L3 Automatique
Semestre 2
Module : Capteurs et chaines de mesure (AS613)

Examen final Le 15 / 10 / 2020, Durée : 1H00

(Documents NON autorisés)

Exercice 1 :

Une thermistance est un capteur résistif à base de matériau semi-conducteur; sa résistance varie fortement avec la température selon la loi suivante :

$$R(T) = R_0 e^{B\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{T_0}\right)}$$

Avec B coefficient spécifique, T température absolue **en *Kelvin (K)*** et R_0 résistance à la température absolue $T_0=0°C$. Selon les matériaux employés par le constructeur, il est possible de réaliser différentes valeurs de B et R_0.

1) Quelle est la température du zéro de mesure ?
2) Le capteur est plongé dans un bain à $0°C$; la mesure avec un ohmmètre donne une mesure $R(0°C) = 998{,}2\Omega$. Quelle est la valeur de R_0 définie par cette expérience ?

Le bain est ensuite porté à la température de $50°C$. La nouvelle mesure est $R(50°C) = 315{,}7\Omega$. Déterminer B (valeur et unité de mesure).

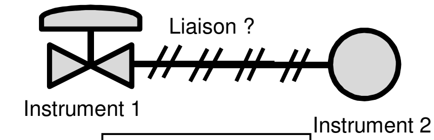
3) Pour déterminer avec une meilleure précision les valeurs de ces paramètres, on réalise un relevé complet de la résistance pour une étendue de mesure de 0 à $100°C$.

T en °C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
R(T) en Ω	998.5	761.8	588.9	480.4	383.5	310.7	251.7	218.0	179.4	158.8	141.3

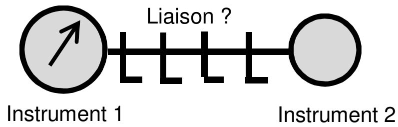
- Tracer *soigneusement* le graphe de la réponse du capteur. La caractéristique est-elle linéaire ?
- Quelle est sa sensibilité pour $T = 20°C$, pour $T = 50°C$ (valeur et unité)? Le capteur est-il linéaire?
  (On utilise pour le calcul de la sensibilité au point T°(i) les deux points T°(i+1) et T°(i-1)).
- Tracer *soigneusement* la courbe $ln(R)$ en fonction de $1/T$ (noter d'abord dans un tableau les valeurs de $ln(R)$ et de $1/T$).
  En utilisant l'expression de $R(T)$, justifier que cette courbe est une droite de forme $ln(R) = A + B/T$.
- A partir de cette droite en déduire la valeur de B. Déterminer ensuite la valeur de A et en déduire la valeur de R_0 (préciser les unités).

Exercice 2 :

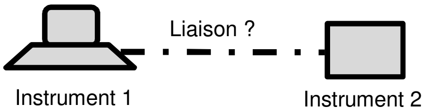
1- Dans chaque cas suivant, déterminer la nature de la liaison (nature du signal), qui existe entre les instruments ?



