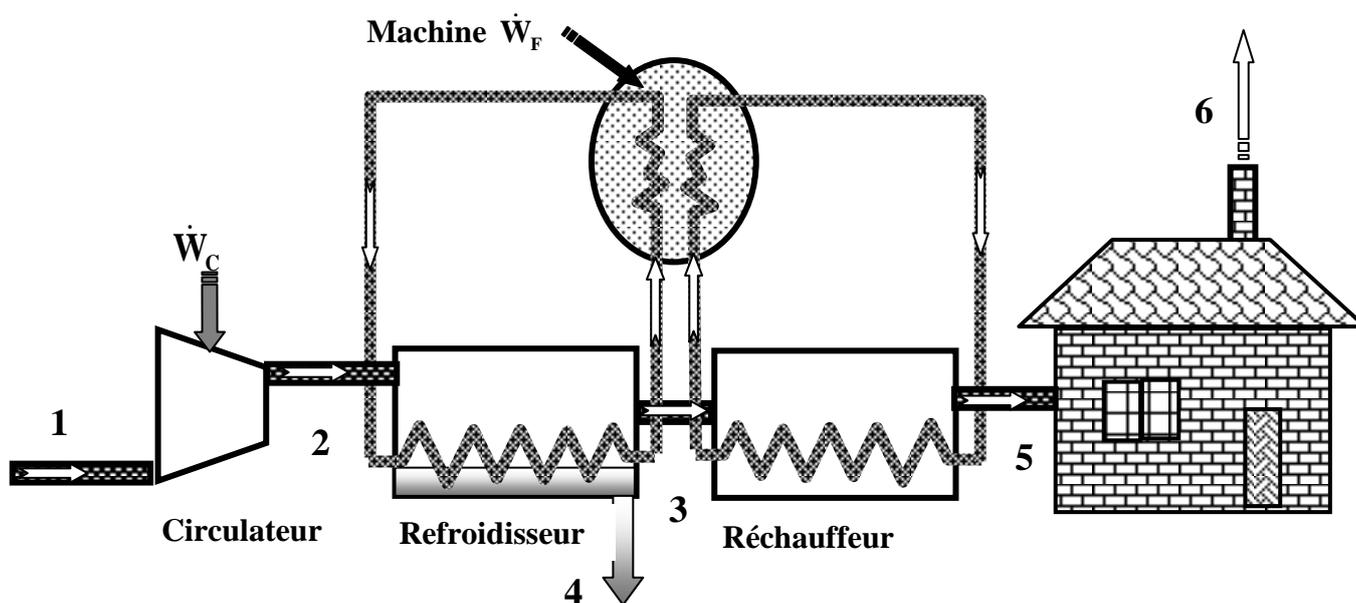


# Climatisation d'un local

On veut réaliser un dispositif qui permet à la fois de réguler la température et l'humidité d'un local. Les caractéristiques principales de l'installation sont données sur le schéma ci dessous.



L'air humide est constitué d'un mélange supposé idéal de gaz : de l'air sec ( $M_a = 29$  g/mole ;  $\gamma_a = 1,4$ ) et de la vapeur d'eau ( $M_e = 18$  g/mole ;  $\gamma_e = 1,33$ ).

*Nota : La détermination des caractéristiques de l'air humide se fera uniquement **par calculs**. Le diagramme de l'air humide ne sera utilisé que pour vérifier les résultats et pour tracer le cycle de la climatisation. Les résultats obtenus **directement** à partir du diagramme ne seront pas validés.*

## 1) Caractéristique de l'air humide extérieur. Point 1

L'air humide est pris à la pression  $p_1 = 1,013$  bar et à la température  $t_1 = 30^\circ\text{C}$ . Il contient 21,6 g de vapeur d'eau par kg d'air sec (humidité absolue :  $x$ ). En supposant que les deux gaz suivent le modèle du gaz parfait, déterminer par le calcul :

- la fraction molaire de vapeur d'eau  $\phi_{e_1}$  et la pression partielle de vapeur d'eau  $p_{(e)_1}$
- La pression de vapeur saturante  $p_{vs_1}$  en utilisant les tables de la vapeur d'eau (soit la formule de) ou à l'aide des paramètres déterminés ci-dessus. Comparer ces deux valeurs.
- En déduire le degré hygrométrique (humidité relative  $\psi$ )
- Positionner le point 1 sur le diagramme de l'air humide fourni.

