

FINAL MC51 du 23/6/2010

I) MESURE DE TEMPERATURE

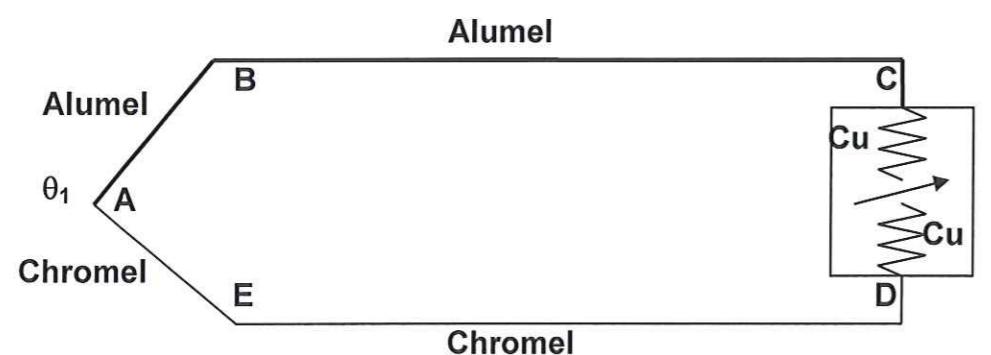
On veut mesurer et enregistrer l'évolution de la température de pièces métalliques subissant une chauffe dans un four de traitements thermiques. La plage des températures se trouve comprise entre 150 et 1000°C, la précision souhaitée de la température mesurée est de plus ou moins 4°C. On utilise des thermocouples pour la mesure de la ou des pièces à traiter.

Cette mesure est indépendante de la mesure de température pour le contrôle et la régulation du système de chauffage du four.

a) Quels avantages offrent la mesure avec thermocouple dans ce cas ? Quels inconvénients présente-t-elle ?

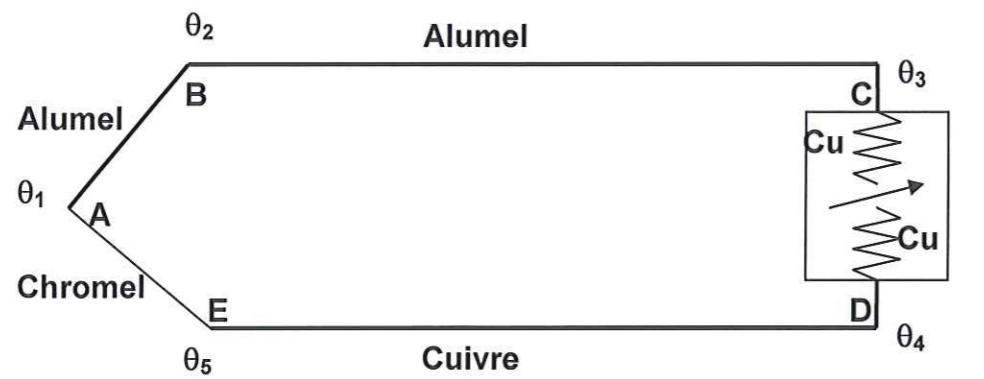
Quels autres moyens de mesure peut-on utiliser sachant que les cycles de température seront systématiquement enregistrés pour un meilleur contrôle qualité des pièces ?

b) Le montage est le suivant. Le thermocouple de type K (Chromel-Alumel) est connecté à un microvoltmètre de grande impédance d'entrée grâce à des câbles d'extension. Les températures des jonctions C et D avec l'appareil de mesure sont à 21°C et la f.e.m. mesurée dans le circuit est de 36,287 mV.



Quelle est la température θ_1 de la pièce ?

c) En réalité, l'opérateur a prolongé ce thermocouple avec les premiers fils qu'il a trouvés. Sur le schéma suivant, on admet que les jonctions B, C, D et E sont toutes à la même température ($\theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = \theta_5 = 21^\circ\text{C}$).



La température θ_1 de la pièce déterminée question b) est-elle correcte ou erronée ? Justifiez.

Les températures θ_2 , θ_3 , θ_4 et θ_5 n'ont pas besoin d'être toutes connues.