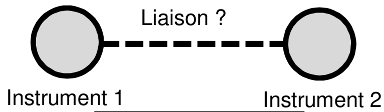
Cas 1



Cas 2

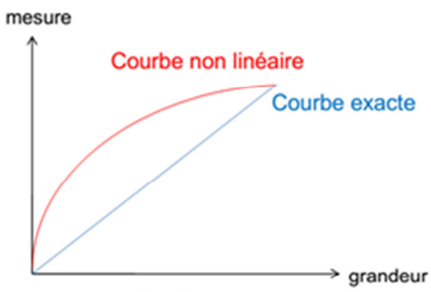


Cas 3

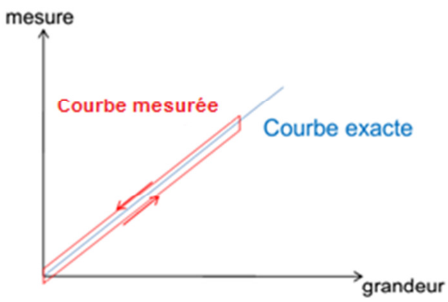


Cas 4

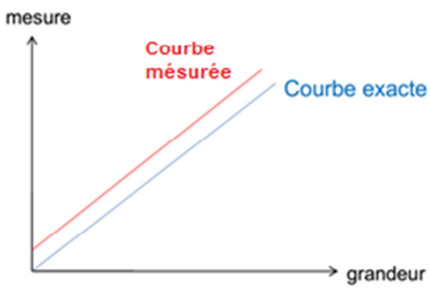
2- Indiquer pour chaque cas suivant, la nature de l'erreur commise par le capteur :



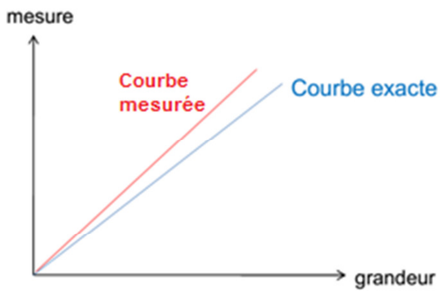
Cas 1



Cas 2



Cas 3



Cas 4

Corrigé de l'examen AS613, L3 AUTO, 2019/2020

Exercice 1 (14 pts) :

On a l'équation du capteur :

$$R(T) = R_0 e^{B\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{T_0}\right)}$$

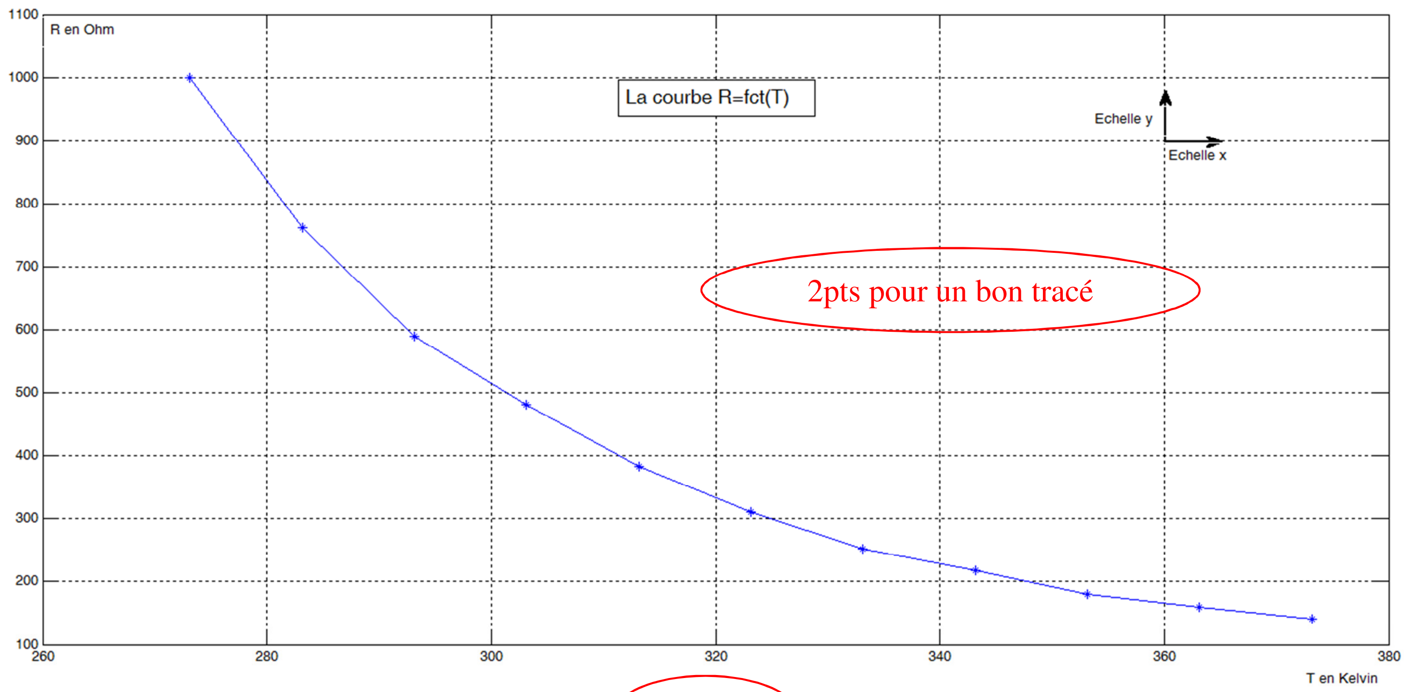
1- La température du zéro de mesure : $\boxed{0°C = 273.15K}$ 1pt

