

Master Professionnel AEII  
Capteur  
Terminal, durée 1h30

*Document autorisé : une feuille A4 recto-verso manuscrite ou dactylographiée  
Calculatrice autorisée*

---

Chaque candidat doit, en début d'épreuve, porter son nom dans le coin de la copie qu'il cachera par collage après avoir été pointé. Il devra, en outre, porter son numéro de place sur chacune des copies, intercalaires ou pièces annexées.

---

Le sujet comporte un exercice et un problème indépendant. Il est rappelé qu'un résultat numérique doit toujours être accompagné de l'unité de la grandeur calculée (idéalement une unité du système international d'unité) et que le nombre de chiffres significatifs utilisé doit être cohérent avec la résolution des systèmes de mesure utilisés.

## 1 Calcul d'incertitude pour la mesure de résistance en deux points

On effectue la mesure d'une résistance en deux points en utilisant un montage classique : une source de courant DC est connectée à la résistance dont on cherche à évaluer la valeur. Un voltmètre mesure la tension DC aux bornes de celle-ci.

Pour éviter l'auto-échauffement de la résistance, le courant DC est très faible. En conséquence, le bruit thermique de la résistance n'est pas négligeable. Pour limiter ces erreurs aléatoires, cinq mesures de tension notées  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ ,  $V_4$  et  $V_5$  sont effectuées et la valeur moyenne de ces cinq mesures est calculée.

- 1. Faire le schéma du montage
- 2. Donner l'expression permettant d'estimer la valeur de la résistance  $R$  en fonction des tensions  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ ,  $V_4$  et  $V_5$  et du courant  $I$  circulant dans la résistance.

Deux sources indépendantes d'erreur sont considérées : l'erreur de justesse de la source de courant d'incertitude type  $u(I)$  et l'erreur de lecture du voltmètre d'incertitude type égale à  $u(V)$ . Chaque mesure de tension est donc entachée de cette erreur de lecture.

- 3. Montrer que l'incertitude composée  $u_C(R)$  sur l'estimation de la résistance  $R$  s'écrit dans ces conditions :

$$u_C(R) = \sqrt{\frac{u^2(V)}{5 \cdot I^2} + \left(\frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5}{5 \cdot I^2}\right)^2 \cdot u^2(I)}$$

Application numérique. On donne  $I = 100 \text{ nA}$  ;  $u(I)=1 \text{ nA}$  ;  $V_1=10,6 \text{ mV}$  ;  $V_2=10,7 \text{ mV}$  ;  $V_3=10,5 \text{ mV}$  ;  $V_4=10,9 \text{ mV}$  et  $V_5=10,5 \text{ mV}$ . La résolution du voltmètre est de  $100 \text{ nV}$ .

- 4.1 Calculer la valeur numérique de  $u(V)$  en utilisant des technique de type B.
- 4.2 Calculer la valeur numérique de  $R$  et son incertitude élargie avec un facteur d'élargissement  $k=2$ .

## 2 Mesure de température avec un capteur de température de type Pt100

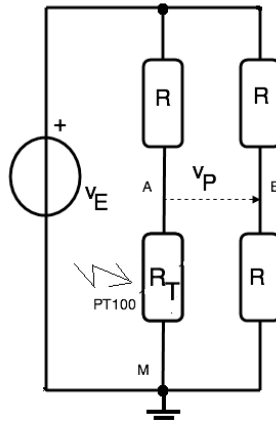
On utilise un capteur de température de type Pt100 (document du capteur fourni en annexe) pour estimer la température d'un four entre  $0^\circ\text{C}$  et  $100^\circ\text{C}$ . Un pont de Wheastone alimenté avec un générateur délivrant une tension  $v_E$  carrée de valeur moyenne nulle est utilisé. Un amplificateur différentiel de tension ne gardant que le fondamental du signal carré obtenu en sortie du pont (l'amplificateur a un comportement du type filtre passe-bas) permet d'utiliser un voltmètre efficace simple pour effectuer la lecture du résultat.

### 2.1 Etude des propriétés du capteur

- 1. Le capteur est il passif ou actif? Justifier votre réponse.
- 2. A l'aide de la fiche capteur jointe. Donner l'expression du polynome donnant la valeur de la résistance en fonction de la température dans la gamme de température choisie.
- 3. Calculer les valeurs de la résistance du capteur  $R_T$  pour  $T=0^\circ\text{C}$  ;  $20^\circ\text{C}$  ;  $50^\circ\text{C}$  et  $70^\circ\text{C}$  et compléter le tableau réponse.