Dans ce montage non conventionnel, où se situent les jonctions correspondant à la température de référence ?

d) Seules les températures θ_3 et θ_4 au niveau de l'appareil de mesure sont connues.

Dans le montage précédent, quel(s) fil(s) faut-il changer pour pouvoir mesurer θ_1 sans risque d'erreur ? Proposez deux solutions possibles en précisant bien dans chaque cas, la nature des fils, leur branchement et les conditions à respecter.

e) Pour une autre mesure, l'opérateur utilise un thermocouple de type S (Platine - Platine Rhodié 10%) pensant avoir affaire à un thermocouple de type K. Le thermocouple est directement relié au microvoltmètre. La température de référence est à 21°C est la f.e.m. mesurée est de 8,039 mV.

Quelle erreur de mesure va commettre l'opérateur sur la température de la pièce ?

f) La température de référence est mesurée à l'aide d'une sonde platine Pt100 insérée dans un pont de Wheatstone.

La résistance des sondes platine suit la loi générale :

$$R_t = R_0 [1 + At + Bt^2 + Ct^3 (t-100)]$$

Les normes fournissent les valeurs suivantes:

$$A = 3,908 \cdot 10^{-3} /^\circ\text{C}$$

$$B = -5,802 \cdot 10^{-7} /(\text{ }^\circ\text{C})^2$$

$$C = 0 \text{ si } t \geq 0$$

$$C = -4,273 \cdot 5 \cdot 10^{-12} /(\text{ }^\circ\text{C})^4 \text{ si } t < 0$$

Avec $R_0 = 100 \Omega$ résistance à 0°C , t ($^\circ\text{C}$) température de la sonde.

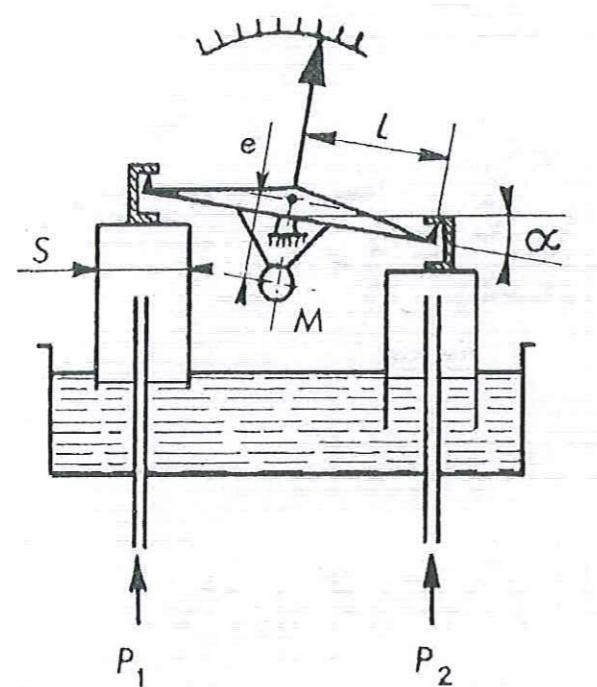
La résistance de la sonde platine fait $109 \Omega \pm 0,5$

Calculez la température de référence et son incertitude.

II) MESURE DE FAIBLES PRESSIONS DIFFÉRENTIELLES

Cet instrument est uniquement destiné aux mesures de fluides gazeux. Dans une cuvette contenant un liquide jouant uniquement le rôle de joint hydraulique, baignent partiellement deux cloches cylindriques, supportées par un balancier en pivot sur un axe fixe. Le balancier est solidaire de l'aiguille d'un indicateur.

Les tuyaux débouchant sous chaque cloche, à une hauteur supérieure au niveau du liquide soumis à la pression atmosphérique, sont respectivement alimentés par les pressions P_1 et P_2 .



S_{ic} = section intérieure cloche,

L = distance entre le point de pivotement du balancier / appui cloche,

e = distance entre le point de pivotement du balancier et le centre de M ,

α = angle de déviation du balancier par rapport à l'axe horizontal,

M_c = masse cloche

M = masse du contrepoids,

P_1 et P_2 : pressions des arrivées de gaz

Hypothèses :

Les cloches ont rigoureusement la même masse. Leur épaisseur est dans un premier temps négligée. A l'équilibre, c'est-à-dire lorsque $P_1 = P_2$, l'aiguille est en position verticale et le centre du contrepoids de masse M est à l'aplomb de l'axe de pivotement du balancier.

a) On raccorde l'appareil à deux pressions telles que $P_1 > P_2$

Isolez le balancier et exprimez ΔP en fonction des différents paramètres ci-dessus.

