

Question de cours : Moteur cyclique ditherme

Présentation. Déterminer le sens des transferts énergétiques, rendement, théorème de Carnot

Exercice : Calorimètre

Un calorimètre de capacité thermique totale C (y compris celle des corps qui y sont contenus) dont la température initiale est θ_0 se refroidit par perte thermique. La puissance de fuite est proportionnelle à l'écart entre la température θ du calorimètre à chaque instant et la température extérieure constante θ_e .

1. Établir la loi de variation θ en fonction du temps t , de C , de a coefficient de proportionnalité de la puissance de fuite, et des températures θ_0 et θ_e
2. A.N. : $C = 900 \text{ J.K}^{-1}$; $\theta_0 = 20^\circ\text{C}$; $\theta_e = 10^\circ\text{C}$; au bout d'une minute la température est de $19,5^\circ\text{C}$; calculer le temps au bout duquel elle sera de 15°C .

Question de cours : Les principes pour un système ouvert en régime stationnaire

Passage d'un système ouvert à un système fermé, variation d'une grandeur d'état extensive en régime stationnaire, établir l'expression du premier principe industriel.

Exercice : Pompe à chaleur

On désire maintenir dans un appartement une température constante $T_1 = 290 \text{ K}$ grâce à une pompe à chaleur utilisant comme source froide un lac de température $T_0 = 280 \text{ K}$. La température extérieure est uniformément égale à T_0 . Il faut évidemment pour cela dépenser la puissance juste nécessaire pour compenser les pertes de chaleur.

1. Dans le but d'évaluer ces pertes, on arrête le chauffage, la température de l'appartement étant initialement à T_1 . Au bout de 2 heures, la température n'est plus que de 285 K . En admettant que le transfert thermique perdu pendant la durée dt a pour expression : $\delta Q = aC(T - T_0)dt$, calculer a .
2. Sachant que le coefficient d'efficacité réel de la machine n'est que de 40% de l'efficacité théorique, quelle est la puissance à fournir pour maintenir une température T_1 constante dans l'appartement ?

Donnée : $C = 10^7 \text{ J.K}^{-1}$.

Question de cours : Les deux principes de la thermodynamique

Énoncés. Commentaires. Cas d'une transformation infinitésimale.

Chauffage d'une école

On étudie le chauffage d'une école pendant une journée d'hiver. On appelle T_{ext} la température de l'air à l'extérieur de l'école. On suppose qu'à chaque instant toute l'école est à la même température T .

On suppose que la chaleur perdue par l'école (à cause des déperditions thermiques à travers les murs, le toit...) pendant la durée dt est égale à :

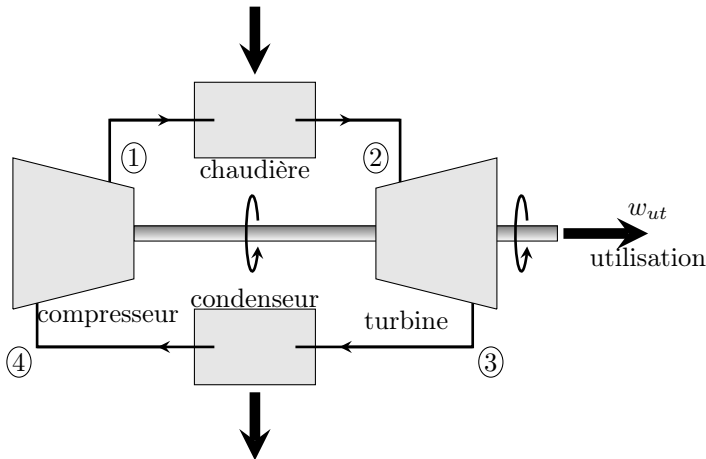
$$\delta Q_{perdue} = aC(T - T_{ext})dt,$$

a étant une constante.

On donne : $T_{ext} = 263 \text{ K}$; $C = 7,6 \cdot 10^7 \text{ J.K}^{-1}$ capacité thermique de l'école ; $a = 7,9 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$.

