

2nde SPC14- Activité expérimentale : Un capteur pour maintenir bébé bien au chaud !

Contexte :

Dans les maternités, les bébés nés très prématurément doivent être placés en couveuse car ils ne sont pas encore capables de réguler correctement par eux-mêmes leur température corporelle. En effet, exposés nus à un air ambiant à 22°C, ils perdent alors environ 0,1°C par minute... une hypothermie est alors très vite arrivée !

Dans la couveuse, la température est contrôlée en continu de manière à ce que le bébé conserve une température comprise entre 36,5 °C et 37,5 °C. Pour cela, le dispositif de chauffage est directement piloté par une sonde de température, fixée sur la peau même du nouveau-né, au niveau de l'abdomen.



Un nouveau-né en couveuse (source : INSERM).

Principe du dispositif à commande automatique par microcontrôleur :



I- Etalonnage du capteur

Document 1 - Présentation du capteur de température utilisé : La thermistance CTN

thermistance utilisée :

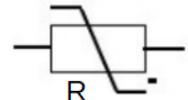
2 fils à intégrer dans le circuit contrôlé par le microcontrôleur



sonde

Une **thermistance** est un capteur de température : c'est en effet un dipôle, non polarisé, dont la résistance électrique varie en fonction de la température.

Les thermistances à coefficient de température négatif (abréviation : CTN) ont une résistance (R en Ω) qui diminue



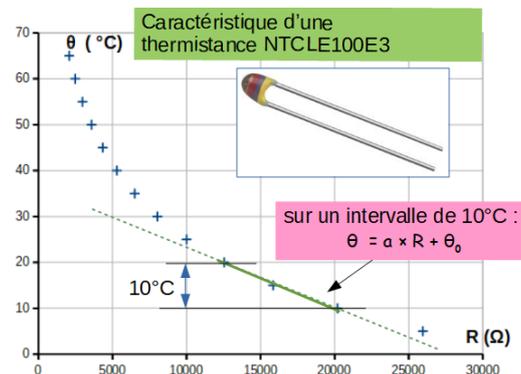
symbole d'une thermistance CTN de résistance R

La relation mathématique $\theta = f(R)$ permettant d'exprimer la température en fonction de la résistance R de ce capteur est assez compliquée, mais elle peut, sur un petit intervalle de température d'une dizaine de degrés Celsius, être approchée par :

$$\theta = a \times R + \theta_0$$

où a (en $^{\circ}\text{C} \cdot \Omega^{-1}$) et θ_0 (en $^{\circ}\text{C}$) sont 2 constantes.

La thermistance atteint la température du milieu dans lequel elle se trouve au bout d'une durée inférieure à 10 s, pour des variations lentes de température.



Protocole : A l'aide du matériel à disposition, proposer un protocole permettant de tracer la courbe $\theta = f(R)$ représentant l'évolution de la température en fonction de la résistance aux bornes de la thermistance. [Ana]

Matériel disponible :

- Bécher de 250 mL
- Agitateur magnétique chauffant avec turbulent
- Thermomètre
- Multimètre
- Thermistance (CTN 10 k Ω)
- Potence (support)

Schéma du montage :

[Réa]

Explication du protocole :

[Com]

→ Après vérification du protocole par le professeur, réalisez les mesures et complétez le tableau de valeurs. [Réa]

Résultats :

| | | | | | | |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Température θ (°C) | 30,0 | 32,0 | 34,0 | 36,0 | 38,0 | 40,0 |
| Résistance R (Ω) | | | | | | |

Attention à bien convertir la valeur de la résistance lue sur le ohmmètre !

Exploitation : Tracer la courbe $\theta = f(R)$ sur « regressi » et choisir la modélisation adaptée. [Réa]

→ Compléter : $\theta = a \times R + b$ avec $a = \dots\dots\dots$ °C.Ω⁻¹ et $b = \dots\dots\dots$ °C
Coefficient de corrélation :

Conclusion :

→ Les informations du document 1 sont-elles vérifiées expérimentalement ? [Val]

Pour aller plus loin...