Exprimez simplement ΔH la différence de hauteur entre les deux niveaux sous chaque cloche.

- b) On souhaite qu'une différence de 0,03 bars entre P_1 et P_2 provoque une déviation de 15 degrés de l'aiguille par rapport à la position d'équilibre.

Dimensions : $L = 25 \text{ cm}$ $e = 15 \text{ cm}$ $\emptyset_{\text{int cloche}} = d = 8 \text{ cm}$

Déterminez la masse M du contrepoids apte à remplir les conditions précédentes.

- c) En supposant l'épaisseur des cloches non négligeable, pourquoi aurait-on intérêt à ce que leur densité soit proche de celle du liquide ?

d) On donne :

S_{ic} = section intérieure cloche,

S_{ec} = section extérieure cloche,

L = distance entre l'axe de pivotement du balancier / appui cloche,

e = distance entre le point de pivotement du balancier et le centre de M ,

α = angle de déviation du balancier par rapport à l'axe horizontal,

M_c = masse cloche

M = masse du contrepoids,

ρ = masse spécifique du liquide

P_1 et P_2 : pressions des arrivées de gaz

h_1 = hauteur immergée/niveau air libre de la cloche soumise à P_1

h_2 = hauteur immergée/niveau air libre de la cloche soumise à P_2

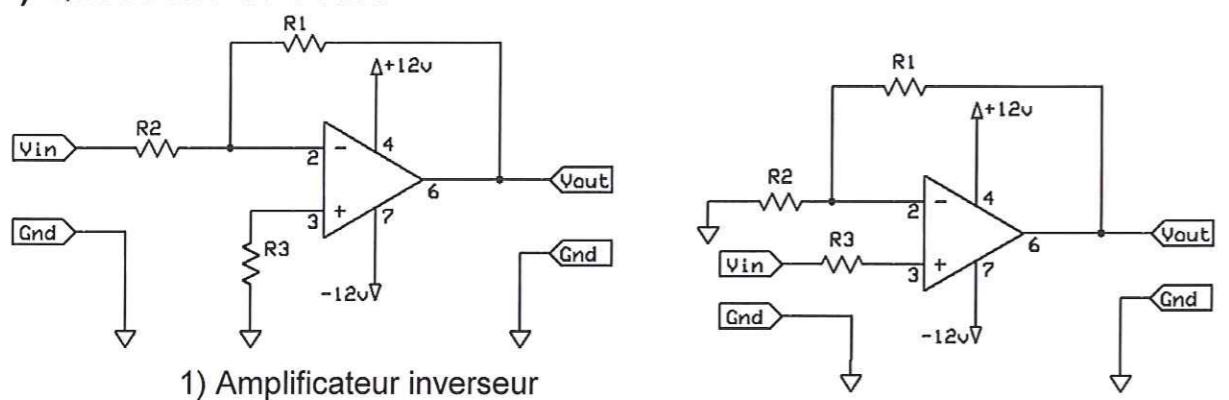
Recherchez la nouvelle expression de ΔP en prenant en compte l'épaisseur des cloches

nota : $h_1 - h_2 = 2 L \sin \alpha$

- e) Imaginez un moyen de transduction permettant de transformer ce manomètre à cloches en capteur de pressions différentielles.

III) CONDITIONNEMENT ET TRANSMISSION DE SIGNAL

A) Questions de cours



Quelle est la résistance d'entrée des deux montages classiques ci-dessus ?

B) Montage détecteur de luminosité pour commande automatique de volets roulants

On désire réaliser un montage pilotant les volets roulants d'une habitation en fonction du jour et de la nuit. Deux solutions sont possibles :

- Utilisation d'une horloge avec programmation des heures d'ouverture et fermeture
- Mesure de la luminosité extérieure par une sonde de type LDR

La première solution nécessite d'avoir une horloge à l'heure, et ne tient pas compte de la durée jour/nuit. En fait, on choisit d'adopter les deux solutions, et nous étudierons plus particulièrement la solution utilisant les LDR (Light Dependant Resistor).

