

# DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE

## SECTION AÉROTHERMIQUE

### ÉLÉMENTS DE MÉCANIQUE DU BÂTIMENT - MEC4240

#### EXAMEN PÉRIODIQUE – AUTOMNE 2003

PAGE 1 DE 4

#### NOTES :

- (1) Cet examen compte pour 35% de la note globale
- (2) Toute documentation permise ; Calculatrices non-programmables seulement
- (3) Durée : 12h45 à 14h35
- (4) Lisez attentivement les questions
- (5) Soyez brefs et précis dans vos explications

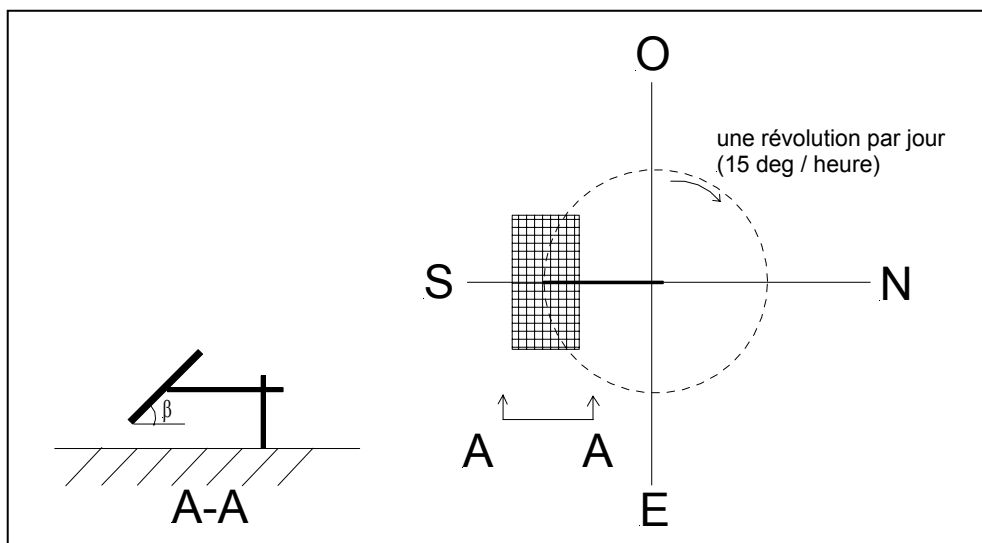
#### QUESTION 1 (5 points):

La figure suivante montre une plate-forme motorisée utilisée pour suivre le soleil. Cette plate-forme est munie d'un seul axe de rotation et elle effectue une révolution complète (dans un plan horizontal) en 24 heures. Cette révolution s'effectue en fonction de l'heure solaire. Dans le but de maximiser la performance de cellules solaires, installées sur la plate-forme, on ajuste l'angle  $\beta$  à chaque jour à midi (heure solaire) de façon à ce que l'angle d'incidence entre le rayonnement solaire direct et la normale au plan soit nul à ce moment.

- a) Trouver une relation qui permet de déterminer  $\beta$  en fonction de la latitude et de la déclinaison

Pour des positions autres que midi (heure solaire), l'angle d'incidence entre le rayonnement solaire direct et la normale au plan ne sera pas nul.

- b) Calculer cet angle d'incidence pour le 22 mars (jour,  $n=81$ ) à 14 heures (heure solaire) pour une plate-forme située à Montréal (latitude = 45.5) . Si vous n'avez pas pu répondre à la question a) prenez une valeur de  $\beta = 45^\circ$  pour les calculs en b).



**ÉLÉMENTS DE MÉCANIQUE DU BÂTIMENT - MEC4240**  
**EXAMEN PÉRIODIQUE**  
**PAGE 2 DE 4**

**QUESTION 2 (6 points):**

Un manufacturier désire lancer sur le marché un nouveau type d'unité scellée incorporant une pellicule chauffante à l'intérieur de la lame de gaz (localisée sur la surface 2 – voir figure). Cette technique permet de conserver des températures relativement élevées du côté intérieur (surface 1), assurant ainsi le confort des occupants et permettant aussi d'éviter la formation de buée. Tel que montré sur la figure, cette fenêtre est localisée dans un bâtiment pour lequel les pertes de chaleur par les parois (excluant les pertes de chaleur par la fenêtre) sont de 500 Watts. Un appareil de chauffage, de puissance  $P$ , permet de maintenir le bâtiment à  $20^{\circ}\text{C}$ .