[Ana]

→ Déterminer la température dans votre poing bien fermé avec la thermistance et avec le thermomètre.

II- Mise en œuvre de la commande du contrôle de la température avec un microcontrôleur

Objectif : Déclencher l'allumage d'une LED différente selon l'état thermique du bébé (ce qui sera aussi associé, sans qu'on le réalise toutefois, à un allumage ou à un arrêt du chauffage de la couveuse).

Document 2- Présentation du montage à utiliser avec quelques relations entre les grandeurs électriques du circuit:

Intensité I du courant circulant dans le circuit :

$$I = \frac{U_g - U}{R_1}$$

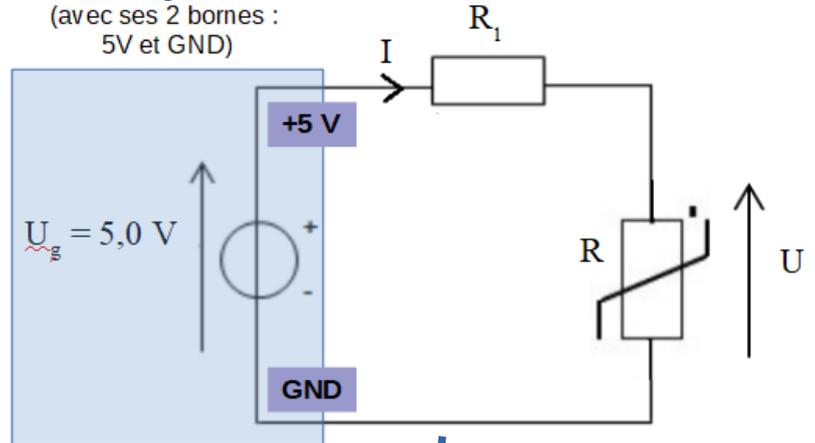
Les tensions U_g et U sont exprimées en V, la résistance R_1 en Ω et l'intensité I en A

Résistance d'une thermistance :

