

LP Rob&IA	R315 Mesures Physiques	CRS3
§ Mesures	Mesure de TEMPERATURES	Page 1 sur 9

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.

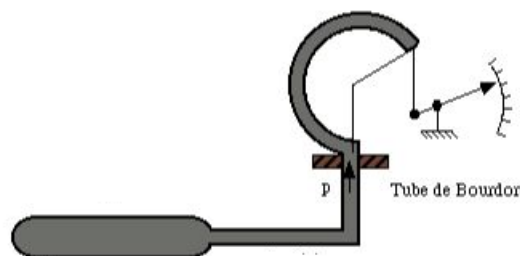


1.2 Thermomètre à dilatation de gaz

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



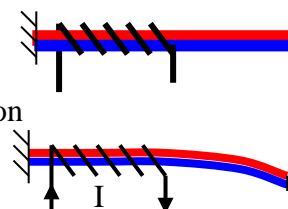
1.3 Thermomètre à dilatation de solides : bilame

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 °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 :

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

LP Rob&IA	R315 Mesures Physiques	CRS3
§ Mesures	Mesure de TEMPERATURES	Page 2 sur 9

- 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 [$a = 3,9083 \cdot 10^{-3}$; $b = -5,775 \cdot 10^{-7}$; $c = -4,183 \cdot 10^{-12}$]

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 $P = U \cdot I = R_{PT100} \cdot I^2$, ce qui chauffe ce capteur et perturbe la mesure.

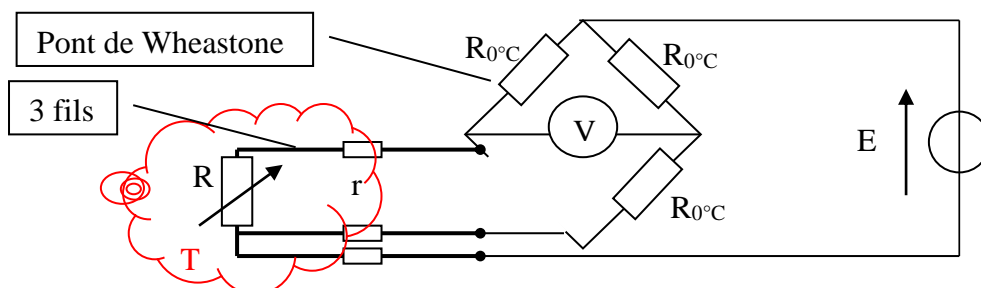
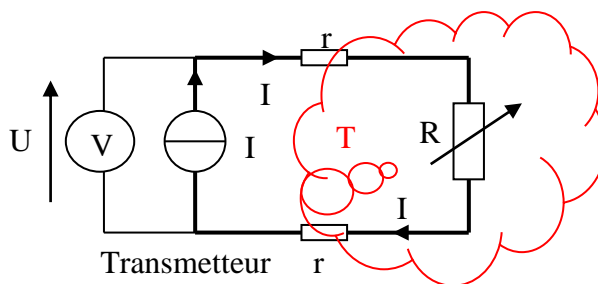
Pour limiter ce problème, on diminue le courant, ou on fait une mesure de courte durée.

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 $U = R \cdot I$)

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 Wheastone. (Voir TD sur la température)
- La résistance des fils de jonction « r » influence la tension de mesure car $U = [r + R + r] \cdot I \Rightarrow$ solution montage 3 fils. (Voir TD sur la température)

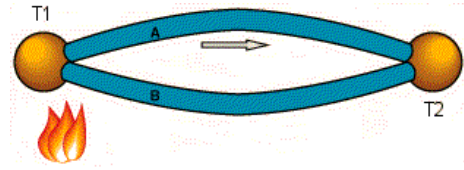


3 Thermomètres électriques : les thermocouples

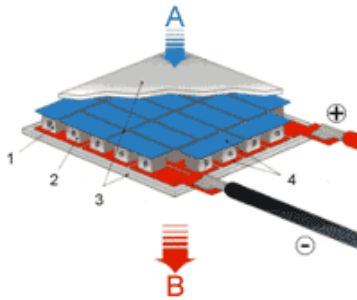
3.1 Phénomènes thermoélectriques

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.