Une LDR est une résistance dont la valeur dépend du flux lumineux incident. La valeur de la résistance obéit à la loi approchée :

$$R = AL^{-\gamma}$$

avec :

R : résistance (Ohms)

A, γ : Constantes liées à la fabrication

L : Intensité lumineuse exprimée en Lux

Afin de donner quelques repères, voici quelques valeurs typiques :

Nuit étoilée sans lune : 0.002 Lux

Clair de lune (pleine lune) : 0.5 Lux

Extérieur, journée ciel couvert : 1000 Lux

Plein soleil : 30 000 Lux

1) On choisit une LDR dont on mesure la résistance à 10 et à 100 Lux. Les valeurs obtenues sont les suivantes :

$$R_{10} = 35\,000 \text{ Ohms}$$

$$R_{100} = 5\,800 \text{ Ohms}$$

Calculez les coefficients A et γ

2) Le fabricant spécifie les valeurs typiques $R_{10} = 34\,000 \text{ Ohms}$, $\gamma = 0.8$, que nous adopterons pour les calculs qui suivront.

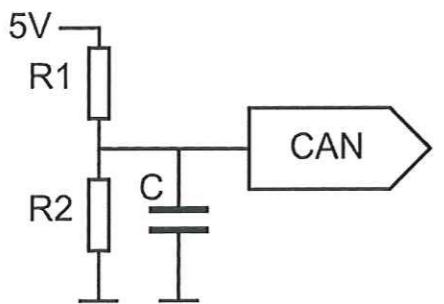
Déterminez le coefficient A correspondant

3) Valeurs des résistances dans différents cas de figure.

- a) Quelle sera la valeur de la résistance par une belle journée ?
- b) Quelle sera la valeur de la résistance pour une nuit de pleine lune ?
- c) On fixe le seuil Jour / Nuit à 2 Lux. Donnez la valeur de la résistance de la LDR

4) On place la LDR dans un pont de résistances connecté sur l'entrée d'un convertisseur Analogique/Numérique selon le schéma ci-dessous. Le condensateur C filtre les fluctuations rapides de luminosité. On souhaite que la tension à l'entrée du CAN augmente lorsque la luminosité augmente.

Des résistances R1 ou R2 sur le schéma suivant, laquelle figure la LDR ?



5) La résistance fixe du pont a une valeur de 100 000 Ohms. Le pont est alimenté par une tension stabilisée de 5V.

Calculez les tensions à l'entrée du CAN pour les luminosités suivantes :

- clair de lune,
- seuil jour / nuit,
- grand soleil.

6) En fonctionnement sur 8 bits,
quelles seront les valeurs décimales obtenues avec le CAN pour ces 3 cas avec une tension d'entrée admissible comprise entre 0 et 5V ?

7) L'horloge de cadencement du convertisseur est de 500 kHz.

Calculez la durée de conversion.

8) Calculez l'incertitude absolue sur la mesure de la luminosité pour une variation de 1bit au niveau du seuil jour / Nuit.

Confusion entre R (platine 13%-platine) et S platine 10%-platine)

Première mesure avec un thermocouple de type S (platine-platine rhodié 13%) une température de 784°C (7752 microvolts/0°C) avec une température de référence de 21°C ce qui fournit une fém (7752-117=7635). On maîtrise la température de référence grâce à une résistance platine Pt100. Si on croit avoir affaire à un thermocouple de type S. La fém à 21°C est 119 microV . Partant de 7635 et tenant compte de la T° de référence, on recherche la fém pour la T° chaude 7635+119 = 7754 on croira avoir à une température de 837 °C .

Entre 630 et 1064°C, la f.e.m. du thermocouple Pt-Rh 10% / Pt peut être reliée à la température au vingtième de degré près par la fonction simple $\theta = ae^2 + be + c$ où $a = -1,225$, $b = 110,1$ et $c = 57,3$. Dans cette formule, les f.e.m. sont en mV et les températures en °C. Quelle est la sensibilité du thermocouple Pt-Rh 10 % / Pt au voisinage de 1000 °C ?