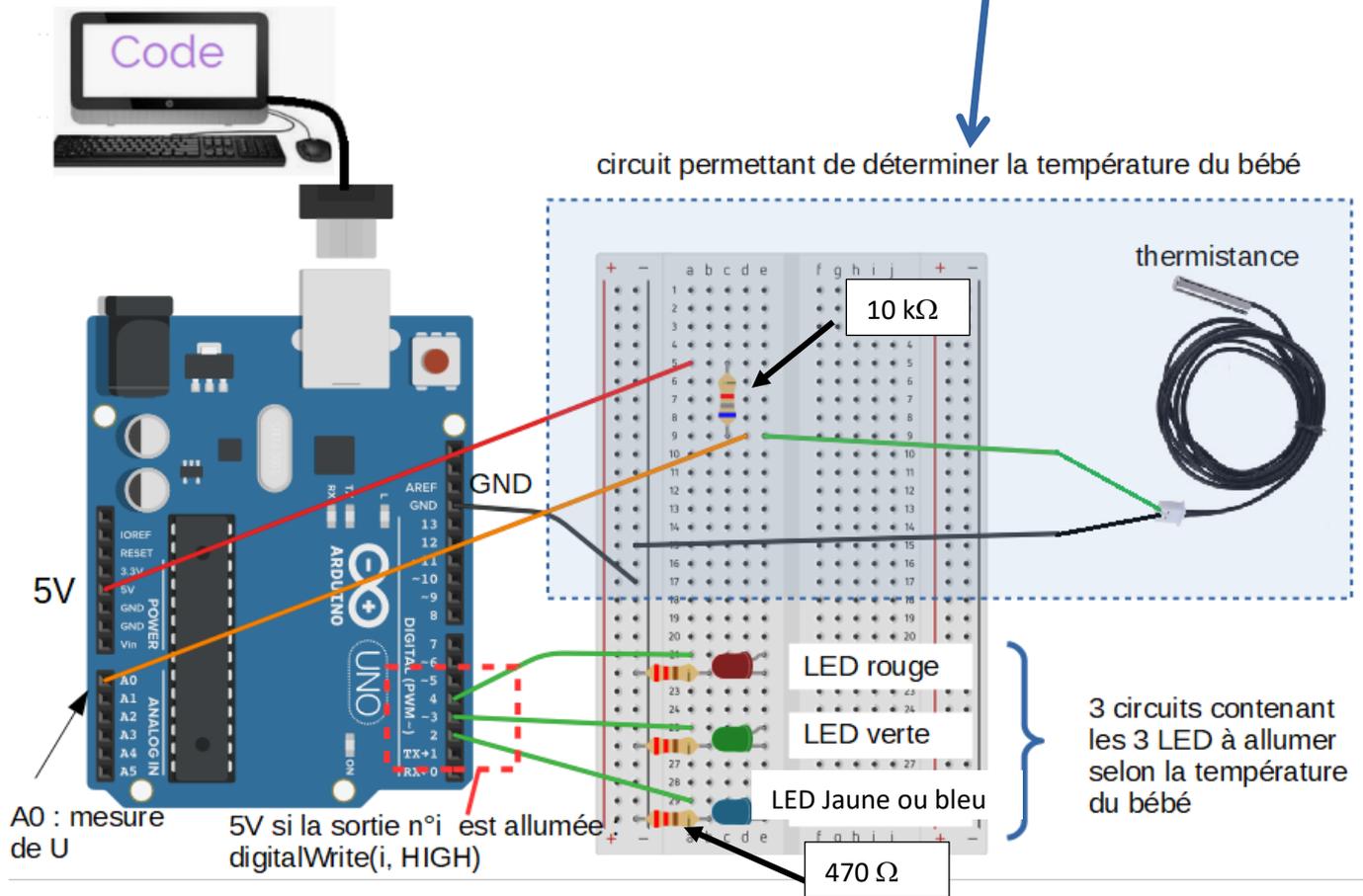
La résistance R (en Ω) d'une thermistance parcourue par un courant d'intensité I (en A) et soumise à une tension U (en V) est :

$$R = \frac{U}{I}$$

l'Arduino joue le rôle de générateur (avec ses 2 bornes : 5V et GND)



circuit permettant de déterminer la température du bébé



Principe : Compléter à l'aide du contexte le tableau suivant.

[App]

| état thermique du nouveau-né | Couleur de la LED allumée | Température du bébé mesurée par la sonde de température (°C) | état du dispositif de chauffage (allumé / éteint) |
|------------------------------|---------------------------|--|---|
| hypothermie | Jaune | | |
| température convenable | Verte | | |
| hyperthermie | Rouge | | |

Programmation de la carte « Arduino UNO » :

Document 3- Présentation du logiciel « Arduino IDE »

vérifier : on teste que le programme est correct du point de vue de la syntaxe.

téléverser : envoyer le programme au microcontrôleur pour qu'il l'exécute

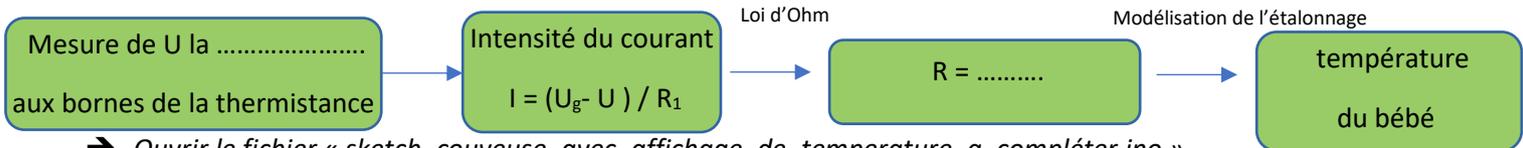
Permet d'afficher les résultats du programme

le CODE !

s'assurer que le port sélectionné correspond au port indiqué « Arduino » pour pouvoir téléverser

→ Compléter les grandeurs à déterminer dans l'ordre pour obtenir la température du bébé :

[App]



