UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE D'ORAN - MOHAMMED BOUDIAF		
Faculté de Génie électrique	**Département d'électronique**	**L2 S4**
Génie Biomédical	**TD n°4**	**Capteurs de Grandeurs Physiques**

Exercice 1 :

On désire mesurer la température par une résistance thermométrique de nickel dont le comportement avec la température T exprimée en °C est donné par : $R(T) = R_0(1 + AT + BT^2)$, avec $R_0 = 100\ \Omega$, $A = 5{,}49.10^{-3}/°\text{C}$ et $B = 6{,}67.10^{-6}/°\text{C}^2$. La résistance thermométrique est montée en série avec une résistance fixe R et le tout est alimentée par une source de tension de fem $V_g = 1\ V$ et de résistance interne $R_g = 50\ \Omega$.

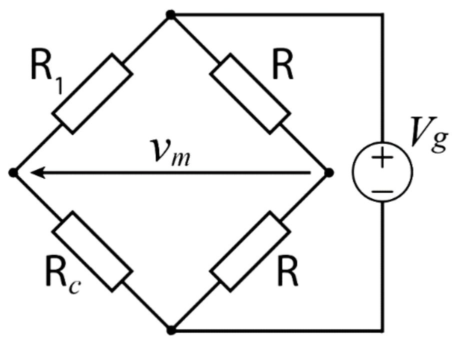
1. Donner l'expression de la tension de mesure $v_m(T)$ prise aux bornes de la résistance thermométrique.

2. On choisit comme référence de température $T_0 = 0$ °C et on limite la gamme de mesure à ±10°C. Donner l'expression de $\Delta R(T)$ de la résistance thermométrique pour une température T par rapport à T_0.

3. En déduire la variation Δv_m correspondante.

Exercice 2 :

On considère une résistance thermométrique Pt100 de résistance $R_c(T) = R_0(1 + \alpha T)$ où T représente la température en °C, $R_0 = 100\ \Omega$ la résistance à 0 °C et $\alpha = 3{,}85.10^{-3}$ °C^{-1} le coefficient de température. Cette résistance est placée dans un pont de Wheatstone alimenté par une source de tension de fem V_g et de résistance interne négligeable (**Fig.** 2.1).

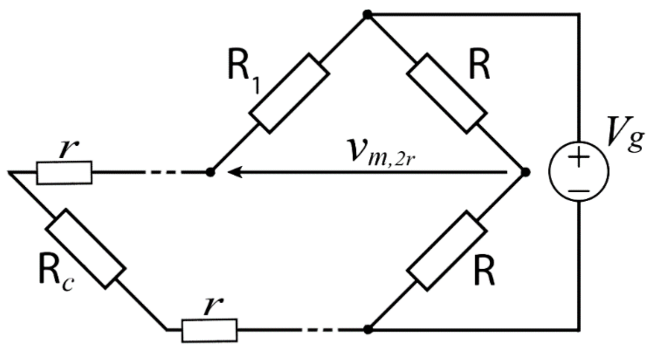


1. On se limite à la GM 0 à 100 °C, et on équilibre le pont pour la valeur $T_0 = 50$ °C de la température pour laquelle on pose $R_c(T) = R_{c0}$. Déterminer la valeur de R_1 permettant l'équilibre du pont.

2. On limite le courant I dans la Pt100 à moins de 5 mA afin de pouvoir négliger l'auto échauffement. Fixer la valeur maximale de la tension d'alimentation permettant cette limitation du courant.

3. Etablir l'expression de la tension différentielle de mesure pour une valeur quelconque de la température pour laquelle on posera : $R_c(T) = R_c(T_0 + \Delta T) = R_{c0} + \Delta R_c$ et $v_m(T) = v_m(T_0 + \Delta T) = v_{m,0} + \Delta v_m$

4. Le capteur est maintenant mis en service à grande distance de l'électronique constituée par le pont, de son alimentation et du système de mesure de la tension différentielle. La résistance des fils de liaison n'est plus négligeable, et est modélisée selon la figure 2.2 par deux résistances supplémentaires r. Calculer la tension de déséquilibre $v_{m,2r}$ du pont dans ce cas.



Exercice 3 :

Une jauge de contrainte est collée à une poutre en acier de 10 cm de longueur et possède une section transversale de 4 cm². Le module d'élasticité de Young pour l'acier est de 20,7x10^{10} N/m². La jauge de contrainte a une résistance nominale (sans contrainte) de 240 Ω et un facteur de jauge de 2,2. Lorsqu'une charge est appliquée, la résistance de la jauge varie de 0,013 Ω.

