

NOM :

PRÉNOM :

CLASSE :

Le sujet est à rendre avec la copie

Régulation de la température de l'eau d'un chauffe-eau à l'aide d'une thermistance

Le principe d'un chauffe-eau électrique de chauffer de l'eau et de la stocker. Il fonctionne comme une grosse bouilloire électrique. Une résistance, immergée dans le bas de la cuve, permet de chauffer l'eau à la température souhaitée grâce à un thermostat.

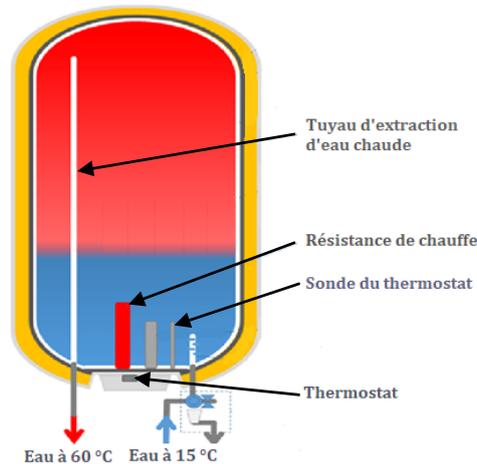


Figure 1 : Description d'un chauffe-eau.

D'après le site : <https://adenr.com/nos-produits/guide-chauffe-eau/fonctionnement-chauffe-eau/>

L'objectif de cet exercice est d'aborder des considérations énergétiques relatives au chauffe-eau, quelques généralités sur les thermistances ainsi que leur utilisation dans le thermostat qui permet la régulation de la température de l'eau.

Les trois parties de cet exercice sont en grande partie indépendantes.

PREMIÈRE PARTIE : CONSIDÉRATIONS ÉNERGÉTIQUES AUTOUR DU CHAUFFE-EAU

Dans cette partie, le chauffe-eau étudié possède une capacité de 100 L et une puissance nominale P de 1100 W. L'eau arrive dans le chauffe-eau à une température de 15 °C. La température de chauffe est réglée à 60°C.

Q1. (0,5 point) Le chauffe-eau est qualifié de convertisseur d'énergie. Justifier ce qualificatif.

Q2. (1 point) L'énergie qui doit être transférée à 1,0 L d'eau pour augmenter sa température de 1,0 °C est de 4,18 kJ. Déterminer la valeur E de l'énergie à fournir à la totalité de l'eau froide contenue dans le chauffe-eau pour la réchauffer à la température souhaitée.

Q3. (1 point) Cette opération de réchauffage de l'eau froide contenue dans le chauffe-eau à la température souhaitée prend un temps Δt . Déterminer la valeur de de cette opération Δt , exprimée en heures.

DEUXIÈME PARTIE : ÉTUDE D'UNE THERMISTANCE

Les thermistances sont constituées d'un matériau semi-conducteur d'oxyde métallique. Elles ont soit un coefficient de température négatif (CTN), soit un coefficient de température positif (CTP). Dans le premier cas, le plus courant, la valeur de la résistance de la thermistance diminue lorsque la température augmente, tandis que dans le second, on constate une augmentation de la valeur de la résistance lorsque la température augmente.

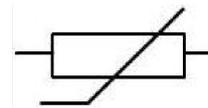


Figure 2 :
Symbole communément utilisé pour représenter une thermistance

Une thermistance CTP peut servir comme éléments chauffants. En revanche, les thermistances CTN sont principalement utilisées pour la mesure de température, et sont largement répandues dans les thermostats numériques.

D'après <http://www.ni.com/> (National Instruments / oct. 01, 2012)

Q4. (0,5 point) Associer chacune des courbes suivantes (a) et (b) à une thermistance CTP ou CTN. Justifier.

