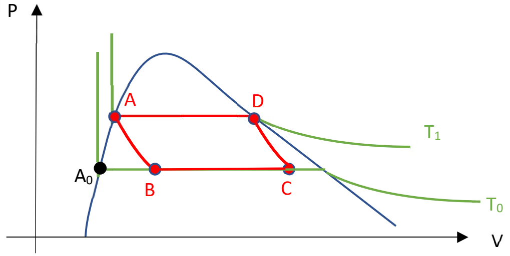
Machine frigorifique

---

1. Le cycle
Système : Le fluide 1 unité de masse
Equation d'état : Gaz gaz parfait $PV = nRT$
Liquide V = constante

a. Le diagramme



---

b. Fraction massique x_B
La transformation AB est une isentropique : $\Delta s = 0 J/L/Kg$
S est une fonction d'état sa variation ne dépend pas du chemin suivi.
On imagine la transformation suivante $A \rightarrow A_0 \rightarrow B$ on aura la même variation.
$A \rightarrow A_0$ refroidissement du liquide incompressible : $\Delta s_1 = c.\ln\frac{T_0}{T_1}$
$A_0 \rightarrow B$ vaporisation partielle isobare et isotherme : $\Delta s_2 = x_B \frac{L_{vap}(T_0)}{T_0}$
Ainsi $A \rightarrow B$ $\Delta s = \Delta s_1 + \Delta s_2 = 0$
On a donc $\boxed{\mathbf{x_B = c.\ln\frac{T_1}{T_0} . \frac{T_0}{L_{vap}(T_0)}}}$

---

c. Fraction massique x_c
La transformation CD est une isentropique : $\Delta s = 0 J/L/Kg$, on procède donc de même qu'en b.
On imagine la transformation suivante $D \rightarrow A \rightarrow A_0 \rightarrow C$ on aura la même variation.
$D \rightarrow A$ Liquéfaction totale isobare et isotherme : $\Delta s_1 = - \frac{L_{vap}(T_1)}{T_1}$
$A \rightarrow A_0$ refroidissement du liquide incompressible : $\Delta s_2 = c.\ln\frac{T_0}{T_1}$
$A_0 \rightarrow B$ vaporisation partielle isobare et isotherme : $\Delta s_3 = x_c \frac{L_{vap}(T_0)}{T_0}$
Ainsi $D \rightarrow C$ $\Delta s = \Delta s_1 + \Delta s_2 + \Delta s_3 = 0$
On a donc $\boxed{\mathbf{x_c = \left(c.\ln\frac{T_1}{T_0} + \frac{L_{vap}(T_1)}{T_1}\right)\frac{T_0}{L_{vap}(T_0)}}}$

---

d. Les transferts thermiques
- La transformation BC : vaporisation partielle isobare et isotherme

Isobare : $q_{BC} = \Delta h = (x_c - x_B)\, L_{vap}(T_0)$
Ainsi $q_{BC} = \frac{T_0}{T_1} L_{vap}(T_1)$
- La transformation DA : liquéfaction isobare et isotherme

Isobare : $\boxed{\mathbf{q_{DA} = \Delta h = - L_{vap}(T_1)}}$

---

e. Le travail
Premier principe pour le cycle : $\Delta u = w + q = 0J$
D'où $w = -q_{BC} - q_{DA}$
Ainsi $\boxed{\mathbf{w = L_{vap}(T_1)\left(1 - \frac{T_0}{T_1}\right)}}$

---

2. Efficacité
Par définition $e = \frac{\text{grandeur utile}}{\text{grandeur couteuse}} = \frac{q_{BC}}{w}$
En reportant les résultats on trouve $\boxed{\mathbf{e = \frac{T_0}{T_1 - T_0}}}$
On retrouve l'efficacité de Carnot, ce qui est logique car la machine a un fonctionnement réversible.

Réfrigérateur tritherme

Système : le fluide
Efficacité : $e = \frac{\text{grandeur utile}}{\text{grandeur couteuse}} = \frac{Q_2}{Q_0}$
L'efficacité sera la plus grande possible pour un cycle réversible.

Premier principe pour le cycle : $\Delta U = Q_1 + Q_0 + Q_2 = 0J$
Second principe pour le cycle réversible : $\frac{Q_0}{T_0} + \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0 J/K$

Ainsi $Q_1 = -Q_0 - Q_2$
Et $Q_0\left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_1}\right) = Q_2\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$
D'où $\boxed{\mathbf{e = \frac{T_1 - T_0}{T_2 - T_1} . \frac{T_2}{T_0}}}$