MESURE D'UN DEBIT DE GAZ AVEC UN TUBE DE PITOT

Les deux sorties du tube de Pitot sont reliées à un manomètre en U. On suppose que la vitesse du gaz est constante sur toute la section de la conduite.

- a) Exprimez la vitesse V du gaz dans la conduite en fonction de h lu sur le manomètre.
- b) A partir des données ci-dessous, déterminez le débit maximal mesurable.
- c) Déterminez l'incertitude sur ce débit maximal.

Données : Diamètre conduite = $8 \cdot 10^{-2} \pm 10^{-4}$ m

Masse volumique du gaz $\rho_g = 1,293 \pm 0,005$ kg.m $^{-3}$

Masse volumique du liquide $\rho_l = 745,5 \pm 0,3$ kg.m $^{-3}$

Gravité $g = 9,808 \pm 0,002$ m.s $^{-2}$

Hauteur maximale $h = 0,6$ m (incertitude absolue $0,5 \cdot 10^{-3}$)

- d) on veut remplacer le manomètre en U par un manomètre de pression différentielle. Quelles caractéristiques devra-t-il posséder ?

Tables de Référence Internationales pour Thermocouples au **NICKEL-CHROME/NICKEL-ALUMINIUM**

Jonction de Référence à 0°C

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-270	-6458									
-260	-6441	-6446	-6448	-6450	-6452	-6453	-6455	-6456	-6457	
-250	-6404	-6408	-6413	-6417	-6421	-6425	-6429	-6432	-6435	-6438
-240	-6344	-6351	-6358	-6364	-6371	-6377	-6382	-6388	-6394	-6399
-230	-6262	-6271	-6280	-6289	-6297	-6306	-6314	-6322	-6329	-6337
-220	-6158	-6170	-6181	-6192	-6202	-6213	-6223	-6233	-6243	-6253
-210	-6035	-6048	-6061	-6074	-6087	-6099	-6111	-6123	-6135	-6147
-200	-5891	-5907	-5922	-5936	-5951	-5965	-5980	-5994	-6007	-6021
-190	-5730	-5747	-5763	-5780	-5798	-5813	-5829	-5845	-5860	-5876
-180	-5550	-5569	-5587	-5606	-5624	-5642	-5660	-5678	-5695	-5712
-170	-5354	-5374	-5394	-5414	-5434	-5454	-5474	-5493	-5512	-5531
-160	-5141	-5163	-5185	-5207	-5228	-5249	-5271	-5292	-5313	-5333
-150	-4912	-4936	-4959	-4983	-5006	-5029	-5051	-5074	-5097	-5119
-140	-4669	-4694	-4719	-4743	-4768	-4792	-4817	-4841	-4865	-4889
-130	-4410	-4437	-4463	-4489	-4515	-4541	-4567	-4593	-4618	-4644
-120	-4138	-4166	-4193	-4221	-4248	-4276	-4303	-4330	-4357	-4384
-110	-3852	-3881	-3910	-3939	-3968	-3997	-4025	-4053	-4082	-4110
-100	-3553	-3584	-3614	-3644	-3674	-3704	-3734	-3764	-3793	-3823
-90	-3242	-3274	-3305	-3337	-3368	-3399	-3430	-3461	-3492	-3523