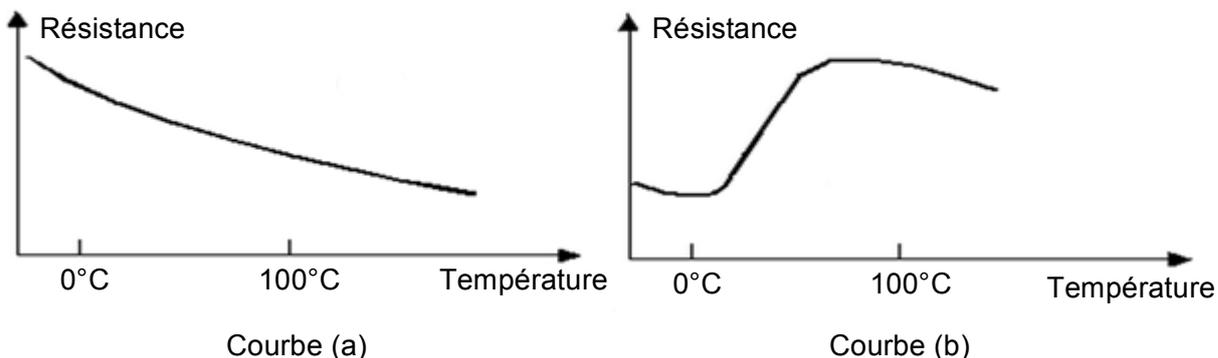


Figure 3 : Courbes représentant les variations de la résistance en fonction de la température.

L'évolution de la valeur de la résistance de la thermistance en fonction de la température n'est pas la même pour toutes les thermistances.

La figure ci-dessous présente l'évolution de la résistance de la thermistance en fonction de la température, pour deux thermistances notées R5 et R10.

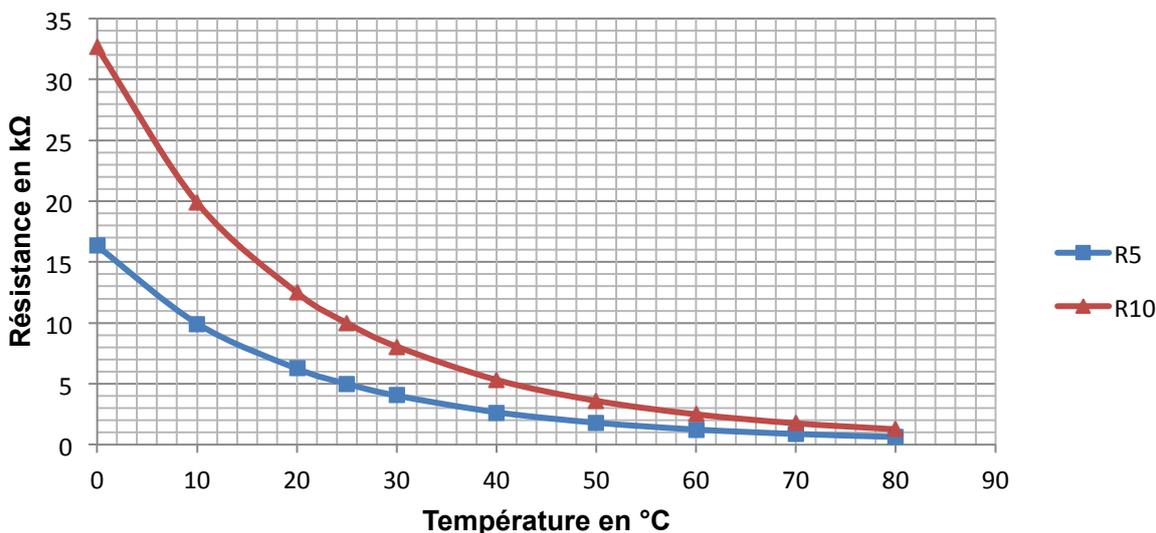


Figure 4 : Évolution de la résistance de deux types de thermistances (R5 et R10) en fonction de la température.

Q5. (0,5 point) Déterminer la valeur de température correspondant à une résistance de 8 kΩ mesurée aux bornes de la thermistance R10.

