

**ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC**  
**SESSION DE MAI 2025**

***Note au sujet de la propriété intellectuelle des modèles d'examen de l'Ordre des ingénieurs du Québec***

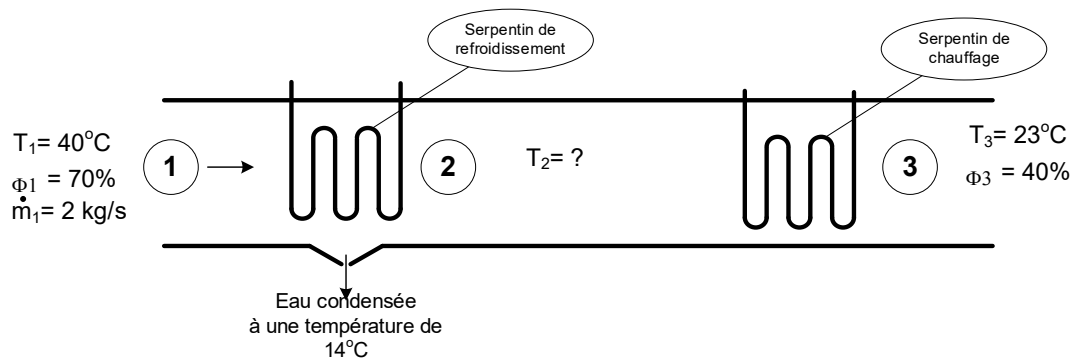
*Les modèles d'examen se trouvant sur le site internet de l'Ordre des ingénieurs du Québec sont la propriété exclusive de l'Ordre et leur utilisation est strictement limitée à des fins académiques et personnelles. Toute reproduction, distribution ou utilisation commerciale non autorisée de ces modèles constitue une violation de la propriété intellectuelle et est strictement interdite. L'Ordre se réserve le droit de prendre toutes les mesures légales appropriées contre toute utilisation non autorisée de ses modèles d'examen.*

Toute documentation permise  
Calculatrices : modèles autorisés seulement  
Durée de l'examen : 3 heures

**20-MB-B7**  
**Thermodynamique**

**Question n° 1 (20 %)**

Un système de conditionnement d'air, qui opère à la pression atmosphérique, est représenté sur la figure ci-dessous.



- Déterminer la température ( $T_2$ ) de l'air à la sortie de la section de déshumidification.
- Déterminer le débit d'eau condensée pendant la déshumidification en **[kg/s]**.
- Déterminer la quantité de chaleur échangée pendant la déshumidification en **[kW]** (la puissance du serpentin de refroidissement).
- Déterminer la quantité de chaleur échangée pendant le chauffage en **[kW]** (la puissance du serpentin de chauffage).

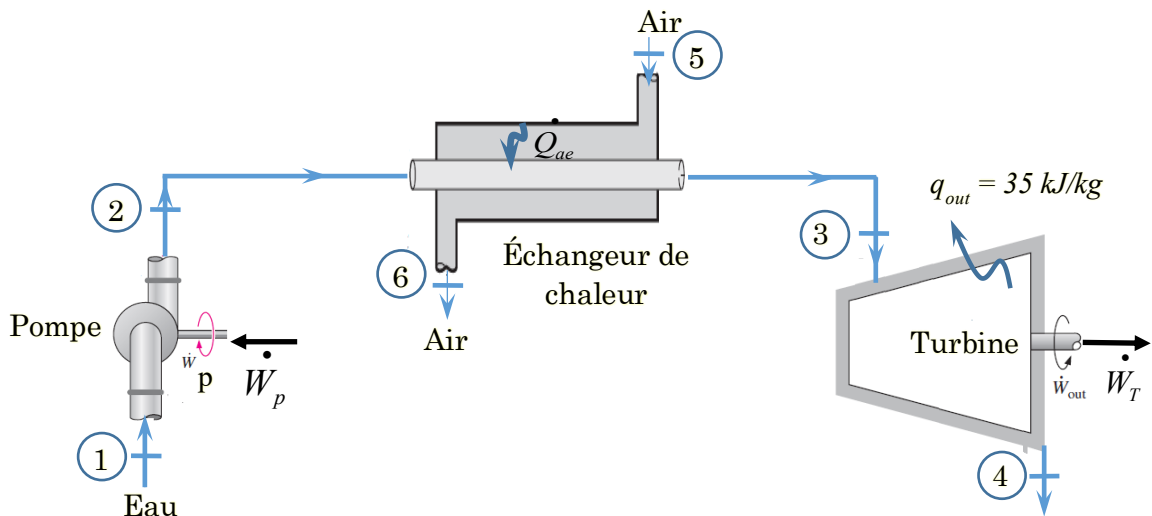
### Question n° 2 (40 %)