-80	-2920	-2953	-2985	-3018	-3050	-3082	-3115	-3147	-3179	-3211
-70	-2588	-2620	-2654	-2687	-2721	-2754	-2788	-2821	-2854	-2887
-60	-2243	-2277	-2312	-2347	-2381	-2416	-2450	-2484	-2518	-2552
-50	-1889	-1925	-1961	-1996	-2032	-2067	-2102	-2137	-2173	-2208
-40	-1527	-1563	-1600	-1636	-1673	-1709	-1745	-1781	-1817	-1853
-30	-1156	-1193	-1231	-1268	-1305	-1342	-1379	-1416	-1453	-1490
-20	-777	-816	-854	-892	-930	-968	-1005	-1043	-1081	-1118
-10	-392	-431	-469	-508	-547	-585	-624	-662	-701	-739
0	0	-39	-79	-118	-157	-197	-236	-275	-314	-353
10	0	39	79	119	158	198	238	277	317	357
20	397	437	477	517	557	597	637	677	718	758
30	798	838	879	919	960	1000	1041	1081	1122	1162
40	1203	1244	1285	1325	1366	1407	1448	1489	1529	1570
50	1611	1652	1693	1734	1776	1817	1858	1899	1940	1981
60	2022	2064	2105	2146	2188	2229	2270	2312	2353	2394
70	2436	2477	2519	2560	2601	2643	2684	2726	2767	2809
80	2850	2892	2933	2975	3016	3058	3100	3141	3183	3224
90	3266	3307	3349	3390	3432	3473	3515	3558	3598	3639
100	3681	3722	3764	3805	3847	3888	3930	3971	4012	4054
110	4095	4137	4178	4219	4261	4302	4343	4384	4426	4467
120	4508	4549	4590	4632	4673	4714	4755	4796	4837	4879
130	4919	4960	5001	5042	5083	5124	5164	5205	5246	5287
140	5327	5368	5409	5450	5490	5531	5571	5612	5652	5693
150	5733	5774	5814	5855	5895	5936	5976	6016	6057	6097
160	6137	6177	6218	6258	6298	6338	6378	6419	6459	6499
170	6539	6579	6619	6659	6699	6739	6779	6819	6859	6899
180	6939	6979	7019	7059	7109	7139	7179	7219	7259	7299
190	7338	7378	7418	7458	7498	7538	7578	7618	7658	7697
200	7737	7777	7817	7857	7897	7937	7977	8017	8057	8097
210	8137	8177	8216	8256	8296	8336	8376	8416	8456	8497
220	8537	8577	8617	8657	8697	8737	8777	8817	8857	8898
230	8938	8978	9018	9058	9099	9139	9179	9220	9260	9300
240	9341	9381	9421	9462	9502	9543	9583	9624	9664	9705
250	9745	9785	9826	9867	9907	9948	9989	10029	10070	10111
260	10151	10192	10233	10274	10315	10355	10398	10437	10478	10519
270	10560	10600	10641	10682	10723	10764	10805	10846	10887	10928
280	10969	11010	11051	11093	11134	11175	11216	11257	11298	11339
290	11381	11422	11463	11504	11546	11587	11628	11669	11711	11752
290	11793	11835	11876	11918	11959	12000	12042	12083	12125	12166