Q6. (0,5 point) On souhaite mesurer le plus précisément possible une température dans la gamme 0 – 80 °C avec une thermistance. Expliquer pourquoi il est préférable d'utiliser une thermistance R10 plutôt qu'une thermistance R5.

TROISIÈME PARTIE : RÉALISATION D'UN RÉGULATEUR DE TEMPÉRATURE A L'AIDE D'UN MICROCONTRÔLEUR

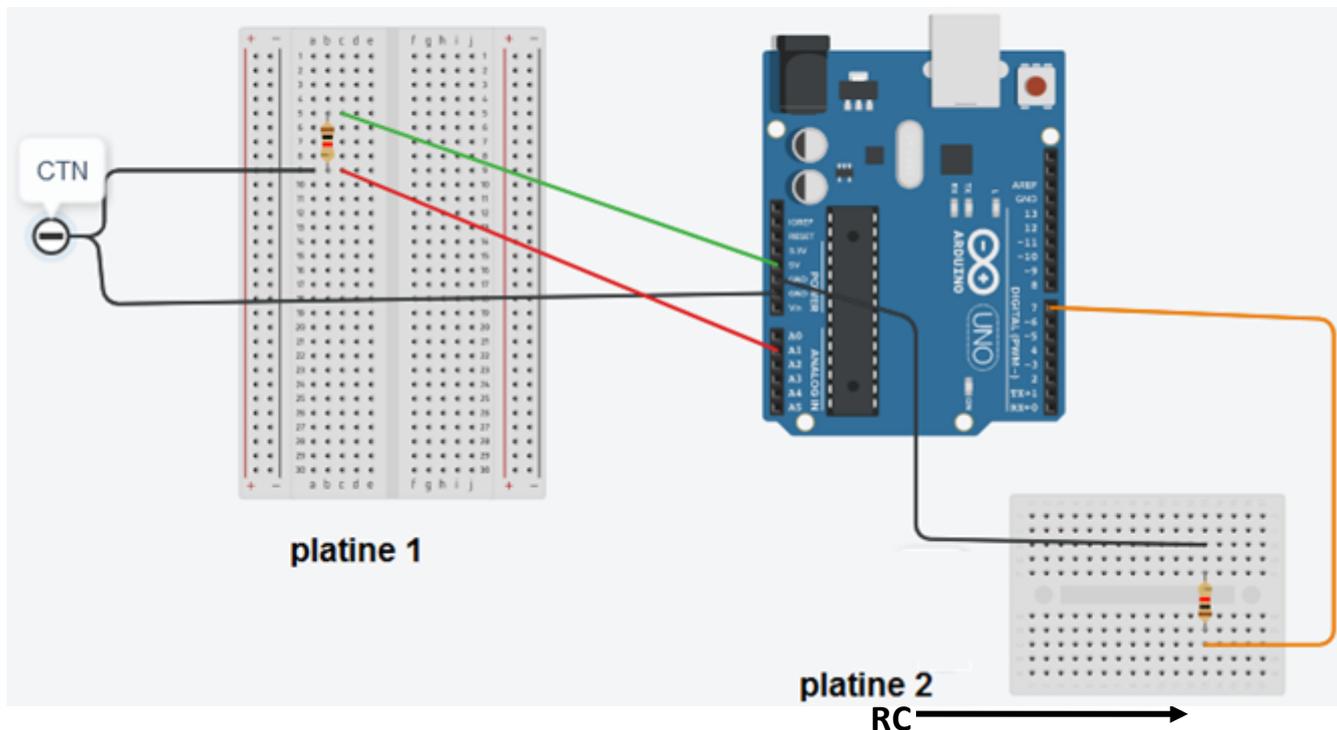
Dans cette partie, on utilise la thermistance notée R10.

