

**Examen : Actions thermiques sur les structures**  
**Master 1 Génie Civil – juin 2013 – Session 2**  
**1 A4 recto-verso manuscrit personnel autorisé**

---

Toute donnée manquante est laissée à l'appréciation du candidat.

**Exercice 1 : Cours (3 points)**

1. Donner la forme de l'équation de la chaleur.
2. Expliciter les différents termes de l'équation de la chaleur.
3. Soit une poutre isostatique reposant sur 2 appuis à ces extrémités et subissant un échauffement en partie haute et un refroidissement en partie basse. Décrire de manière qualitative la déformée de cette poutre.
4. Quel dispositif est mis en place entre tablier et culées de pont en relation avec les actions thermiques ?

**Exercice 2 : Thermique (9 points)**

On étudie un local dont la température intérieure est de 19°C et la température extérieure est de -5°C. Les coefficients d'échange par convection et rayonnement valent 10 W/m<sup>2</sup>/K sur la face intérieure et 20 W/m<sup>2</sup>/K sur la face extérieure.

1. Les murs de ce local sont composés de 25 cm de béton (conductivité thermique de 1,75 W/m/K) :
  - a. Déterminer en régime permanent la variation de la température dans l'épaisseur du mur. Tracer la variation de température dans le mur.
  - b. Le local peut être considéré comme parfaitement prismatique ayant les dimensions suivantes : 3 mètres de haut, 20 m de long et 10 m de large. La toiture étant fortement isolée, on considère que toutes les pertes de chaleur ont lieu par les murs verticaux. La présence d'ouverture est négligée. Quel est le flux perdu par les murs verticaux ?
2. On étudie le même local et 10 cm d'isolant ont été ajouté sur le côté intérieur du local (conductivité thermique de 0,04 W/m/K) :
  - a. Déterminer en régime permanent la variation de la température dans l'épaisseur du mur. Tracer la variation de température dans le mur.
  - b. Quel est le flux perdu par les murs verticaux dans cette configuration ?
3. Pour chauffer le local, quand il n'est pas isolé, un dispositif de plancher chauffant a été retenu. Le plancher fait 25 cm d'épaisseur et est en béton. L'impact du plancher chauffant est représenté par une source de chaleur de 300 W/m<sup>3</sup> dans tout le béton. On considérera que le flux perdu en face inférieure du plancher est nul et que le coefficient d'échange par convection et rayonnement est de 10 W/m<sup>2</sup>/K sur la face intérieure.
  - a. En écrivant les conditions aux limites, déterminer la température en surface du plancher ?
  - b. Déterminer en régime permanent la variation de la température dans l'épaisseur du plancher.
  - c. Quelle est la température minimale ? Quelle est la température maximale ?
  - d. Tracer la variation de température dans le plancher.

**Exercice 3 : Thermo-mécanique (8 points)**

1. Une panne de charpente métallique de 30 cm de haut (inertie de 7173,5 cm<sup>4</sup>) et de 6,5 mètres de long est supposée simplement appuyée à ses deux extrémités. Lors de la pose, la température de la panne était de 15°C. En fonctionnement, l'hiver, sa face inférieure est exposée à une température de 18°C et la face supérieure à une température de -10°C.
  - a. Donner le profil de différence de températures dans la hauteur de la poutre entre l'hiver et la pose de la structure.
  - b. Décomposer-le en une variation uniforme de température et un gradient linéaire symétrique par rapport à l'axe neutre de la poutre. Chiffrer la rotation d'origine thermique.
  - c. Quantifier la conséquence mécanique de la variation uniforme.
  - d. Quantifier la conséquence mécanique du gradient linéaire.
  - e. Conclure sur les conséquences mécaniques de ces actions thermiques
2. Le même profilé est utilisé pour une panne hyperstatique de deux travées identiques de 6,5 mètres de long. Les appuis peuvent être modélisés sous la forme d'une rotule et de deux appuis simples. La panne subit le même chargement d'origine thermique que celui présenté pour la question 1. Quantifier toutes les conséquences mécaniques de cette action thermique.