 13222 | 13278 | 13333 | 13389 | 13444 | 13500 | 240 |

| | | |
|-----------|------------------------|--------------|
| LP Rob&IA | R315 Mesures Physiques | CRS3 |
| § Mesures | Mesure de TEMPERATURES | Page 6 sur 9 |

5 Extrait de la table du thermocouple K

Type K : Nickel-Chrome / Nickel-Aluminium f.e.m. en μV jonction de référence à 0 °C

| ${}^{\circ}\text{C}(t_{90})$ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | ${}^{\circ}\text{C}(t_{90})$ |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------|
| -270 | -6458 | | | | | | | | | | -270 |
| -260 | -6441 | -6444 | -6446 | -6448 | -6450 | -6452 | -6453 | -6455 | -6456 | -6457 | -260 |
| -250 | -6404 | -6408 | -6413 | -6417 | -6421 | -6425 | -6429 | -6432 | -6435 | -6438 | -250 |
| -240 | -6344 | -6351 | -6358 | -6364 | -6370 | -6377 | -6382 | -6388 | -6393 | -6399 | -240 |
| -230 | -6262 | -6271 | -6280 | -6289 | -6297 | -6306 | -6314 | -6322 | -6329 | -6337 | -230 |
| -220 | -6158 | -6170 | -6181 | -6192 | -6202 | -6213 | -6223 | -6233 | -6243 | -6252 | -220 |
| -210 | -6035 | -6048 | -6061 | -6074 | -6087 | -6099 | -6111 | -6123 | -6135 | -6147 | -210 |
| -200 | -5891 | -5907 | -5922 | -5936 | -5951 | -5965 | -5980 | -5994 | -6007 | -6021 | -200 |
| -190 | -5730 | -5747 | -5763 | -5780 | -5797 | -5813 | -5829 | -5845 | -5861 | -5876 | -190 |
| -180 | -5550 | -5569 | -5588 | -5606 | -5624 | -5642 | -5660 | -5678 | -5695 | -5713 | -180 |
| -170 | -5354 | -5374 | -5395 | -5415 | -5435 | -5454 | -5474 | -5493 | -5512 | -5531 | -170 |
| -160 | -5141 | -5163 | -5185 | -5207 | -5228 | -5250 | -5271 | -5292 | -5313 | -5333 | -160 |
| -150 | -4913 | -4936 | -4960 | -4983 | -5006 | -5029 | -5052 | -5074 | -5097 | -5119 | -150 |
| -140 | -4669 | -4694 | -4719 | -4744 | -4768 | -4793 | -4817 | -4841 | -4865 | -4889 | -140 |
| -130 | -4411 | -4437 | -4463 | -4490 | -4516 | -4542 | -4567 | -4593 | -4618 | -4644 | -130 |
| -120 | -4138 | -4166 | -4194 | -4221 | -4249 | -4276 | -4303 | -4330 | -4357 | -4384 | -120 |
| -110 | -3852 | -3882 | -3911 | -3939 | -3968 | -3997 | -4025 | -4054 | -4082 | -4110 | -110 |
| -100 | -3554 | -3584 | -3614 | -3645 | -3675 | -3705 | -3734 | -3764 | -3794 | -3823 | -100 |
| -90 | -3243 | -3274 | -3306 | -3337 | -3368 | -3400 | -3431 | -3462 | -3492 | -3523 | -90 |
| -80 | -2920 | -2953 | -2986 | -3018 | -3050 | -3083 | -3115 | -3147 | -3179 | -3211 | -80 |
| -70 | -2587 | -2620 | -2654 | -2688 | -2721 | -2755 | -2788 | -2821 | -2854 | -2887 | -70 |
| -60 | -2243 | -2278 | -2312 | -2347 | -2382 | -2416 | -2450 | -2485 | -2519 | -2553 | -60 |
| -50 | -1889 | -1925 | -1961 | -1996 | -2032 | -2067 | -2103 | -2138 | -2173 | -2208 | -50 |
| -40 | -1527 | -1564 | -1600 | -1637 | -1673 | -1709 | -1745 | -1782 | -1818 | -1854 | -40 |
| -30 | -1156 | -1194 | -1231 | -1268 | -1305 | -1343 | -1380 | -1417 | -1453 | -1490 | -30 |