1. On arrête le chauffage de l'école à l'instant $t = 0$, la température de l'école étant $T_1 = 293 \text{ K}$.
 - (a) En faisant un bilan thermique, établir l'équation différentielle vérifiée par T (fonction du temps).
 - (b) Déterminer la température T de l'école à un instant quelconque t .
 - (c) Calculer T à l'instant $t_1 = 3$ heures.
2. On suppose maintenant qu'à l'instant $t = 0$, la température de l'école est $T_2 = 275 \text{ K}$ et le chauffage de l'école est mis en fonctionnement ; les radiateurs dégagent une puissance thermique $\mathcal{P} = 210 \text{ kW}$ constante au cours du temps.
 - (a) Établir l'équation différentielle vérifiée par T .
 - (b) Déterminer la température T de l'école à un instant t quelconque.
 - (c) Calculer l'instant t_2 pour lequel la température de l'école est égale à 293 K .

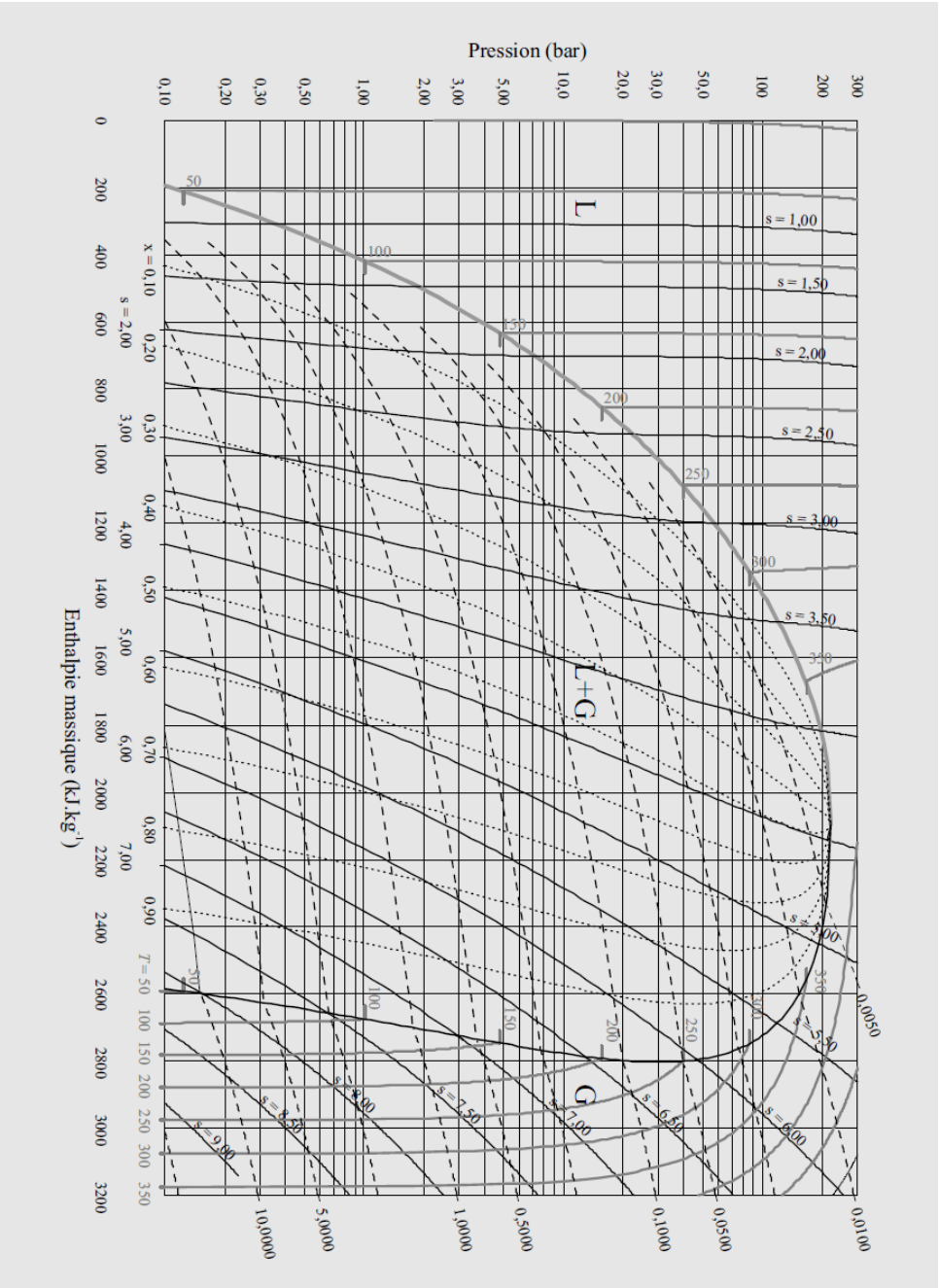
Machine à vapeur



