

Exercice 1

The sensitivity of a probe platinum whose resistance is 100Ω at 0°C is of the order of $3.9 \times 10^{-3} \Omega/\text{°C}$ assumed substantially constant with temperature (linear variation of resistance with temperature). Calculate the accuracy of the temperature measurement if we measure the resistance of the probe with an uncertainty of 0.1% in the vicinity of 100°C .

Exercice 2

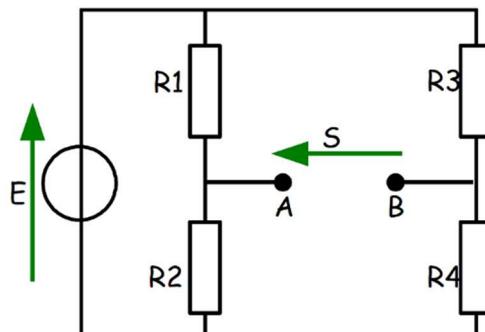
Un capteur résistif d'humidité h a pour équation $R(h) = Ae^{-Bh}$ avec $A = 6.92 \times 10^{12}$, $B = 21$.

1. Quelle est la résistance du capteur, notée R_{50} à 50 % d'humidité ($h = 0.5$) ?
2. Considérant que h est quelconque, quelle est la résistance équivalente $R_l(h)$ obtenue par l'installation en parallèle de la résistance $R(h)$ avec une résistance $R' = 1 \text{ M}\Omega$.
3. Pour quelle raison brancher ces deux résistances $R(h)$ et R' en parallèle ?

La résistance $R_l(h)$ est placée dans un pont de Wheatstone (voir ci-contre). Les résistances R_2 et R_4 sont égales et valent $10 \text{ k}\Omega$.

4. Démontrer que la tension entre A et B s'exprime :

$$S = V_A - V_B = E \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_4}{R_3 + R_4} \right)$$



5. Quelle est la condition d'équilibre ($S = 0$) de ce pont ?
6. Quelle est la valeur de la résistance R_3 sachant que le pont est à l'équilibre pour 50% d'humidité ?
7. Calculer les tensions S_{60} , S_{80} et S_{100} , pour les différentes valeurs de la résistance du capteur (R_{60} , R_{80} et R_{100}) à une humidité respective de 60%, 80% et 100%.

8. Pour différentes valeurs de l'humidité relative h , on a relevé la tension de déséquilibre du pont ainsi que la valeur de la résistance R_1 . En déduire la valeur de E .

h [%]	0	20	40	60	80	100
R_1 [kΩ]	1000	999	998	959	259	5
S [mV]	-0.21	-0.18	-0.17	1.4	106.1	2497

Exercice 3

On souhaite mesurer la température d'un polymère dans un réacteur.

1. Choix du capteur de température

Pour des raisons de qualité du produit fabriqué, on souhaite obtenir une précision de mesure de 0,8 °C à la température de 200 °C. L'objectif de cette étude est d'obtenir cette précision sur une étendue de mesure de 0 à 300 °C, tout en minimisant les coûts de maintenance. Toutes les mesures de température sont obtenues à l'aide de capteurs de type Pt 100 en montage 3 fils.

- 1.1. Rappeler le principe physique de mesure de température par un capteur à sonde résistive Pt 100, et indiquer le rôle du montage 3 fils.
- 1.2. À l'aide de l'annexe 1, donner la classe du capteur devant être choisi pour répondre au cahier des charges. Justifier.

2. Principe d'abaissement de résistance

Le principe consiste à placer une résistance de valeur élevée en parallèle sur le capteur, pour désensibiliser la dispersion de valeur, en cas de changement du capteur : ce dispositif permet de garantir l'interchangeabilité de tout capteur de la même classe. À l'aide d'un four d'étalonnage de grande précision, on mesure la valeur ohmique délivrée par le capteur choisi et, par une résistance de valeur adéquate placée en parallèle, on porte sa valeur fictive à la limite basse de sa précision.

- 2.1. La température du four est fixée à 200 °C. La résistance mesurée R_T du capteur par un ohmmètre de grande précision est de 175,43 Ω. À l'aide de l'annexe 2, déterminer la valeur de température correspondante θ_T au 1/100 °C près. Vous détaillerez la méthode scientifique suivie pour avoir une telle précision.
- 2.2. À l'aide de l'annexe 2, donner la valeur de résistance souhaitée R_S afin de se placer à la valeur entière de limite basse de précision, soit 198 °C.
- 2.3. On place alors une résistance de correction R_C en parallèle avec celle du capteur dans la « tête » de ce dernier afin d'abaisser sa valeur de résistance.
Calculer la valeur de la résistance R_C (au centième d'Ohm près) afin d'obtenir la valeur de résistance souhaitée R_S .

On utilisera une résistance de valeur normalisée précise $R_C = 120,00 \text{ k}\Omega$. En déduire la valeur réelle de R_S .

À l'aide de l'annexe 2, déterminer la nouvelle valeur de température θ_S correspondante.