→ Ouvrir le fichier « sketch_couveuse_avec_affichage_de_temperature_a_compléter.ino »

→ Compléter ces lignes du programme en remplaçant les « ??? » par les formules :

[App-Rea]

Comme $U_g =$ et $R_1 =$ on écrira $I =$

```
SensorValue=analogRead(A0); // mesure de la valeur du CAN de l'entrée A0
U=5.000*SensorValue/1023; //calcul de U (4 chiffres significatifs)
I= ??? ; //calcul de I !!!!!A COMPLETER!!!!
R= ??? ; //calcul de R !!!!!A COMPLETER!!!!
Temperatureinterne=-4.1E-3*R+63.5+5.3; //Calcul de la température (modèle)
```

→ Compléter les lignes correspondantes aux conditions d'allumage des LED en remplaçant les « ?????? ».

```
if(???????) {digitalWrite(4,HIGH);digitalWrite(3,LOW);digitalWrite(2,LOW);} //Courant en sortie 4 seulement selon la condition
if(???????) {digitalWrite(4,LOW);digitalWrite(3,LOW);digitalWrite(2,HIGH);} //Courant en sortie 2 seulement selon la condition
if(37.5>Temperatureinterne&&Temperatureinterne>36.5) {digitalWrite(4,LOW);digitalWrite(3,HIGH);digitalWrite(2,LOW);} //Courant en
```

&& : double condition

Aide : La sortie 4 alimente la LED rouge et la sortie 2 alimente la LED jaune

→ Après vérification par le professeur, téléverser le programme dans la carte.

Réalisation du montage et utilisation

[Réa]

→ Déconnecter la carte et réaliser le montage. Faire vérifier.

→ Reconnecter la carte pour mesurer votre température en plaçant le capteur dans votre poing fermé et noter vos observations :

Conclusion : Conclure sur le bon fonctionnement du montage.

[Val]

Pour le prof :

Prévoir une notice de regressi pour la semaine 1

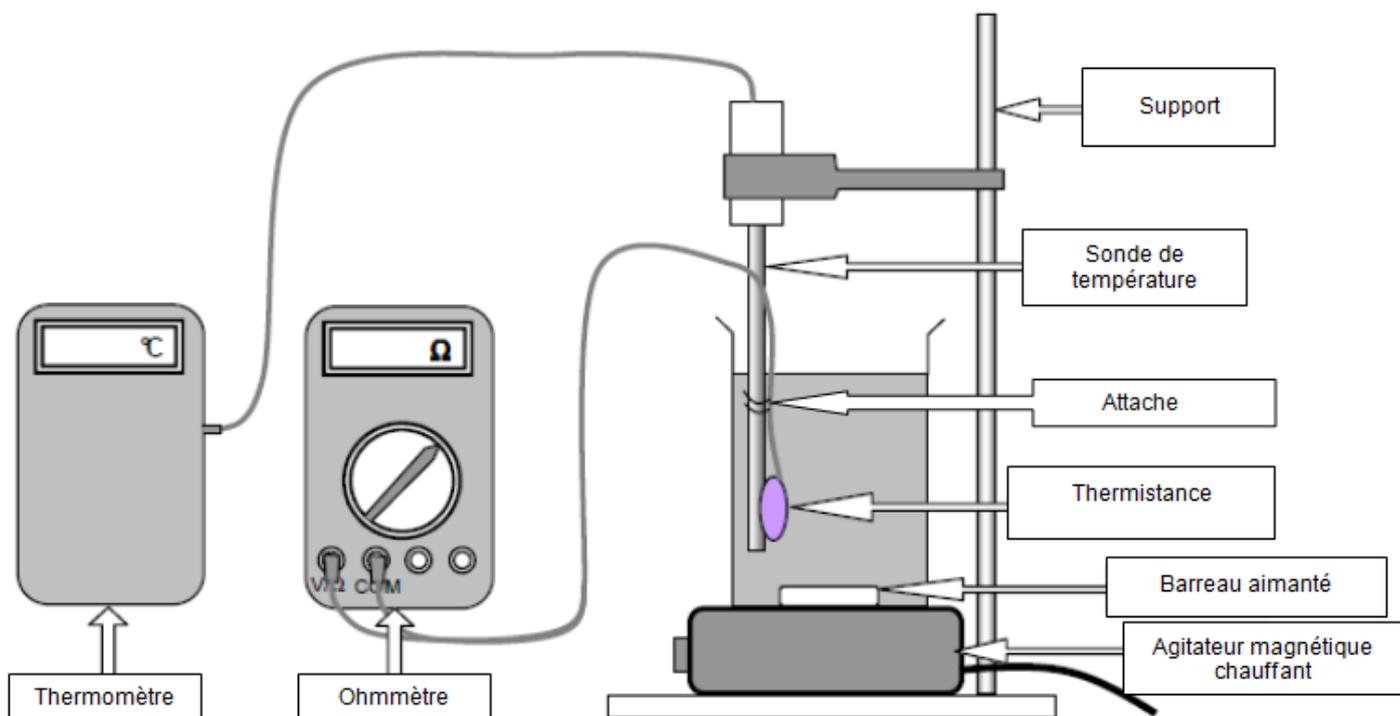
- Le I) est réalisé sur 1h en groupe en faisant chercher le protocole avant la séance.

