



La rédaction et la présentation sont des éléments importants d'appréciation des copies. Le barème est donné à titre indicatif et susceptible de modifications. Les calculatrices, les énoncés des exercices (vus en cours et TDs) ainsi que leurs corrections manuscrites sont autorisés.

---

**Exercice 1 : 4 points**

On dispose d'un capteur de température non linéaire dans la gamme 0-300°C. Sa sensibilité n'est pas identique sur toutes les plages de température :

- +0,85 mV/°C de 0 à 80 °C,
- +0,79 mV/°C de 80 à 180°C,
- +0,70 mV/°C de 180 à 300°C.

Ce capteur fournit une tension de 520 mV à 0°C.

1. Quelle tension fournit-il à 300 °C ?
2. On suppose maintenant que ce capteur présente un défaut lors de sa descente en température. En effet les sensibilités lors de la descente en température sont :
  - +0,69 mV/°C de 300 à 180°C,
  - +0,77 mV/°C de 180 à 80 °C,
  - +0,83 mV/°C de 80 à 0°C.

En partant de la tension obtenue à la question 1, quelle sera la tension obtenue à 0°C suite à une descente en température ? A partir de cette erreur en tension, quelle est l'erreur de température induite (en considérant que votre appareil de mesure utilise les sensibilités sans défaut) ?

On décide d'utiliser un autre capteur afin de réaliser nos mesures de températures. Celui-ci est non linéaire et donne, après amplification, une tension  $U$  fonction de la température  $\theta$  en °C dans le domaine 0°C → 300°C. L'équation de sa fonction est  $U = a\theta^2 + b\theta + c$ .

3. La tension  $U$  est en mV. Les coefficients sont  $a = 2.87 \times 10^{-5}$ ,  $b = 1.69 \times 10^{-3}$  et  $c = 3.2 \times 10^{-2}$ . Quelles sont les unités de ces trois coefficients ?
  4. Quelle est la sensibilité de ce capteur ? Donner la valeur maximale et minimale de sensibilité sur la plage de température considérée ?
- 

**Exercice n°2 : 4 points**

Soit une résistance destinée à la mesure de la température dont les caractéristiques, définies par le fabricant, sont données par le tableau suivant :

$\theta$ [°C]	0	25	50	75	100
R [Ω]	100	110	120	130	140

1. Déterminer la sensibilité de cette résistance.
2. Afin de mesurer la valeur de la résistance, on utilise un Ohm-mètre d'une résolution de  $0.1 \Omega$ . Quelle est la résolution en température qui sera obtenue ?
3. On décide de mesurer la tension au lieu de mesurer directement la résistance. Pour ce faire, un courant constant de  $0.1 \text{ mA}$  parcourt la résistance et on mesure la tension aux bornes de la résistance. La personne qui a effectué le branchement n'est pas expérimentée en soudure : elle a mis une grosse boule d'étain lors de la soudure. Les tensions suivantes sont alors mesurées :

$\theta$ [°C]	0	25	50	75	100
U [mV]	10.2	11.2	12.2	13.2	14.2

- Exprimer la valeur de la résistance en fonction de la valeur de température.
- Calculer les valeurs des résistances pour les températures du tableau.
- Quel est l'effet de la boule d'étain sur ce capteur de température ?
- Comment classez-vous ce type d'erreurs : systématique ou aléatoire ?

