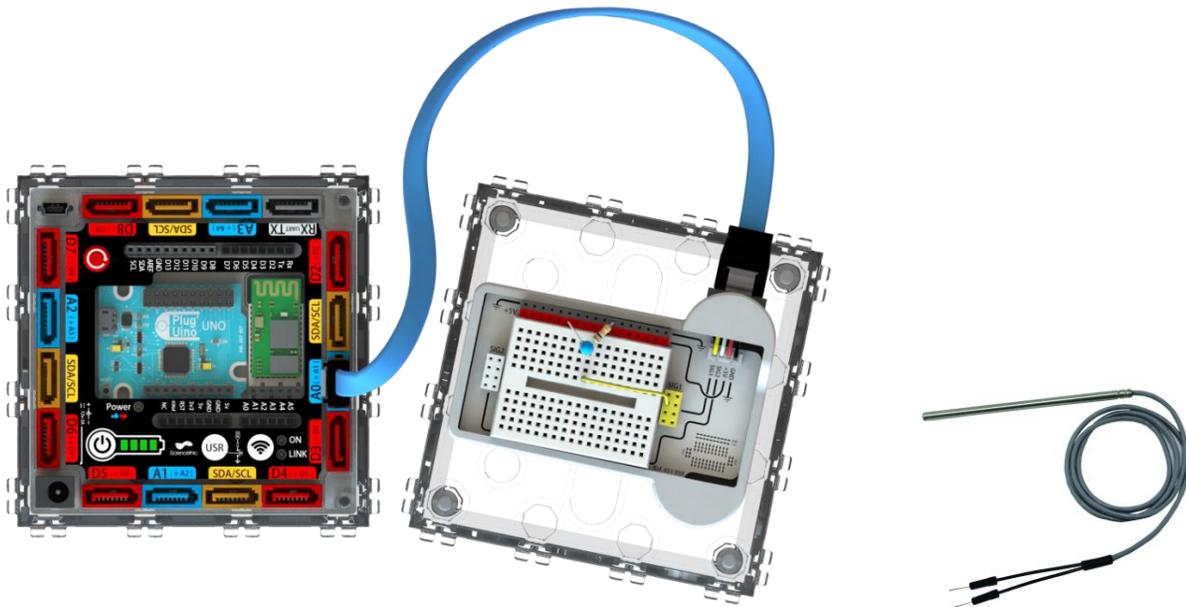


Niveau : seconde	Ondes et signaux partie 3 : Signaux et capteurs
Capteurs électriques.	<p><i>Produire et utiliser une courbe d'étalonnage reliant la résistance d'un système avec une grandeur d'intérêt (température, pression, intensité lumineuse, etc.).</i></p> <p><i>Utiliser un dispositif avec microcontrôleur et capteur.</i></p>

Plug'Uino® : Étalonnage d'un capteur de température CTN et réalisation d'un thermomètre électronique à partir de l'étalonnage de la résistance Programmation en langage Python



1. Résumé de l'activité

Cette activité expérimentale a pour but de réaliser la courbe d'étalonnage reliant la résistance d'une sonde de mesure de température CTN avec la température, et de réaliser ensuite un thermomètre numérique.

2. Thème du programme abordé

Niveau : seconde	Ondes et signaux partie 3 : Signaux et capteurs
Capteurs électriques.	<i>Produire et utiliser une courbe d'étalonnage reliant la résistance d'un système avec une grandeur d'intérêt (température, pression, intensité lumineuse, etc.).</i> <i>Utiliser un dispositif avec microcontrôleur et capteur.</i>

3. Matériel mis en œuvre

Une interface Plug'Uino® réf. 650 003

Un calorimètre réf. 005 025;

Un thermomètre numérique réf. 310 007

Un multimètre réf. 340 048;

Un capteur de température CTN 10 kOhms monté dans une sonde étanche réf. 651 061;

