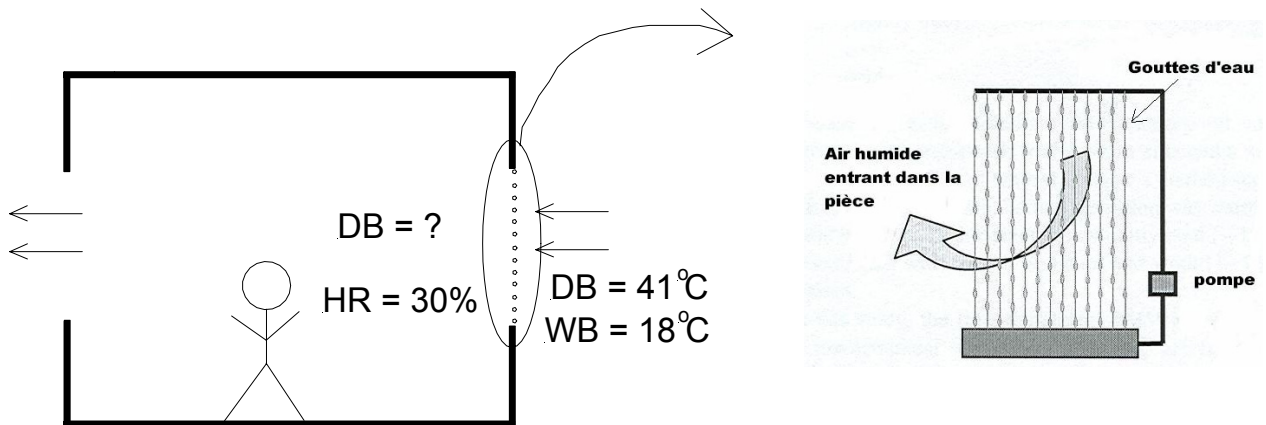


**Question 1 (4 points):**

Certains auteurs<sup>1</sup> préconisent l'emploi du refroidissement évaporatif gratuit dans les pays chauds et secs. Ces systèmes peuvent être représentés schématiquement à la figure suivante. Il s'agit essentiellement d'un rideau d'eau traversé par l'air extérieur poussé à l'intérieur par le vent et/ou l'effet de cheminée. Ainsi le bâtiment est climatisé en se servant de l'air extérieur qui est refroidi lors de son passage dans le rideau d'eau. L'humidité relative résultante est de 30%.



- En négligeant l'énergie associée à l'eau d'apport et l'énergie de pompage, déterminer la température de l'air (DB) à la sortie du rideau.
- Par ailleurs une étude de confort thermique révèle que le PMV est donné (pour les conditions déterminées en a) ) par :

$$PMV = -12.9 + 0.4288 \times DB + 0.0112 \times HR + 1.439 \times I_{cl}$$

cette équation est valide pour :

$$28^{\circ}\text{C} < DB < 32^{\circ}\text{C}$$

$$0.2 < HR < 0.5$$

$$0.3 < I_{cl} < 0.7 \text{ (en clo)}$$

Quel devrait être le niveau d'habillement (en clo) des occupants pour que le pourcentage d'insatisfaits (PPD) soit d'au plus 20%.

---

<sup>1</sup> Ghiabaklou, Z., Thermal comfort prediction for a new passive cooling system, Building and Environment 38 (2003) pp. 883-891.

