

Données

- La relation donnant l'énergie thermique échangée Q (en J) est :

$$Q = m \cdot c \cdot (\theta_f - \theta_i) \quad \left| \begin{array}{l} m : \text{masse du corps (en kg)} \\ c : \text{capacité thermique en masse du corps (en } \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}\text{)} \\ \theta_f \text{ et } \theta_i : \text{températures finale et initiale (en } \text{°C}\text{)} \end{array} \right.$$

- La puissance thermique échangée (aussi appelée flux thermique) Φ (en W) correspond à l'énergie thermique échangée par unité de temps, soit :

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t} \quad \left| \begin{array}{l} Q : \text{énergie thermique échangée (en J)} \\ \Delta t : \text{durée de l'échange (en s)} \end{array} \right.$$

- Une pompe assure la circulation du fluide caloporteur dans l'installation ; le débit en volume est $q_V = 7,00 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.
- Le fluide caloporteur, considéré comme incompressible, est le Therminol® 66 dont les caractéristiques à 270 °C sont :
 - masse volumique : $\rho = 832 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$;
 - capacité thermique en masse du fluide : $c = 2,45 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$.

Source : <https://www.therminol.com/fluides-caloporteurs>

- B.1.** Montrer que le débit en masse du fluide dans l'installation est $q_m = 1,62 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ à l'aide du débit en volume.
- B.2.** Donner la relation entre le débit en masse q_m , la masse du fluide m et la durée d'écoulement Δt .
- B.3.** Montrer que l'expression permettant de calculer la température θ_s du fluide à la sortie de la chaudière est :

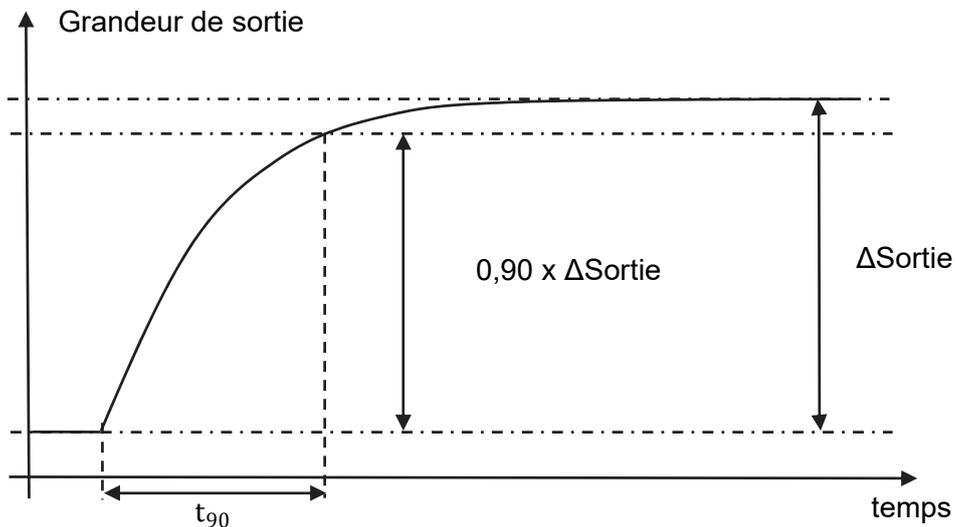
$$\theta_s = \frac{\Phi_F}{q_m \cdot c} + \theta_e$$

- B.4.** Calculer la valeur de la température du fluide à la sortie de la chaudière. Commenter la valeur obtenue et proposer une modification qualitative du débit du fluide pour respecter la consigne de 278 °C.

Comme indiqué précédemment, la température de travail correspond à l'intervalle entre la fusion et la dégradation du polymère. Pour rester dans ce petit intervalle, le temps de réponse à 90 % de la sonde PT100 est un paramètre important et il doit être, pour cette installation, inférieur à 20 secondes.

Document 4 : temps de réponse

Le temps de réponse, t_{90} , à 90 % correspond à la durée nécessaire pour que la grandeur de sortie augmente à partir de sa valeur initiale de 90 % de sa variation totale ΔSortie .