1. Calculez la variation de la longueur de la poutre d'acier.

2. Calculez la valeur de la force appliquée à la poutre.

3. Idéalement, nous préférerions que la jauge de contrainte change de résistance uniquement par rapport à la déformation induite par la contrainte dans l'éprouvette, mais la résistivité et la sensibilité à la contrainte de tous les matériaux connus varient avec la température.

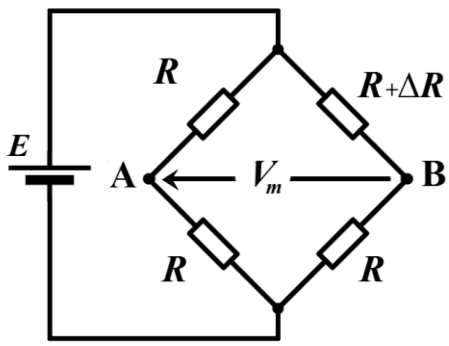
La résistance d'un conducteur à une température donnée, T est $R_T = R_{T0}(1 + \alpha_0 \Delta T)$

Où R_{T0} est la résistance à la température de référence T_0, α_0 est le coefficient de température et ΔT et la variation de la température par rapport à T_0.

a. Calculez la variation de la résistance de la jauge, causée par une variation de température de 1 °C. Le coefficient de température est égal à 0,003925/°C.

b. Comparez les deux types de variation de de la résistance de la jauge, que peut-on conclure ?

4. La jauge de contrainte précédente est utilisée dans un montage en pont de Wheatstone (Fig 3.1).



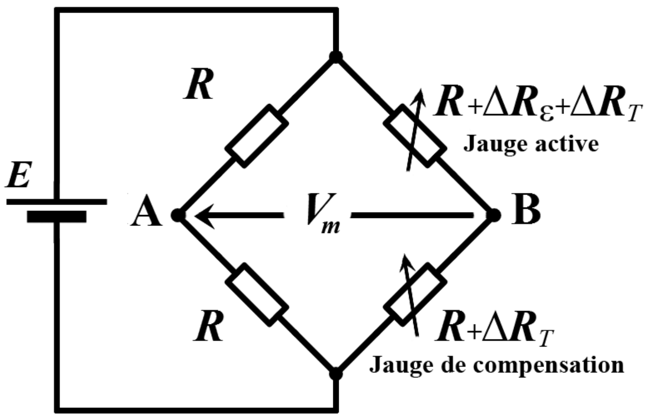
Donnez l'expression de la tension de mesure du pont en déséquilibre.

5. La figure 3.2 montre une solution pour la compensation en température de la jauge. Déterminez v_m, en sachant que $R_0 = 240\ \Omega$ et $E = 10V$, et dans le cas où :

a. la contrainte fait accroitre la résistance de la jauge active de 0,013 Ω ;

b. la température fait accroitre la résistance des deux jauges de 9,4 Ω ;

c. la contrainte fait augmenter la résistance de la jauge active de 0,013 Ω et la température les deux résistances de 9,4 Ω.



Exercice 1 :

1. Diviseur de tension : $v_m(T) = \frac{R(T)}{R_g+R+R(T)} V_g$

2. Avec $R(T = 0) = R_0$ et $R(T) = R_0(1 + AT + BT^2) = R(0) + \Delta R$ => $\Delta R = R_0(AT + BT^2)$

3. en utilisant (l'exp rép 1):

$$\Delta v_m = v_m(T) - v_m(0) = \left(\frac{R_0 + \Delta R}{R_g + R + R_0 + \Delta R} - \frac{R_0}{R_g + R + R_0}\right) V_g$$

Exercice 2 :

1.

$$v_m = v_A - v_B = \frac{R_c}{R_c + R_1} V_g - \frac{R}{R + R} V_g = \left(\frac{R_c}{R_c + R_1} - \frac{1}{2}\right) V_g = \frac{R_c - R_1}{R_c + R_1}\frac{V_g}{2}$$

Pour T_0= 50 °C : $R_c(T_0) = R_{c0} = R_0(1 + 3{,}85.10^{-3}.50) = 119{,}25\ \Omega$
A l'équilibre du pont, on doit avoir $v_m(T_0) = v_{m,0} = 0$ soit $R_1 = R_{c0}$.

2. Le courant max pouvant circuler dans la pt100 et donné pour la valeur minimale de la résistance de la branche potentiométrique la contenant $(R_1 + R_c)$, soit $R_{c0}(rép\ 1) + R_0(pout\ T = 0°C)$ =119,25+100=219,25 Ω. Pour limiter le courant I à moins de 5 mA, il suffit de de prendre $V_g < 219{,}25\Omega \times 0{,}005\text{A} = 1{,}10$ V.