**Question 2 (3 points):**

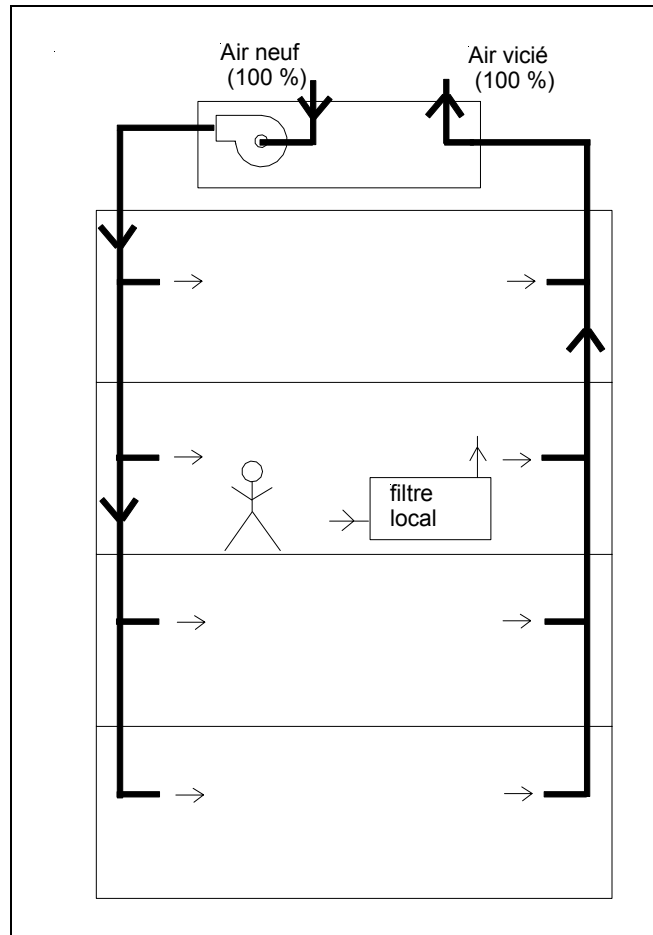
La figure ci-contre montre un système de climatisation alimentant un hôpital. Le volume total d'air manipulé par le système est de  $90 \text{ m}^3/\text{min}$ . C'est un système à 100% d'air neuf. Chaque pièce reçoit un débit total équivalent à 3 changements d'air à l'heure.

Une des pièces est occupée par un patient qui rejette des particules infectieuses. Un filtre à haute efficacité (rendement de 100% pour les particules infectieuses) est utilisé localement dans la chambre de ce patient. Cette pièce a un volume de  $18 \text{ m}^3$ . Le débit d'air filtré par le filtre local est de  $7.5 \text{ m}^3/\text{min}$ .

Au temps  $t = 0$ , le patient se met à émettre 10 particules infectieuses par minute. Calculer la concentration de particules infectieuses dans la chambre du patient après une longue période (temps  $\rightarrow \infty$ ) sachant que la concentration initiale de particules est nulle.

Note :

On supposera que la concentration de particules est uniforme dans la pièce du patient (air complètement mélangé).