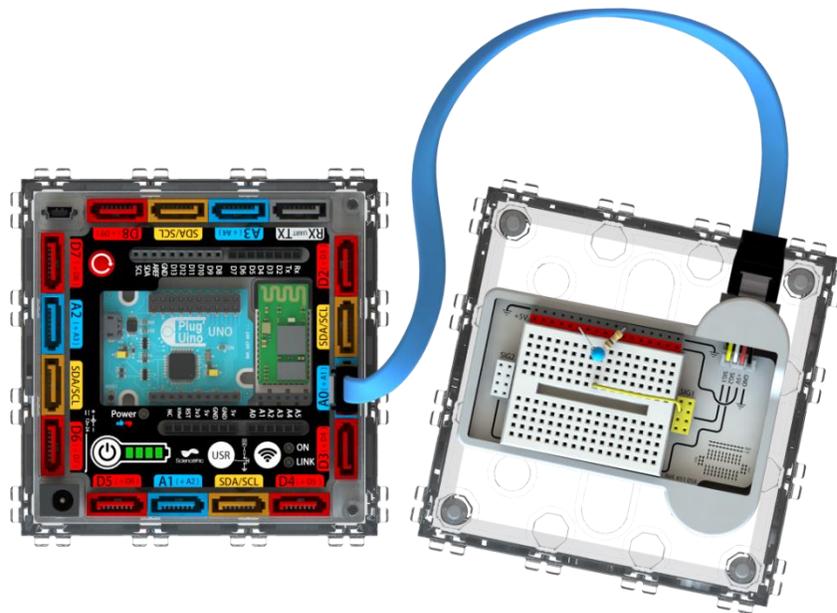
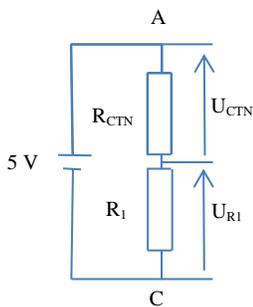
Une platine de connexion réf. 651 058;

Une résistance de 10 k Ω ;

Un tableur-grapheur.

4. Présentation de l'expérience réalisée

- On verse de l'eau chaude dans un calorimètre. On y plonge la sonde de température CTN, ainsi qu'un thermomètre de référence.
- À l'aide d'un multimètre, on relève la valeur de la résistance R_{CTN} fournie par le capteur de température CTN, en fonction de la température T . On fait varier la température de l'eau en rajoutant progressivement de la glace pilée et en homogénéisant bien le mélange.
- On entre les valeurs obtenues dans un tableur-grapheur afin de visualiser la courbe d'étalonnage $T = f(R_{CTN})$.
- On réalise alors une courbe de tendance permettant d'obtenir la relation mathématique $T = f(R_{CTN})$.
- On réalise le montage suivant, permettant de mesurer la tension U_{R1} aux bornes de la résistance R_1 de 10 kOhms, en série avec la CTN de résistance R_{CTN} , pour déterminer ensuite la résistance R_{CTN} à partir de la mesure de la tension U_{R1}



5. Réalisation de la courbe d'étalonnage de la CTN

À l'aide d'un multimètre, on relève la valeur de la résistance R_{CTN} fournie par le capteur de température CTN, en fonction de la température T . On fait varier la température de l'eau en rajoutant progressivement de la glace pilée et en homogénéisant bien le mélange.

On entre les valeurs obtenues dans un tableur-grapheur afin de visualiser la courbe d'étalonnage $T = f(R_{CTN})$.

On réalise alors une courbe de tendance permettant d'obtenir la relation mathématique $T = f(R_{CTN})$.