T, p, x désignant respectivement la température, la pression et le titre en vapeur, on dispose des données suivantes :

Etat	$T(^{\circ}C)$	$p(\text{bars})$	x
1	250	p_1	0
2	T_2	40	1
3	100	1	x_3
4	100	1	x_4

- Placer les points représentant les états 1, 2, 3 et 4 sur le diagramme (P, h) de l'eau fourni. Compléter le tableau précédent.
- Évaluer le rendement de la machine et la comparer au rendement d'une machine de Carnot fonctionnant entre une source chaude de température $T_C = 250^{\circ}C$ et une source froide de température $T_F = 100^{\circ}C$.
- En réalité la source froide est l'atmosphère à la température $T_0 = 20^{\circ}C$; comment sont modifiées les conclusions de la question précédente ?
- La puissance utile de la machine étant $\mathcal{P}_{ut} = 1 \text{ MW}$, déterminer le débit massique en eau dans la machine.



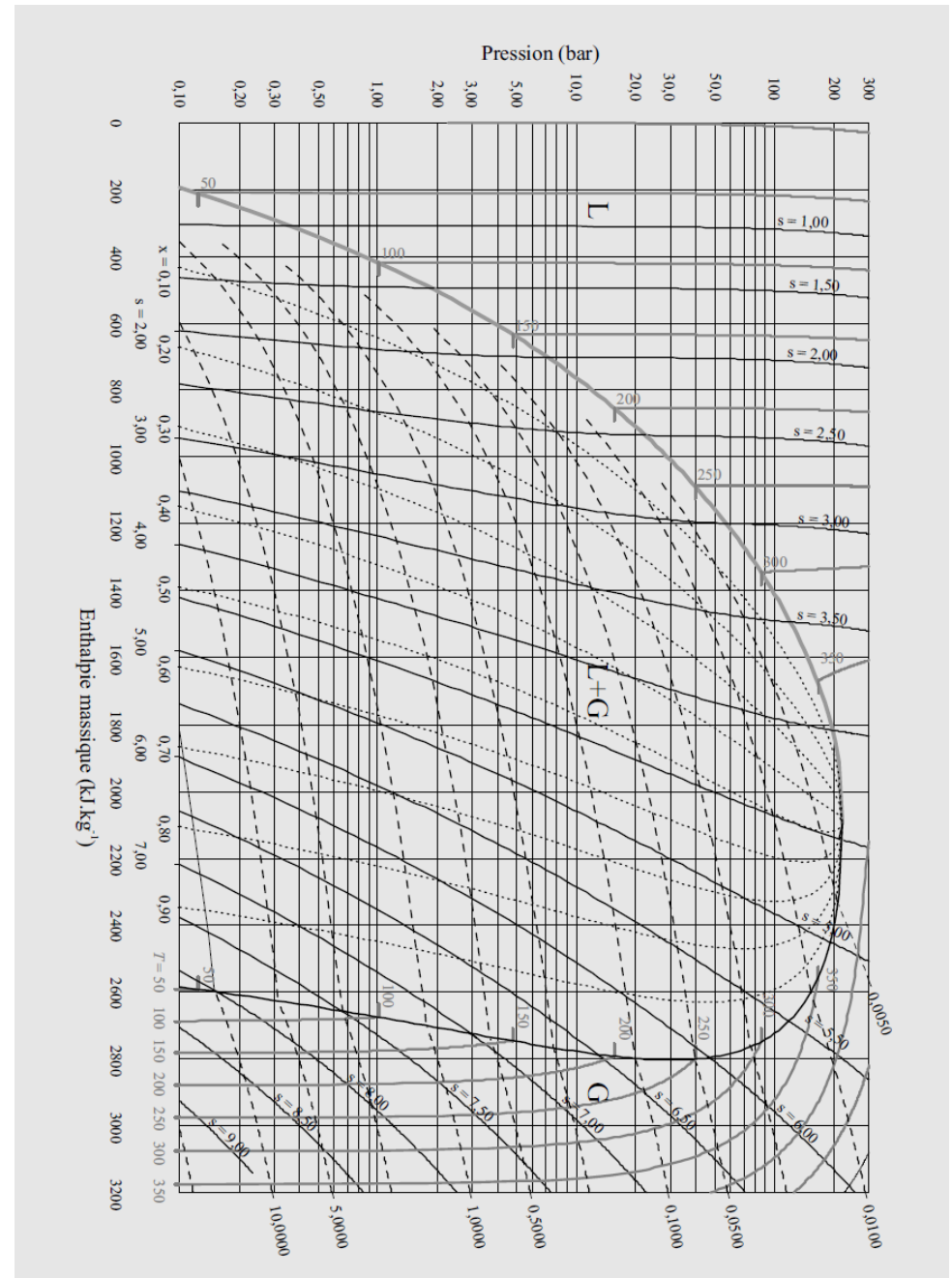
Cycle de Rankine d'une centrale thermique