Le schéma de la figure ci-dessous illustre un dispositif pour la production d'électricité. Pour cela, l'eau est admise dans la pompe adiabatique avec un débit volumique de  $0,013296 \text{ [m}^3/\text{s]}$ , à la pression  $P_1 = 800 \text{ [kPa]}$  et la température de  $165 \text{ [}^\circ\text{C]}$  (état 1). À la sortie de la pompe, l'eau est à la pression  $P_2 = 4 \text{ [MPa]}$  et subit une augmentation de température de  $2 \text{ [}^\circ\text{C]}$  (état 2). Ensuite, elle traverse un échangeur de chaleur adiabatique et échange de la chaleur avec des gaz de combustion (air) et s'engage dans une turbine (état 3). Elle sort sous forme d'un mélange saturé avec un titre  $x_4 = 0,92$  et une pression  $P_4 = 25 \text{ [kPa]}$  (état 4). À cause de la mauvaise isolation, la turbine perd de la chaleur au profit du milieu extérieur au taux de  $35 \text{ [kJ/kg]}$ . L'air entre dans l'échangeur de chaleur avec un débit volumique de  $125,2277 \text{ [m}^3/\text{s}]$ , à la pression  $P_5 = 150 \text{ [kPa]}$  et la température  $T_5 = 727 \text{ [}^\circ\text{C]}$  (état 5) et sort à la température  $T_6 = 327 \text{ [}^\circ\text{C]}$  (état 6).

Les dispositifs opèrent en régime permanent. On peut considérer l'air comme un gaz parfait à chaleurs massiques constantes avec  $C_v = 0,718 \text{ [kJ/kg.K]}$  et  $R = 0,287 \text{ [kPa.m}^3/\text{kg.K}]$ , qu'il n'y a aucun transfert de chaleur à l'atmosphère à travers les parois de l'échangeur de chaleur et de la pompe. On peut aussi négliger les pertes de pression à travers l'échangeur de chaleur et tout changement d'énergie potentielle et cinétique pour l'air et l'eau.

On demande de déterminer :

- 1) La puissance nécessaire au fonctionnement de la pompe  $\dot{W}_p$  en [kW].
- 2) La puissance produite par la turbine  $\dot{W}_T$  en [kW].
- 3) La chaleur échangée au niveau de l'échangeur de chaleur  $\dot{Q}_{ae}$  en [kW].



### Question n° 3 (40 %)

Un cycle de réfrigération à compression de vapeur utilisant le réfrigérant R134a est présenté sur le schéma ci-contre.

La puissance frigorifique ( $\dot{Q}_L$ ) est de 100 [kW].

À la sortie de l'évaporateur (1) le réfrigérant est à l'état de vapeur saturée à  $-26$  [°C].

À la sortie du condenseur, le réfrigérant est à l'état de liquide saturé (5).

La pression à la sortie du premier compresseur (pression intermédiaire) est de 0.4 [MPa].

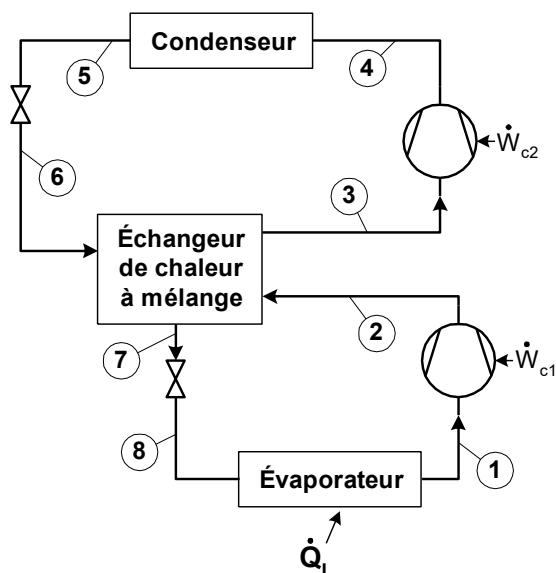
La pression à la sortie du deuxième compresseur est de 1.2 [MPa].

Tel que présenté sur le schéma, le cycle comprend un **échangeur de chaleur à mélange** qui opère à la pression intermédiaire de 0.4 [MPa].

À la sortie de cet échangeur de chaleur le réfrigérant est à l'état de vapeur saturée (3) et de liquide saturé (7).

Les deux compresseurs sont isentropiques.

Les évolutions dans les échangeurs de chaleur sont isobares.



Remplissez le tableau des états (seulement dans les cases non ombragés) et déterminez :

- les débits massiques de réfrigérant  $\dot{m}_1$  et  $\dot{m}_3$  en [kg/s];
- la puissance de chaque compresseur, en [kW];
- le coefficient de performance du cycle ( $COP_R$ ).

État	1	2	3	4	5	6	7	8
P								
h								
T								
s								