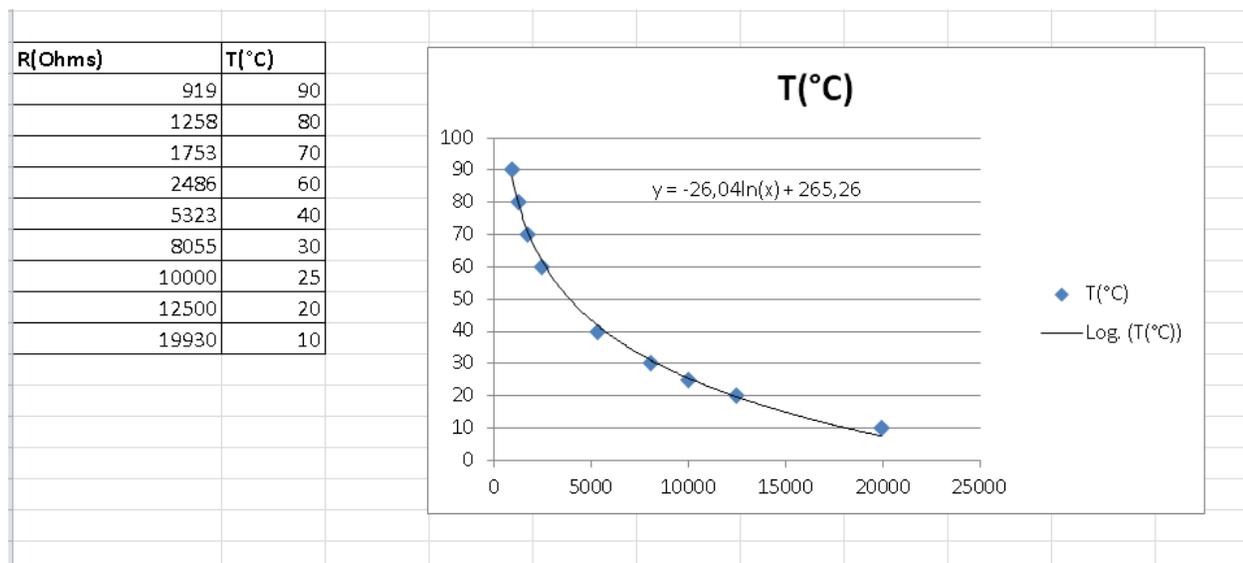
Les valeurs mesurées sont disponibles dans le fichier ScEthic_Etalonnage_CTN_MesureR.xls

L'exploitation est la suivante :

On modélise la courbe obtenue en double-cliquant sur le graphique, puis en faisant clic-droit sur la courbe de données, et « insérer une courbe de tendance » :

On sélectionne une courbe de tendance logarithmique, et on demande d'afficher l'équation

La courbe de tendance ainsi que son équation sont alors affichées :



Cette relation sera utilisée dans le programme Python pour calculer la température en fonction de la résistance R de la CTN.

- Le montage réalisé est un pont diviseur : U_{AC} est la tension de référence du microcontrôleur Arduino Uno, c'est-à-dire 5 V.

$$\text{On a } U_{AC} = 5 = (R_1 + R_{CTN}) * I$$

$$\text{et } U_{R1} = R_1 * I$$

$$\text{donc } U_{R1} = \frac{5R_1}{R_{CTN} + R_1}$$

On peut donc obtenir la valeur de la résistance R_{CTN} de la CTN à partir de la mesure de U_{R1} ,

$$R_{CTN} = \frac{R_1(5 - U_{R1})}{U_{R1}}$$

et en déduire la valeur de la température à partir de la courbe d'étalonnage

$T = f(R_{CTN})$ préalablement réalisée sur tableur.

On rentre donc ces fonctions dans le script Python pour effectuer tous les calculs à partir de la mesure de la tension aux bornes de la résistance R_1 , U_{R1} .

Attention : la valeur mesurée par le script Python est une valeur entre 0 et 1, elle doit être multipliée par 5 pour obtenir la tension en volts aux bornes de la résistance R_1

6. Programme Python (téléchargeable : *Thermometre_numerique_CTN.py*)

Le programme Python fonctionnel, permettant d'afficher la température à partir de la courbe d'étalonnage et de la tension U_{R1} mesurée aux bornes de la résistance R_1 est donné ci-après.

