

Intitulé :

Résolution numérique de problèmes de physiques aux dérivées partielles

Mots clé :

Résolution numérique, Électromagnétisme, Thermique, Diffusion, Conduction thermique, Mécanique des Fluides, Hydraulique, Équations aux dérivées partielles, Méthode des éléments finis, Méthode des différences finies, Méthode des volumes finis, Méthode des caractéristiques, Python.

Le synopsis :

Les enseignants de classe préparatoire ont montré un intérêt particulier à une sensibilisation à la résolution numérique de problèmes physiques. Le stage proposé par Grenoble-INP-Ense3 a pour objectif de présenter et de résoudre des cas pratiques bien définis dans différents domaines de la physique : électromagnétisme, thermique, mécanique des fluides et hydraulique.

Pour tous les cas étudiés, le langage de programmation sera Python et les programmes pourront être réutilisés librement. Les enseignements se dérouleront en salle informatique afin de permettre aux stagiaires d'implémenter pendant les séances les solutions proposées.

Chaque demi-journée, consacrée à une discipline de la physique, se conclura par une ouverture sur les domaines de recherche des intervenants.

Une clé USB contenant l'ensemble des énoncés, des documents de cours et des codes sera fournie.

La cible :

Professeurs de classe préparatoire de Physique, de Mathématiques et de Sciences et Techniques Industrielles.

Date et Horaires :

Jeudi 2 mai 2019 de 8h30 à 17h30

Vendredi 3 mai 2019 de 8h30 à 17h00

Lieu : Ense3, 21 avenue des Martyrs, 38031 GRENOBLE CEDEX 1

Journée 1 :

8h30 – 9h00 Accueil du directeur – *Yves Maréchal*

9h00 - 12h30 **Application de la méthode des éléments finis à la simulation des problèmes électromagnétiques sur la base des équations de Maxwell** - *Yves Maréchal*

Buffet

13h30 – 17h00 **Application de la méthode des différences finies dans les problèmes de diffusion** - *Bruno Chareyre*

Journée 2 :

8h30 – 12h00 **Application de la méthode des volumes finis en mécanique des fluides** - *Julien Chauchat*

Buffet

13h00 – 16h30 **Méthode des caractéristiques appliquées à l'hydraulique transitoire : le coup de bélier** - *Hugues Bodiguel*

16h30 – 17h00 Bilan de la formation

Lien internet et inscription : <http://ense3.grenoble-inp.fr/fr/formation/stage-liesse-resolution-numerique-de-problemes-de-physiques-aux-derivees-partielles>

Intervenants :

Yves Marechal, Professeur des Universités, Directeur de Grenoble-INP-Ense3

<http://www.g2elab.grenoble-inp.fr>

Bruno Chareyre, Maître de Conférences Ense3 / 3SR

<https://www.3sr-grenoble.fr>

Julien Chauchat, Maître de Conférences Ense3 / LEGI

<http://www.legi.grenoble-inp.fr/web/>

Hugues Bodiguel, Professeur des Universités Ense3/LRP

<http://www.laboratoire-rheologie-et-procedes.fr>

Personnes à contacter :

Céline Bourgeois : Celine.Bourgeois@ense3.grenoble-inp.fr

Hayate Khennouf: Hayate.Khennouf@ense3.grenoble-inp.fr

Résumé des quatre demi-journées

Introduction

Yves Maréchal – Directeur de Grenoble-INP-Ense3

Application de la méthode des éléments finis à la simulation des problèmes électromagnétiques sur la base des équations de Maxwell

Yves Maréchal

La résolution numérique d'équations aux dérivées partielles de Maxwell est introduite et réalisée par la méthode des éléments finis. Les domaines d'applications sont l'électrocinétique, la magnétostatique, voire la magnétodynamique et les régimes transitoires. Les applications industrielles portent sur l'ensemble du génie électrique, machines, actionneurs, dispositif à aimants, ... Les calculs et la visualisation des résultats sont programmés en langage Python. Le code pourra être réutilisé et diffusé librement. Il permettra d'illustrer les concepts de champs magnétiques, de densité de courant, de forces électromagnétiques.

Application de la méthode des différences finies dans les problèmes de diffusion

Bruno Chareyre

La résolution numérique d'équations aux dérivées partielles par la méthode des différences finies est introduite et appliquée à des problèmes de conduction thermique stationnaires et transitoires. Les calculs et la visualisation des résultats sont programmés en langage Python. L'exercice met en évidence l'ordre de précision de différents schémas numériques, les problèmes de stabilité, et permet d'expérimenter différentes stratégies de résolution des (grands) systèmes linéaires. Une application à la simulation de systèmes mécaniques couplés grains-fluides est présentée [1].

[1] Catalano, E. Chareyre, B. and Barthélémy, E. (2014), Pore-scale modeling of fluid-particles interaction and emerging poromechanical effects. *Int. J. Numer. Anal. Meth. Geomech.*, 38: 51-71. doi:[10.1002/nag.2198](https://doi.org/10.1002/nag.2198) (en libre accès sur <https://arxiv.org/pdf/1304.4895>)

Application de la méthode des volumes finis en mécanique des fluides

Julien Chauchat

La résolution numérique d'équations aux dérivées partielles par la méthode des volumes finis est introduite et appliquée à quelques problèmes classiques de mécanique des fluides. Les calculs et la visualisation des résultats seront programmés en langage Python. L'exercice met en évidence le couplage complexe entre la vitesse et la pression. L'extension à la simulation de problèmes d'écoulements instationnaires turbulents, à surface libre ou chargé de particules (sédiments) seront présentés.

Méthode des caractéristiques appliquées à l'hydraulique transitoire : le coup de bélier

Hugues Bodiguel

Les équations d'Allievi, qui régissent les phénomènes transitoires en hydraulique sont un système d'EDP du premier ordre, non-linéaire si on considère les pertes de charge. Nous utiliserons une discrétisation basée sur la méthode des caractéristiques pour les résoudre et étudier le phénomène de coup de bélier, en utilisant le langage Python