Avis aux étudiants M1FCC

Nous informons les étudiants en M1FCC que :

1- La deuxième épreuve de contrôle continu du module ‟ **Transferts de Chaleur lors des changements de phase** ″ est programmée pour le **Jeudi 18/04/2024 de 09h00 à 11h00 en salle E07.** L’épreuve portera sur le chapitre 3 intitulé **: CONDENSATION.**

2- Un mini projet portant sur le chapitre 4, intitulé **GIVRAGE**, est proposé aux étudiants comme épreuve complémentaire du contrôle continu des connaissances. Le problème physique à traiter ainsi que le détail des travaux à faire sont consignés sur la pièce jointe à ce document. Avant de commencer leurs travaux, nous convions les étudiants à se rapprocher de leur professeur d’analyse numérique, M. Djebouri, afin de recevoir de sa part des orientations et conseils préliminaires, nécessaires pour la discrétisation des équations de la conduction thermique instationnaire.

NB : Ci-dessous le sujet du mini projet, complément de contrôle continu des connaissances

Le responsable du module

Mr. LAMROUS

Le 28/03/2024

Projet : Comparer une solution numérique à une solution analytique dans le cas du givrage d'un massif liquide.

Problème physique :

La surface d'un plan d'eau est soumise à des conditions de température extérieure $T_0 = -10°C$. Déterminer dans le cas où sa température initiale est $T_i = 10°C$, le profil de température dans le liquide et dans le solide après 60 mn.

a) Faire les calculs avec les relations analytiques donnant les expressions de $T_s(x,t)$, $T_\ell(x,t)$, $X(t)$

b) Résoudre numériquement les 2 équations de la conduction instationnaire associées aux conditions aux limites du problème ainsi que l'équation de conservation de l'énergie.

c) Tracer sur un même graphe les courbes de $T_s(x,t)$ et $T_\ell(x,t)$ obtenues avec les deux méthodes. Conclure.

Rappel :

- **Équations de la conduction.**

$$\begin{cases} \text{liquide : } \rho C_p \dfrac{\partial T_\ell}{\partial t} = \lambda \dfrac{\partial^2 T_\ell}{\partial x^2} & x > X(\\ \text{solide : } \rho C_p \dfrac{\partial T_s}{\partial t} = \lambda \dfrac{\partial^2 T_s}{\partial x^2} & 0 < x < \end{cases}$$

- avec les conditions aux limites
- condition initiale : $T_\ell(x, t=0) = T_i$

$$\begin{cases} T_s(x=0,t) = T_0 \\ T_\ell(x=\infty, t) = T_i \\ T_s(x=X,t) = T_\ell(x=X,t) = T_f \end{cases}$$

- **Équation de conservation de l'énergie :**

$$-\rho_s \frac{dX}{dt} \cdot \Delta H = \lambda \left[\frac{\partial T_\ell}{\partial x}\Big|_{x=X} - \frac{\partial T_s}{\partial x}\Big|_{x=X} \right]$$

Solutions analytiques :

$$\begin{cases} T_\ell(x,t) = T_i + \dfrac{T_f - T_i}{\operatorname{erfc} \mu} \left(\operatorname{erfc} \dfrac{x}{2\sqrt{\bar{a}t}} \right) \\ T_s(x,t) = T_0 - \dfrac{T_0 - T_f}{\operatorname{erf} \mu} \operatorname{erf} \dfrac{x}{2\sqrt{at}} \end{cases}$$

où $\bar{a} = \dfrac{\lambda}{\rho C_p}$

$$\mu = \sqrt{\frac{St}{2}} - \frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{(T_i - T_f)}{(T_f - T_0)} St + O(\varepsilon)$$

St est le nombre de Stefan : $St = \frac{(T_f - T_0) C_p}{\Delta H}$

$$X(t) = 2\mu\sqrt{a t}$$

Prendre pour les calculs : $a = \frac{\lambda}{\rho C_p} = 1{,}4 . 10^{-7}\ m^2/s$ $C_p = 4180\ J/kg°C$

$\lambda = 0{,}6\ W/m°C$; $\rho = 1000\ kg/m^3$, $\Delta H = 3{,}3 . 10^5\ J/kg$