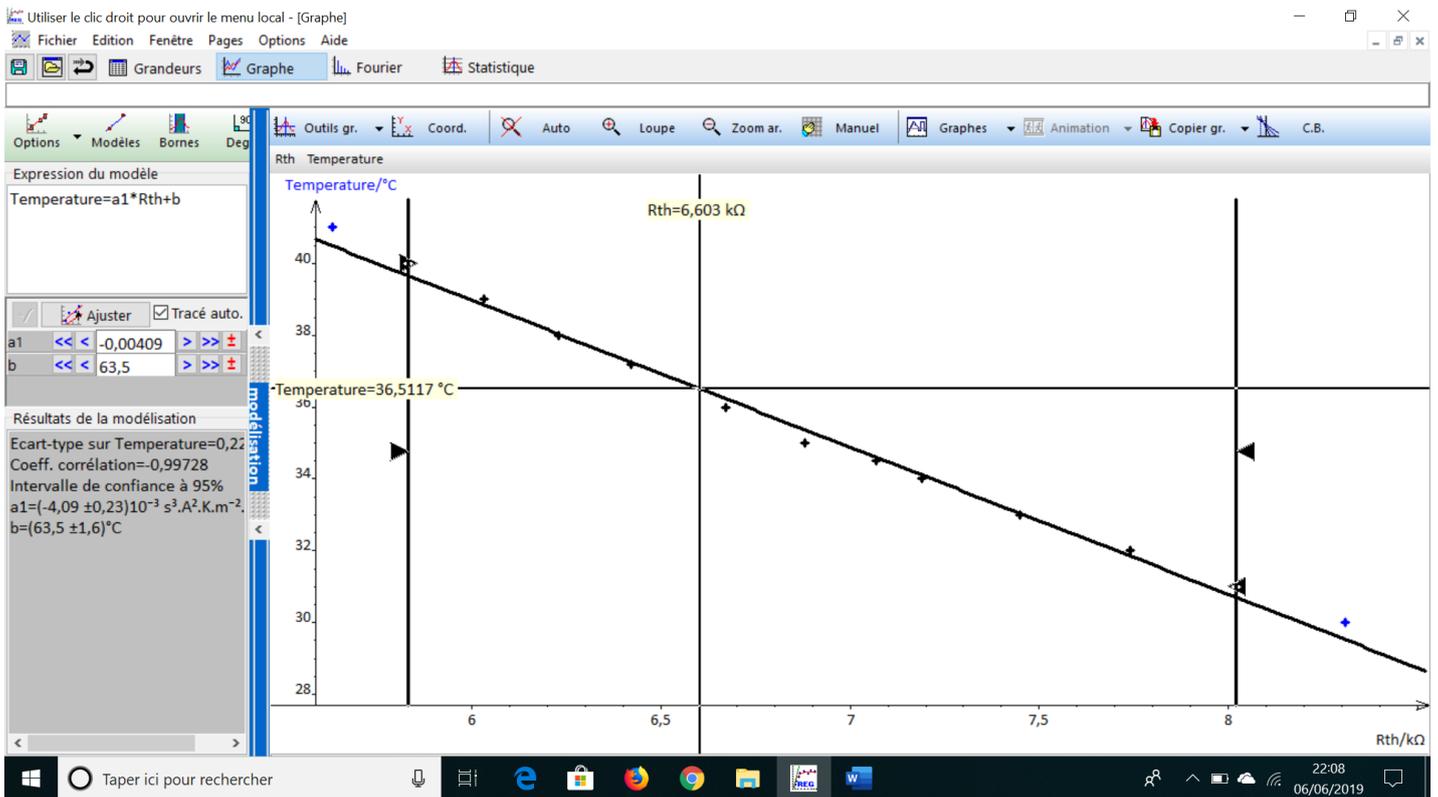
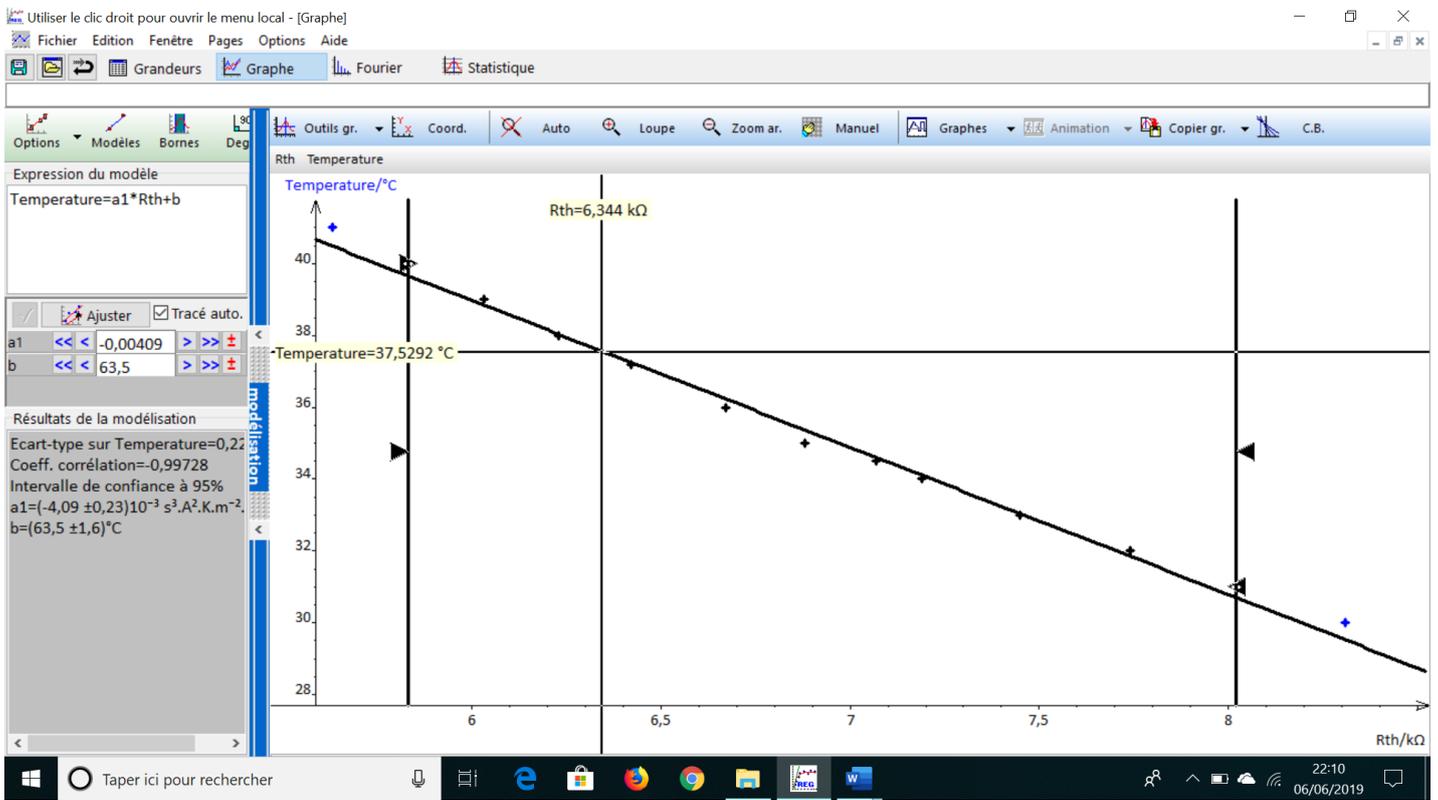
Prévoir le programme complété en secours et un montage qui fonctionne au bureau pour sem 2