Donner l'erreur absolue de la température mesurée θ_S par rapport à la température θ_T déterminée en 2.1 et déterminer l'erreur relative.

Annexe 1

Valeurs des tolérances pour éléments de 100 Ohms
Intervalle fondamental 38,5 ohms

Température °C	Tolérance IEC 751:1983 (NF C 42-330, DIN 43760, BS 1904)			
	Classe A		Classe B	
	± °C	± Ohms	± °C	± Ohms
-200	0,55	0,24	1,3	0,56
-100	0,35	0,14	0,8	0,32
0	0,15	0,06	0,3	0,12
100	0,35	0,13	0,8	0,30
200	0,55	0,20	1,3	0,48
300	0,75	0,27	1,8	0,64
400	0,95	0,33	2,3	0,79
500	1,15	0,38	2,8	0,93
600	1,35	0,43	3,3	1,06
650	1,45	0,46	3,6	1,13
700	—	—	3,8	1,17
800	—	—	4,3	1,28
850	—	—	4,6	1,34

Annexe 2

Relation entre résistance et température dans la plage de -200°C à 300°C pour élément sensible de thermomètre à résistance de platine

Temperature[°C] vs. resistance [Ohm] IEC 751. - ITS-90.

°C	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
-200	18,493										
-190	22,803	22,374	21,944	21,514	21,083	20,653	20,221	19,790	19,358	18,926	18,493
-180	27,078	26,652	26,226	25,799	25,372	24,945	24,517	24,089	23,661	23,232	22,803
-170	31,320	30,897	30,474	30,051	29,627	29,203	28,779	28,354	27,929	27,504	27,078
-160	35,531	35,111	34,691	34,271	33,850	33,429	33,008	32,587	32,165	31,742	31,320
-150	39,714	39,297	38,879	38,462	38,044	37,626	37,208	36,789	36,370	35,951	35,531
-140	43,869	43,455	43,040	42,625	42,210	41,795	41,379	40,963	40,547	40,130	39,714
-130	47,999	47,587	47,175	46,763	46,350	45,937	45,524	45,111	44,697	44,283	43,869
-120	52,106	51,696	51,286	50,876	50,466	50,055	49,645	49,234	48,822	48,411	47,999
-110	56,190	55,783	55,375	54,967	54,559	54,151	53,742	53,333	52,924	52,515	52,106
-100	60,254	59,849	59,443	59,037	58,631	58,225	57,818	57,412	57,005	56,598	56,190
-90	64,299	63,895	63,491	63,087	62,683	62,279	61,874	61,469	61,065	60,659	60,254
-80	68,325	67,923	67,521	67,119	66,717	66,314	65,911	65,508	65,105	64,702	64,299
-70	72,335	71,934	71,534	71,134	70,733	70,332	69,931	69,530	69,128	68,727	68,325
-60	76,328	75,930	75,531	75,132	74,733	74,333	73,934	73,534	73,135	72,735	72,335
-50	80,307	79,910	79,512	79,115	78,717	78,319	77,921	77,523	77,125	76,727	76,328
-40	84,271	83,875	83,479	83,083	82,687	82,291	81,894	81,498	81,101	80,704	80,307
-30	88,222	87,828	87,433	87,038	86,643	86,248	85,853	85,458	85,063	84,667	84,271
-20	92,160	91,767	91,374	90,980	90,587	90,193	89,799	89,405	89,011	88,617	88,222
-10	96,086	95,694	95,302	94,910	94,517	94,125	93,732	93,339	92,946	92,553	92,160
0	100,000	99,609	99,218	98,827	98,436	98,045	97,653	97,262	96,870	96,478	96,086
°C	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100,391	100,781	101,172	101,562	101,953	102,343	102,733	103,123	103,513	103,902	
10	103,902	104,292	104,681	105,071	105,460	105,849	106,238	106,627	107,016	107,404	107,793
20	107,793	108,181	108,570	108,958	109,346	109,734	110,122	110,509	110,897	111,284	111,672
30	111,672	112,059	112,446	112,833	113,220	113,607	113,994	114,380	114,767	115,153	115,539
40	115,539	115,925	116,311	116,697	117,083	117,469	117,854	118,240	118,625	119,010	119,395
50	119,395	119,780	120,165	120,550	120,934	121,319	121,703	122,087	122,471	122,855	123,239
60	123,239	123,623	124,007	124,390	124,774	125,157	125,540	125,923	126,306	126,689	127,072
70	127,072	127,454	127,837	128,219	128,602	128,984	129,366	129,748	130,130	130,511	130,893
80	130,893	131,274	131,656	132,037	132,418	132,799	133,180	133,561	133,941	134,322	134,702
90	134,702	135,083	135,463	135,843	136,223	136,603	136,982	137,362	137,741	138,121	138,500
100	138,500	138,879	139,258	139,637	140,016	140,395	140,773	141,152	141,530	141,908	142,286
110	142,286	142,664	143,042	143,420	143,797	144,175	144,552	144,930	145,307	145,684	146,061
120	146,061	146,438	146,814	147,191	147,567	147,944	148,320	148,696	149,072	149,448	149,824
130	149,824	150,199	150,575	150,950	151,326	151,701	152,076	152,451	152,826	153,200	153,575
140	153,575	153,950	154,324	154,698	155,072	155,446	155,820	156,194	156,568	156,941	157,315
150	157,315	157,688	158,061	158,435	158,808	159,180	159,553	159,926	160,298	160,671	161,043
160	161,043	161,415	161,787	162,159	162,531	162,903	163,274	163,646	164,017	164,388	164,760
170	164,760	165,131	165,501	165,872	166,243	166,613	166,984	167,354	167,724	168,095	168,465
180	168,465	168,834	169,204	169,574	169,943	170,313	170,682	171,051	171,420	171,789	172,158
190	172,158	172,527	172,895	173,264	173,632	174,000	174,368	174,736	175,104	175,472	175,840
200	175,840	176,207	176,576	176,942	177,309	177,676	178,043	178,410	178,777	179,143	179,510
210	179,510	179,876	180,242	180,609	180,975	181,340	181,706	182,072	182,437	182,803	183,168
220	183,168	183,533	183,899	184,264	184,628	184,993	185,358	185,722	186,087	186,451	186,815
230	186,815	187,179	187,543	187,907	188,271	188,634	188,998	189,361	189,724	190,088	190,451
240	190,451	190,813	191,176	191,539	191,901	192,264	192,626	192,988	193,350	193,712	194,074
250	194,074	194,436	194,798	195,159	195,520	195,882	196,243	196,604	196,965	197,326	197,686
260	197,686	198,047	198,407	198,768	199,128	199,488	199,848	200,208	200,568	200,927	201,287
270	201,287	201,646	202,006	202,365	202,724	203,083	203,442	203,800	204,159	204,517	204,876
280	204,876	205,234	205,592	205,950	206,308	206,666	207,024	207,381	207,739	208,096	208,453
290	208,453	208,810	209,167	209,524	209,881	210,237	210,594	210,950	211,307	211,663	212,019
300	212,019	212,375	212,731	213,086	213,442	213,797	214,153	214,508	214,863	215,218	215,573
310	215,573	215,928	216,282	216,637	216,991	217,346	217,700	218,054	218,408	218,762	219,115
320	219,115	219,469	219,822	220,176	220,529	220,882	221,235	221,588	221,941	222,294	222,646
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Exercice 4