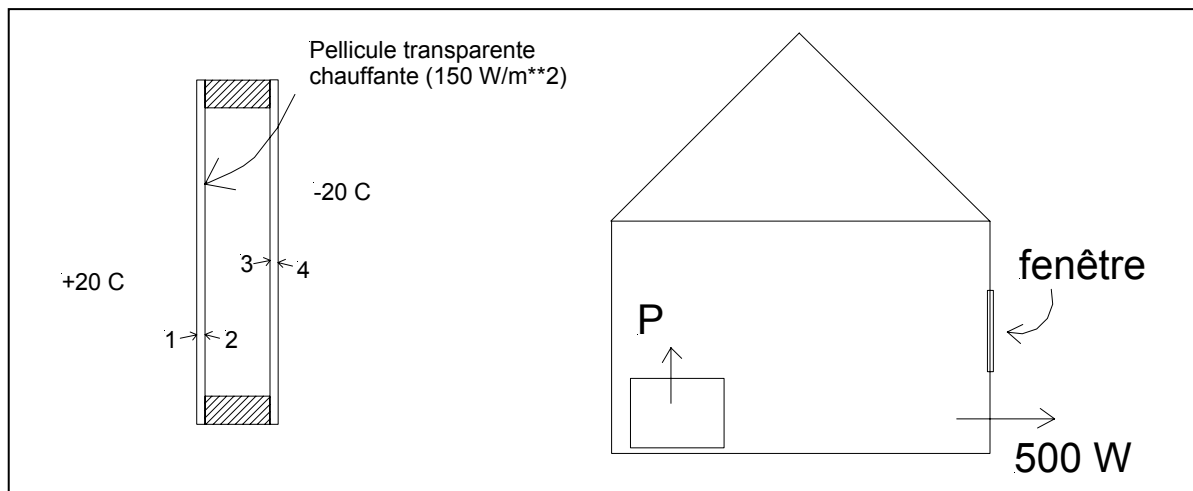
L'unité scellée a les caractéristiques suivantes :

- gaz de remplissage : air ( $k_{\text{air}} = 0.024 \text{ W/m-K}$ )      - surface =  $1 \text{ m}^2$
- émissivité de la surface 2 = 0.05      - émissivité de la surface 3 = 0.84
- puissance de la plaque chauffante,  $P_{\text{fenêtre}} = 150 \text{ W}$
- épaisseur de la cavité,  $e_{\text{pr}} = 0.018 \text{ m}$
- résistance thermique négligeable des 2 plaques de verre , i.e  $T_1 = T_2$  et  $T_3 = T_4$

Pour cette unité scellée, le coefficient de convection à l'intérieur de la lame d'air est donné par :

$$h_c = \frac{\text{Nusselt} \times k_{\text{air}}}{e_{\text{pr}}} \quad \text{avec} \quad \text{Nusselt} = 0.147 \times Ra^{0.25} \quad \text{et} \quad Ra = 808 \times (T_2 - T_3)$$

- 1) On demande de calculer la somme des puissances ( $P + P_{\text{fenêtre}}$ ) requises pour maintenir ce bâtiment à  $20^{\circ}\text{C}$ .



- 2) Quelle serait la puissance requise pour chauffer ( $P$ ) si on installait une fenêtre sans pellicule chauffante dont la résistance thermique est de  $0.5 \text{ m}^2\text{-K/W}$

Note : Si vous n'avez pas le temps d'effectuer tous les calculs, indiquez clairement comment résoudre le problème.

**ÉLÉMENTS DE MÉCANIQUE DU BÂTIMENT - MEC4240**  
**EXAMEN PÉRIODIQUE**  
**PAGE 3 DE 4**

**QUESTION 3 (5 points) :**

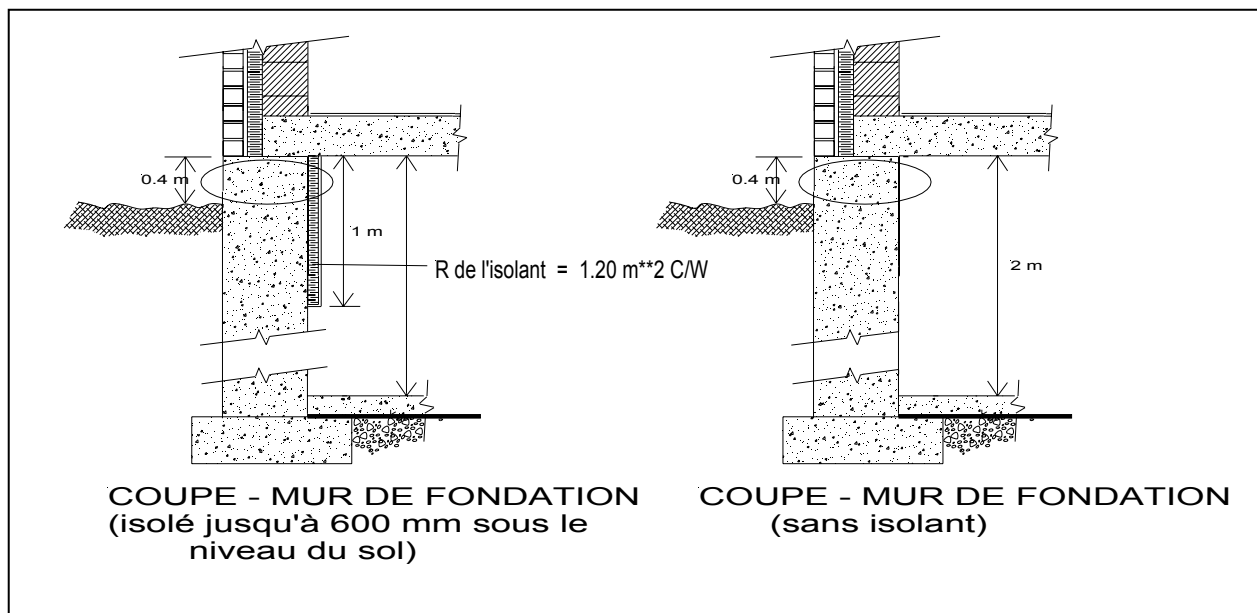
La figure suivante montre deux vues en coupe d'un mur de fondation d'un bâtiment carré de 3 m x 3 m. Certains constructeurs prétendent qu'il n'est pas économiquement rentable d'isoler les murs de fondation, tel que montré sur la coupe de gauche, parce que le coût d'achat et d'installation de l'isolant est plus important que le coût énergétique supplémentaire encouru en ne mettant aucun isolant sur le mur de fondation (coupe de droite).

