

## Concours d'entrée au 2<sup>nd</sup> cycle de la formation d'ingénieur

### Epreuve de thermodynamique

**Durée 2h**

**Documents non autorisés**

#### Exercice 1 : Etude d'un cycle réfrigérant (12 pts)

Un gaz parfait (0,1 mol) subit un cycle de Carnot (deux transformations adiabatiques réversibles et deux transformations isothermes réversibles) entre deux sources de chaleur aux températures  $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$  et  $\theta_2 = -5^\circ\text{C}$ .

Initialement, ce gaz (de rapport des chaleurs massiques  $\gamma$ ) est à la pression  $p_1 = 1 \text{ bar}$  et à la température  $\theta_1$ , il subit une compression isotherme jusqu'à la pression  $p_2 = 5 \text{ bars}$  puis une détente adiabatique, une détente isotherme et une compression adiabatique qui le ramène à son état initial.

1. Calculer les caractéristiques de pression, de volume et de température aux quatre points de ce cycle.
2. En déduire les valeurs des travaux et des chaleurs échangés au cours des transformations de ce cycle.
3. Quelles sont les chaleurs échangées avec les sources de chaleur ?
4. Quelle doit être la valeur du travail apporté par le milieu extérieur ?
5. Définir le coefficient de performance ou efficacité de ce réfrigérateur et le calculer.
6. La machine sert de congélateur; on y fabrique des glaçons à la température de  $-5^\circ\text{C}$  à partir d'eau prise à la température de  $10^\circ\text{C}$ .

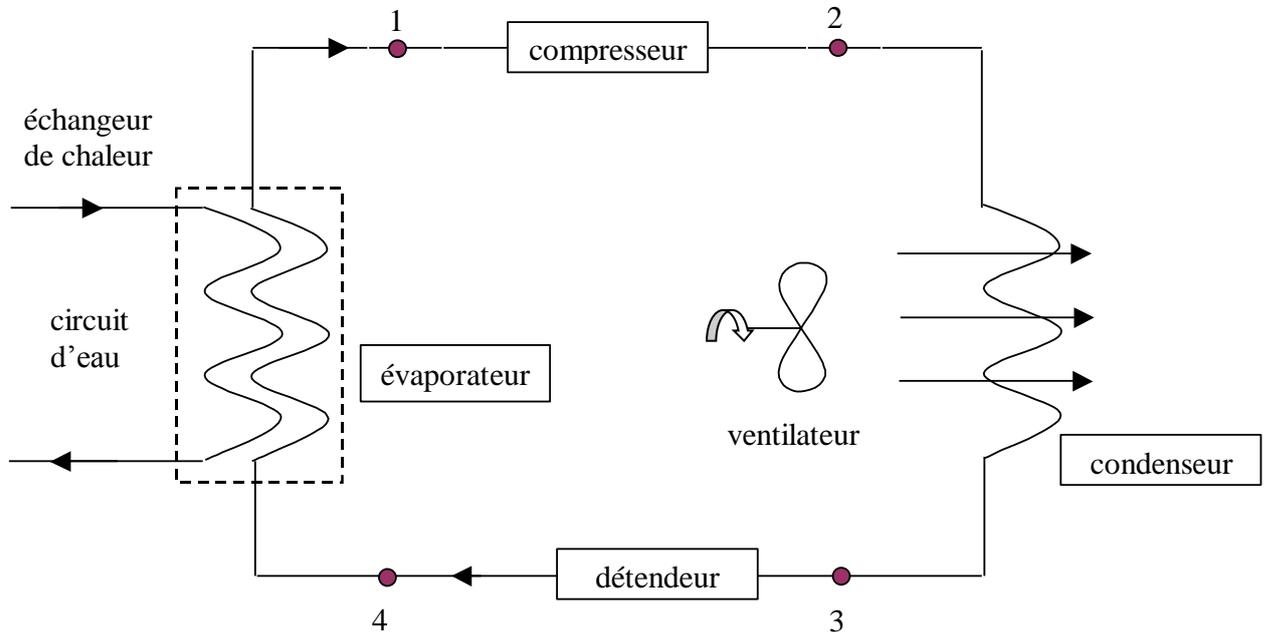
On veut fabriquer 1 kg de glaçons. Quelle est la quantité de chaleur perdue par l'eau ?