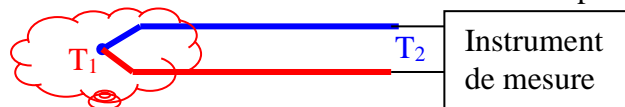
b L'effet Peltier



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. $\Delta T = 27 - 4 = 23 \text{ °C} \Rightarrow \text{f.e.m.} = 1174 \mu V \neq 1381 - 202 = 1179 \mu V$

3.3 Critères de choix d'un thermocouple

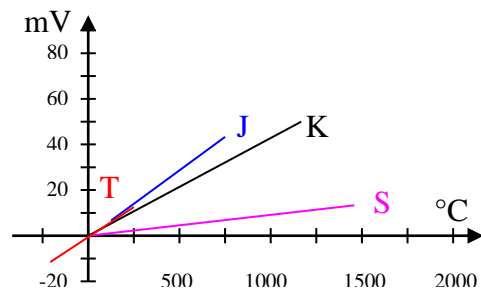
Les critères de choix sont :

- 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 $2500\text{ }^\circ\text{C}$ 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 $+750^\circ\text{C}$	$50,38\text{ }\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ à 0°C	2,2% à 0,75%
K	Chromel	Alumel	-40 à $+1200^\circ\text{C}$	$39,45\text{ }\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ à 0°C	2,2% à 0,75%
T	Cuivre	Constantan	-40 à $+350^\circ\text{C}$	$38,75\text{ }\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ à 0°C	1% à 0,75%
S	Platine 10% Rhodium	Platine	0 à $+1600^\circ\text{C}$	$10,21\text{ }\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 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.

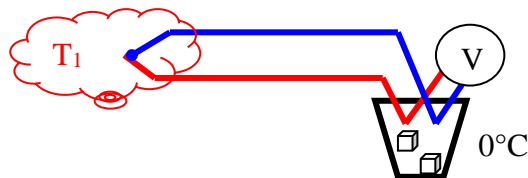
Pour certains couples, de tels câbles de grandes longueurs seraient trop chers (platine). On utilise alors des métaux différents, mais qui ont les mêmes caractéristiques thermoélectrique ($\mu\text{V} / ^\circ\text{C}$) que le couple de mesure dans une gamme de température réduite (exemple 0 à $80\text{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

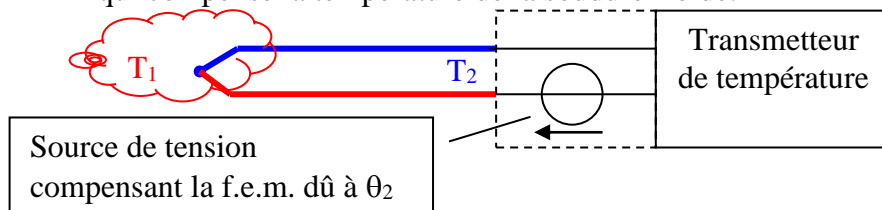
3.5 Méthodes de mesure

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

°C(t_{90})	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	°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

°C(t_{90})	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	°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	-118	-157	-197	-236	-275	-314	-353	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

°C(t_{90})	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	°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