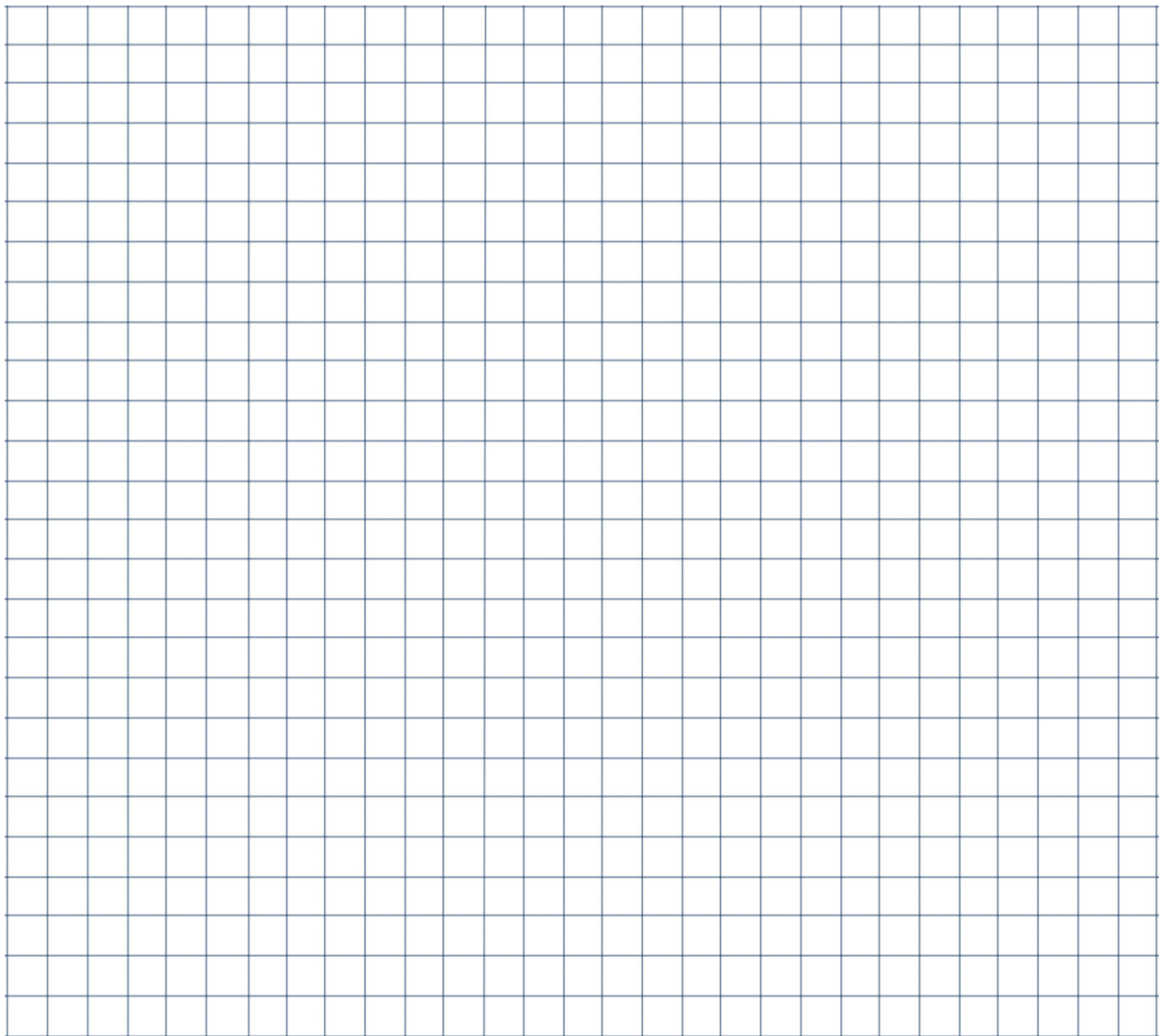
### **Exercice 3 : 4 points**

Un capteur de pression et son conditionneur donnent en sortie une tension  $v$  en fonction de la pression suivant la fonction suivante :  $v = 30.10^{-3}P - 8.10^{-6}P^2 + 6.10^{-9}P^3$ .

Dans cette expression la pression  $P$  est en hectopascal (hPa) et la tension  $v$  en millivolt (mV). La pression du milieu où l'on effectue les mesures par l'intermédiaire de ce capteur est susceptible de varier entre 100 hPa et 1500 hPa.

1. Tracer sur la page suivante l'allure de la courbe donnant  $v$  en fonction de  $P$  sur l'intervalle utile.
2. Afin d'adopter une représentation linéaire approchée, on envisage deux solutions possibles :
  - a. On linéarise en prenant la droite qui passe par les points d'abscisses 1000 hPa et 2000 hPa. Cette droite est appelée  $D_a$ .
  - b. On linéarise en prenant la droite tangente à la courbe au point d'abscisses 1000 hPa. Cette droite est appelée  $D_b$ .

Déterminer les équations des droites  $D_a$  et  $D_b$  en expliquant votre méthode.



3. Tracer les droites  $D_a$  et  $D_b$  sur la même figure que précédemment. Quelle est l'erreur maximale de linéarité et pour quelle(s) valeur(s) de  $P$  est-elle obtenue pour chaque droite ?
4. Quelle méthode générale devrait-on utiliser pour minimiser l'écart en linéarisant le signal de sortie.

---

**Problème : 8 points**

Un capteur d'une grandeur  $[G]$  comporte une tension de sortie  $s$  (en mV) liée à la mesure  $g$  de  $[G]$  par la relation ( $R_1$ ) :

$$s = 50 + 0.572g + 0.00086g^2 \quad (R_1)$$

1. La mesure  $g$  varie de 0 à 300 : quelle est l'erreur de linéarité maximale sur cet intervalle par rapport à la fonction  $s_\lambda(g) = \frac{s(300) - s(0)}{300}g + s(0)$ . Pour quelle valeur  $g_0$  est-elle atteinte (les calculs doivent être détaillés) ?

