

Titre : Méthodes numériques et codes de simulation

Sigle : TC5

Coordinateurs de l'UE : Andrea CIARDI et Aymeric VIE, Laboratoire d'Etudes du Rayonnement et de la Matière en Astrophysique et Atmosphères (LERMA) et Laboratoire Énergétique Moléculaire et Macroscopique, Combustion (EM2C)

Equipe pédagogique : Anne BOURDON, Andrea CIARDI, Antoine TAVANT, Aymeric VIE

Prérequis : Masters M1 de Physique et Ecoles d'Ingénieurs.

Crédits : 3 ECTS

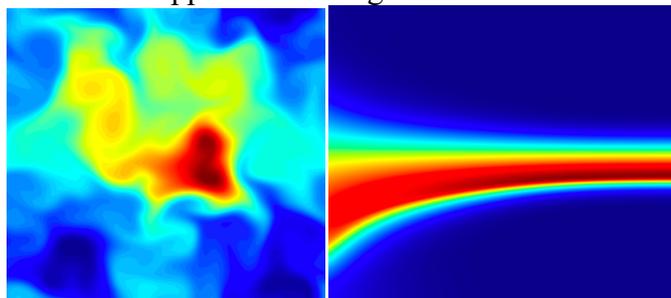
Langue : Français/Anglais

Mots-clés : Introduction à l'algorithmique – Résolution d'équations différentielles – Méthodes de discrétisation – Schémas explicites et implicites – Stabilité et efficacité – Simulations numériques en mécanique des fluides - Simulations numériques en physique des plasmas : modèles fluides (codes MHD, ...), cinétiques (codes Particle-In-Cell, gyro-cinétiques, ...), hybrides.

L'objectif de ce cours à la fois théorique et appliqué est double : (i) former les étudiants aux méthodes et algorithmes de la simulation numérique en leur présentant les différentes modélisations mathématiques utilisées en dynamique des fluides et en physique des plasmas, et (ii) les initier à la simulation numérique par l'utilisation de codes de calcul spécifiques, pour étudier des phénomènes complexes en physique des plasmas, décrits par des modélisations fluides et/ou cinétiques et abordés dans les différentes UE du Master.

Simulations numériques en mécanique des fluides

L'objectif est de présenter un ensemble de méthodes numériques nécessaires à la résolution d'équations régissant la dynamique d'un fluide, pour permettre aux étudiants de construire eux-mêmes un intégrateur de ces équations dans le cadre d'un problème physique donné. À l'issue du cours, les étudiants seront capables de résoudre un problème simple par l'écriture d'un petit code; de formaliser un problème physique en équations et d'identifier leur nature mathématique ; de discrétiser un ensemble d'équations différentielles; de dériver une méthode numérique adaptée en termes de précision et d'efficacité de résolution, et d'en analyser la précision et la stabilité; de s'assurer de la validité des résultats par la vérification des hypothèses et la caractérisation des erreurs numériques; de donner une interprétation critique des résultats physiques; de résoudre des problèmes rencontrés en physique fondamentale et dans le cadre d'applications d'ingénierie.

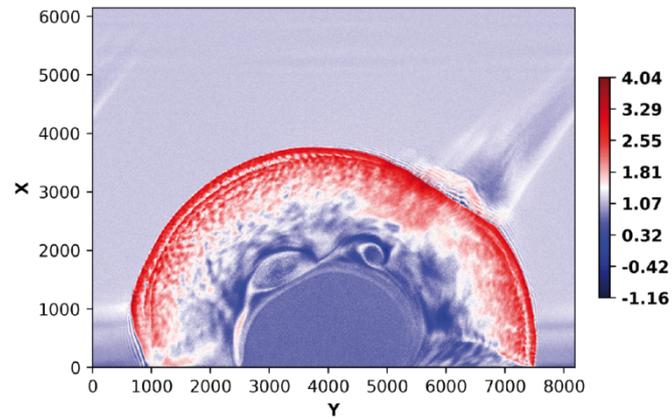


Diffusion d'un scalaire dans une turbulence (gauche) et champ de température dans une flamme à contre-courant (droite).

Simulations numériques en physique des plasmas

Cette partie est dévolue à l'étude de la modélisation des plasmas et des phénomènes physiques qui s'y déroulent. Après une présentation théorique des principales approches utilisées (descriptions fluide, cinétique, hybride, ..) pour décrire des processus physiques variés à l'œuvre dans différents types de plasmas (froids ou chauds, denses ou dilués, magnétisés ou non, collisionnels ou non, ...) et se déroulant sur différentes échelles

(microscopique, mésoscopique, macroscopique), on initie les étudiants, à l'aide de travaux pratiques numériques, à l'étude de quelques exemples : description magnétohydrodynamique d'un plasma, décharges dans un gaz à pression atmosphérique, interaction faisceau-plasma à l'aide d'un code cinétique.



Simulation de l'onde de choc terrestre à l'aide d'un code cinétique PIC bi-dimensionnel