## 2) Enthalpie de l'air humide.

Montrer que l'enthalpie de l'air humide par kilogramme d'air sec, peut s'exprimer (préciser les hypothèses du modèle): par la relation :

$$h(t, p, x) = h_a(t, p) + x h_v(t, p) \approx C_{pa} t + x \{C_{pe} t + L_e(0^\circ\text{C})\}. \text{ Avec } L_e(0^\circ\text{C}) = 2500 \text{ kJ/kg}$$

Calculer  $C_{pa}$  et  $C_{pe}$ . Donner la valeur de  $h_1$  et comparer à la valeur lue sur le diagramme de l'air humide.  $L_e$  est la chaleur latente de vaporisation de l'eau.

## 3) Pressions.

Pour un débit d'air humide  $\dot{m} = 0,1 \text{ kg/s}$ , on estime les pertes de charge (ici pertes de pression) à 0,02 bar dans le refroidisseur, à 0,02 bar dans le réchauffeur et à 0,017 bar dans le local. Si en 6, la pression est  $p_6 = 1,013 \text{ bar}$ , en déduire les pressions **aux points 5, 3 et 2**. On prendra la pression  $p_4$  égale à  $p_3$ . Pour  $\dot{m} = 0,1 \text{ kg/s}$ , calculer la valeur de  $\dot{m}_a$ .

## 4) Circulateur.

Quel est l'humidité absolue au **point 2**? Si la température du **point 2** est de  $37^\circ\text{C}$ , calculer les caractéristiques de l'air humide en 2 :  $\{\phi, h, \psi\}$ . Quelle est la puissance du circulateur d'air humide? Positionner le point 2 sur le diagramme de l'air humide.

## 5) Bilan de masse.

Pour obtenir un confort idéal dans le local, on désire un degré hygrométrique  $\psi_5 = 60\%$  et une température de soufflage comprise entre 15 et  $24^\circ\text{C}$ . Examinons en premier le cas ( $t_5 = 24^\circ\text{C}$ ,  $\psi_5 = 60\%$ ). Donner les caractéristiques de l'air humide du **point 5**  $\{x, \phi, h, \psi\}$ . Quelle est et la masse d'eau à évacuer (en g/s et en kg/h) au **point 4**? Reprendre le calcul pour ( $t_5 = 15^\circ\text{C}$ ,  $\psi_5 = 60\%$ ). Positionner les **points 5 et 5'** sur le diagramme de l'air humide

## 6) Bilan d'énergie.

Quelle est l'humidité absolue aux **points 3 et 3'**? Si le degré hygrométrique  $\psi_3 = \psi_{3'} = 1$ , quelles sont les températures  $t_3$  et  $t_{3'}$ ? En déduire les caractéristiques de l'air humide des **points 3**  $\{\phi, h, \psi\}$  et **3'**. Positionner les **points 3 et 3'** sur le diagramme de l'air humide. Faire un tableau récapitulatif et tracer le cycle sur le diagramme de l'air humide

## 7) Bilan d'énergie.

Quelles sont les puissances thermiques  $\dot{Q}_{23}$  et  $\dot{Q}_{35}$  ( $\dot{Q}_{23'}$  et  $\dot{Q}_{3'5'}$ ) nécessaires à cette transformation? Pouvez vous imaginer quel type de machine thermique peut être utilisée pour réaliser le refroidissement, puis le chauffage de l'air humide.

Relation de Clapeyron :

$$p_{vs}(T) = p_{vs}(T_0) \exp \left\{ - \frac{L_e(T_0)}{r_e} \left[ \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right] \right\}$$

$$\text{avec } p_{vs}(T_0) = 6,1 \cdot 10^{-3} \text{ bar} \quad T_0 = 273 \text{ K} \quad L_e(T_0) = 2500 \text{ kJ/kg}$$

Points	T (°C)	P (bar)	x (kg/kg air)	$\phi_v$	h (kJ / kg)	$\Psi$
1						
2						
3						
3'						
4						
5						
5'						
6						

### Air humide