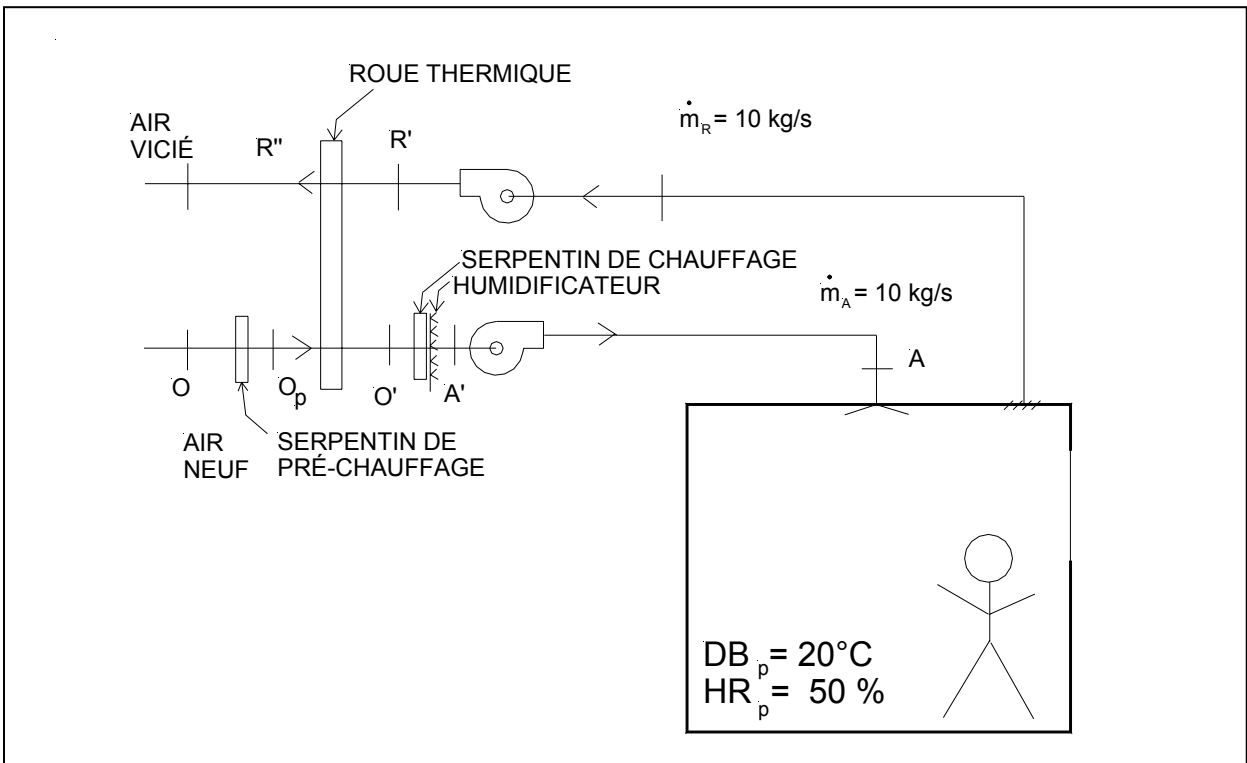


**Question 3 (6 points):**

La figure suivante montre un système à 100% d'air neuf opérant en mode chauffage. La charge de chauffage sensible dans le bâtiment est de 100 kW alors que la charge latente est négligeable. Une roue thermique est installée dans le but de récupérer une partie de l'énergie contenue dans l'air vicié. L'efficacité de la roue basée sur la chaleur totale ( $\epsilon_t$ ) et celle basée sur la chaleur sensible ( $\epsilon_s$ ) sont données par :

$$\epsilon_t = \frac{(h_{R''} - h_{R'})}{(h_0 - h_{R'})} = \frac{(h_0 - h_{0'})}{(h_0 - h_{R'})} = 0.68$$

$$\epsilon_s = \frac{(DB_{R''} - DB_{R'})}{(DB_0 - DB_{R'})} = \frac{(DB_0 - DB_{0'})}{(DB_0 - DB_{R'})} = 0.7$$



**Question 3 (suite):**

- a) Le serpentin de préchauffage est désactivé.  $DB_0 = -12^\circ\text{C}$  et  $h_0 = -11 \text{ kJ/kg}_{\text{air-sec}}$
- i) Tracer l'évolution de l'air sur l'abaque (fourni avec le questionnaire) en identifiant les points A, A', R', R'', O, O<sub>p</sub>, O', et P.
- ii) Calculer la puissance requise pour chauffer et humidifier l'air entre les points O' et A'.
- b)  $DB_0 = -20^\circ\text{C}$  et  $h_0 = -19 \text{ kJ/kg}_{\text{air-sec}}$

A cette température il y a danger de gel dans la roue thermique. Pour contourner ce problème on envisage deux solutions. Laquelle des deux solutions suivantes engendrera la dépense énergétique la plus basse pour maintenir  $DB_p = 20^\circ\text{C}$  et  $HR_p = 50\%$  dans la pièce.

