



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

La résistance R d'une sonde de platine Pt100 est reliée à la température T par la relation :

$$R(T) = R_0 + aT + bT^2 \text{ où } a = 0,39 \text{ et } b = -5,0 \cdot 10^{-5} \text{ et } R_0 = 100 \Omega$$

- 1.1. Quelle est, dans le système international, l'unité des coefficients a et b ?
- 1.2. Quelle est la sensibilité $S(T)$ de la sonde ? Donnez sa valeur à 20°C , 100°C , 500°C et 700°C .
- 1.3. Si on considère comme simplification $R(T) \approx R_1(T) = R_0 + aT$, quelles sont les erreurs minimale et maximale que l'on commet on sur R pour à $T \in [100^\circ\text{C}; 500^\circ\text{C}]$? Que pouvez vous dire de cette approximation ?
- 1.4. Quelle erreur ΔT commet-on si on utilise l'approximation précédente ? Déterminer cette erreur à 100°C et à 500°C .

Exercice n°2 : 4 points

Dans un laboratoire de mesure, il est nécessaire d'étalonner un thermocouple. La relation entre la sortie de l'instrument (U) et l'entrée (T) s'écrit (a et b étant deux constantes) : $U = aT^b$. Pour cela, un bain thermostaté (régulé en température) est utilisé. Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau suivant :

$T [^\circ\text{C}]$	20	25	30	35	40	45	50	60	70	75
$U [\text{mV}]$	1.38	2.38	3.1	3.65	3.95	4.65	5.56	7.25	8.25	9.35

- 2.1. Déterminer à partir de la méthode de la régression linéaire les constantes a et b .
- 2.2. Est-ce-que la relation utilisée par le préparateur est acceptable ou non?

Exercice n°3 : 7 points

Un dispositif de surveillance d'une unité de production comporte la mesure d'une vitesse v (en cm.s^{-1}) de translation d'un convoyeur d'objets fabriqués sur un tapis roulant ainsi que la position d'un élément du système d'entraînement que l'on note x (en cm). Les sorties des capteurs, homogènes à des tensions, sont liées aux mesures des grandeurs correspondantes par les relations :

$$V_v = Av + B \quad ; \quad V_x = ax + b$$

où $A = 2.4 \text{ V.cm}^{-1}.\text{s}$; $B = 0.4 \text{ Volt}$; $a = 4.125 \text{ V.cm}^{-1}$; $b = 0.875 \text{ Volt}$.

On précise que dans le cadre de cet exercice, les grandeurs v et x évoluent indépendamment l'une de l'autre. Les tensions de sortie restent entre -14 V et $+14 \text{ V}$ (tensions de saturation).

Capteur de position

3.1. La grandeur x reste comprise entre -1 cm et $+4 \text{ cm}$. Quelle est l'étendue de mesure pour V_x ?

3.2. Le capteur de position relatif à x est en réalité non linéaire :

$$V_x = -(8.59 \cdot 10^{-2})x^3 + 0.258x^2 + 3.867x + 0.961$$

Quelle est l'erreur maximale de linéarité par rapport à la loi linéaire envisagée et pour quelle valeur de x (sur l'intervalle utile de variation) est-elle obtenue ?

3.3. Pour quelle valeur de x a-t-on une erreur nulle ?

3.4. Quelle est la sensibilité du capteur ? Pour quelle valeur de x est-elle maximale ?

Capteur de vitesse

3.5. Quel intervalle de vitesse v (en cm.s^{-1}) peut on mesurer ?

3.6. La vitesse v est de la forme : $v(t) = v_0 \sin(\omega t - \varphi) + 0.8$ où v_0 est en cm.s^{-1} et t en s. L'amplificateur de sortie du capteur correspondant a une vitesse de balayage (slew-rate) de $4.5 \text{ V.}[\mu\text{s}]^{-1}$. Calculer la valeur maximale v_0 ainsi que la fréquence maximale théorique possible pour la vitesse.

3.7. La valeur maximum de ω est mécaniquement de $20\,000 \text{ rad.s}^{-1}$: est ce compatible avec les caractéristiques précédentes ?

La vitesse de balayage (ou *Slew rate*) représente la vitesse de variation maximale que peut reproduire un amplificateur : $SR = \max\left(\frac{du}{dt}\right)$; u étant la tension de sortie. La vitesse de balayage est exprimée en $\text{V}/\mu\text{s}$. Elle se mesure à l'aide d'un oscilloscope et d'un générateur de fonctions.

Exercice n°4 : 5 points

Dans une conduite cylindrique parcourue par un fluide chaud, le coefficient de transfert de chaleur h [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$] entre le fluide chaud et les parois internes de la conduite est donné par la relation suivante:

$$h = 0.023 \frac{\lambda}{D} Re^{0.8} Pr^{\frac{1}{3}}$$

- où
- λ : la conductivité thermique du fluide ($\lambda = 0.4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$),
 - D : le diamètre du tube en mètre,
 - Re : le nombre de Reynolds caractérisant l'écoulement (sans unité),
 - Pr : le nombre de Prandtl caractérisant les transferts thermiques dans la conduite (sans unité),

Afin de déterminer le coefficient h , plusieurs mesures du diamètre, du nombre de Reynolds et du nombre de Prandtl sont effectuées. Les résultats sont indiqués dans le tableau suivant :

Mesure n°	D [mm]	Re	Pr
1	18.6	2120	1.2
2	18.4	2100	1.0
3	18.5	2150	1.1
4	18.6	2135	1.3
5	18.3	2150	1.1

- 4.1. Déterminer les valeurs moyennes du diamètre, du Nombre de Reynolds et du Nombre de Prandtl,
- 4.2. Calculer les erreurs réalisées sur ces paramètres,
- 4.3. Dédurre la valeur moyenne du coefficient de transfert de chaleur,
- 4.4. Déterminer l'erreur réalisée sur ce paramètre,
- 4.5. Présenter le coefficient de transfert de chaleur sous la forme : $h = \bar{h} + \Delta h$