La résistance R d'une thermistance, formée d'un matériau semi-conducteur, varie avec la température absolue T suivant la loi : $R(T) = R_0 \exp\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_0}\right)$, où B , $R_0 = 12k\Omega$ et $T_0 = 298K$ sont des constantes.

1. Que représente la constante R_0 ?

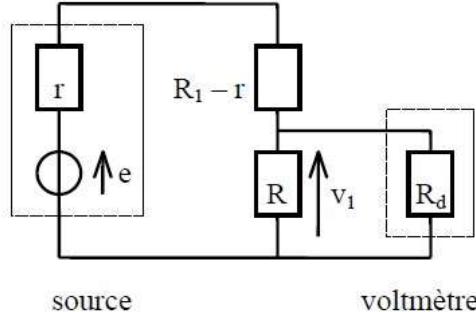
2. Exprimer le coefficient de température $\alpha = \frac{1}{R(T)} \frac{dR(T)}{dT}$ en fonction de B et de T .

3. Calculer B sachant que $\alpha(T = 298 K) = -4,135 \cdot 10^{-2} K^{-1}$.

4. Calculer R aux températures $0^\circ C$ et $100^\circ C$.

Un montage potentiométrique est représenté sur la figure ci-contre. Le générateur délivre la tension d'alimentation e et a pour résistance interne r . Le voltmètre de résistance interne R_d mesure la tension aux bornes de la résistance thermométrique R qui dépend de T .

5. Exprimer v_1 en fonction de R_1 , R , R_d , et e .



6. Comment doit-on choisir R_d pour que la tension v_1 ne dépende pas trop du voltmètre utilisé (c'est-à-dire de R_d) ? Quelle est alors l'expression de v_1 ? On suppose cette condition désormais réalisée.

7. À $T = T_0$, la résistance thermométrique R a pour valeur R_0 et la tension de mesure la valeur v_1 . Ces conditions définissent un point moyen de fonctionnement. Lorsque R varie de ΔR , v_1 varie de Δv_1 .

En se limitant au cas où $\Delta R \ll R$ on a $\frac{\Delta v_1}{\Delta R} = \frac{dv_1}{dR}$. Exprimer dans ce cas Δv_1 en fonction de ΔR , R_1 , R et e ,

8. Pour quelle valeur de R_1 la sensibilité $\frac{\Delta v_1}{\Delta R}$ est-elle maximale au voisinage de $T = T_0$? Calculer cette sensibilité maximale.