| -20 | -778 | -816 | -854 | -892 | -930 | -968 | -1006 | -1043 | -1081 | -1119 | -20 |
| -10 | -392 | -431 | -470 | -508 | -547 | -586 | -624 | -663 | -701 | -739 | -10 |
| -0 | 0 | 39 | 79 | 119 | 158 | 198 | 238 | 277 | 317 | 357 | 0 |
| 0 | 0 | 39 | 79 | 119 | 158 | 198 | 238 | 277 | 317 | 357 | 0 |
| 10 | 397 | 437 | 477 | 517 | 557 | 597 | 637 | 677 | 718 | 758 | 10 |
| 20 | 798 | 838 | 879 | 919 | 960 | 1000 | 1041 | 1081 | 1122 | 1163 | 20 |
| 30 | 1203 | 1244 | 1285 | 1326 | 1366 | 1407 | 1448 | 1489 | 1530 | 1571 | 30 |
| 40 | 1612 | 1653 | 1694 | 1735 | 1776 | 1817 | 1858 | 1899 | 1941 | 1982 | 40 |
| 50 | 2023 | 2064 | 2106 | 2147 | 2188 | 2230 | 2271 | 2312 | 2354 | 2395 | 50 |
| 60 | 2436 | 2478 | 2519 | 2561 | 2602 | 2644 | 2685 | 2727 | 2768 | 2810 | 60 |
| 70 | 2851 | 2893 | 2934 | 2976 | 3017 | 3059 | 3100 | 3142 | 3184 | 3225 | 70 |
| 80 | 3267 | 3308 | 3350 | 3391 | 3433 | 3474 | 3516 | 3557 | 3599 | 3640 | 80 |
| 90 | 3682 | 3723 | 3765 | 3806 | 3848 | 3889 | 3931 | 3972 | 4013 | 4055 | 90 |
| 100 | 4096 | 4138 | 4179 | 4220 | 4262 | 4303 | 4344 | 4385 | 4427 | 4468 | 100 |
| 110 | 4509 | 4550 | 4591 | 4633 | 4674 | 4715 | 4756 | 4797 | 4838 | 4879 | 110 |
| 120 | 4920 | 4961 | 5002 | 5043 | 5084 | 5124 | 5165 | 5206 | 5247 | 5288 | 120 |
| 130 | 5328 | 5369 | 5410 | 5450 | 5491 | 5532 | 5572 | 5613 | 5653 | 5694 | 130 |
| 140 | 5735 | 5775 | 5815 | 5856 | 5896 | 5937 | 5977 | 6017 | 6058 | 6098 | 140 |
| 150 | 6138 | 6179 | 6219 | 6259 | 6299 | 6339 | 6380 | 6420 | 6460 | 6500 | 150 |
| 160 | 6540 | 6580 | 6620 | 6660 | 6701 | 6741 | 6781 | 6821 | 6861 | 6901 | 160 |
| 170 | 6941 | 6981 | 7021 | 7060 | 7100 | 7140 | 7180 | 7220 | 7260 | 7300 | 170 |
| 180 | 7340 | 7380 | 7420 | 7460 | 7500 | 7540 | 7579 | 7619 | 7659 | 7699 | 180 |
| 190 | 7739 | 7779 | 7819 | 7859 | 7899 | 7939 | 7979 | 8019 | 8059 | 8099 | 190 |
| 200 | 8138 | 8178 | 8218 | 8258 | 8298 | 8338 | 8378 | 8418 | 8458 | 8499 | 200 |
| 210 | 8539 | 8579 | 8619 | 8659 | 8699 | 8739 | 8779 | 8819 | 8860 | 8900 | 210 |
| 220 | 8940 | 8980 | 9020 | 9061 | 9101 | 9141 | 9181 | 9222 | 9262 | 9302 | 220 |
| 230 | 9343 | 9383 | 9423 | 9464 | 9504 | 9545 | 9585 | 9626 | 9666 | 9707 | 230 |
| 240 | 9747 | 9788 | 9828 | 9869 | 9909 | 9950 | 9991 | 10031 | 10072 | 10113 | 240 |
| 250 | 10153 | 10194 | 10235 | 10276 | 10316 | 10357 | 10398 | 10439 | 10480 | 10520 | 250 |
| 260 | 10561 | 10602 | 10643 | 10684 | 10725 | 10766 | 10807 | 10848 | 10889 | 10930 | 260 |
| 270 | 10971 | 11012 | 11053 | 11094 | 11135 | 11176 | 11217 | 11259 | 11300 | 11341 | 270 |
| 280 | 11382 | 11423 | 11465 | 11506 | 11547 | 11588 | 11630 | 11671 | 11712 | 11753 | 280 |
| 290 | 11795 | 11836 | 11877 | 11919 | 11960 | 12001 | 12043 | 12084 | 12126 | 12167 | 290 |