Les transformations du circuit secondaire d'une centrale thermique sont modélisées par :

- de A à B : compression adiabatique réversible, dans la pompe d'alimentation, de la pression $P_1 = 0,10$ bar à la pression $P_2 = 70$ bar, du liquide saturant sortant du condenseur à la pression P_1 (point A);
- de B à D : échauffement isobare à P_2 du liquide dans le générateur de vapeur jusqu'à un état de liquide saturant (point D);
- de D à E' : vaporisation totale isobare à P_2 jusqu'à un état de vapeur sèche de température 400°C (point E');
- de E' à F' : détente adiabatique réversible de P_2 à P_1 . En F' l'état est un mélange liquide-vapeur.
- de F' à A : liquéfaction totale isobare dans le condenseur à P_1 , de la vapeur présente en F' .

1. Sur le diagramme enthalpique de l'eau (en coordonnées (P, h)), positionner les points du cycle.

2. A l'aide de ce diagramme, déterminer numériquement le rendement du cycle avec surchauffe.



Stockage du GPL

Le GPL (gaz de pétrole liquéfié) est un mélange de propane et de butane utilisé comme carburant par certains véhicules. Le GPL est stocké sous la forme d'un mélange liquide-gaz dans le réservoir.



Pour simplifier, nous allons assimiler le GPL à du propane pur initialement stocké à 20°C.

- Quelle pression P_1 règne dans un réservoir de volume 50 L, si on y a stocké 2,5 kg de propane ?
- Le volume massique du liquide saturant étant égal à $2.10^{-3} \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}$, quelle est la capacité maximale du réservoir ? Quelle serait la pression dans ces conditions ?

2. Échauffement du réservoir.

En cas d'échauffement accidentel (dû à un incendie par exemple), le GPL risque d'exploser. Aussi, depuis 2001, les réservoirs GPL sont munis d'une soupape permettant d'évacuer le fluide dès que la pression dépasse 25 bar. A quelle température θ_{max} la soupape évacue-t-elle le GPL gazeux ?

3. Détente.

Le mélange subit une détente à travers un vapo-détendeur de la pression P_1 à la pression $P_0 = 1 \text{ bar}$. Déterminer la température et le titre en vapeur du fluide à la sortie du vapo-détendeur.