3. à partir de l'exp rép1, la tension de déséquilibre du pont s'écrit :

$$v_m = \Delta v_{mes} = \frac{R_c - R_{c0}}{R_c + R_{c0}}\frac{V_g}{2} = \frac{\Delta R_c}{(2R_{c0} + \Delta Rc)}\frac{V_g}{2}$$

4. La tension de déséquilibre du pont (exp rép. 1) dans laquelle $R_c = R_{c0} + \Delta R_c$ est remplacée par $R_c = R_{c0} + 2r + \Delta R_c$:

$$v_{m,2r} = \frac{(R_{c0} + 2r + \Delta R_c) - R_{c0}}{(R_{c0} + 2r + \Delta R_c) + R_{c0}}\frac{V_g}{2} = \frac{2r + \Delta R_c}{2R_{c0} + 2r + \Delta R_c}\frac{V_g}{2}$$

Exercice 3 :

1.	$K = \frac{\Delta R / R}{\Delta L / L}$ $\Delta L = \frac{L}{K}\left(\frac{\Delta R}{R}\right) = \frac{0.1\text{ m}}{2.20} \times \frac{0.013\,\Omega}{240\,\Omega} = 2.46\times10^{-6}$ m
2.	A partir de $\sigma = E\varepsilon$ où $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$ et $\sigma = \frac{F}{A}$ Ainsi $\frac{F}{A} = E\frac{\Delta L}{L}$ ou $F = E\frac{\Delta L}{L}A$ $A = 4\text{ cm}^2 \times \frac{1\text{ m}^2}{10^4\text{ cm}^2} = 4\times10^{-4}\text{m}^2$ $F = 20.7\times10^{10}\frac{\text{N}}{\text{m}^2}\times\frac{2.46\times10^{-6}\text{m}}{0.1\text{ m}}\times4\times10^{-4}\text{m}$ $= 2.037\times10^3$ N

3.a	**ΔR =** $R_T - R_{T0} = R_T = R_{T0}(1 + \alpha_0 \Delta T) - R_{T0} = \alpha_0 \Delta T R_{T0}$ = 0,003925 x 1 x 240 = 0,942 Ω
3.b	La contrainte appliquée par la charge précédemment a causé uniquement une variation de la résistance de la jauge de 0,0013 Ω, ainsi la variation de la résistance causée par la température est 72,5 fois plus grande que celle causée par la contrainte ($\Delta R_T / \Delta R_\sigma = 0{,}942/0{,}013 = 72{,}5$) Ainsi, il est nécessaire de compenser l'effet de la température sur la jauge de contrainte.
4.	Sans contrainte $\Delta R = 0$, les 4 résistances sont identiques, ainsi $V_{out} = 0$. Quand la contrainte est appliquée, la jauge change de résistance et devient ΔR $V_{out} = \frac{R}{R+R}E - \frac{R}{R+(R+\Delta R)}E$ $= \frac{\Delta R}{4R + 2\Delta R}E$ Avec ΔR typiquement égale à 0,01 Ω, ainsi en pratique $R >> \Delta R$ $V_{out} \approx \frac{\Delta R}{4R}E$ $V_{out} \approx \frac{KE}{4}\varepsilon$
5.a	$V_{out} = \frac{\Delta R}{4R}E = \frac{(0.013\Omega)(10\text{ V})}{4(240\Omega)} = 0.13\text{ mV}$ La contrainte produit plutôt une faible tension.
5.b	En utilisant le diviseur de tension, on peut écrire $V_{out} = \frac{(240\,\Omega)(10\text{ V})}{(240\,\Omega + 240\,\Omega)} - \frac{(249.4\,\Omega)(10\text{ V})}{(249.4\,\Omega + 249.4\,\Omega)}$ $= 5\text{ V} - 5\text{ V} = 0\text{ V}$ L'utilisation d'une jauge factice (de compensation) élimine l'effet de la température
5.c	avec un changement de la résistance induit à la fois par la température et la contrainte, $V_{out} = \frac{(240\,\Omega)(10\text{ V})}{(240\,\Omega + 240\,\Omega)} - \frac{(249.4\,\Omega)(10\text{ V})}{(249.4\,\Omega + (249.4\,\Omega + 0.013\,\Omega))}$ $= 5\text{ V} - 4.99987\text{ V} = 0.13\text{ mV}$ Ainsi même en présence d'un changement de la résistance dû à la température et la contrainte, l'emploi d'une jauge de compensation élimine l'effet de changement de température