

TRAVAUX DIRIGÉS N°4 DE THERMODYNAMIQUE

Machines thermiques

Questions de cours à savoir refaire

Application du premier et second principes aux machines thermiques cycliques dithermes, définition du rendement et de l'efficacité. Inégalité de Clausius et théorèmes de Carnot.

Exercice 1 : Moteur thermique entre deux sources de températures variables

Un moteur thermique fonctionne réversiblement entre deux sources de températures variables au cours du temps ou pseudo-sources :

- la température de la source chaude est notée $T_C(t)$;
- la température de la source froide est notée $T_F(t)$

Les sources sont de même capacité thermique $C = 400 \text{ kJ.K}^{-1}$, leurs températures initiales sont respectivement $T_{0C} = 373 \text{ K}$ et $T_{0F} = 283 \text{ K}$.

1 Déduire du second principe de la thermodynamique la relation entre $T_C(t)$, $T_F(t)$, T_{0C} et T_{0F} .

2 Déterminer la température finale T_f atteinte par les deux sources lorsque le moteur cesse de fonctionner.

3 Déterminer le travail W fourni par le moteur pendant toute la durée du fonctionnement.

4 Calculer l'efficacité thermodynamique ou rendement e_{moteur} de ce moteur. Le comparer avec le rendement théorique maximal e_{Carnot} obtenu si les températures initiales des sources avaient été maintenues constantes.

Exercice 2 : Climatiseur

Un climatiseur en mode réfrigérateur refroidit un pièce de $T_0 = 300 \text{ K}$ à $T_f = 295 \text{ K}$. La capacité thermique de la pièce est notée C . Le milieu extérieur est à la température constante T_0 . Au départ {milieu extérieur + pièce} sont en équilibre à T_0 .

Pour effectuer ce refroidissement, le climatiseur consomme au moins $P = 180 \text{ W}$ pendant 300 s .

Décrire les sources et leurs caractéristiques. Calculer C

Exercice 3 : Réfrigérateur

Une machine frigorifique supposée idéale fonctionne entre une masse d'eau $m = 10 \text{ kg}$ et l'atmosphère à la température constante T_0 . Au départ la masse d'eau et l'atmosphère sont en équilibre à $T_0 = 10^\circ \text{C}$.

La puissance du compresseur de la machine est $P = 500 \text{ W}$. On donne :

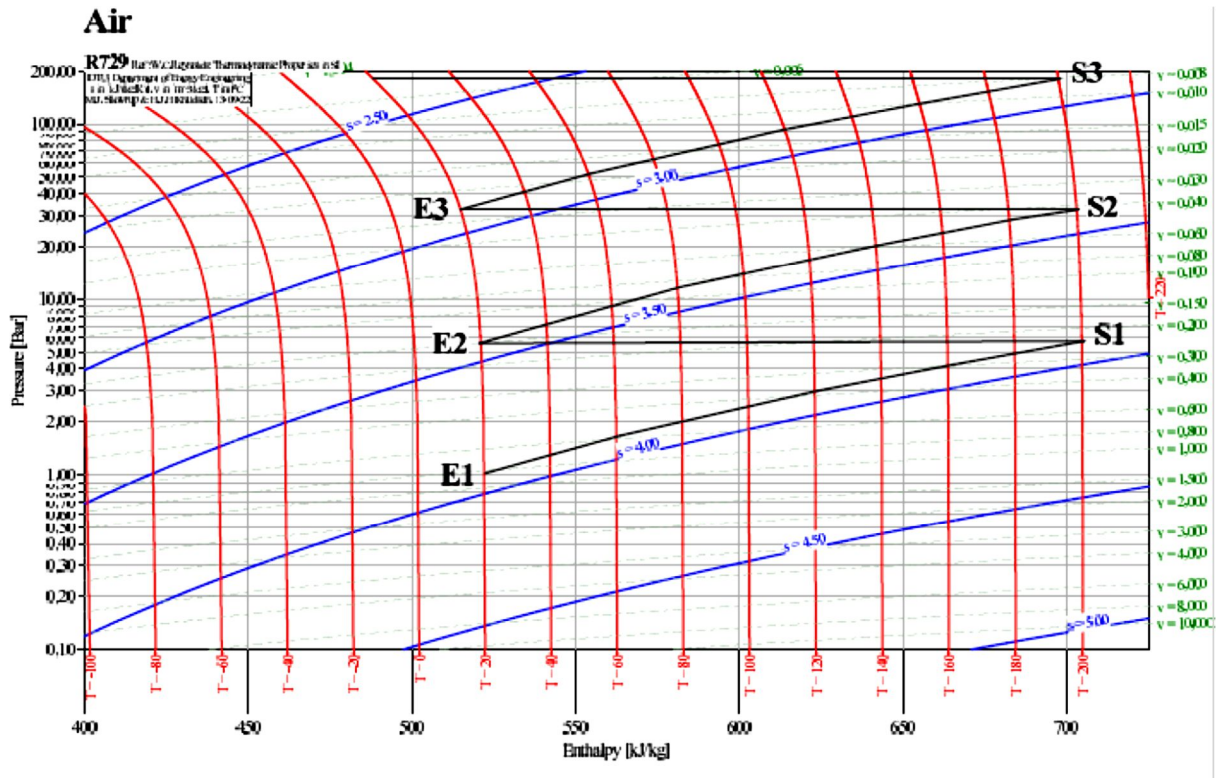
- capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_{\text{eau}} = 4,2 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- chaleur latente de fusion de la glace à 0°C : $\Delta_{\text{fus}} h(T_{\text{fus}}) = 333 \text{ kJ.kg}^{-1}$