Pour contrôler la température de l'eau dans le chauffe-eau, un thermostat détecte si la température de l'eau dans le ballon est en-dessous de la consigne de température demandée sur le thermostat. Si tel est le cas, il ferme le circuit électrique du chauffe-eau de sorte que la résistance de chauffe soit mise sous tension. Elle chauffe alors l'eau jusqu'à ce que le thermostat détecte que la température souhaitée a été atteinte : le circuit électrique s'ouvre et la résistance de chauffe est mise hors tension.

D'après <https://adenr.com/nos-produits/guide-chauffe-eau/fonctionnement-chauffe-eau/>

Branchements et schéma électrique équivalent au fonctionnement du chauffe-eau :

Il y a deux circuits électriques, seul le premier est schématisé.



Platine 1 : Thermistance CTN (R_{10}) et conducteur ohmique de protection ($R = 1,0 \text{ k}\Omega$) ;
Platine 2 : Résistance de chauffe R_c .

Figure 5. Représentation des branchements du microcontrôleur

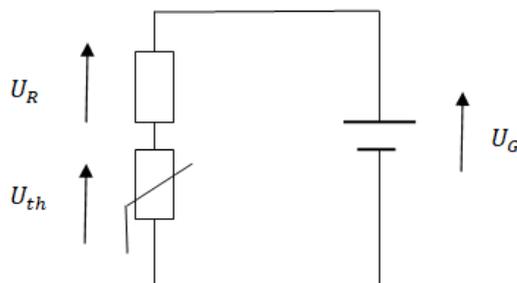


Figure 6. Schéma du circuit électrique associé à la platine 1

Sur ce montage, $U_G = 5,0 \text{ V}$.

Extrait de la programmation du microcontrôleur :

```
const int thermoresistance = A1;
const int Rc = 7;

void setup() {
  pinMode(thermoresistance, INPUT);
  pinMode(Rc, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  float valeur = analogRead(thermoresistance);
  float Uth = valeur * 5.0/1023

  if(Uth > Useuil){
    digitalWrite(Rc, LOW);
  }
  else {
    digitalWrite(Rc, HIGH);
  }
}
```

Q7. (0,5 point) Indiquer le sens conventionnel du courant sur le schéma électrique de la figure 6, correspondant au montage réalisé sur la platine 1.

Q8. (2 points) À l'aide de la loi d'Ohm, de la loi des mailles et de la loi d'unicité du courant électrique dans un circuit en série, montrer que la relation entre la tension aux bornes de la thermistance U_{th} , la tension aux bornes du générateur U_G , la valeur R de la résistance du conducteur ohmique de protection et la valeur R_{10} de la thermistance s'écrit :

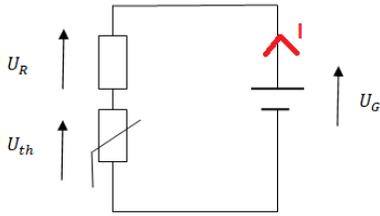
$$U_{th} = \frac{R_{10} \times U_G}{R + R_{10}}$$

Q9. (1 point) Expliquer, en quelques lignes, les lignes de code de l'encadré de l'extrait de programmation ci-dessus.

Q10. (2,5 points) En vertu de l'arrêté du 30 novembre 2005, la température d'un ballon d'eau-chaude doit être réglée entre 50° et 60° C.

Déterminer une valeur de la tension U_{seuil} aux bornes de la thermistance permettant le déclenchement du chauffage de l'eau et donc le respect de cet arrêté.

Vous êtes invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie et les étapes de résolution sont évaluées et nécessitent d'être correctement présentées. Des calculs sont nécessaires.