Le calcul de U_{R1} à partir de la valeur numérisée par l'entrée A0 du microcontrôleur est effectué à la ligne :

```
U=5*m # calcul de la tension aux bornes de la résistance R1
```

Le calcul de R_{CTN} à partir de U_{R1} est effectué en ligne 29 : $R_{CTN} = \frac{R_1(5-U_{R1})}{U_{R1}}$ le calcul de T à partir de R_{CTN} est effectué à la ligne :

```
R=10000*(5-U)/U # calcul la résistance de la thermistance
```

Programme Python complet :

```
""" Sciencéthic Thermomètre numérique avec une sonde de température CTN branché sur la broche
    analogique A0"""
from pyfirmata2Ext import Arduino, util
import time
from math import log #importation des bibliothèques

#----- paramétrage de la communication-----
port = Arduino(Arduino.AUTODETECT) # la variable port contient le port de communication COM détecté automatiquement
util.Iterator(port).start() # itérateur permettant de ne pas saturer la liaison série
A0 = port.get_pin('a:0:o') # A0 désigne la broche analogique 0 (a:0) utilisée en sortie (:o)
time.sleep(0.5) # délai d'attente pour la mise en place de la communication

#----- mesures -----
poursuite=True # initialisation de la variable poursuite des mesures
while poursuite: # tant qu'une mesure est à effectuer
    m=A0.read() # lecture de la valeur sur la broche A0
    U=5*m # calcul de la tension aux bornes de la résistance R1
    R=10000*(5-U)/U # calcul la résistance de la thermistance
    temperature=-26.04*log(R)+265.26 # calcul de la temperature à partir de la courbe d'étalonnage sur tableur
    print('température =',round(temperature,1),'°C') # affichage de la valeur mesurée arrondie
    poursuite=input('Déclencher une nouvelle mesure o/n ? ')
    if poursuite=='n'or poursuite=='N':
        poursuite=False
port.exit() # fermeture de la communication sur le port
```

Les valeurs mesurées par le microcontrôleur sont affichées dans la console Python (exemple ci-dessous en ajoutant de l'eau du réfrigérateur dans de l'eau à température ambiante):



```
*Python 3.7.3 Shell*
File Edit Shell Debug Options Window Help
Python 3.7.3 (v3.7.3:ef4ec6ed12, Mar 25 2019, 21:26:53) [MSC v.1916 32 bit (Intel)] on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>>
RESTART: S:\Site\TP Arduino Python Nouveaux Programmes Lycée\TP V3\04- Réalisation d'un thermomètre numérique à l'aide d'une CTN à partir de son étalonnage\Python\Thermometre_numerique_CTN R(1)10000.py
température = 25.2 °C
Déclencher une nouvelle mesure o/n ? o
température = 22.2 °C
Déclencher une nouvelle mesure o/n ? o
température = 20.9 °C
Déclencher une nouvelle mesure o/n ? o
température = 20.0 °C
Déclencher une nouvelle mesure o/n ? o
température = 18.4 °C
Déclencher une nouvelle mesure o/n ? o
température = 17.7 °C
Déclencher une nouvelle mesure o/n ? o
température = 17.3 °C
Déclencher une nouvelle mesure o/n ? o
température = 16.2 °C
Déclencher une nouvelle mesure o/n ? o
température = 15.4 °C
Déclencher une nouvelle mesure o/n ? o
température = 14.6 °C
Déclencher une nouvelle mesure o/n ? o
température = 12.8 °C
Déclencher une nouvelle mesure o/n ? o
température = 12.5 °C
Déclencher une nouvelle mesure o/n ?

Ln: 28 Col: 37
```

7. Exploitation

7.1. Programmation

En fonction des capacités des différents élèves on peut leur demander diverses choses :

- à un niveau **d'initiation**, on peut enlever certains commentaires du programme et demander aux élèves à quoi correspond cette ligne ;
- à un niveau **avancé** on peut par exemple enlever les lignes ci-dessous et demander aux élèves de saisir les équations obtenues lors de la phase d'étalonnage.

```
| U=5 *m                                     # calcul de la tension aux bornes de la résistance R1  
R=10000 * (5-U) /U                          # calcul la résistance de la thermistance
```

7.2. Résultats des mesures

On peut discuter avec les élèves de la mesure de température affichée en fonction de celle mesurée par un thermomètre : l'écart est-il grand ? Varie-t-il en fonction de la plage de température sur laquelle on travaille ? Les mesures réalisées à partir du microcontrôleur sont-elles compatibles avec les grandeurs mesurées au thermomètre ?