Document 5 : relation caractéristique d'une sonde PT100

La valeur de la résistance d'une PT100 dépend de la température selon la relation suivante :

$$R = 0,385 \times \theta + 100 \quad \text{avec } R : \text{résistance en } \Omega$$

$$\theta : \text{température en } ^\circ\text{C}$$

Pour déterminer le temps de réponse de la sonde PT100, nous soumettons la sonde à un échelon de température : la sonde est placée dans une enceinte dont la température est constante (24,0 °C) puis très rapidement la sonde est placée dans une enceinte dont la valeur de la température est de 70,0 °C.

Nous réalisons l'acquisition permettant de mesurer la température donnée par la sonde PT100 en fonction du temps à l'aide d'une carte microcontrôleur.

Extrait de code téléversé sur la carte :

```

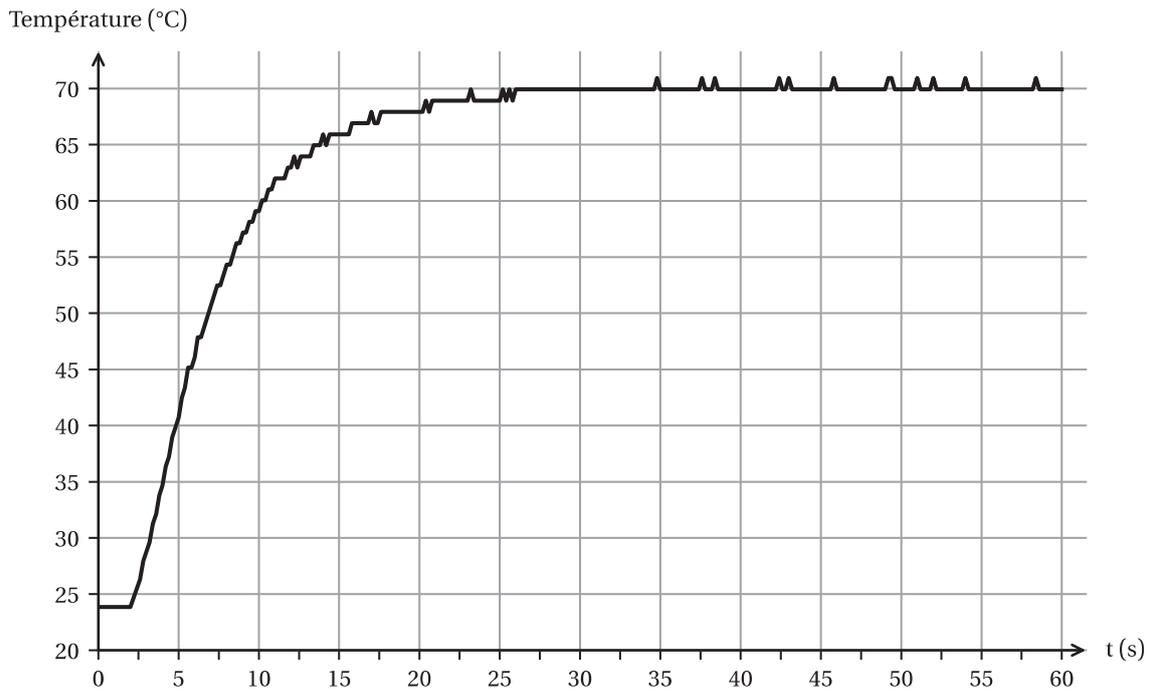
1  N = analogRead(A0) ; // entrée analogique pour mesurer la tension
2  U = 5.0*N/1023      ; // calcul de la tension
3  R = U*100/(5.0-U)  ; // calcul de la résistance
4  theta =            ; // relation entre la température theta et R

```

B.5. À l'aide de l'extrait du code ci-dessus :

- déterminer l'entrée analogique de la carte du microcontrôleur permettant de mesurer la tension aux bornes de la PT100 ;
- écrire la ligne de code n°4 permettant de calculer la température de la sonde en fonction de la résistance R.

La courbe obtenue lors de cette expérience est alors :



B.6. En s'appuyant sur le graphique obtenu lors de l'expérience et en détaillant la démarche suivie, déterminer la valeur du temps de réponse à 90 % de ce capteur de température. Commenter la valeur obtenue en supposant que le temps de réponse est indépendant des conditions d'utilisation.