**Données :**

- Chaleur latente de fusion de l'eau :  $L_f = 336 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
- Chaleur massique de l'eau :  $c_e = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- Chaleur massique de la glace :  $c_g = 2100 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- Constante des gaz parfaits :  $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
- $\gamma = 1,32$

## Exercice 2 : système de production d'eau glacée ( 8 points )

On s'intéresse à un système de production d'eau glacée dont le schéma de principe est donné ci-dessous.



Le fluide frigorigène utilisé est le R12. A l'état gazeux, il sera considéré comme un gaz parfait dont les constantes sont  $r = 68,8 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  et  $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1,2$ .

Le cycle théorique est le suivant (on n'envisage pas les surchauffes et les sous-refroidissements) :

- En 1, le fluide est entièrement gazeux :  $p_1 = 3,5 \text{ bar}$  et  $t_1 = 5^\circ \text{C}$ . Il subit, alors, une compression adiabatique qui l'amène à la pression  $p_2 = 10,8 \text{ bar}$  et à la température  $t_2$ .
- Entre 2 et 3, à pression constante, la vapeur se refroidit jusqu'à la température  $t_3 = 45^\circ \text{C}$  et se condense entièrement.
- Entre 3 et 4, détente isenthalpique du fluide, qui l'amène à la pression  $p_4 = 3,5 \text{ bar}$  et  $t_4 = 5^\circ \text{C}$ .
- En 4, entrée dans l'évaporateur et retour à l'état 1.

Toutes les transformations seront considérées comme **réversibles**.

Les questions 1 et 2 sont indépendantes.

1. On raisonne pour une masse  $m = 1,0 \text{ kg}$  de fluide.

a) Écrire l'équation d'état des gaz parfaits en utilisant la constante massique  $r$  du fluide ; préciser les unités des grandeurs utilisées.

b) Calculer le volume occupé (en L) par 1 kg de vapeur R12 dans l'état 1 ( $p_1 = 3,5$  bar et  $t_1 = 5^\circ\text{C}$ ).

c) La compression étant isentropique (adiabatique et réversible), quelle relation existe-t-il entre  $p_1$ ,  $V_1$ ,  $p_2$  et  $V_2$  (relation de Laplace) ? Calculer le volume  $V_2$  occupé par 1 kg de vapeur R12 dans l'état 2 ( $p_2 = 10,8$  bar).

d) Calculer  $t_2$ .

2. Sur le document joint qui est à rendre avec la copie, on donne un extrait du diagramme pression-enthalpie ( $p, h$ ) de l'équilibre « liquide  $\longleftrightarrow$  vapeur » du R12. Cet extrait comporte quelques valeurs relatives au système étudié.

a) Dessiner, sur le document réponse, le cycle théorique du fluide et l'orienter ; placer les états 1, 2, 3, 4 correspondant à ceux du schéma de principe. Remplir les cadres avec les mots : compresseur, détendeur, condenseur et évaporateur.

b) Dans quel élément du circuit, le fluide échange-t-il du travail ? Quel est, du point de vue du fluide, le signe de ce travail ? Quelle en est, pour 1 kg de fluide, la valeur ? Justifier.

c) Dans quel élément du circuit, le fluide rejette-t-il de la chaleur vers le milieu extérieur ? Quelle est, pour 1 kg de fluide, la quantité de chaleur rejetée ? Justifier.

d) Entre quels états le fluide reçoit-il de la chaleur ? Quelle est, pour 1 kg de fluide, la quantité de chaleur reçue ? Justifier.

e) Définir et calculer le C.O.P. (coefficient de performance aussi appelé efficacité frigorifique  $\varepsilon$ ) théorique de cette machine de production d'eau glacée.

DOCUMENT RÉPONSE A RENDRE AVEC LA COPIE (2° question)

