Exercices de la séquence 2
Mesure à l'aide d'un capteur

EXERCICE 1 : Sensibilité d'un capteur Pt100

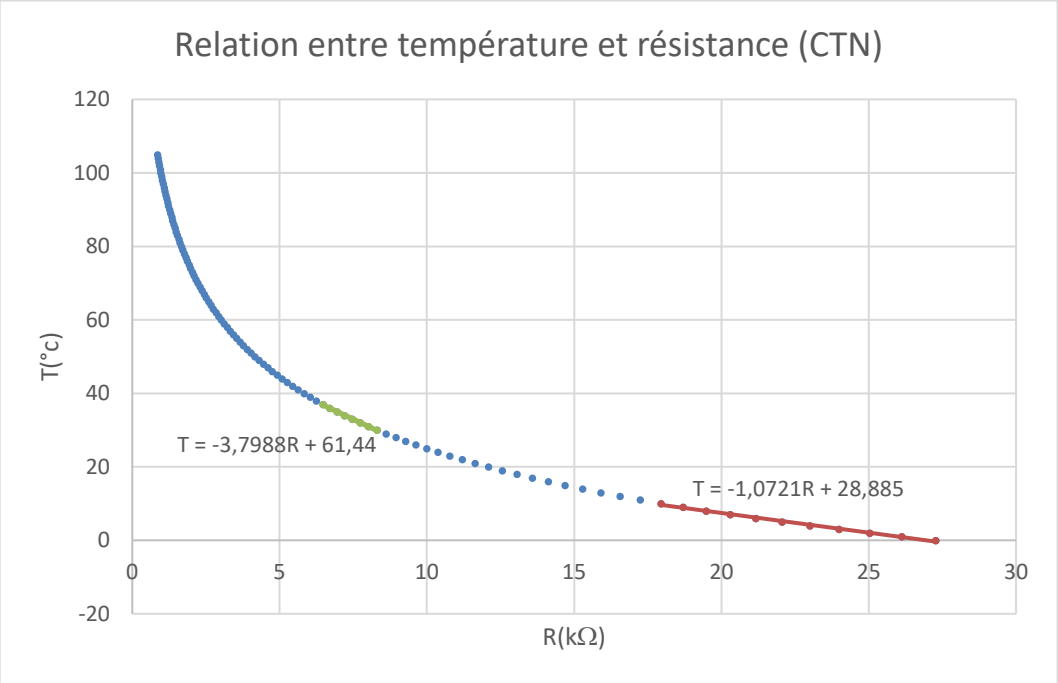
Un capteur à résistance de platine Pt100 est branché aux bornes d'un voltmètre. La mesure de résistance permet de déterminer la température du milieu dans lequel on insert le capteur.
La relation entre la résistance et la température du capteur est la suivante :

$$T = 2{,}597R - 259{,}7$$

1. Citer les unités de chaque terme de l'équation.
   T :°C ; R : Ω ; 2,597 °C.Ω^{-1} ; 259,7 : °C
2. Exprimer la température T_1 pour une résistance R_1 puis la température T_2 pour une résistance R_2.
   $T_1 = 2{,}597R_1 - 259{,}7$ et $T_2 = 2{,}597R_2 - 259{,}7$
3. En déduire l'expression de $\Delta T = T_2 - T_1$ en fonction de $\Delta R = R_2 - R_1$.
   $\Delta T = 2{,}597\ \Delta R$
4. Déterminer la sensibilité du capteur correspondant à la variation de résistance ΔR varie de 1°C.
   Si ΔT = 1°C, $\Delta R = \frac{1}{2{,}597} = 0{,}385\Omega$
   La sensibilité est donc égale à 0,385 Ω.°C^{-1}

EXERCICE 2 : Sensibilité d'une thermistance (CTN)

Une thermistance est un capteur de température au comportement très différent d'une Pt100 : la résistance du capteur diminue lorsque la température augmente.
La courbe représentative de la température en fonction de la résistance est la suivante :



BY NC SA

L'équation caractéristique qui relie R et T est complexe. On peut néanmoins modéliser certaines parties de la courbe par des droites affines sur certains intervalles de température.
Entre 0°C et 10°C, T = -1,0721R + 28,885
Entre 30°C et 37°C, T = -3,7988R + 61,44

1. Calculer la sensibilité du capteur entre 0°C et 10°C et entre 30°C et 37°C.
   La sensibilité est l'inverse du coefficient directeur :
   Sensibilité (0-10°C) : 0,93 kΩ.°C^{-1}
   Sensibilité (30-37°C) : 0,26 kΩ.°C^{-1}
2. Le capteur est-il plus sensible aux basses ou hautes températures ?
   La thermistance est plus sensible aux basses températures.
3. La thermistance est-elle plus sensible que la Pt100 de l'exercice 1 ?
   La thermistance est beaucoup plus sensible que la Pt100. En revanche la Pt100 a une caractéristique affine contrairement à la CTN.

EXERCICE 3 : Sensibilité d'un thermocouple de type K

Un thermocouple est de deux métaux de nature différente soudées l'un à l'autre. De part et d'autre de la soudure il apparait une tension électrique dépendant de la température du milieu dans lequel se trouve la soudure.
L'expression simplifiée de la température en fonction de la tension pour le domaine [0°C - 60°C] est la suivante :

T = 24,634 U + 0,2318

La température est en °C et la tension en mV.
L'incertitude-type de température liée au modèle simplifié est $u_{modèle}(T)$ = 0,18°C. Cette valeur est déterminée à partir des données constructeur et des résultats de la modélisation.
On dispose de deux multimètres pour réaliser la mesure de tension dont les caractéristiques sont les suivantes.

	Multimètre 1	Multimètre 2
Demi-étendue	0,8% valeur + 4 UR (mV)	0,1% valeur + 2 UR
Résolution	0,1 mV	0,01 mV

1. Calculer la sensibilité du thermocouple.
   La sensibilité est l'inverse du coefficient directeur de la caractéristique : sensibilité = 0,041 mV.°C^{-1}.
2. On souhaite mesurer une température avec une incertitude-type maximale de 1,0°C.

Déterminer la plus petite variation de température détectable avec l'association {thermocouple + multimètre 1}.
La plus petite variation de tension correspond à la résolution du multimètre soit 0,1 mV. La plus petite variation de température est donc égale à $\frac{0,1}{0,041} = 2,6°C$.

3. Le multimètre 1 est-il adapté à une mesure de température ?
   La variation minimale de température détectable étant supérieure à l'incertitude-type souhaitée, le multimètre n'est clairement pas adapté à une telle mesure de température.
4. Déterminer l'incertitude-type de température liée à la sensibilité du capteur avec l'association {thermocouple + multimètre 2} pour une température de 30°C.
   Pour une température de 30°C, la tension aux bornes du capteur est $U_{30} = \frac{30-0,2318}{24,634} = 1,21\ mV$
   Demi-étendue = 0,021 mV donc $u(U) = \frac{demi-étendue}{\sqrt{3}} = \frac{0,021}{\sqrt{3}} = 0,012\ mV$
   $$u(T) = \frac{u(U)}{sensibilité} = \frac{0,012}{0,041} = 0,3°C$$
5. Comparer les deux sources d'erreur de mesure de température pour l'association {thermocouple + multimètre 2}.

Les deux incertitudes-type sont du même ordre de grandeur (0,18°C et 0,3°C). Il faut les composer pour déterminer l'incertitude-type totale de la température (le calcul est complexe et ne se réduit pas à la somme des incertitudes-type).