| | | |
|-----------|------------------------|--------------|
| LP Rob&IA | R315 Mesures Physiques | CRS3 |
| § Mesures | Mesure de TEMPERATURES | Page 7 sur 9 |

6 Extrait de la table du thermocouple K

Type K : Nickel-Chrome / Nickel-Aluminium f.e.m. en μV jonction de référence à 0 °C

| ${}^{\circ}\text{C}(t_{90})$ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | ${}^{\circ}\text{C}(t_{90})$ |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------|
| 300 | 12209 | 12250 | 12291 | 12333 | 12374 | 12416 | 12457 | 12499 | 12540 | 12582 | 300 |
| 310 | 12624 | 12665 | 12707 | 12748 | 12790 | 12831 | 12873 | 12915 | 12956 | 12998 | 310 |
| 320 | 13040 | 13081 | 13123 | 13165 | 13206 | 13248 | 13290 | 13331 | 13373 | 13415 | 320 |
| 330 | 13457 | 13498 | 13540 | 13582 | 13624 | 13665 | 13707 | 13749 | 13791 | 13833 | 330 |
| 340 | 13874 | 13916 | 13958 | 14000 | 14042 | 14084 | 14126 | 14167 | 14209 | 14251 | 340 |
| 350 | 14293 | 14335 | 14377 | 14419 | 14461 | 14503 | 14545 | 14587 | 14629 | 14671 | 350 |
| 360 | 14713 | 14755 | 14797 | 14839 | 14881 | 14923 | 14965 | 15007 | 15049 | 15091 | 360 |
| 370 | 15133 | 15175 | 15217 | 15259 | 15301 | 15343 | 15385 | 15427 | 15469 | 15511 | 370 |
| 380 | 15554 | 15596 | 15638 | 15680 | 15722 | 15764 | 15806 | 15849 | 15891 | 15933 | 380 |
| 390 | 15975 | 16017 | 16059 | 16102 | 16144 | 16186 | 16228 | 16270 | 16313 | 16355 | 390 |
| 400 | 16397 | 16439 | 16482 | 16524 | 16566 | 16608 | 16651 | 16693 | 16735 | 16778 | 400 |
| 410 | 16820 | 16862 | 16904 | 16947 | 16989 | 17031 | 17074 | 17116 | 17158 | 17201 | 410 |
| 420 | 17243 | 17285 | 17328 | 17370 | 17413 | 17455 | 17497 | 17540 | 17582 | 17624 | 420 |
| 430 | 17667 | 17709 | 17752 | 17794 | 17837 | 17879 | 17921 | 17964 | 18006 | 18049 | 430 |
| 440 | 18091 | 18134 | 18176 | 18218 | 18261 | 18303 | 18346 | 18388 | 18431 | 18473 | 440 |
| 450 | 18516 | 18558 | 18601 | 18643 | 18686 | 18728 | 18771 | 18813 | 18856 | 18898 | 450 |
| 460 | 18941 | 18983 | 19026 | 19068 | 19111 | 19154 | 19196 | 19239 | 19281 | 19324 | 460 |
| 470 | 19366 | 19409 | 19451 | 19494 | 19537 | 19579 | 19622 | 19664 | 19707 | 19750 | 470 |
| 480 | 19792 | 19835 | 19877 | 19920 | 19962 | 20005 | 20048 | 20090 | 20133 | 20175 | 480 |
| 490 | 20218 | 20261 | 20303 | 20346 | 20389 | 20431 | 20474 | 20516 | 20559 | 20602 | 490 |
| 500 | 20644 | 20687 | 20730 | 20772 | 20815 | 20857 | 20900 | 20943 | 20985 | 21028 | 500 |
| 510 | 21071 | 21113 | 21156 | 21199 | 21241 | 21284 | 21326 | 21369 | 21412 | 21454 | 510 |
| 520 | 21497 | 21540 | 21582 | 21625 | 21668 | 21710 | 21753 | 21796 | 21838 | 21881 | 520 |
| 530 | 21924 | 21966 | 22009 | 22052 | 22094 | 22137 | 22179 | 22222 | 22265 | 22307 | 530 |
| 540 | 22350 | 22393 | 22435 | 22478 | 22521 | 22563 | 22606 | 22649 | 22691 | 22734 | 540 |
| 550 | 22776 | 22819 | 22862 | 22904 | 22947 | 22990 | 23032 | 23075 | 23117 | 23160 | 550 |
| 560 | 23203 | 23245 | 23288 | 23331 | 23373 | 23416 | 23458 | 23501 | 23544 | 23586 | 560 |
| 570 | 23629 | 23671 | 23714 | 23757 | 23799 | 23842 | 23884 | 23927 | 23970 | 24012 | 570 |
