

Examen Python MAT3 – 16 avril 2021 – durée 3h

Consignes

Tous documents autorisés, y compris documents disponibles sur Chamilo / Python MAT3.

Internet (hors Chamilo) et téléphones interdits.

Rédigez votre examen avec l'utilitaire wordpad de windows (disponible dans « accessoires windows »)

Copiez-y vos scripts ou extraits de script.

Copiez-y les copies de courbes, obtenues avec l'utilitaire de capture de windows :

raccourci : « shift » + « icône windows » + « s ». Vous sélectionnez ensuite la zone à la souris puis copiez dans votre document wordpad.

Faites régulièrement des copies dans votre répertoire personnel, puis sauvez la dernière version sur Chamilo/Python MAT3, rubrique « travaux/ Examen Python MAT3 2021 » en nommant le fichier avec nom et prénom, au format .rtf (exemple : beaugnon_eric.rtf)

1) Transferts thermiques 1D dans un barreau

On utilisera dans cette question le script :

«ConductionThermique_Barreau_1D_Nt_fixes2extremities_Gauche20Droite20Milieu40.py » que l'on modifiera en conséquence. On précisera ci-dessous toutes les modifications effectuées.

- Un barreau en cuivre est initialement à 20°C et on maintient les extrémités à cette température dans toute la simulation. Ce barreau est décomposé en 100 éléments dont les éléments 45 à 54 seront à la température constante de 100 °C. Précisez les modifications dans le script et donnez la courbe d'évolution des températures de 0 à 600 s.
- Quel est le terme calculé dans ce script qui permet de vérifier que les calculs ne devraient pas diverger ? Est-ce le cas et pourquoi ?
- Au bout de 60 s, quelle est, environ, la température à 5 cm du centre ? Même question au bout de 8 s.

2) Méthode flash laser

On utilisera dans cette question le script : «FlashLaser_nElements_Nt.py » que l'on modifiera en conséquence. On précisera ci-dessous toutes les modifications effectuées.

- Une plaque en aluminium de 4 mm d'épaisseur est soumise à une mesure flash laser. Précisez les modifications dans le script et donnez la courbe de variation de température du dernier élément (coté opposé au chauffage rapide laser).
- En déduire une valeur approchée de la diffusivité thermique de l'aluminium d'après cette expérience numérique (expliquez la méthode utilisée) et comparez avec la valeur théorique.
- L'incertitude relative sur l'estimation de D est raisonnable, mais quels sont les deux paramètres de modélisation que l'on pourrait modifier pour obtenir une meilleure simulation ? A quoi faut-il être attentif pour le calcul ne diverge pas ?

3) Refroidissement d'une sphère (question à faire en dernier, en particulier les points c et d)

On utilisera dans cette question le script : «TP4_sphere_3D_etudiants.py » que l'on modifiera en conséquence.

- Quelles sont les lignes du code qui calculent les transferts thermiques dans la dernière couche de la sphère (couche extérieure) ?

- b) Quelle ligne en particulier prend en compte le modèle de refroidissement dans l'air par convection ?
- c) Proposez une modification pour remplacer la densité de flux sortant par convection, $h^*(T-T_{\text{air}})$ par $\sigma*((T+273)^4 - (T_{\text{inf}}+273)^4)$, où T_{inf} est la température de l'environnement au loin et σ la constante de Stefan-Boltzmann qui vaut $5.67 \cdot 10^{-8}$ Si. Avec cette relation, on conserve toutes les températures T , T_{inf} et T_0 (la température initiale) en °C
- d) Montrez un exemple en prenant une sphère d'acier de 10 cm de rayon initialement à 700°C dans un environnement à 20°C. Etudiez le refroidissement sur 1000 s : indiquez toutes les modifications du script (ne changez pas le tracé de courbes, même s'il est mal adapté) et donnez la température extérieure de la sphère en °C à la fin de l'expérience.

4) Stockage de la chaleur

On écrira ici un script original pour représenter sur la même figure :

- la chaleur stockée dans une sphère en fonte de rayon r , en fonction de r ;
 - la chaleur stockée dans une plaque en béton de côté D et d'épaisseur e , en fonction de e .
- r et e seront sur le même axe horizontal.

On rappelle que la chaleur stockée vaut $Q = \rho * V * C_p * DT$, où DT est la différence de température avec l'air ambiant, C_p la chaleur massique du matériau, ρ sa masse volumique et V le volume.

Pour la sphère en acier : $\rho = 7500 \text{ kg/m}^3$, $C_p = 435 \text{ J/Kg/K}$, r varie de 0.1 à 0.5 m.

Pour la plaque en béton : $\rho = 2350 \text{ kg/m}^3$, $C_p = 840 \text{ J/Kg/K}$, e varie de 0.1 à 0.5 m.

Dans les deux cas on posera $DT = 140 \text{ K}$.

- a) Définir deux fonctions qui donnent en fonction de tous les paramètres la chaleur emmagasinée dans chacune des deux structures.
- b) Fournissez le script complet et tracez sur la même figure les deux valeurs de la chaleur emmagasinée en fonction de r ou e , donnez un titre, deux légendes, le nom des deux axes avec unités.
- c) Pour quelle dimension caractéristique (valeur approchée) les deux chaleurs sont-elles égales ?