Entropie créée par une résistance

Considérons une masse $m = 100$ g d'eau dans laquelle plonge un conducteur de résistance $R = 20\ \Omega$. L'ensemble forme un système de température initiale $T_0 = 20$ °C. On impose au travers de la résistance un courant $I = 20$ A pendant une durée $\tau = 10$ s.

Données :

- Capacité thermique de la résistance : $C_R = 8$ J·K^{-1}
- Capacité thermique massique de l'eau : $c_{eau} = 4,18$ kJ·K^{-1}·kg^{-1}
- Entropie d'une phase condensée incompressible et indilatable :

$$S = S_0 + C\ \ln(T)$$

1) La température de l'ensemble est maintenue constante. Quelle est la variation d'entropie du système ? Quelle est l'entropie créée ?

2) Que peut-on en déduire à propos du signe d'une résistance ?

3) Le même courant passe dans le même conducteur pendant la même durée, mais cette fois le système est isolé thermiquement. Calculer sa variation d'entropie et l'entropie créée.

Correction

Une question ? Un soucis de QRCode ? nicolasperrissin@gmail.com

Correction

1) La température du système est maintenue constante ($T_i = T_f = T_0$). D'après le formulaire :

$$\boxed{\Delta S_{syst} = \Delta S_R + \Delta S_{eau} = C_R \ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right) + mc_{eau} \ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right) = 0}$$

On applique le premier principe (version enthalpique, car transformation au contact de l'atmosphère donc monobare) :

$$\Delta H_{syst} \underset{\substack{\uparrow \\ \text{Loi de Joule}}}{=} 0 \underset{\substack{\uparrow \\ \text{PP.}}}{=} Q + RI^2\tau \quad \Rightarrow \quad Q = -RI^2\tau$$

On en déduit l'entropie échangée :

$$\boxed{S_e = \frac{Q}{T_0} = -\frac{RI^2\tau}{T_0} = -273 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}}$$

On applique le second principe pour en déduire l'entropie créée :

$$\boxed{S_c = \Delta S - S_e = \frac{RI^2\tau}{T_0} = 273 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}}$$

2) L'entropie créée état toujours une grandeur positive, R est également toujours positive (car I^2 et T le sont toujours également).

3) Cette fois, $Q = 0$ donc $S_e = 0$. Le premier principe donne :

$$\Delta H_{syst} = \Delta H_R + \Delta H_{eau} \underset{\substack{\uparrow \\ \text{Loi de Joule}}}{=} C\,\Delta T + mc_{eau}\,\Delta T \underset{\substack{\uparrow \\ \text{PP.}}}{=} RI^2\tau$$

On en déduit la température finale :

$$T_f = T_0 + \frac{RI^2\tau}{C + mc_{eau}} = 208 \text{ °C}$$

Puisque l'énoncé de mentionne pas de changement d'état, supposons que l'eau reste liquide. Qui sait, peut être que l'expérience se fait à très haute pression...

Le second principe et le formulaire donnent :

$$S_c = \Delta S_{syst} = \Delta S_R + \Delta S_{eau} = C_R \ln\left(\frac{T_f}{T_0}\right) + mc_{eau} \ln\left(\frac{T_f}{T_0}\right)$$

Ainsi,

$$\boxed{S_c = \Delta S_{syst} = (C_R + mc_{eau}) \ln\left(1 + \frac{RI^2\tau}{T_0\,(C + mc_{eau})}\right) = 211 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}}$$