$C(t_{90})$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$^{\circ}C(t_{90})$
-50	-236										-50
-40	-194	-199	-203	-207	-211	-215	-219	-224	-228	-232	-40
-30	-150	-155	-159	-164	-168	-173	-177	-181	-186	-190	-30
-20	-103	-108	-113	-117	-122	-127	-132	-136	-141	-146	-20
-10	-53	-58	-63	-68	-73	-78	-83	-88	-93	-98	-10
0	0	-5	-11	-16	-21	-27	-32	-37	-42	-48	0
0	0	5	11	16	22	27	33	38	44	50	0
10	55	61	67	72	78	84	90	95	101	107	10
20	113	119	125	131	137	143	149	155	161	167	20
30	173	179	185	191	197	204	210	216	222	229	30
40	235	241	248	254	260	267	273	280	286	292	40
50	299	305	312	319	325	332	338	345	352	358	50
60	365	372	378	385	392	399	405	412	419	426	60
70	433	440	446	453	460	467	474	481	488	495	70
80	502	509	516	523	530	538	545	552	559	566	80
90	573	580	588	595	602	609	617	624	631	639	90
100	646	653	661	668	675	683	690	698	705	713	100
110	720	727	735	743	750	758	765	773	780	788	110
120	795	803	811	818	826	834	841	849	857	865	120
130	872	880	888	896	903	911	919	927	935	942	130
140	950	958	966	974	982	990	998	1006	1013	1021	140
150	1029	1037	1045	1053	1061	1069	1077	1085	1094	1102	150
160	1110	1118	1126	1134	1142	1150	1158	1167	1175	1183	160
170	1191	1199	1207	1216	1224	1232	1240	1249	1257	1265	170
180	1273	1282	1290	1298	1307	1315	1323	1332	1340	1348	180
190	1357	1365	1373	1382	1390	1399	1407	1415	1424	1432	190
200	1441	1449	1458	1466	1475	1483	1492	1500	1509	1517	200
210	1526	1534	1543	1551	1560	1569	1577	1586	1594	1603	210
220	1612	1620	1629	1638	1646	1655	1663	1672	1681	1690	220
230	1698	1707	1716	1724	1733	1742	1751	1759	1768	1777	230
240	1786	1794	1803	1812	1821	1829	1838	1847	1856	1865	240
250	1874	1882	1891	1900	1909	1918	1927	1936	1944	1953	250
260	1962	1971	1980	1989	1998	2007	2016	2025	2034	2043	260
270	2052	2061	2070	2078	2087	2096	2105	2114	2123	2132	270
280	2141	2151	2160	2169	2178	2187	2196	2205	2214	2223	280
290	2232	2241	2250	2259	2268	2277	2287	2296	2305	2314	290
300	2323	2332	2341	2350	2360	2369	2378	2387	2396	2405	300
310	2415	2424	2433	2442	2451	2461	2470	2479	2488	2497	310
320	2507	2516	2525	2534	2544	2553	2562	2571	2581	2590	320
330	2599	2609	2618	2627	2636	2646	2655	2664	2674	2683	330
340	2692	2702	2711	2720	2730	2739	2748	2758	2767	2776	340
350	2786	2795	2805	2814	2823	2833	2842	2851	2861	2870	350
360	2880	2889	2899	2908	2917	2927	2936	2946	2955	2965	360
370	2974	2983	2993	3002	3012	3021	3031	3040	3050	3059	370
380	3069	3078	3088	3097	3107	3116	3126	3135	3145	3154	380
390	3164	3173	3183	3192	3202	3212	3221	3231	3240	3250	390
400	3259	3269	3279	3288	3298	3307	3317	3326	3336	3346	400
410	3355	3365	3374	3384	3394	3403	3413	3423	3432	3442	410
420	3451	3461	3471	3480	3490	3500	3509	3519	3529	3538	420
430	3548	3558	3567	3577	3587	3596	3606	3616	3626	3635	430
440	3645	3655	3664	3674	3684	3694	3703	3713	3723	3732	440
450	3742	3752	3762	3771	3781	3791	3801	3810	3820	3830	450
460	3840	3850	3859	3869	3879	3889	3898	3908	3918	3928	460
470	3938	3947	3957	3967	3977	3987	3997	4006	4016	4026	470
480	4036	4046	4056	4065	4075	4085	4095	4105	4115	4125	480
490	4134	4144	4154	4164	4174	4184	4194	4204	4213	4223	490
500	4233	4243	4253	4263	4273	4283	4293	4303	4313	4323	500
510	4332	4342	4352	4362	4372	4382	4392	4402	4412	4422	510
520	4432	4442	4452	4462	4472	4482	4492	4502	4512	4522	520
530	4532	4542	4552	4562	4572	4582	4592	4602	4612	4622	530
540	4632	4642	4652	4662	4672	4682	4692	4702	4712	4722	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		