

## Solutions des exercices Capteurs et Métrologie

### Série N° 1 :

#### Exercice I.1

Lorsque  $X=0$  ( $R_0 = 100 \Omega$ ), pour avoir  $U = 0$  on doit utiliser un pont de Wheatstone avec à l'équilibre  $R_1 R_3 = R_2 R_0$ . Pour avoir une sensibilité maximale du pont on choisit

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_0 = 100 \Omega$$

La puissance dissipée dans le capteur est  $P = R_0 I^2 = E^2 / R_0 < 100 \text{ mW}$  soit  $E < 6,32 \text{ V}$

On choisit  $E = 6 \text{ V}$  (4 piles de 1,5 V)

Lorsque  $X = X_{\text{max}}$ ,  $R = 120 \Omega$  la tension de déséquilibre du pont est

$U = (120 \cdot 100 - 100 \cdot 100) \cdot 6 / 200 \cdot 220 = 0,27 \text{ V}$  pour avoir une sortie de 1 V on doit rajouter un amplificateur de gain  $G = 1/0,27 = 3,67$

#### Exercice I.2

- 1) La valeur moyenne  $X_{\text{moy}} = 960$  ; L'écart standard  $S = 2,89$  ; L'intervalle de confiance à 99 % est  $\frac{2,89 \cdot 2,86}{\sqrt{20}} = 1,85$
- 2) On rassemble en classes d'amplitude 3

classe	Effectif
[ 952 955[	1
[ 955 958[	4
[ 958 961[	7
[ 961 964[	6
[ 964 967[	2

On trace l'histogramme et on remarque que sa forme ressemble à la loi normale de Gauss.

#### Exercice I.3

- 1) Les lois de variations sont :  $R_{\text{pt}} = 100(1+0,004\theta)$  ;  $R_{\text{CTN}} = 0,0069 e^{4689/T}$  et  $U_{\text{th}} = 5 \cdot 10^{-5} (\theta - 20)$
- 2) Pour avoir une tension de déséquilibre du pont qui varie de 0 à 400 mV lorsque  $\theta$  varie de 0 à 40 °C on choisit :  $R_1 = R_2 = R_3 = R_0 = 100 \Omega$  et  $E = 10,8 \text{ V}$
- 3) L'erreur relative maximale qu'on commet en approximant la variation de la tension du pont par une relation linéaire est  $\Delta U/U = \alpha \theta_{\text{max}} / 2 = 8 \%$
- 4) Pour réaliser un capteur de même sensibilité que le précédent en utilisant le thermocouple, on doit le faire suivre d'un amplificateur de gain  $G = 216$  sans approximation linéaire ou  $G = 200$  avec approximation linéaire.
- 5) La résistance de linéarisation  $R_l = 48 \text{ k}\Omega$  avec  $T_i = 293 \text{ K}$  ;  $R_{\text{CTN}}(T_i) = 49,6 \text{ k}\Omega$  ;  $R_{\text{CTN}}'(T_i) = -2,6 \text{ k}\Omega/\text{K}$  ;  $R_{\text{eq}}(T_i) = 24,4 \text{ k}\Omega$  ;  $R_{\text{eq}}'(T_i) = -0,62 \text{ k}\Omega/\text{K}$  et la relation linéaire par laquelle elle est approximée est :  $R_{\text{ap}} = 36,8 (1 - 0,62\theta/36,8)$
- 6) Pour mettre la thermistance linéarisée dans un pont de Wheatstone on choisit :  $R_1 = R_2 = R_3 = R_0 = 36,8 \text{ k}\Omega$  et on trouve  $U_{\text{ap}} = 45 \theta$  (mV). La sensibilité est  $45 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ , elle est plus de 4 fois supérieure.

#### Exercice I.4

- 1)  $R = 50 (1 + 0,005 \theta)$
- 2) A l'équilibre  $R_1 R_3 = R_2 R_0$  d'où  $R_3 = 50 \Omega$
- 3) La tension de déséquilibre du pont varie linéairement  $U = \alpha \theta E / 4$  pour  $\theta = 100^\circ \text{C}$  on doit avoir  $U = 1 \text{ V}$  on trouve  $E = 8 \text{ V}$
- 4) Pour  $U = 400 \text{ mV}$  on trouve  $\theta = 40^\circ \text{C}$
- 5) Lorsque le capteur est parcouru par un courant  $I$  il dissipe une puissance  $P = R_0 I^2 = E^2 / 4 R_0 = 0,32 \text{ W} = 320 \text{ mW}$  et produit une élévation de température (auto échauffement)  $\theta = 320 / 30 = 10,66^\circ \text{C}$  la température réelle est  $40 - 10,66 = 29,33^\circ \text{C}$