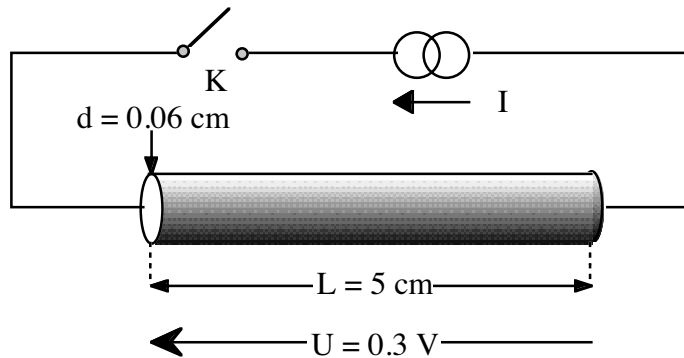


¹MISE EN TEMPERATURE D'UN FUSIBLE

On considère un fil métallique :

- Diamètre $d = 0.06$ cm, longueur $L = 5$ cm
- Masse $M = 0.14$ g
- Résistivité indépendante de la température : $\rho_0 = 10^{-5}$ $\Omega \cdot \text{cm}$,
- Chaleur massique $C_p = 83.74 \cdot 10^{-3}$ $\text{J g}^{-1} \text{K}^{-1}$.



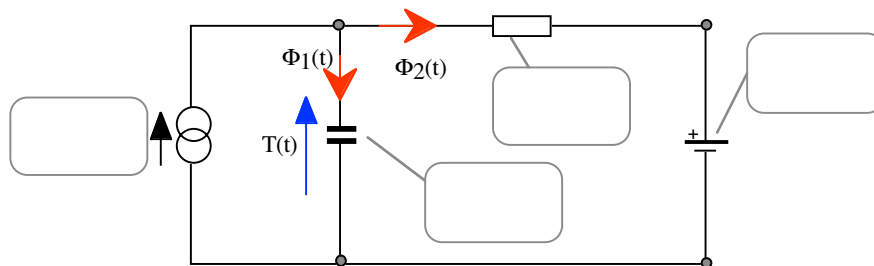
1. Calculer la surface latérale S_L , la section S du fil et la résistance R du fil métallique.
2. Sachant que l'interrupteur K est fermé, on mesure une tension $U = 0,3$ V aux bornes du fil. Calculer la puissance électrique P dissipée dans le fil métallique. Faire l'A.N.

La chaleur dégagée par le fil (effet Joule), se perd en partie en surface par effet convectif. On suppose que cette perte est proportionnelle à sa surface latérale S_L , au temps t et à la différence de température $T(t) - T_a$ entre le fil et le milieu ambiant. Le fil prend finalement une température constante T_m qu'il atteint au bout d'un régime transitoire.

3. En considérant le schéma thermique du dispositif au bout d'un temps infiniment long, calculer la température finale T_m du fil, compte-tenu du flux de chaleur échangé par convection avec le milieu ambiant. On donne la température ambiante $T_a = 20$ °C et le coefficient d'échange convectif $h = 0.01$ $\text{W cm}^{-2} \text{°C}^{-1}$.

La différence de potentiel est établie au temps $t = 0$ à la fermeture de K . On va rechercher l'évolution en fonction du temps de la température $T(t)$ du fil.

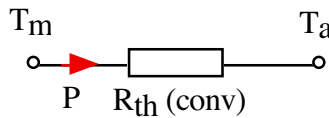
4. On donne le schéma thermique du dispositif. Que représentent les éléments indiqués sur la figure? Indiquer dans les cadres les expressions correspondantes.



5. Donner l'expression du flux de chaleur $\Phi_2(t)$. Montrer ensuite que le flux de chaleur $\Phi_1(t)$ est tel que : $\Phi_1(t) = MC_p \frac{dT(t)}{dt}$.
6. Mettre en équation le circuit et donner l'équation différentielle permettant de trouver l'évolution de la température $T(t)$. Présenter cette équation avec les variables temps t et $T(t)$ séparées.
7. La solution de l'équation différentielle est de la forme : $T(t) = A + B \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$ où A et B sont des constantes. $\tau = M \cdot C_p \cdot R_{th\ conv}$ représente la constante de temps. Déterminer les constantes A et B et donner l'expression de $T(t)$.
8. Tracer le graphe de la température $T(t)$ du fil métallique.
9. Le fil est constitué par un alliage qui fond à $200\text{ }^\circ\text{C}$. Au bout de combien de temps fondra-t-il? Quelle sera alors l'intensité du courant I correspondante ?