- Le II) est réalisé la semaine suivante sur 1h en groupe (entre les 2 parties les élèves réfléchissent au principe du II)

Donc les 2 séances en groupe de 1h sont essentiellement consacrées aux manipulations et à compléter le programme.

Aides pour le I)





Programme complété pour le II:

sketch_couveuse_avec_affichage_de_temperature | Arduino 1.8.8

Fichier Édition Croquis Outils Aide

sketch_couveuse_avec_affichage_de_temperature

```
// definition des variables:
int SensorValue;
float U;
float I;
float R;
float TemperatureInterne;

// programme effectué au démarrage:
void setup() {
  pinMode(2, OUTPUT);pinMode(3, OUTPUT);pinMode(4, OUTPUT);
  digitalWrite(2, HIGH);digitalWrite(3, HIGH);digitalWrite(4, HIGH);delay(1000); // Allumage des DEL pendant 1000ms
  digitalWrite(2, LOW);digitalWrite(3, LOW);digitalWrite(4, LOW); // Couper le courant dans les DEL
  Serial.begin(9600); // Démarrer l'affichage sur le "moniteur"
}

// programme effectué en boucle:
void loop() {
  SensorValue=analogRead(A0); // mesure de la valeur du CAN de l'entrée A0
  U=5.000*SensorValue/1023; //calcul de Uth (4 chiffres significatifs)
  I=(5-U)/10000; //calcul de I
  R=U/I; //calcul de R
  TemperatureInterne=-4.1E-3*R+63.5+5.3; //Calcul de la température (modèle valable entre 30 et 40°C pour Temperature et entre 35,3 et 45,3°C pour TemperatureInterne) (Pour une mesure dans le poing, on ajout

  Serial.print("U=");Serial.print(U);Serial.println("V"); // Affichage de U sur le "moniteur"
  Serial.print("Valeur du CAN de A0");Serial.println(SensorValue); // Affichage de la valeur du CAN de A0 sur le "moniteur"
  Serial.print("Valeur de la température du corps (valable entre 35,3 et 45,3 en °C);");Serial.println(TemperatureInterne); // Affichage de la température sur le "moniteur"

  if (TemperatureInterne>37.5){digitalWrite(4, HIGH);digitalWrite(3, LOW);digitalWrite(2, LOW);} //Courant en sortie 4 seulement selon la condition
  if (TemperatureInterne<36.5){digitalWrite(4, LOW);digitalWrite(3, LOW);digitalWrite(2, HIGH);} //Courant en sortie 2 seulement selon la condition
  if (37.5>TemperatureInterne&&TemperatureInterne>36.5){digitalWrite(4, LOW);digitalWrite(3, HIGH);digitalWrite(2, LOW);} //Courant en sortie 3 seulement selon la condition
}
```

Document réalisé sur la base d'un document de...



Cyril Pilinski, Laure Vigreux, Gaëtan Walter, Lycée Raymond Queneau, Yvetot

Modifications :

Dominique Margas, Solène Million-Brodaz Lycée Val de Seine, Le Grand Quevilly

