

# **Journée du LRC MANON**

(Modélisation et Approximation Numérique Orientées énergie Nucléaire)

## **Méthodes et Analyse Numériques, et lois de conservatiON**

**18 mars 2019**

**Salle du séminaire du Laboratoire Jacques-Louis Lions**

### **Objectifs**

La journée scientifique MANON fera le point sur les collaborations entre le Laboratoire Jacques-Louis Lions de Sorbonne Université et le Département de modélisation des systèmes et des structures (DM2S) de la Direction de l'énergie nucléaire du CEA. Ces recherches en collaboration se sont déroulées dans le cadre du Laboratoire de Recherche Conventionné éponyme au cours des 9 dernières années et ont produit des résultats substantiels.

Les thèmes scientifiques de la journée seront la modélisation multi-physiques (fluides, neutronique, incertitudes, ...) avec une emphase particulière sur les fluides, les méthodes numériques et la simulation numérique.

La journée scientifique MANON s'inscrit dans le cadre de la célébration des 50 ans du Laboratoire Jacques-Louis Lions (LJLL50).

### **Lieu**

La journée MANON aura lieu

Salle du séminaire

Laboratoire Jacques-Louis Lions

Sorbonne Université

Campus Jussieu, 4 place Jussieu, Paris 5<sup>e</sup> (métro Jussieu)

Couloir 15-16, 3<sup>e</sup> étage, salle 09 (15-16-3-09)

L'inscription est gratuite mais obligatoire.

**Adresse du site web de la Journée MANON, et formulaire d'inscription :**

<https://manon.sciencesconf.org>

## Programme

- 09h00 – 09h15 **Accueil, café et thé**
- 09h15 – 09h25 **Ouverture**
- 09h25 – 09h55 **Christophe Chalons** (UVSQ)  
Schémas équilibre et tout régime de type Lagrange-Projection  
pour les écoulements de fluides compressibles
- 10h00 – 10h30 **Maria Giovanna Rodio** (CEA)  
Analyse de sensibilité du coefficient de relaxation thermique  
dans un modèle compressible à deux phases
- 10h35 – 10h55 **Pause café**
- 10h55 – 11h25 **Nina Aguillon** (LJLL)  
Comportement en temps long du schéma anti-diffusif  
de Després et Lagoutière dans le cas de la CFL 1/2
- 11h30 – 12h00 **Teddy Pichard** (Ecole Polytechnique)  
Autour des systèmes hyperboliques avec terme source discontinu
- 12h05 – 13h45 **Déjeuner (libre)**
- 13h45 – 14h15 **Clément Cancès** (INRIA Lille Nord)  
Une brique de modélisation variationnelle  
pour les écoulements diphasiques
- 14h20 – 14h50 **Rémi Saint** (Ecole Polytechnique)  
Estimation d'une courbe de fragilité sismique par apprentissage actif
- 14h55 – 15h15 **Pause café**
- 15h15 – 15h45 **Olga Mula Hernandez** (CEREMADE)  
Itération adaptative de point fixe  
pour la résolution de l'équation du transfert radiatif
- 15h50 – 16h20 **Nicolas Seguin** (Université de Rennes)  
Stabilité entropique dans les systèmes non conservatifs
- 16h25 – 16h45 **Déplacement au 24<sup>e</sup> étage de la tour Zamansky**
- 16h45 – 18h45 **Réception**

## Résumés des exposés

09h25 – 09h55 **Christophe Chalons** (UVSQ)  
**Schémas équilibre et tout régime de type Lagrange-Projection  
pour les écoulements de fluides compressibles**

### Résumé

Cet exposé se propose de donner un aperçu des résultats récents sur le développement de schémas « tout régime » et « équilibre » de type Lagrange-Projection. Nous considérerons en particulier le système de la dynamique des gaz dans le régime des grands coefficients de friction et des faibles nombres de Mach, mais également le système des équations de Saint-Venant. Ces travaux ont débuté dans le cadre de la thèse de Mathieu Girardin, effectuée au sein du LRC Manon.

10h00 – 10h30 **Maria Giovanna Rodio** (CEA)  
**Analyse de sensibilité du coefficient de relaxation thermique  
dans un modèle compressible à deux phases**

### Résumé

Pendant ces dernières années, les calculs CFD ont été de plus en plus utilisés pour prévoir des scénarios d'accidents dans les réacteurs nucléaires. Dans ce contexte, la formulation d'un modèle prédictif d'écoulement diphasique est cruciale.

Cet exposé se concentrera sur le développement d'un modèle d'écoulement à deux phases basé sur un déséquilibre entre les deux phases. Cette hypothèse nécessite une modélisation appropriée de tous les termes sources nécessaires pour reproduire la relaxation de phase en pression, en vitesse, en température et en potentiel chimique. Plusieurs méthodes de relaxations instantanées ont été proposées, mais parfois ces approches ne sont pas potentiellement capables de reproduire tous les scénarios réels ou les observations expérimentales.

La simulation d'un transfert de masse liquide-vapeur nécessite une modélisation précise des termes de relaxation en pression, en température et en potentiel chimique et, par conséquent, des temps caractéristiques associés.

Dans ce contexte, le but de cet exposé est de présenter une étude sur les hypothèses de relaxation non instantanée, en se focalisant sur les temps caractéristiques d'une relaxation de température. Une analyse de sensibilité du terme de relaxation en température dépendant d'un temps caractéristique, généralement modélisé par une valeur constante, sera présentée. Une modélisation préliminaire de ce paramètre sera ensuite proposée.