1. Au bout de combien de temps l'eau commence-t-elle à congeler ?

2. Au bout de combien de temps l'eau est-elle totalement sous forme de glace ?

Exercice 4 : Compresseur

Les transformations suivies par l'air soumis à un compresseur sont représentées dans le diagramme enthalpique ci-dessous :



1) Décrire les transformations :

1.a) $E_k \rightarrow S_k$,

1.b) et $S_k \rightarrow E_{k+1}$.

2) Déterminer pour toutes les phases $E_k \rightarrow S_k$, les valeurs numériques

2.a) des chaleurs massiques ;

2.b) des travaux utiles massiques.

Exercice 5 : Congélateur

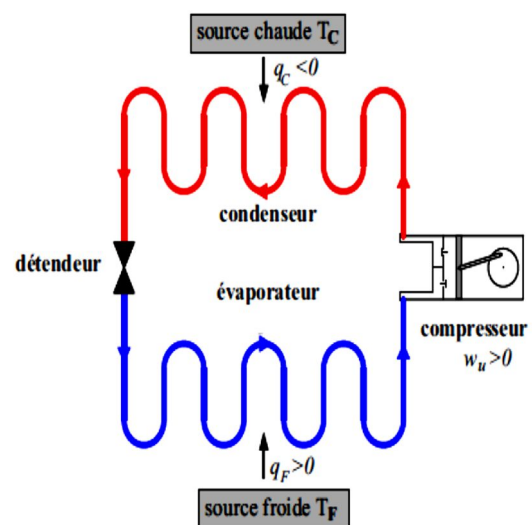
Le cycle suivi dans un congélateur par le fluide frigorigère R134a ($\text{CH}_2\text{F}-\text{CF}_3$) dans le diagramme enthalpique est donné en annexe.

1. Déterminer, pour chaque état (1, 2, 3 et 4) :

- l'état physique (liquide, gaz ou mélange liquide vapeur de fraction x) ;
- la pression P ;
- la température θ .

Le schéma ci-contre fait apparaître les différents éléments dans lesquels circule le fluide :