FEM absolue du thermocouple, en microvolts

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
300	12207	12249	12290	12332	12373	12415	12456	12498	12539	12581
310	12623	12664	12706	12747	12789	12831	12872	12914	12955	12997
320	13039	13080	13122	13164	13205	13247	13289	13331	13372	13414
330	13456	13497	13539	13581	13623	13665	13706	13748	13790	13832
340	13874	13915	13957	13999	14041	14083	14125	14167	14208	14250
350	14292	14334	14376	14418	14460	14502	14544	14586	14628	14670
360	14712	14754	14796	14838	14880	14922	14964	15006	15048	15090
370	15132	15174	15216	15258	15300	15342	15384	15426	15468	15510
380	15552	15594	15636	15679	15721	15763	15805	15847	15889	15

Tables de Référence Internationales pour Thermocouples au PLATINE RHODIE 10%

Jonction de Référence à 0°C

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

-50	-236									
-40	-194	-199	-203	-207	-211	-215	-220	-224	-228	-232
-30	-155	-159	-164	-168	-173	-177	-181	-186	-190	
-20	-103	-108	-112	-117	-122	-127	-132	-136	-141	-145
-10	-53	-58	-63	-68	-73	-78	-83	-88	-93	-98
0	0	-5	-11	-16	-21	-27	-32	-37	-42	-48
50	299	305	312	318	325	331	338	345	351	358
60	365	371	378	385	391	398	405	412	419	425
70	432	439	446	453	460	467	474	481	488	495
80	502	509	516	523	530	537	544	551	558	566
90	573	580	587	594	602	609	616	623	631	638
100	645	653	660	667	675	682	690	697	704	712
110	719	727	734	742	749	757	764	772	780	787
120	795	802	810	818	825	833	841	848	856	864
130	872	879	887	895	903	910	918	926	934	942
140	950	957	965	973	981	989	997	1005	1013	1021
150	1029	1037	1045	1053	1061	1069	1077	1085	1093	1101
160	1109	1117	1125	1133	1141	1149	1158	1166	1174	1182
170	1190	1198	1207	1215	1223	1231	1240	1248	1256	1264
180	1273	1281	1289	1297	1306	1314	1322	1331	1339	1347
190	1356	1364	1373	1381	1389	1398	1406	1415	1423	1432
200	1440	1448	1457	1465	1474	1482	1491	1499	1508	1516
210	1525	1534	1542	1551	1559	1568	1576	1585	1594	1602
220	1611	1620	1628	1637	1645	1654	1663	1671	1680	1689
230	1698	1706	1715	1724	1732	1741	1750	1759	1767	1776
240	1785	1794	1802	1811	1820	1829	1838	1846	1855	1864
250	1873	1882	1891	1899	1908	1917	1926	1935	1944	1953
260	1962	1971	1979	1988	1997	2006	2015	2024	2033	2042
270	2051	2060	2069	2078	2087	2096	2105	2114	2123	2132
280	2141	2150	2159	2168	2177	2186	2195	2204	2213	2222
290	2232	2241	2250	2259	2268	2277	2286	2295	2304	2314
300	2323	2332	2341	2350	2359	2368	2378	2387	2396	2405
310	2414	2424	2433	2442	2451	2460	2470	2479	2488	2497
320	2506	2516	2525	2534	2543	2553	2562	2571	2581	2590
330	2599	2608	2618	2627	2636	2646	2655	2664	2674	2683
340	2692	2702	2711	2720	2730	2739	2748	2758	2767	2776
350	2786	2795	2805	2814	2823	2833	2842	2852	2861	2870
360	2880	2889	2899	2908	2917	2927	2936	2946	2955	2965
370	2974	2984	2993	3003	3012	3022	3031	3041	3050	3059
380	3069	3078	3088	3097	3107	3117	3126	3136	3145	3155
390	3174	3183	3193	3202	3212	3221	3231	3241	3250	
400	3260	3269	3279	3288	3298	3308	3317	3327	3336	3346
410	3356	3365	3375	3384	3394	3404	3413	3423	3433	3442
420	3452	3462	3471	3481	3491	3500	3510	3520	3529	3539
430	3549	3558	3568	3578	3587	3597	3607	3616	3626	3636
440	3645	3655	3665	3675	3684	3694	3704	3714	3723	3733
450	3743	3752	3762	3772	3782	3791	3801	3811	3821	3831
460	3840	3850	3860	3870	3879	3889	3899	3909	3919	3928
470	3938	3948	3958	3968	3977	3987	3997	4007	4017	4027
480	4036	4046	4056	4066	4076	4086	4095	4105	4115	4125
490	4135	4145	4155	4164	4174	4184	4194	4204	4214	4224
500	4234	4243	4253	4263	4273	4283	4293	4303	4313	4323
510	4333	4343	4352	4362	4372	4382	4392	4402	4412	4422
520	4432	4442	4452	4462	4472	4482	4492	4502	4512	4522
530	4532	4542	4552	4562	4572	4582	4592	4602	4612	4622
540	4632	4642	4652	4672	4682	4692	4702	4712	4722	

FEM absolue du thermocouple, en microvolts

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

550	4732	4742	4752	4762	4772	4782	4792	4802	4812	4822
560	4832	4842	4852	4862	4873	4883	4893	4903	4913	4923
570	4933	4943	4953	4963	4973	4984	4994	5004	5014	5024
580	5034	5044	5054	5065	5075	5085	5095	5105	5115	5125
590	5136	5146	5156	5166	5176	5186	5197	5207	5217	5227
600	5237	5247	5258	5268	5278	5288	5298	5309	5319	5329
610	5339	5350	5360	5370	5380	5391	5401	5411	5421	5431
620	5442	5452	5462	5473	5483	5493	5503	5514	5524	5534
630	5544	5555	5565	5575	5586	5596	5606	5617	5627	5637
640	5648	5658	5668	5679	5689	5700	5710	5720	5731	5741
650	5751	5762	5772	5782	5793	5803	5814	5824	5834	5845
660	5855	5866	5876	5887	5897	5907	5918	5928	5939	5949
670	5960	5970	598							