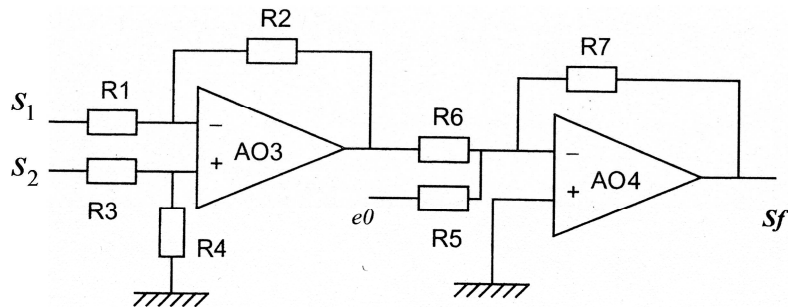
2. En réalité la relation  $(R_1)$  est incomplète et un terme supplémentaire conduit à la relation  $(R_2)$  :

$$s = 50 + 0.572g + (860 \cdot 10^{-6})g^2 + (356 \cdot 10^{-9})g^3 \quad (R_2)$$

On travaille sur la même étendue de mesure ( $g \in [0, 300]$ ) ; pour quelle valeur  $g_1$  de  $g$  a-t-on le plus grand écart entre  $(R_1)$  et  $(R_2)$  ? Quelle est la nouvelle erreur de linéarité par rapport à  $s_\lambda$  dans le cas de  $(R_2)$  ?

3. Quelle est la sensibilité maximale dans le cas de  $(R_1)$  ? Dans le cas de  $(R_2)$  ?

4. On travaille dorénavant avec  $(R_1)$  et on suppose qu'il est possible de mettre en oeuvre deux capteurs travaillant pour le premier avec une entrée à valeur  $g$  et pour le second avec une autre entrée à valeur  $-g$ . Les sorties de ces capteurs sont alors respectivement  $s_1$  et  $s_2$  :



Conditionneur de signal du capteur de  $[G]$ . On donne  $R = 10 \text{ k}\Omega$

Ce montage délivre un signal de valeur  $S_f$  en sortie. Le signal  $e_0$  est un signal continu dont la valeur peut être réglée par l'utilisateur du montage.

Expliciter en fonction de  $s_1$ ,  $s_2$ , et des résistances notées sur la figure, la sortie  $s_3$  de l'amplificateur AO3.

Quelle(s) relation(s) doit exister entre  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  pour que l'on puisse écrire:  $s_3 = k(s_2 - s_1)$  ?

On choisit  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ . Proposer des valeurs des résistances  $R_2$ ,  $R_3$  et  $R_4$  pour obtenir  $k = 5$ .

En fait il existe une tension de décalage due à une influence de la température et la sortie  $s_2$  a un décalage de  $+30 \text{ mV}$  par rapport à la relation  $(R_1)$ . Quelle doit être la valeur de  $e_0$  pour que l'on ait une sortie  $S_f$  proportionnelle à  $g$  ?

Faire l'application numérique avec  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $R_6 = R_5 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $R_7 = 47 \text{ k}\Omega$  pour trouver la valeur de  $e_0$ .

Le montage fonctionne-t-il sur toute la plage de variation de  $g$  ?

Pour quelle valeur de  $k$  a-t-on une sortie saturée ?

Faire l'application numérique avec  $V_{sat} = +14 \text{ volts}$ .

QCM

Une sonde Pt100 possède une résistance qui dépend de la température : $100 \Omega$ à $0^\circ\text{C}$ avec un coefficient de température de $+0,385 \Omega/^\circ\text{C}$ . Que vaut la résistance de la sonde à $100^\circ\text{C}$ ?	Je ne sais pas
	$0 \Omega$
	$38,5 \Omega$
	$138,5 \Omega$
Quelle est la couleur associée aux thermocouples de type K	Je ne sais pas
	Vert
	Jaune
	Blanc
Lors des séances de TP 3 et 4, trois capteurs ont été utilisés (A. thermocouple), (B. CTP), (C. CTN). Le classement du plus lent au plus rapide est :	C A B
	A B C
	C B A
	B C A
En quelle unité se mesure la résistivité d'un matériau ?	en mètre
	en mètre par ohm
	en ohm mètre
	en ohm
La résistance R d'une thermistance en fonction de la température T est donnée par la relation $R=5000(1-0.2T)$ . Quel est son coefficient en température ?	$- 0.2 \text{ }^\circ\text{C}$
	$- 0.2 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
	$0.2 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
	$0.2 \text{ }^\circ\text{C}$