10h55 – 11h25 **Nina Aguillon** (LJLL)  
**Comportement en temps long du schéma anti-diffusif  
de Després et Lagoutière dans le cas de la CFL 1/2**

### Résumé

Les estimations d'erreur sur les schémas numériques sont presque toujours de la forme

$$\|u_h(T) - u(T)\| \leq C(T)(\delta x)^p$$

où  $u_h(T)$  et  $u(T)$  sont les valeurs de la solution approchée et de la solution exacte au temps  $T$ , où  $p$  est l'ordre du schéma et où  $C(T)$  est une constante qui augmente (souvent méchamment) quand le temps final  $T$  devient grand. Beaucoup de recherches ont amélioré l'exposant  $p$ , mais la question de l'erreur en temps est plus délicate. B. Després et F. Lagoutière ont décrit en 2001 un schéma pour l'équation de transport qui a la propriété remarquable que la constante  $C(T)$  reste bornée en temps si la CFL est différente de  $1/2$ . Dans cet exposé, on démontrera que si la CFL est égale à  $1/2$ , le schéma est « surcompressif », comme observé numériquement, c'est-à-dire qu'en temps grand la solution approchée devient un créneau. Ce résultat est le fruit d'un travail en collaboration avec Pierre-Antoine Guihéneuf.

11h30 – 12h00 **Teddy Pichard** (Ecole Polytechnique)  
**Autour des systèmes hyperboliques  
avec terme source discontinu**

### Résumé

Nous étudions un modèle homogénéisé à quatre équations représentant un écoulement bouillant. Ce type d'écoulement peut être décrit par un système hyperbolique, de type Euler, avec un terme source défini comme une fonction discontinue de l'inconnue. Cette source modélise l'apport de chaleur dans le système et la création de vapeur, qui n'apparaît que lorsque l'enthalpie du système atteint un certain seuil. La discontinuité de ce terme amène des difficultés sur les plans théoriques et numériques. Du point de vue théorique, la théorie « classique » ne s'applique pas en présence de telles discontinuités et il faut restreindre le cadre de travail pour pouvoir assurer l'existence et l'unicité d'une solution. Sur le plan numérique, utiliser un schéma numérique naïf crée généralement des artefacts numériques et ne capture pas les solutions stationnaires. Nous étudions ces aspects sur des modèles simplifiés EDO et EDP.

13h45 – 14h15 **Clément Cancès** (INRIA Lille Nord)  
**Une brique de modélisation variationnelle  
pour les écoulements diphasiques**

### Résumé

De nombreux modèles issus de la thermodynamique hors-équilibre possèdent une structure de flot de gradient, c'est à dire que la dynamique vise à faire décroître l'énergie le plus vite possible de proche en proche. Je montrerai comment utiliser cette notion pour obtenir des modèles, avec en particulier l'exemple d'un modèle d'écoulement incompressible diphasique de type Cahn-Hilliard dégénéré non-standard.

14h20 – 14h50 **Rémi Saint** (Ecole Polytechnique)  
**Estimation d'une courbe de fragilité sismique  
par apprentissage actif**

### Résumé

Les courbes de fragilité, qui expriment la probabilité de défaillance d'une structure ou d'un composant en fonction d'une mesure de chargement, sont largement utilisées dans les

études d'évaluation des risques sismiques. Pour éviter d'utiliser un modèle paramétrique classique comme le modèle lognormal qui estime les courbes de fragilité à partir d'un nombre réduit de calculs numériques, une méthodologie basée sur les SVM (Support Vector Machines) couplée à un algorithme d'apprentissage actif est proposée. En pratique, les signaux d'entrée sont réduits à un petit nombre de paramètres pertinents qui permettent une classification binaire de la réponse de la structure.

15h15 – 15h45 **Olga Mula Hernandez** (CEREMADE)

**Itération adaptative de point fixe  
pour la résolution de l'équation du transfert radiatif**

**Résumé**

Dans cet exposé, nous présenterons des travaux récents sur une nouvelle approche de la résolution de l'équation du transfert radiatif avec estimation a posteriori de l'erreur. L'approche est basée sur la formulation d'une itération de point fixe dans un espace fonctionnel approprié où les itérés convergent vers la solution exacte de l'EDP. Un schéma numérique basé sur ces itérations de point fixe est ensuite construit. A chaque itération, la solution exacte est approchée à une précision grandissante afin d'assurer la convergence de la suite des solutions discrétisées vers la solution exacte. Dans le but de garantir les tolérances demandées à chaque itération, nous utilisons des estimateurs d'erreur a posteriori basés sur des discrétisations spatiales adaptatives de type éléments finis discontinus Petrov-Galerkin. Ces estimateurs a posteriori sont aussi employés pour générer des maillages adaptatifs dans la variable angulaire. Le schéma de point fixe nécessitant par ailleurs l'évaluation d'un terme de collision à une précision grandissante, son évaluation est accélérée par des techniques de faible rang et de compression de matrices. Nous illustrerons les résultats théoriques avec quelques tests numériques.

15h50 – 16h20 **Nicolas Seguin** (Université de Rennes)

**Stabilité entropique dans les systèmes non conservatifs**

La définition des produits non conservatifs dans les systèmes hyperboliques est l'objet de nombreux travaux, voire débats, depuis des dizaines d'années. Nous étudions ici une classe de systèmes non conservatifs munis d'une inégalité d'entropie, dont font partie par exemple les équations de Saint-Venant avec une bathymétrie discontinue. Nous montrons alors que certaines solutions stationnaires peuvent être définies sans ambiguïté et qu'elles sont  $L^2$ -stables. Cette analyse est adaptée à leur approximation par des méthodes volumes finis équilibrés et entropiques. Tous ces résultats sont valables en toute dimension d'espace, sans condition d'hyperbolicité et sans avoir recours à une quelconque définition des produits non conservatifs.

## **Organisateurs**

Bruno Desprès, Edwige Godlewski, Yvon Maday,  
François Murat, Benoît Perthame, Jacques Segré