

Stage : Simulation numérique Imines de St Etienne, 21 au 23 juin 2021

Effectif : 7

Auteurs du CR : Pierre Chary et Eric Bachard

/ Contexte

Le stage Liesse stage « Simulation numérique d'équations différentielles et aux dérivées partielles » s'est déroulé du lundi 21 juin au mercredi 23 juin. Il regroupait 7 participants :

- Matthieu Rigaut, enseignant en physique en PC* au lycée Fabert de Metz
- Gerald Boeri, enseignant en physique chimie en MP au lycée internationale de Valbonne
- Charles Edouard Lecomte, enseignant en physique-chimie au lycée Germaine Tillion de Montbéliard
- Jean-Claude Hulot, enseignant en physique en PC au lycée Hoche de Versailles
- Cécile Teyssier, enseignante en physique chimie en PSI* au lycée Descartes de Tours
- Eric Bachard, enseignant de physique à l'UTBM Belfort Montbéliard
- Pierre Chary, enseignant de Physique en PC* Lycée Pasteur Neuilly

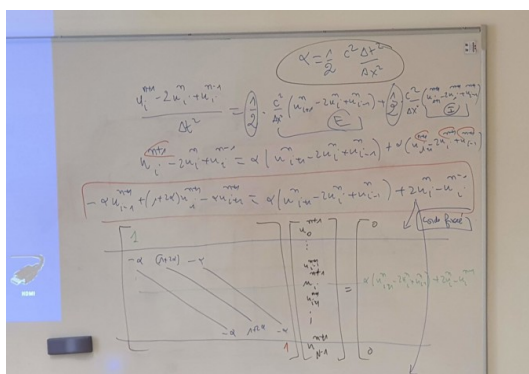
Nous avons été accueillis par MM. Aoufi et Roelens qui nous ont présenté l'école puis remis tous les documents et outils utiles à la formation :

- un polycopié contenant le plan de la formation ;
- une clé USB avec les scripts + les utilitaires Windows / Mac OS X ;
- des documents de présentation de l'école et quelques goodies.

Les organisateurs nous ont rappelé qu'ils étaient très contents d'avoir pu organiser ce stage en présentiel (nous aussi!). C'est le 6ème stage python proposé par M. Aoufi, qui apprécie particulièrement le public enseignant de CPGE, pour sa réactivité et son implication.

Nous avons séjourné à la maison des élèves ou dans un hôtel proche de l'école. A la pause de midi, les repas, offerts par l'école, ont été pris ensemble dans un restaurant proche du lieu de formation

Le but du stage est d'écrire et de comparer la solution analytique d'équations différentielles avec différentes méthodes numériques : explicite, implicite et odeint de python. Nous avons alterné l'étude de programmes tout faits, idéale pour démarrer en douceur, avec leur modification et amélioration pour la prise en compte de schémas plus compliqués ou la production d'animations des solutions. Le minimum théorique était expliqué sur le poly et les explications des différents schémas de résolutions furent détaillés au tableau par M.Aoufi



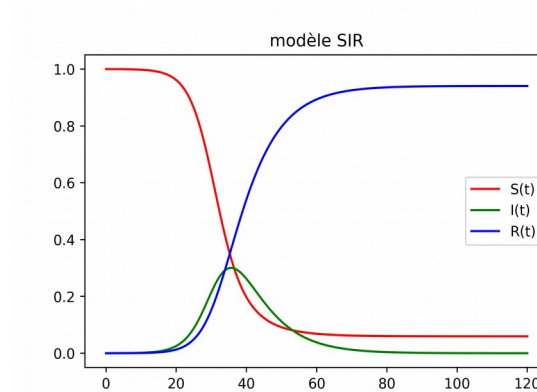
/ Déroulé du stage, première journée

Le matin nous avons résolu des équations de cinétique d'ordre 1 simple puis étagée de type $A \rightarrow B \rightarrow C$ (constante cinétique k_1 et k_2). Cela nous a permis de voir les limites du modèle d'Euler explicite en temps, alors que la version implicite est inconditionnellement stable, ce qui est souvent vérifié.

L'après-midi, pour répondre aux questions posées, une comparaison des résultats obtenus en fin de matinée a été faite. Cette étude a permis de vérifier que odeint donne des résultats proches du modèle analytique. Toutefois, utiliser odeint (optimisé et facile d'utilisation) dissimule les difficultés et ce qui se passe en toile de fond.

Nous avons ensuite appliqué la méthode d'EULER au modèle proies-prédateurs de LOTKA-VOLTERRA. En particulier, nous avons étudié l'amélioration apportée par un schéma de type CRANK-NICOLSON, sorte de moyenne des modèles implicite et explicite, ce qui non seulement donne une solution qui fonctionne bien, mais est aussi relativement simple à coder.

Enfin, nous avons utilisé les résultats mis en évidence précédemment dans le cadre du modèle SIR, adapté à la propagation des épidémies.



La journée ayant déjà été bien chargée, nous avons laissé l'étude du pendule simple sans et avec frottement en devoir à la maison.