2- A 0°C, on a : $R(T_0 = 0°C) = R_0 e^{B\left(\frac{1}{T_0}-\frac{1}{T_0}\right)} = 998.2\Omega$, et donc $\boxed{R_0 = 998.2\Omega}$ 1pt

3- A 50°C, on a : $R(T = 50°C) = R_0 e^{B\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{T_0}\right)} = 315.7\Omega$. ce qui se réécrit comme suit :

$$\ln(315.7) = \ln(R_0) + B\left(\frac{1}{T_{50}} - \frac{1}{T_0}\right) \Longrightarrow \boxed{B = 2032.2K}$$ 1.5pt

4- Le graphe $R=fct(T)$



- La caractéristique n'est pas linéaire. 0.5pt
- Calcul de sensibilité pour $T = 20°C$, pour $T = 50°C$ (valeur et unité)?

On utilise la formule :

$$S_{T_i} = \frac{\Delta R}{\Delta T} = \frac{R(i+1) - R(i-1)}{T(i+1) - R(i-1)}$$ 0.5pt

Ce qui donne :

$$\boxed{S_{20} = \frac{480.4 - 761.8}{30 - 10} = -14.07\frac{\Omega}{°C} = -0.9599\frac{\Omega}{K}}$$ 1pt

$$\boxed{S_{50} = \frac{251.7 - 383.5}{60 - 40} = -6.59\frac{\Omega}{°C} = -0.4496\frac{\Omega}{K}}$$ 1pt