| 580 | 24055 | 24097 | 24140 | 24182 | 24225 | 24267 | 24310 | 24353 | 24395 | 24438 | 580 |
| 590 | 24480 | 24523 | 24565 | 24608 | 24650 | 24693 | 24735 | 24778 | 24820 | 24863 | 590 |
| 600 | 24905 | 24948 | 24990 | 25033 | 25075 | 25118 | 25160 | 25203 | 25245 | 25288 | 600 |
| 610 | 25330 | 25373 | 25415 | 25458 | 25500 | 25543 | 25585 | 25627 | 25670 | 25712 | 610 |
| 620 | 25755 | 25797 | 25840 | 25882 | 25924 | 25967 | 26009 | 26052 | 26094 | 26136 | 620 |
| 630 | 26179 | 26221 | 26263 | 26306 | 26348 | 26390 | 26433 | 26475 | 26517 | 26560 | 630 |
| 640 | 26602 | 26644 | 26687 | 26729 | 26771 | 26814 | 26856 | 26898 | 26940 | 26983 | 640 |
| 650 | 27025 | 27067 | 27109 | 27152 | 27194 | 27236 | 27278 | 27320 | 27363 | 27405 | 650 |
| 660 | 27447 | 27489 | 27531 | 27574 | 27616 | 27658 | 27700 | 27742 | 27784 | 27826 | 660 |
| 670 | 27869 | 27911 | 27953 | 27995 | 28037 | 28079 | 28121 | 28163 | 28205 | 28247 | 670 |
| 680 | 28289 | 28332 | 28374 | 28416 | 28458 | 28500 | 28542 | 28584 | 28626 | 28668 | 680 |
| 690 | 28710 | 28752 | 28794 | 28835 | 28877 | 28919 | 28961 | 29003 | 29045 | 29087 | 690 |
| 700 | 29129 | 29171 | 29213 | 29255 | 29297 | 29338 | 29380 | 29422 | 29464 | 29506 | 700 |
| 710 | 29548 | 29589 | 29631 | 29673 | 29715 | 29757 | 29798 | 29840 | 29882 | 29924 | 710 |
| 720 | 29965 | 30007 | 30049 | 30090 | 30132 | 30174 | 30216 | 30257 | 30299 | 30341 | 720 |
| 730 | 30382 | 30424 | 30466 | 30507 | 30549 | 30590 | 30632 | 30674 | 30715 | 30757 | 730 |
| 740 | 30798 | 30840 | 30881 | 30923 | 30964 | 31006 | 31047 | 31089 | 31130 | 31172 | 740 |
| 750 | 31213 | 31255 | 31296 | 31338 | 31379 | 31421 | 31462 | 31504 | 31545 | 31586 | 750 |
| 760 | 31628 | 31669 | 31710 | 31752 | 31793 | 31834 | 31876 | 31917 | 31958 | 32000 | 760 |
| 770 | 32041 | 32082 | 32124 | 32165 | 32206 | 32247 | 32289 | 32330 | 32371 | 32412 | 770 |
| 780 | 32453 | 32495 | 32536 | 32577 | 32618 | 32659 | 32700 | 32742 | 32783 | 32824 | 780 |
| 790 | 32865 | 32906 | 32947 | 32988 | 33029 | 33070 | 33111 | 33152 | 33193 | 33234 | 790 |
| 800 | 33275 | 33316 | 33357 | 33398 | 33439 | 33480 | 33521 | 33562 | 33603 | 33644 | 800 |
| 810 | 33685 | 33726 | 33767 | 33808 | 33848 | 33889 | 33930 | 33971 | 34012 | 34053 | 810 |
| 820 | 34093 | 34134 | 34175 | 34216 | 34257 | 34297 | 34338 | 34379 | 34420 | 34460 | 820 |
| 830 | 34501 | 34542 | 34582 | 34623 | 34664 | 34704 | 34745 | 34786 | 34826 | 34867 | 830 |
| 840 | 34908 | 34948 | 34989 | 35029 | 35070 | 35110 | 35151 | 35192 | 35232 | 35273 | 840 |
| 850 | 35313 | 35354 | 35394 | 35435 | 35475 | 35516 | 35556 | 35596 | 35637 | 35677 | 850 |
| 860 | 35718 | 35758 | 35798 | 35839 | 35879 | 35920 | 35960 | 36000 | 36041 | 36081 | 860 |
| 870 | 36121 | 36162 | 36202 | 36242 | 36282 | 36323 | 36363 | 36403 | 36443 | 36484 | 870 |
| 880 | 36524 | 36564 | 36604 | 36644 | 36685 | 36725 | 36765 | 36805 | 36845 | 36885 | 880 |
| 890 | 36925 | 36965 | 37006 | 37046 | 37086 | 37126 | 37166 | 37206 | 37246 | 37286 | 890 |