CORRECTION

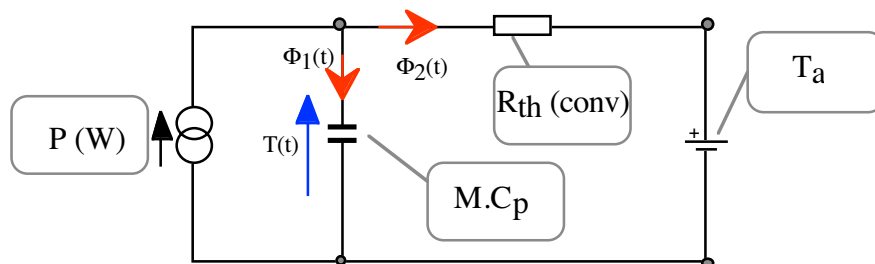
1. $S_L = 2\pi rL = 0,942\text{cm}^2$ $S = \pi r^2 = 2,827.10^{-3}\text{cm}^2$ $R = \rho_0 \frac{L}{S} = 1,768.10^{-2}\Omega$.
2. Calculer la puissance électrique P dissipée dans le fil métallique : $P = \frac{U^2}{R} = 5,09\text{W}$.
3. Schéma thermique du dispositif au bout d'un temps infiniment long c'est-à-dire en régime permanent :



$$R_{th}(conv) = \frac{1}{hS_L} = 106,16^\circ\text{C/W}$$

$$T_m = R_{th}(conv).P + T_a = 560,3^\circ\text{C}$$

4. schéma thermique du dispositif :



$P(W)$: flux de chaleur dans le fil

$M.C_p$: capacité calorifique du fil

$R_{th}(conv)$: résistance thermique de convection entre la surface latérale du fil et l'ambiante.

T_a : température ambiante.

5. Flux de chaleur $\Phi_2(t)$: $\Phi_2(t) = \frac{T(t) - T_a}{R_{th}(conv)}$.

Pour augmenter la température du fil de dT , il faut fournir une énergie élémentaire :

$$dQ = M.C_p.dT \text{ soit en dérivant par rapport au temps : } \frac{dQ}{dt} = \Phi_1(t) = MC_p \frac{dT(t)}{dt}.$$

6. Mise en équation du circuit :

$$P = \Phi_1(t) + \Phi_2(t)$$

$$P = MC_p \frac{dT(t)}{dt} + \frac{T(t) - T_a}{R_{th}(conv)}$$

En séparant les variables, on obtient :

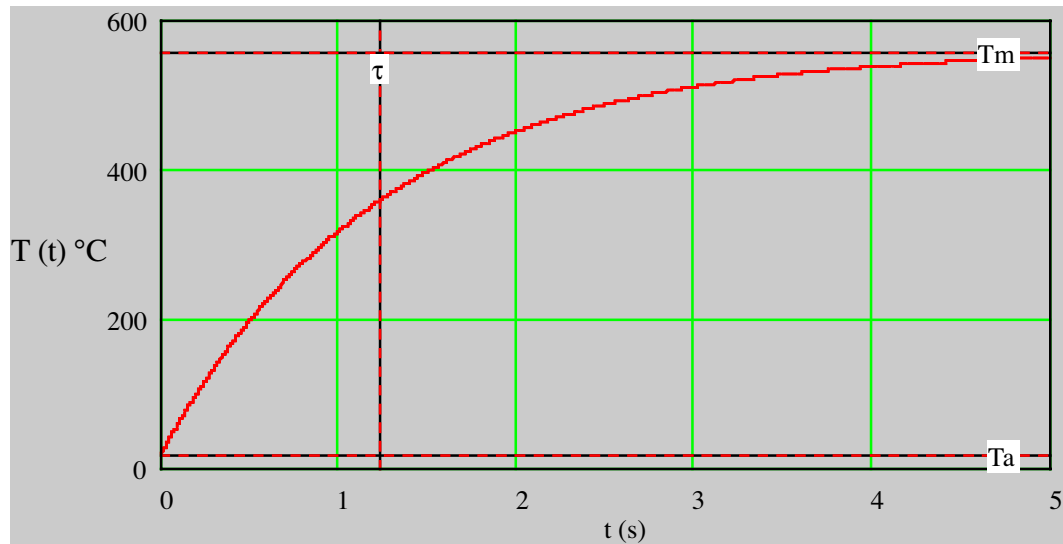
$$\frac{dt}{MC_p R_{th}(conv)} = \frac{dT(t)}{R_{th}(conv) - (T(t) - T_a)}$$

$$\text{Où } \tau = MC_p R_{th}(conv)$$

7. A $t = 0$ s, équilibre thermique : $T(0) = T_a = A + B$
 Pour $t \rightarrow \infty$, $T(\infty) = A = T_m$ selon la question 3.
 Expression de $T(t)$:

$$T(t) = T_m + (T_a - T_m) \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

8. Graphe de la température $T(t)$ du fil métallique :



9. La température de l'alliage atteint 200 °C au bout de 0,504 s. L'intensité du courant est alors de 17 A.