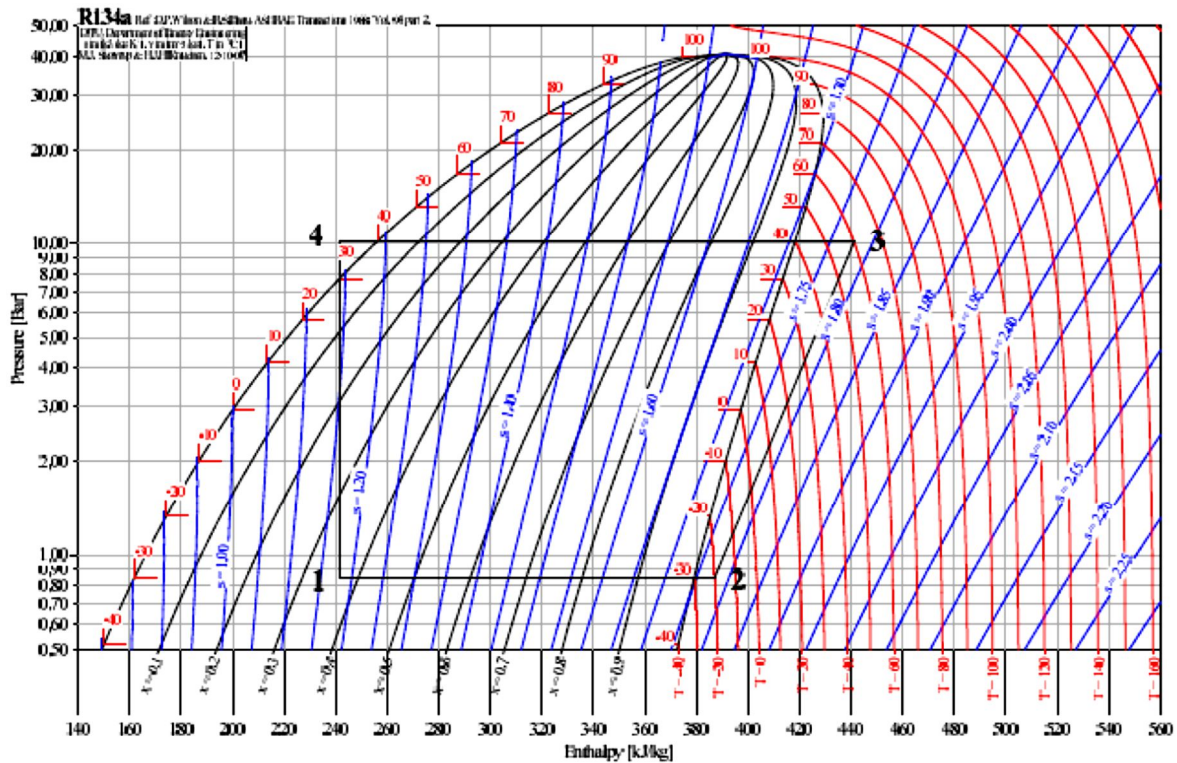
- le compresseur
- le détendeur
- le condenseur
- l'évaporateur



2. Associer à chacun de ces précédents éléments une transformation du cycle ($1 \rightarrow 2$, $2 \rightarrow 3$, $3 \rightarrow 4$ et $4 \rightarrow 1$). On donnera les caractéristiques de ces transformations.

3. Définir l'efficacité η du congélateur et déterminer sa valeur numérique.

R134a CH2FCF3



Exercice 6 : Moteur Ericsson

John Ericsson est né en 1803 en Suède, à Langban dans le Värmland. Très tôt, à l'âge de 12 ans, il travailla comme géomètre sur l'important chantier suédois du canal Göta. Puis il fit une courte carrière dans l'armée. Il inventa alors son premier "caloric engine" qui fit l'objet d'un brevet déposé en Suède en 1826, année de son départ pour l'Angleterre. Toujours passionné de mécanique, il inventa différents moteurs à air chaud ou à vapeur. John Ericsson partit pour les USA en 1839. En 1851, il déposa un nouveau brevet de moteur à air chaud. C'est le moteur Ericsson utilisant le cycle thermodynamique du même nom. Ce moteur équipa le bateau Ericsson. John Ericsson continua sa collaboration avec l'US Navy. Les "moteurs solaires" de John Ericsson concentraient l'énergie solaire à l'aide d'une parabole. Au point de convergence, on installait un moteur Ericsson ou une machine à vapeur. Les fermiers américains ont accueilli avec succès cette invention pour entraîner des pompes d'irrigation sans frais de combustible. John Ericsson mourut le 8 mars 1889.

On s'intéresse à un système fermé de n moles d'un gaz parfait caractérisé par $\gamma = 1,4$ qui suit un cycle d'Ericsson constitué de deux isothermes, de températures respectives $T_A = 27^\circ\text{C}$ et $T_C = 327^\circ\text{C}$ et deux isobares de pressions respectives $P_A = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ et $P_B = 10 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

Représenter le diagramme de Clapeyron (P, V) et déterminer l'expression littérale du rendement η d'une telle machine thermique. On exprimera η en fonction uniquement des données de l'exercice. Calculer ensuite η .