Question	Tâche	Niveau de difficulté	Compétence évaluée	Réponse attendue	Évaluation-Notation
Q1	Simple	1	CONNAÎTRE	Conversion d'énergie électrique en énergie thermique.	0,5
Q2	Simple	2	ANALYSER RÉALISER	Travail avec 100 L d'eau pour une augmentation de 45 °C de la température. $E = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{C}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \times 100 \text{ L} \times 45^\circ\text{C} = 19 \cdot 10^3 \text{ kJ}$	1
Q3	Simple	1	RÉALISER	$E = P \times \Delta t$ d'où $\Delta t = E / P = 19 \cdot 10^6 \text{ J} / 1 \text{ 100 W} = 17 \times 10^3 \text{ s}$ soit 4,8 heures	1
Q4	Simple	1	S'APPROPRIER	La thermistance CTN a une résistance qui diminue lorsque la température augmente comme la courbe a, tandis que la CTP possède une courbe (b) plus complexe avec des augmentations et diminutions.	0,5
Q5	Simple	1	ANALYSER	Par lecture de l'abscisse du point d'ordonnée 8 kΩ, on obtient une température de 30 °C.	0,5
Q6	Simple	1	ANALYSER	Il faut avoir une variation de la résistance suffisamment marquée en fonction de la température comme c'est le cas de la thermistance R10 dans la gamme de température que l'on veut étudier.	0,5
Q7	Simple	1	RCO		0,5
Q8	Simple	3	RÉALISER	D'après la loi d'Ohm on a $U_{th} = R_{10} \times I$ et $U_R = R \times I$ D'après la loi des mailles $U_G = U_R + U_{th}$ soit $U_G = I(R + R_{10})$ donc $I = U_G / (R + R_{10})$ on obtient $U_{th} = R_{10} \times U_G / (R + R_{10})$	1,5
Q9	Simple	2	RÉALISER	Si la tension aux bornes de la thermistance est supérieure à la valeur seuil, l'instruction de mettre hors tension la résistance de chauffe Rc est donnée (arrêt du chauffage de l'eau). Dans le cas contraire, cela signifie que la température de l'eau est inférieure à la valeur attendue : l'instruction de mettre sous tension la résistance de chauffe est donnée.	1

Q10	Complexe	4	Évaluation des compétences					
			3					
			Niveau de maîtrise					
<i>A : Les critères choisis apparaissent dans leur totalité. B : Les critères choisis apparaissent partiellement. C : Les critères choisis apparaissent de manière insuffisante. D : Les critères choisis ne sont pas présents.</i>				A	B	C	D	
			ANALYSER	L'élève choisit une valeur de température et lit, à partir de la figure 1, la valeur correspondante de la résistance de la thermistance R10.				
			S'APPROPRIER	L'élève lit sur le document la valeur U_G de la tension aux bornes du générateur.				
			RÉALISER	L'élève fait le calcul de la valeur de la tension U_{th} aux bornes de la thermistance à partir des valeurs obtenues précédemment et à partir de la valeur de la résistance du conducteur ohmique de protection fournie dans l'énoncé. Pour cela, il utilise l'expression fournie à la question 8.				
				Notation : <i>Le regard porté sur la grille de compétences de manière globale aboutit, en fonction de la position des croix, à la note évaluant la production de l'élève.</i> Majorité de A <input type="checkbox"/> 3 Majorité de B <input type="checkbox"/> 2 Majorité de C <input type="checkbox"/> 1 Majorité de D <input type="checkbox"/> 0				

Exemple de réponse à la tâche complexe (Q10) :

- La tension seuil U_{seuil} est telle que : $U_{th}(50^\circ\text{C}) \leq U_{seuil} \leq U_{th}(60^\circ\text{C})$ afin de respecter l'arrêté du 30 novembre 2005.
- $$R_{10(50^\circ\text{C})} \times U_G / (R + R_{10(50^\circ\text{C})}) \leq U_{seuil} \leq R_{10(60^\circ\text{C})} \times U_G / (R + R_{10(60^\circ\text{C})})$$
- On peut choisir R_{10} pour par exemple $T = 55^\circ\text{C}$; soient $R_{10}(55^\circ\text{C}) = 3 \text{ k}\Omega$ et $U_{seuil} = 3 \times 5 / (1+3) = 3,75 \text{ V}$. On peut aussi choisir d'autres températures dans la plage de valeurs indiquée.