- 1) Réduire l'efficacité de la roue (jusqu'à  $\epsilon_t = 0.30$  et  $\epsilon_s = 0.34$ ) en réduisant la vitesse de rotation. Dans ce cas, le serpentin de préchauffage ne fonctionne pas.
- 2) Utiliser le serpentin de préchauffage indiqué sur la figure pour hausser la température jusqu'à  $DB_{0p} = -12^\circ\text{C}$  et  $h_{0p} = -11 \text{ kJ/kg}_{\text{air-sec}}$ . L'efficacité de la roue ne change pas ( $\epsilon_t = 0.68$  et  $\epsilon_s = 0.70$ ).

Note : La puissance des ventilateurs est négligeable dans ce problème.

**Question 4 (2 points):**

Une fenêtre est constituée d'un vitrage type 17e et d'un cadre fixe en aluminium. En supposant que la surface du cadre représente 10% de la surface totale de la fenêtre et que la fenêtre ne reçoit aucun rayonnement solaire direct, calculer le pourcentage des gains thermiques totaux (dus au rayonnement solaire) attribuable à la portion vitrée.

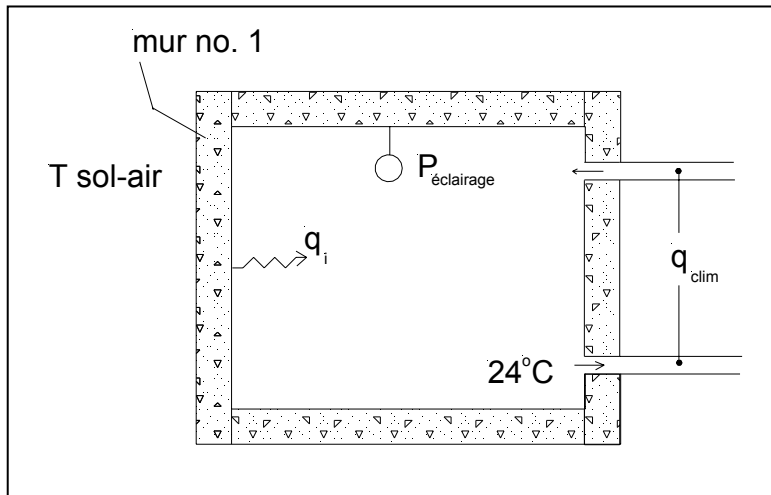
**Question 5 (5 points) :**

La figure suivante montre une pièce d'un bâtiment subissant un essai climatique. Cette pièce est parfaitement isolée sauf pour le mur extérieur (dont la surface est de 100 m<sup>2</sup>). La composition de ce dernier correspond au mur no. 1 de ASHRAE.

Lors de la période de pré-conditionnement, la température intérieure ainsi que la  $T_{\text{sol-air}}$  sont maintenues constantes à 24°C de sorte que les gains instantanés ( $q_i$ ) au travers du mur sont nuls. De plus, au cours de cette même période la puissance d'éclairage est nulle. Donc, au temps  $t=0$ , on a :

$$T = 24^\circ\text{C} \text{ partout} ; \quad q_i = 0 ; \quad P_{\text{éclairage}} = 0$$

A  $t = 0^+$ , la  $T_{\text{sol-air}}$  est haussée et maintenue à 25°C et la puissance d'éclairage est haussée et maintenue 100 Watts. La température de la pièce demeure à 24°C.