| | | |
|----------------------|-------------------------------|---------------------|
| LP Rob&IA | R315 Mesures Physiques | CRS3 |
| § Mesures | Mesure de TEMPERATURES | Page 8 sur 9 |

7 Extrait de la table du thermocouple S

Type S : Platine -10 % Rhodium / Platine f.e.m. en μV jonction de référence à 0 °C

| $\text{C(t}_{90}\text{)}$ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | $^{\circ}\text{C(t}_{90}\text{)}$ | -50 |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------------------|-----|
| -50 | -236 | | | | | | | | | | | -50 |
| -40 | -194 | -199 | -203 | -207 | -211 | -215 | -219 | -224 | -228 | -232 | -236 | -40 |
| -30 | -150 | -155 | -159 | -164 | -168 | -173 | -177 | -181 | -186 | -190 | -194 | -30 |
| -20 | -103 | -108 | -113 | -117 | -122 | -127 | -132 | -136 | -141 | -146 | -151 | -20 |
| -10 | -53 | -58 | -63 | -68 | -73 | -78 | -83 | -88 | -93 | -98 | -103 | -10 |
| 0 | 0 | -5 | -11 | -16 | -21 | -27 | -32 | -37 | -42 | -48 | -54 | 0 |
| 0 | 0 | 5 | 11 | 16 | 22 | 27 | 33 | 38 | 44 | 50 | 56 | 0 |
| 10 | 55 | 61 | 67 | 72 | 78 | 84 | 90 | 95 | 101 | 107 | 113 | 10 |
| 20 | 113 | 119 | 125 | 131 | 137 | 143 | 149 | 155 | 161 | 167 | 173 | 20 |
| 30 | 173 | 179 | 185 | 191 | 197 | 204 | 210 | 216 | 222 | 228 | 234 | 30 |
| 40 | 235 | 241 | 248 | 254 | 260 | 267 | 273 | 280 | 286 | 292 | 298 | 40 |
| 50 | 299 | 305 | 312 | 319 | 325 | 332 | 338 | 345 | 352 | 358 | 364 | 50 |
| 60 | 365 | 372 | 378 | 385 | 392 | 399 | 405 | 412 | 419 | 426 | 432 | 60 |
| 70 | 433 | 440 | 446 | 453 | 460 | 467 | 474 | 481 | 488 | 495 | 502 | 70 |
| 80 | 502 | 509 | 516 | 523 | 530 | 538 | 545 | 552 | 559 | 566 | 573 | 80 |
| 90 | 573 | 580 | 588 | 595 | 602 | 609 | 617 | 624 | 631 | 639 | 646 | 90 |
| 100 | 646 | 653 | 661 | 668 | 675 | 683 | 690 | 698 | 705 | 713 | 721 | 100 |
| 110 | 720 | 727 | 735 | 743 | 750 | 758 | 765 | 773 | 780 | 788 | 796 | 110 |
| 120 | 795 | 803 | 811 | 818 | 826 | 834 | 841 | 849 | 857 | 865 | 873 | 120 |
| 130 | 872 | 880 | 888 | 896 | 903 | 911 | 919 | 927 | 935 | 942 | 950 | 130 |
| 140 | 950 | 958 | 966 | 974 | 982 | 990 | 998 | 1006 | 1013 | 1021 | 1029 | 140 |
| 150 | 1029 | 1037 | 1045 | 1053 | 1061 | 1069 | 1077 | 1085 | 1094 | 1102 | 1110 | 150 |
| 160 | 1110 | 1118 | 1126 | 1134 | 1142 | 1150 | 1158 | 1167 | 1175 | 1183 | 1191 | 160 |
| 170 | 1191 | 1199 | 1207 | 1215 | 1224 | 1232 | 1240 | 1249 | 1257 | 1265 | 1273 | 170 |
| 180 | 1273 | 1282 | 1290 | 1298 | 1307 | 1315 | 1323 | 1332 | 1340 | 1348 | 1356 | 180 |
| 190 | 1357 | 1365 | 1373 | 1382 | 1390 | 1399 | 1407 | 1415 | 1424 | 1432 | 1440 | 190 |
| 200 | 1441 | 1449 | 1458 | 1466 | 1475 | 1483 | 1492 | 1500 | 1509 | 1517 | 1525 | 200 |
| 210 | 1526 | 1534 | 1543 | 1551 | 1560 | 1569 | 1577 | 1586 | 1594 | 1603 | 1611 | 210 |
| 220 | 1612 | 1620 | 1629 | 1638 | 1646 | 1655 | 1663 | 1672 | 1681 | 1690 | 1698 | 220 |