### 2.2 Conditionnement de signal avec un pont de Wheastone

Le schéma du quart de pont de Wheastone est indiqué sur la figure ci-après.



- 1. Indiquer la relation existante entre  $R$  et  $R_T$  à l'équilibre du pont. Que vaut la tension  $v_P$  dans ces conditions ?
- 2. Donner l'expression de la tension en sortie du pont  $v_P$  en fonction de  $R$ ,  $R_T$  et  $V_E$ . On pourra calculer les tensions  $v_{AM}$ ,  $v_{BM}$  et on écrira que  $v_P = v_{BA} = v_{BM} - v_{AM}$ .
- 3. Que vaut le déphasage entre les tensions  $v_P$  et  $v_E$  lorsque  $R < R_T$  et lorsque  $R > R_T$  ? Compléter le tableau réponse.
- 4. On suppose dans un premier temps que la tension  $v_E$  est sinusoïdale de valeur efficace 10 V. On donne  $R = 120 \Omega$ . Calculer la valeur numérique de la valeur efficace de la tension  $V_P$  pour  $T=0^\circ\text{C}$ ;  $20^\circ\text{C}$ ;  $50^\circ\text{C}$  et  $70^\circ\text{C}$ . Déterminer également le déphasage entre le signal  $v_P$  et  $v_E$  pour ces mêmes températures. Compléter le tableau réponse.

On s'intéresse maintenant à la nature du signal alimentant le pont. Il s'agit de montrer qu'avec une tension d'alimentation carrée de valeur moyenne nulle, la puissance moyenne dissipée dans le capteur est constante.

- 5. A l'aide de l'expression de la tension  $v_{AM}$  obtenue précédemment, démontrer que la tension aux bornes du capteur est proportionnelle à la tension d'alimentation du pont  $v_E$ .

On rappelle que la puissance  $P$  dissipée par une résistance  $R$  aux bornes de laquelle existe une tension de valeur efficace  $v_{eff}$  est donnée par  $P = v_{eff}^2/R$ .

- 6. Donner l'expression de la valeur efficace d'un signal sinusoïdal d'amplitude  $E \cdot \sqrt{2}$  et de valeur moyenne nulle ainsi que la valeur efficace d'un signal carré d'amplitude crête  $E$  et de valeur moyenne nulle.
- 7. Quelle configuration (signal carré ou signal sinusoïdal) est la plus intéressante pour obtenir un autoéchauffement constant du capteur ?

### 2.3 Amplification de la tension en sortie

L'amplificateur de tension utilisé possède un comportement de type filtre passe-bas d'ordre suffisamment élevé pour ne garder en sortie  $v_S$  que le fondamental du signal carré obtenu en sortie du pont. On suppose que celui-ci n'introduit pas de déphasage et que son impédance d'entrée est infinie. On souhaite utiliser un voltmètre efficace en sortie du pont sur le calibre 20V avec un affichage avec 3 digit. On choisit un gain différentiel  $G$  égal à 10.

- Calculer la valeur efficace du signal en sortie pour  $T=0^{\circ}\text{C}$ ;  $20^{\circ}\text{C}$ ;  $50^{\circ}\text{C}$  et  $70^{\circ}\text{C}$  et compléter le tableau réponse.

## 2.4 Etude du système complet

- 1. Déterminer la température du capteur dans les deux conditions suivantes :
  - a. Valeur efficace de  $v_S = 1,3\text{ V}$ ;  $v_S$  en phase avec  $v_P$
  - b. Valeur efficace de  $v_S = 0,7\text{ V}$ ;  $v_S$  en opposition de phase avec  $v_P$ .
- 2. Dans le cas a), déterminer le rapport signal sur bruit dans les conditions suivantes : bande équivalente de bruit  $=200\text{Hz}$ . Densité spectrale de l'amplificateur et du pont ramenée à l'entrée de l'amplificateur égale à :  $3,3\text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ .

---

Feuille réponse à rendre avec la copie.

Numéro :

---

Température	0°C	20°C	50°C	70°C
Résistance du capteur				
Valeur efficace $v_P$				
Déphasage entre $v_P$ et $v_E$				
Valeur efficace $v_S$				