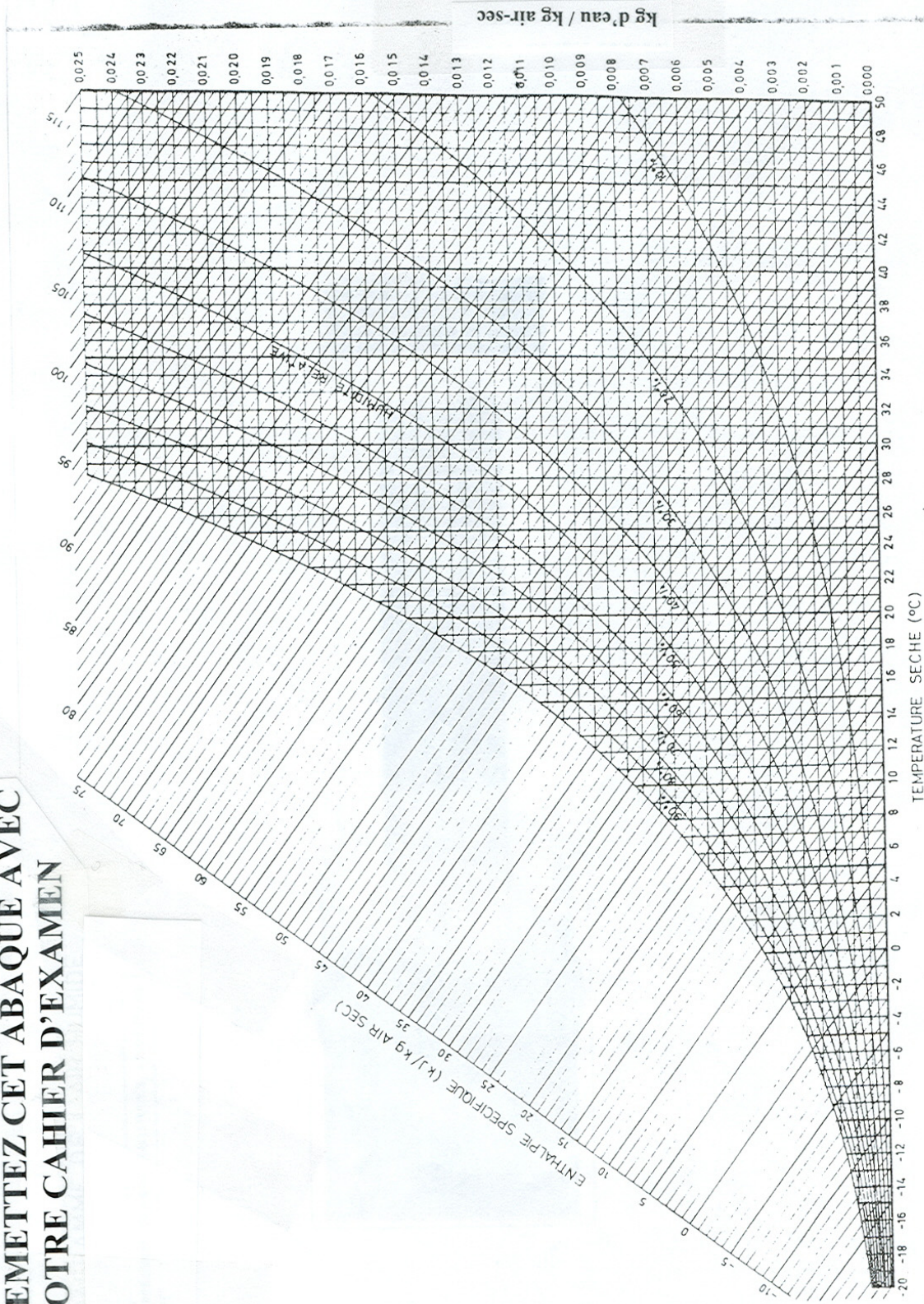


Les *room transfer functions* (identiques pour le mur et l'éclairage) de cette pièce sont :

$$w_1 = -0.7 ; \quad v_0 = 0.7 ; \quad v_1 = -0.4$$

- Calculer la charge de climatisation,  $q_{\text{clim}}$ , (en Watts) à  $t = 2$  heures.
- Quelle sera la valeur des gains instantanés au travers du mur ( $q_i$ ) si ces conditions persistent indéfiniment.

Question 3a)  
REMETTEZ CET ABAQUE AVEC  
VOTRE CAHIER D'EXAMEN



abaque ASHRAE no. 1