

PHYSIQUE

Piscine à Vagues

Le problème suivant repose sur l'étude d'une piscine couverte à vagues. Nous étudierons deux systèmes de chauffage de l'eau de la piscine (pompe à chaleur et chauffage solaire) et nous proposerons un système permettant de produire des vagues.

Les trois parties sont totalement indépendantes.

Caractéristiques de la piscine :

Température de l'eau :	$T_{\text{eau}} = 299 \text{ K}$	Volume de la piscine :	500 m^3
Température extérieure :	$T_{\text{ext}} = 283 \text{ K}$	Surface de la piscine :	250 m^2
Température intérieure :	$T_{\text{int}} = 296 \text{ K}$		

Constantes du problème :

Capacité calorifique massique de l'eau :	$c_0 = 4,18 \text{ J.g}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Chaleur latente massique de vaporisation de l'eau :	$L_{\text{vap}} = 2800 \text{ J.g}^{-1}$
Masse volumique de l'eau :	$\rho_{\text{eau}} = 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

I - Chauffage de la piscine à l'aide d'une pompe à chaleur

Une pompe à chaleur permet de maintenir constante la température de l'eau de la piscine ; on se placera donc en régime permanent. La machine thermique fonctionne avec deux sources de chaleur (thermostats) : l'air extérieur de température T_{ext} et l'eau de la piscine de température T_{eau} .

Le fonctionnement de la pompe à chaleur est basé sur le cycle d'un fluide caloporteur ayant une température d'ébullition basse. Le fluide caloporteur, initialement sous forme d'un mélange liquide-vapeur au point **1**, traverse l'évaporateur où l'air extérieur lui permet de subir une vaporisation complète (trajet **1-2**). Le compresseur comprime ensuite cette vapeur (trajet **2-3**), augmentant ainsi sa température ; on supposera cette transformation isentropique. Au niveau du condenseur, la vapeur surchauffée voit d'abord sa température descendre jusqu'à T_{eau} en suivant une transformation isobare (trajet **3-4**). Le fluide caloporteur, toujours comprimé, redevient ensuite liquide (trajet **4-5**). La soupape de détente réduit la pression du fluide caloporteur (trajet **5-1**), transformation au cours de laquelle la température du fluide s'abaisse fortement le rendant prêt pour un nouveau cycle.

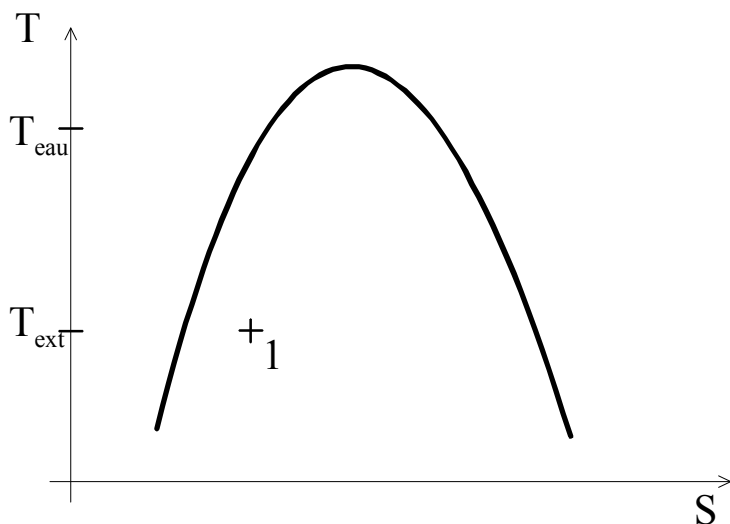


Figure 1

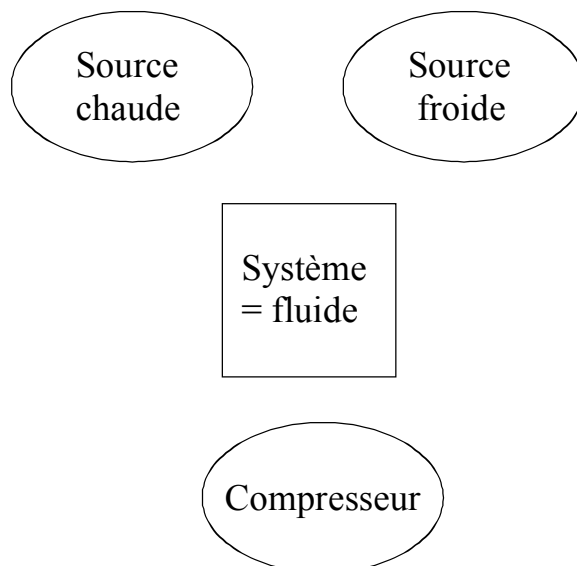


Figure 2

- 1) Pour un point i (compris entre **1** et **5**) du cycle, on note P_i , T_i et V_i la pression, la température et le volume du fluide caloporteur.
 - a. Calculer la variation d'entropie ΔS de la vapeur assimilée à un gaz parfait pour une transformation isobare entre les températures T_3 et T_4 .
 - b. Le dessin de la figure 1 donne l'allure de la courbe d'équilibre liquide-vapeur du fluide considéré dans le diagramme (T,S) . On y a repéré le point **1** correspondant au début du cycle. Reproduire le schéma sur votre feuille et placer les points **2**, **3**, **4** et **5**. Pour chaque trajet (sauf le trajet **5-1**), justifier rapidement l'allure des courbes ainsi obtenues.
- 2) Reproduire le diagramme de la figure 2 et indiquer par des flèches les sens réels des flux thermiques et du travail. Indiquer dans quelles étapes du cycle ces flux ont lieu.
- 3) Quel est l'intérêt, pour une pompe à chaleur, d'utiliser un changement d'état ? Quel est l'intérêt d'utiliser un fluide caloporteur de température d'ébullition basse ?
- 4) Donner la définition de l'efficacité thermodynamique η de la pompe à chaleur. Montrer que l'efficacité réelle de toute pompe à chaleur est inférieure à l'efficacité

$$\eta_c = \frac{1}{1 - \frac{T_{ext}}{T_{eau}}}$$

obtenue dans le cas d'un fonctionnement réversible. On a ici $\eta = 5$

- 5) Les pertes de la piscine sont essentiellement dues à l'évaporation de l'eau dans l'air. Dans les conditions précisées plus haut, le taux d'évaporation par heure et par mètre carré de surface d'eau est de $\alpha = 150 \text{ g.h}^{-1}.\text{m}^{-2}$. En déduire l'énergie perdue pendant une heure par l'eau de la piscine.
- 6) Quel doit être le travail que l'on doit fournir au fluide pour que la pompe à chaleur puisse maintenir la température de la piscine constante pendant une heure ? Comparer ce travail à l'énergie qu'il aurait fallu fournir si on chauffait l'eau de la piscine avec une simple résistance électrique.