

# Simulations numériques et calcul haute performance

## Applications à l'hydrodynamique pour l'astrophysique

Le module long proposé ici durerait 4 à 5 jours, avec un format relativement similaire à la formation proposée les années précédentes.

### *Objectifs et contenu de la formation :*

Le module vise globalement à former les participants aux bases du calcul numérique haute performance et à l'utilisation des supercalculateurs. Le point central de la formation sera donc le calcul massivement parallèle (MPI), allant des principes de bases du parallélisme à l'optimisation du calcul parallèle sur les supercalculateurs. Les nouvelles architectures (GPU, calcul hybride) sont également abordées au cours de la formation.

Au-delà des aspects théoriques et informatiques du calcul parallèle, ce module est aussi l'occasion d'aborder de manière concrète des méthodes de simulations numériques pour des problèmes largement présents en astrophysique : équation de poisson et champs de forces, problèmes N-corps, hydrodynamique.

Des exposés « magistraux » abordent donc les thèmes suivants pour une durée équivalente à 1.5 à 2 jours :

- Calcul parallèle MPI.
- Calcul hybride et GPU.
- Solveurs de Poisson et méthodes N-corps.
- Solveurs hydrodynamiques.

Les participants réalisent en pratique un TD et un mini-projet pour une durée équivalente à 2.5 à 3 jours :

- Un TD de calcul parallèle ou GPU.
- Un mini-projet mettant en œuvre les solveurs hydrodynamiques ou N-corps étudiés et le calcul parallèle MPI, afin de simuler des cas concrets sur un petit supercalculateur local.

A la fin de la formation, les participants sont théoriquement capables de paralléliser un code de simulation simple et de l'utiliser sur un super-calculateur : plusieurs thèmes de mini-projet pourront être réalisés, mais tous donneront l'occasion de paralléliser un code de simulation reposant sur des techniques utilisées en astrophysique numérique.

### *Programme et intervenants*

Le programme reprendra la structure proposée ci-dessus, avec 3 à 4 demi-journées de cours et 5 à 6 demi-journées de TD et projet, selon la durée totale retenue.

Les intervenants ne sont pas tous connus à ce jour car ils seront en partie renouvelés si la formation est retenue par l'ED :

- Un ingénieur CEA Maison de la Simulation (P. Kestener)
- Un chercheur CEA Département d'Astrophysique (F. Bournaud)
- Un chercheur d'un autre laboratoire d'astrophysique (à renouveler)

- Un ingénieur d'un centre de calcul d'Ile de France (potentiellement à renouveler)

### *Logistique*

La formation se déroule au CEA Saclay, Maison de la simulation, sur un minimum de 4 jours (5 semble préférable).

Elle ne suppose pas de pré-requis en termes de langage de programmation ou connaissance du calcul haute performance. Quelques connaissances de bases en manipulation et visualisation de données (python, IDL, etc) peuvent être utiles pour la réalisation du mini-projet sans être indispensable.

Lundi 15 janvier

9h30-12h30 MPI cours 1 (Dimitri Lecas)

14h-15h Equations aux dérivées partielles et méthodes différences finies (Frederic Bournaud)

15h-16h Méthodes de Godunov en hydrodynamique (Sebastien Fromang)

Mardi 16 janvier

9h30-12h30 MPI Cours 2 (Dimitri Lecas)

14h-15h Simulations N-corps et solveurs de Poisson (Frederic Bournaud)

15h-17h GPU (Pierre Kestener)

Mercredi à Vendredi 17-19 janvier

Mini-projets (F. Bournaud + P. Kestener), restitution des projets le vendredi 14-16h