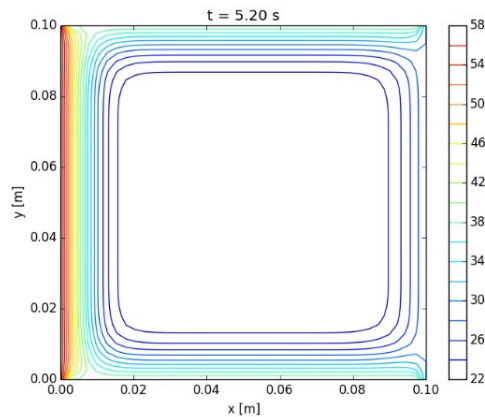
Rendez-vous a été donné pour dîner en ville et profiter un peu de la fête de la musique. Le restaurant suggéré par M. Aoufi, s'est avéré être une très bonne découverte. Aucun parapluie n'a été perdu. En contrepartie le record de vitesse (à vélo) entre Montbrison et Saint-Étienne n'a pu être battu, pour cause de pluie.

/ Déroulé du stage, deuxième journée

L'objectif est d'étudier l'équation de la chaleur stationnaire.

Nous avons commencé par le cas 1D stationnaire, puis instationnaire, puis non-linéaire (en ajoutant du rayonnement thermique), avant de passer au cas 2D. Nous en avons profité pour faire varier le type de conditions aux limites : DIRICHLET (condition aux limites sur la température), NEUMANN (condition aux limites sur un flux constant) et ROBIN (condition aux limites sur un flux de type conducto-convectif), afin de voir comment les prendre en compte et d'étudier leurs effets.

Le constat commun est que la modélisation par une méthode de point fixe pour le modèle implicite donne souvent des bons résultats, avec une amélioration de la vitesse de calcul. Cette modélisation a demandé du temps, mais a pu être menée à son terme. Le cas 2D a permis de voir l'influence positive de la vectorisation du code.

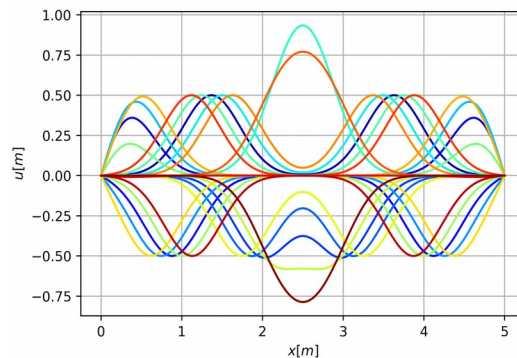


En fin de séance, rendez-vous a été pris pour dîner ensemble en ville

/ Déroulé du stage, troisième journée

L'objectif de cette troisième journée a été l'étude de l'équation de (Jean Le Rond) d'Alembert avec et sans frottements, en 1D et 2D.

Le premier modèle étudié est le modèle explicite et réversible. Ce modèle possède certaines propriétés intéressantes, comme par exemple une précision identique pour les deux variables (compte tenu de la symétrie du modèle en temps et en espace). Tous les modèles prévus ont pu être étudiés, et ont parfaitement fonctionné, sauf le modèle implicite Crank-Nicholson (probablement une étourderie dans l'écriture du programme). Nous avons terminé avec le modèle implicite sur le modèle 1D.



Le cas 2D restant à faire en devoir à la maison, le stage s'achève plus tôt que les autres jours pour permettre aux participants de rentrer chez eux pas trop tard !

Nous avons réussi à valider tous les modèles prévus, ce qui a permis quelques améliorations et "customisations", en particulier pour les animations en utilisant `imshow()` et des paramètres différents.

Le stage s'est terminé par l'intervention de M. Marc Roelens, en particulier au sujet du concours Mines Pont. Pour ce concours, l'intention est d'organiser sa propre filière MPI, qui pourrait comporter :

- 2 épreuves (communes) de Maths
- 2 de physique (discussion en cours si épreuve commune MP / MPI)
- 2 épreuves d'informatique spécifiques MPI (pas de chimie, ni de SI)

L'épreuve d'informatique commune restera commune. Il y aura une épreuve pratique d'informatique à l'oral (coefficients totaux inchangés par rapport à l'existant). Cette épreuve sera de type mixte, sur machine avec échange avec le jury. Cette partie d'échange étant importante dans la notation.

Les coefficients seront maintenus à 30 à l'écrit et 41 à l'oral. Il devrait y avoir 300 admissibles et nombre de places

en écoles au prorata du nombre de classes MPI.

/ Conclusion du stage

Après ces trois jours très studieux passés ensemble, le groupe s'est parfaitement adapté et le programme proposé a ainsi pu être étudié dans son intégralité

De l'avis général, il ressort un avis très positif de l'utilisation de la méthode implicite dans la résolution numérique des problèmes proposés.

Le dernier jour, après le repas, nous avons pris le temps d'échanger sur des sujets nouveaux pouvant potentiellement être abordés dans un prochain stage : figures de CHLADNI, solitons, méthode de BOLTZMANN sur réseau pour l'équation de NAVIER-STOKES, voire un stage à la Toussaint sur les nouvelles capacités numériques des programmes.

Enfin, nous adressons tous nos remerciements à M. Asdin Aoufi pour sa disponibilité, sa gentillesse, la qualité des supports fournis (et le travail de préparation associé), et nous lui souhaitons une excellente continuation.

Merci à l'école des Mines de Saint Étienne d'avoir organisé ce stage en présentiel, et à MM. Roelens et Aoufi de nous avoir accueilli dans de très bonnes conditions, malgré le contexte sanitaire.