Sachant que l'isolant (achat + installation) coûte 10\$ par m<sup>2</sup> et que le prix de l'énergie est de 0.05\$/kWh, évaluer laquelle des deux solutions sera la plus économique sur une période de 5 ans. Faites votre analyse en examinant seulement les zones 2 et 3 (tel que défini par la méthode de Mitalas) et uniquement le mois de février. En d'autres mots, remplissez le tableau suivant :

Géométrie	Coût de l'isolant	(Coût de chauffage annuel en février pour les zones 2 et 3) * 5	Coût total
Figure de gauche	72\$		
Figure de droite	0\$		

Notes :

- $\theta_B = 20$  EC
- Prenez les valeurs de Ste-Anne-de-Bellevue pour  $\theta_G$  et  $\theta_V$



**ÉLÉMENTS DE MÉCANIQUE DU BÂTIMENT - MEC4240**  
**EXAMEN PÉRIODIQUE**  
**PAGE 4 DE 4**

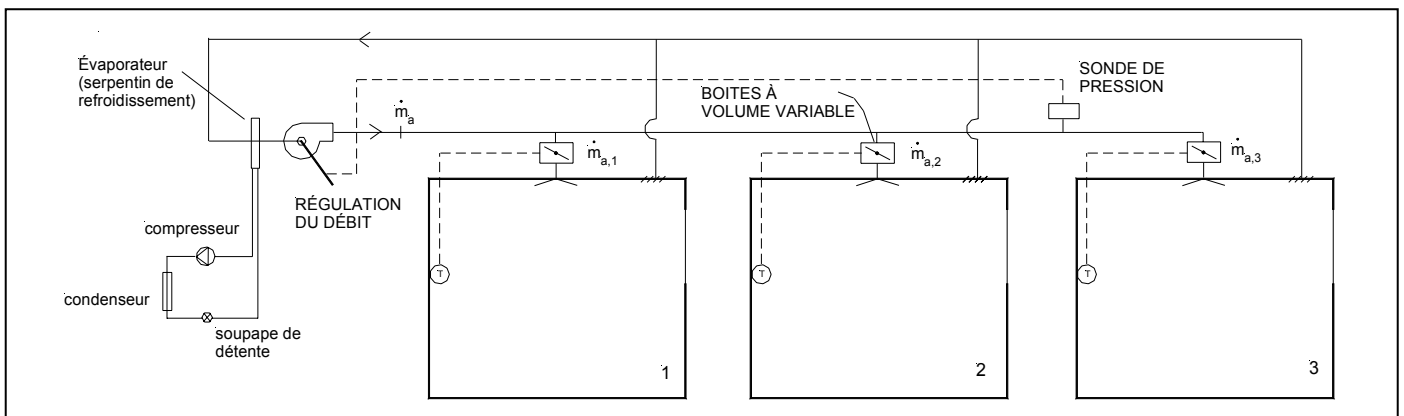
**QUESTION 4 (4 points) :**

La figure suivante montre un système de climatisation à volume variable alimentant 3 zones. Chaque zone a une charge de climatisation de 10 kW. La puissance input au ventilateur est de 10 kW lorsque chaque zone opère à pleine charge.

À un instant donné, les 3 zones ont des charges partielles de 10,7 et 5 kW. Pour ces conditions quelle sera la puissance rejetée au condenseur de l'appareil de réfrigération.

Notes :

- 1- La puissance requise au ventilateur varie avec le cube du débit
- 2- Toute la puissance alimentée au ventilateur est convertie en chaleur
- 3- Le Coefficient de Performance de l'appareil de réfrigération est de 3.5



le 8 octobre 2003