| 230 | 1698 | 1707 | 1716 | 1724 | 1733 | 1742 | 1751 | 1759 | 1768 | 1777 | 1785 | 230 |
| 240 | 1786 | 1794 | 1803 | 1812 | 1821 | 1829 | 1838 | 1847 | 1856 | 1865 | 1873 | 240 |
| 250 | 1874 | 1882 | 1891 | 1900 | 1909 | 1918 | 1927 | 1936 | 1944 | 1953 | 1961 | 250 |
| 260 | 1962 | 1971 | 1980 | 1989 | 1998 | 2007 | 2016 | 2025 | 2034 | 2043 | 2052 | 260 |
| 270 | 2052 | 2061 | 2070 | 2079 | 2087 | 2096 | 2105 | 2114 | 2123 | 2132 | 2141 | 270 |
| 280 | 2141 | 2151 | 2160 | 2169 | 2178 | 2187 | 2196 | 2205 | 2214 | 2223 | 2232 | 280 |
| 290 | 2232 | 2241 | 2250 | 2259 | 2268 | 2277 | 2287 | 2296 | 2305 | 2314 | 2323 | 290 |
| 300 | 2323 | 2332 | 2341 | 2350 | 2360 | 2369 | 2378 | 2387 | 2396 | 2405 | 2414 | 300 |
| 310 | 2415 | 2424 | 2433 | 2442 | 2451 | 2461 | 2470 | 2479 | 2488 | 2497 | 2506 | 310 |
| 320 | 2507 | 2516 | 2525 | 2534 | 2544 | 2553 | 2562 | 2571 | 2581 | 2590 | 2599 | 320 |
| 330 | 2599 | 2609 | 2618 | 2627 | 2636 | 2646 | 2655 | 2664 | 2674 | 2683 | 2692 | 330 |
| 340 | 2692 | 2702 | 2711 | 2720 | 2730 | 2739 | 2748 | 2758 | 2767 | 2776 | 2785 | 340 |
| 350 | 2786 | 2795 | 2805 | 2814 | 2823 | 2833 | 2842 | 2851 | 2861 | 2870 | 2879 | 350 |
| 360 | 2880 | 2889 | 2899 | 2908 | 2917 | 2927 | 2936 | 2946 | 2955 | 2965 | 2974 | 360 |
| 370 | 2974 | 2983 | 2993 | 3002 | 3012 | 3021 | 3031 | 3040 | 3050 | 3059 | 3068 | 370 |
| 380 | 3069 | 3078 | 3088 | 3097 | 3107 | 3116 | 3126 | 3135 | 3145 | 3154 | 3163 | 380 |
| 390 | 3164 | 3173 | 3183 | 3192 | 3202 | 3212 | 3221 | 3231 | 3240 | 3250 | 3259 | 390 |
| 400 | 3259 | 3269 | 3279 | 3288 | 3298 | 3307 | 3317 | 3326 | 3336 | 3346 | 3355 | 400 |
| 410 | 3355 | 3365 | 3374 | 3384 | 3394 | 3403 | 3413 | 3423 | 3432 | 3442 | 3451 | 410 |
| 420 | 3451 | 3461 | 3471 | 3480 | 3490 | 3500 | 3509 | 3519 | 3529 | 3538 | 3547 | 420 |
| 430 | 3548 | 3558 | 3567 | 3577 | 3587 | 3596 | 3606 | 3616 | 3626 | 3635 | 3644 | 430 |
| 440 | 3645 | 3655 | 3664 | 3674 | 3684 | 3694 | 3703 | 3713 | 3723 | 3732 | 3741 | 440 |
| 450 | 3742 | 3752 | 3762 | 3771 | 3781 | 3791 | 3801 | 3810 | 3820 | 3830 | 3840 | 450 |
| 460 | 3840 | 3850 | 3859 | 3869 | 3879 | 3889 | 3898 | 3908 | 3918 | 3928 | 3938 | 460 |
| 470 | 3938 | 3947 | 3957 | 3967 | 3977 | 3987 | 3997 | 4006 | 4016 | 4026 | 4036 | 470 |
| 480 | 4036 | 4046 | 4056 | 4065 | 4075 | 4085 | 4095 | 4105 | 4115 | 4125 | 4135 | 480 |
| 490 | 4134 | 4144 | 4154 | 4164 | 4174 | 4184 | 4194 | 4204 | 4213 | 4223 | 4232 | 490 |
| 500 | 4233 | 4243 | 4253 | 4263 | 4273 | 4283 | 4293 | 4303 | 4313 | 4323 | 4333 | 500 |
| 510 | 4332 | 4342 | 4352 | 4362 | 4372 | 4382 | 4392 | 4402 | 4412 | 4422 | 4432 | 510 |
| 520 | 4432 | 4442 | 4452 | 4462 | 4472 | 4482 | 4492 | 4502 | 4512 | 4522 | 4532 | 520 |
| 530 | 4532 | 4542 | 4552 | 4562 | 4572 | 4582 | 4592 | 4602 | 4612 | 4622 | 4632 | 530 |
| 540 | 4632 | 4642 | 4652 | 4662 | 4672 | 4682 | 4692 | 4702 | 4712 | 4722 | 4732 | 540 |