Le capteur n'est pas linéaire, car la sensibilité n'est pas constante. 0.5pt

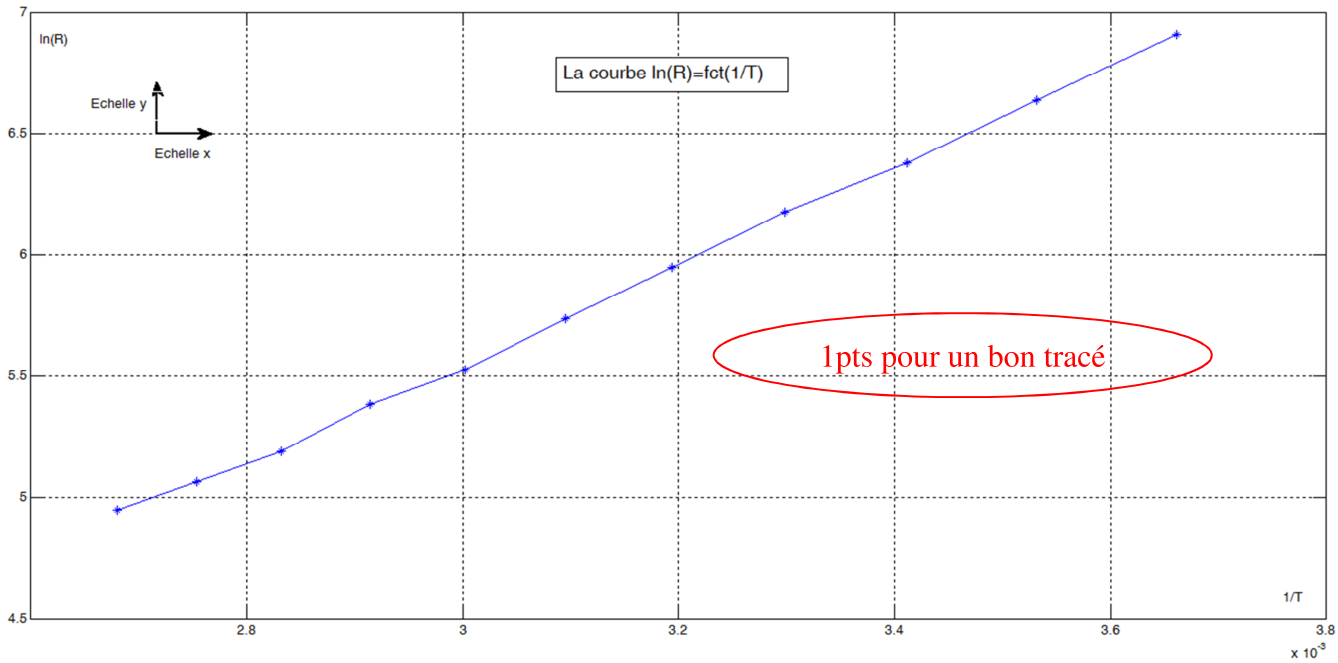
- La courbe *ln(R)=fct(1/T)*

  Calcul des valeurs de *ln(R)* et *1/T* :

1.5pt pour les valeurs

1/T	0.0037	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0028	0.0027
ln(R)	6.9063	6.6357	6.3783	6.1746	5.9493	5.7388	5.5282	5.3845	5.1896	5.0676	4.9509

Le tracé :



- Justification de la forme de la courbe :

  On a : $R(T) = R_0 e^{B\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{T_0}\right)}$

  En appliquant *ln* à cette équation, on obtient :

$$ln(R) = ln(R_0) + B(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0})$$

Qui s'écrit encore :

$$\boxed{ln(R) = ln(R_0) - \frac{B}{T_0} + \frac{B}{T} \Leftrightarrow ln(R) = A + \frac{B}{T}}$$

1pts

Avec : $A = ln(R_0) - \frac{B}{T_0}$

- Déterminer les valeurs de *B, A* et de R_0 à partir de la courbe :

  La valeur de *B* est la pente de la courbe, en l'approximant par une droite passant par les deux points d'extrémité par exemple :

$$\boxed{B = \frac{6.9063 - 4.9509}{0.0037 - 0.0027} = 1955.4K}$$

0.5pt

Calcul de la valeur de *A* à partir d'un point choisi de la courbe, par exemple de R_0 et $1/T_0$:

$$ln(R_0) = 6.9063 = A + 1955.4 * 0.0037 \Longrightarrow \boxed{A = -0.3287}$$

0.5pt

Comme on a : $A = ln(R_0) - \frac{B}{T_0}$, alors : $ln(R_0) = A + \frac{B}{T_0} = 6.8300$

D'où : $\boxed{R_0 = 925.2130\ \Omega.}$ 0.5pt

N.B : toutes autres valeurs possibles calculées par exemple par moindres carrés à partir des points (*ln(R),1/T*) seront acceptées (par exemple : *B=2020.3K ; A=-0.50338*).

Exercice 2 (6 pts) :

1- Nature de la liaison dans chaque cas :

Cas 1 : pneumatique 0.75pt

Cas 2 : hydraulique 0.75pt

Cas 3 : numérique 0.75pt

Cas 4 : électrique 0.75pt

2- Nature de l'erreur dans chaque cas :

Cas 1 : erreur de linéarité 0.75pt

Cas 2 : erreur d'hystérésis 0.75pt

Cas 3 : erreur d'offset 0.75pt

Cas 4 : erreur de gain 0.75pt