| | | |
|-----------|------------------------|--------------|
| LP Rob&IA | R315 Mesures Physiques | CRS3 |
| § Mesures | Mesure de TEMPERATURES | Page 9 sur 9 |

8 Extrait de la table de la résistance de platine PT100

| Type PT100 | résistance en Ω | | | | | | | | 100,00 Ohms à 0 °C | | |
|-----------------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------|--------|-----------------------|
| °C (t ₉₀) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | °C (t ₉₀) |
| -200 | 18,52 | | | | | | | | | | -200 |
| -190 | 22,83 | 22,40 | 21,97 | 21,54 | 21,11 | 20,68 | 20,25 | 19,82 | 19,38 | 18,95 | -190 |
| -180 | 27,10 | 26,67 | 26,24 | 25,82 | 25,39 | 24,97 | 24,54 | 24,11 | 23,68 | 23,25 | -180 |
| -170 | 31,34 | 30,91 | 30,49 | 30,07 | 29,64 | 29,22 | 28,80 | 28,37 | 27,95 | 27,52 | -170 |
| -160 | 35,54 | 35,12 | 34,70 | 34,28 | 33,86 | 33,44 | 33,02 | 32,60 | 32,18 | 31,76 | -160 |
| -150 | 39,72 | 39,31 | 38,89 | 38,47 | 38,05 | 37,64 | 37,22 | 36,80 | 36,38 | 35,96 | -150 |
| -140 | 43,88 | 43,46 | 43,05 | 42,63 | 42,22 | 41,80 | 41,39 | 40,97 | 40,56 | 40,14 | -140 |
| -130 | 48,00 | 47,59 | 47,18 | 46,77 | 46,36 | 45,94 | 45,53 | 45,12 | 44,70 | 44,29 | -130 |
| -120 | 52,11 | 51,70 | 51,29 | 50,88 | 50,47 | 50,06 | 49,65 | 49,24 | 48,83 | 48,42 | -120 |
| -110 | 56,19 | 55,79 | 55,38 | 54,97 | 54,56 | 54,15 | 53,75 | 53,34 | 52,93 | 52,52 | -110 |
| -100 | 60,26 | 59,85 | 59,44 | 59,04 | 58,63 | 58,23 | 57,82 | 57,41 | 57,01 | 56,60 | -100 |
| -90 | 64,30 | 63,90 | 63,49 | 63,09 | 62,68 | 62,28 | 61,88 | 61,47 | 61,07 | 60,66 | -90 |
| -80 | 68,33 | 67,92 | 67,52 | 67,12 | 66,72 | 66,31 | 65,91 | 65,51 | 65,11 | 64,70 | -80 |
| -70 | 72,33 | 71,93 | 71,53 | 71,13 | 70,73 | 70,33 | 69,93 | 69,53 | 69,13 | 68,73 | -70 |
| -60 | 76,33 | 75,93 | 75,53 | 75,13 | 74,73 | 74,33 | 73,93 | 73,53 | 73,13 | 72,73 | -60 |
| -50 | 80,31 | 79,91 | 79,51 | 79,11 | 78,72 | 78,32 | 77,92 | 77,52 | 77,12 | 76,73 | -50 |
| -40 | 84,27 | 83,87 | 83,48 | 83,08 | 82,69 | 82,29 | 81,89 | 81,50 | 81,10 | 80,70 | -40 |
| -30 | 88,22 | 87,83 | 87,43 | 87,04 | 86,64 | 86,25 | 85,85 | 85,46 | 85,06 | 84,67 | -30 |
| -20 | 92,16 | 91,77 | 91,37 | 90,98 | 90,59 | 90,19 | 89,80 | 89,40 | 89,01 | 88,62 | -20 |
| -10 | 96,09 | 95,69 | 95,30 | 94,91 | 94,52 | 94,12 | 93,73 | 93,34 | 92,95 | 92,55 | -10 |
| -0 | 100,00 | 99,61 | 99,22 | 98,83 | 98,44 | 98,04 | 97,65 | 97,26 | 96,87 | 96,48 | -0 |
| 0 | 100,00 | 100,39 | 100,78 | 101,17 | 101,56 | 101,95 | 102,34 | 102,73 | 103,12 | 103,51 | 0 |
| 10 | 103,90 | 104,29 | 104,68 | 105,07 | 105,46 | 105,85 | 106,24 | 106,63 | 107,02 | 107,40 | 10 |
| 20 | 107,79 | 108,18 | 108,57 | 108,96 | 109,35 | 109,73 | 110,12 | 110,51 | 110,90 | 111,29 | 20 |
| 30 | 111,67 | 112,06 | 112,45 | 112,83 | 113,22 | 113,61 | 114,00 | 114,38 | 114,77 | 115,15 | 30 |
| 40 | 115,54 | 115,93 | 116,31 | 116,70 | 117,08 | 117,47 | 117,86 | 118,24 | 118,63 | 119,01 | 40 |
| 50 | 119,40 | 119,78 | 120,17 | 120,55 | 120,94 | 121,32 | 121,71 | 122,09 | 122,47 | 122,86 | 50 |
| 60 | 123,24 | 123,63 | 124,01 | 124,39 | 124,78 | 125,16 | 125,54 | 125,93 | 126,31 | 126,69 | 60 |
| 70 | 127,08 | 127,46 | 127,84 | 128,22 | 128,61 | 128,99 | 129,37 | 129,75 | 130,13 | 130,52 | 70 |
| 80 | 130,90 | 131,28 | 131,66 | 132,04 | 132,42 | 132,80 | 133,18 | 133,57 | 133,95 | 134,33 | 80 |
| 90 | 134,71 | 135,09 | 135,47 | 135,85 | 136,23 | 136,61 | 136,99 | 137,37 | 137,75 | 138,13 | 90 |
| 100 | 138,51 | 138,88 | 139,26 | 139,64 | 140,02 | 140,40 | 140,78 | 141,16 | 141,54 | 141,91 | 100 |
| 110 | 142,29 | 142,67 | 143,05 | 143,43 | 143,80 | 144,18 | 144,56 | 144,94 | 145,31 | 145,69 | 110 |
| 120 | 146,07 | 146,44 | 146,82 | 147,20 | 147,57 | 147,95 | 148,33 | 148,70 | 149,08 | 149,46 | 120 |
| 130 | 149,83 | 150,21 | 150,58 | 150,96 | 151,33 | 151,71 | 152,08 | 152,46 | 152,83 | 153,21 | 130 |
| 140 | 153,58 | 153,96 | 154,33 | 154,71 | 155,08 | 155,46 | 155,83 | 156,20 | 156,58 | 156,95 | 140 |
| 150 | 157,33 | 157,70 | 158,07 | 158,45 | 158,82 | 159,19 | 159,56 | 159,94 | 160,31 | 160,68 | 150 |
| 160 | 161,05 | 161,43 | 161,80 | 162,17 | 162,54 | 162,91 | 163,29 | 163,66 | 164,03 | 164,40 | 160 |
| 170 | 164,77 | 165,14 | 165,51 | 165,89 | 166,26 | 166,63 | 167,00 | 167,37 | 167,74 | 168,11 | 170 |
| 180 | 168,48 | 168,85 | 169,22 | 169,59 | 169,96 | 170,33 | 170,70 | 171,07 | 171,43 | 171,80 | 180 |
| 190 | 172,17 | 172,54 | 172,91 | 173,28 | 173,65 | 174,02 | 174,38 | 174,75 | 175,12 | 175,49 | 190 |
| 200 | 175,86 | 176,22 | 176,59 | 176,96 | 177,33 | 177,69 | 178,06 | 178,43 | 178,79 | 179,16 | 200 |
| 210 | 179,53 | 179,89 | 180,26 | 180,63 | 180,99 | 181,36 | 181,72 | 182,09 | 182,46 | 182,82 | 210 |
| 220 | 183,19 | 183,55 | 183,92 | 184,28 | 184,65 | 185,01 | 185,38 | 185,74 | 186,11 | 186,47 | 220 |
| 230 | 186,84 | 187,20 | 187,56 | 187,93 | 188,29 | 188,66 | 189,02 | 189,38 | 189,75 | 190,11 | 230 |
| 240 | 190,47 | 190,84 | 191,20 | 191,56 | 191,92 | 192,29 | 192,65 | 193,01 | 193,37 | 193,74 | 240 |
| 250 | 194,10 | 194,46 | 194,82 | 195,18 | 195,55 | 195,91 | 196,27 | 196,63 | 196,99 | 197,35 | 250 |
| 260 | 197,71 | 198,07 | 198,43 | 198,79 | 199,15 | 199,51 | 199,87 | 200,23 | 200,59 | 200,95 | 260 |
| 270 | 201,31 | 201,67 | 202,03 | 202,39 | 202,75 | 203,11 | 203,47 | 203,83 | 204,19 | 204,55 | 270 |
| 280 | 204,90 | 205,26 | 205,62 | 205,98 | 206,34 | 206,70 | 207,05 | 207,41 | 207,77 | 208,13 | 280 |
| 290 | 208,48 | 208,84 | 209,20 | 209,56 | 209,91 | 210,27 | 210,63 | 210,98 | 211,34 | 211,70 | 290 |
| 300 | 212,05 | 212,41 | 212,76 | 213,12 | 213,48 | 213,83 | 214,19 | 214,54 | 214,90 | 215,25 | 300 |
| 310 | 215,61 | 215,96 | 216,32 | 216,67 | 217,03 | 217,38 | 217,74 | 218,09 | 218,44 | 218,80 | 310 |
| 320 | 219,15 | 219,51 | 219,86 | 220,21 | 220,57 | 220,92 | 221,27 | 221,63 | 221,98 | 222,33 | 320 |