

***Mini-symposium MSENc***  
***Modélisation et Simulation Numérique pour les Écoulements***  
***Naturels Complexes***

*Mini-symposium porté par le projet TELLUS Modélisation des Suspensions Concentrées  
Naturelles, l'ANR-SEDIFLO & le GdR EGRIN*

**Résumé**

L'objectif du minisymposium est de réunir expérimentateurs, modélisateurs et numériques pour réfléchir ensemble sur la question de la modélisation et de la simulation numérique des écoulements naturels avec une rhéologie complexe. Seront ainsi évoqués, dans des exposés abordant les trois points de vue, des questions liées aux écoulements cisailés, aux écoulements non newtoniens, et aux suspensions fortement concentrées en particule. Les exposés seront suivis d'un temps d'échange pour discuter les solutions qui semblent les plus pertinentes.

**Organisateur(s)**

1. **Emmanuel Audusse**, Université Paris 13.
2. **Sébastien Boyaval**, Laboratoire d'hydraulique Saint-Venant & ENPC.

**Liste des orateurs**

1. **Caroline Le Bouteiller**, IRSTEA Grenoble  
*Titre* : Etude expérimentale de suspensions naturelles hyperconcentrées.
2. **Sergey Gavriljuk**, Université Aix-Marseille  
*Titre* : Multi-dimensional shear shallow water flows.
3. **Ilya Peshkov**, Université Toulouse III  
*Titre* : Symmetric Hyperbolic Equations for Modeling of non-Newtonian Flows.

**Emmanuel Audusse**, Université Paris 13, 99 av. JB. Clément, 93430 Villetaneuse, audusse@univ-paris13.fr

**Sébastien Boyaval**, Laboratoire d'Hydraulique Saint-Venant, EDF R&D, 6 Quai Watier, BP 49, 78401 Chatou cedex, sebastien.boyaval@enpc.fr

**Caroline Le Bouteiller**, IRSTEA Grenoble, 2 rue de la Papeterie, BP 76, 38 402 Saint Martin d'Hères cedex, caroline.le-bouteiller@irstea.fr

**Sergey Gavriljuk**, CNRS/Aix-Marseille Université, Dpt de Mécanique, 5 rue Enrico Fermi, 13453 Marseille cedex 13, sergey.gavriljuk@univ-amu.fr

**Ilya Peshkov**, Département de Mathématiques, Université Paul Sabatier, 118 route de Narbonne, F-31062 Toulouse Cedex, peshkov@math.nsc.ru

# 1 Description détaillée

Le transport de sédiments est un processus environnemental complexe, mais crucial pour de nombreuses activités anthropiques et les écosystèmes fluviaux. En particulier, la prédiction quantitative de la masse solide transportée et du mode de transport (charriage ou suspension) est importante pour guider les gestionnaires de rivières. Classiquement, pour prédire le transport solide, on utilise des formules empiriques, qui proviennent en général de calibrations valides dans une gamme restreinte de granulométrie, de conditions hydrodynamiques, de concentration. Mais dès que les conditions de transport sont un peu particulières (fortes pentes, fortes concentrations, faible submersion relative), les modèles numériques qui fonctionnent avec ces formulations peinent à reproduire quantitativement le transport solide et donc à le prédire. c'est par exemple le cas dans les bassins versants de montagne ou dans les écoulements fortement concentrés observés sur des zones de forte érosion. En effet, le choix de l'une ou l'autre formulation restreint d'emblée l'application du modèle à une gamme de concentration, de granulométrie. Pourtant, dans la réalité, ces conditions peuvent varier, à la fois dans l'espace, si l'on s'intéresse par exemple au fonctionnement d'un bassin versant, et dans le temps, si l'on suit un événement de crue.

Dans ce cadre, le minisymposium proposé ici a pour but de présenter à la fois le point de vue des expérimentateurs et celui des modélisateurs et des numériciens qui travaillent sur les questions liées à la simulation des écoulements non standards. Nous accueillerons ainsi C. Le Bouteiller, qui travaille sur le site de l'observatoire de Draix-Bléone, situé dans les Alpes de Haute-Provence et qui constitue un site d'étude privilégié de l'érosion et du transport de sédiments sur des petits bassins versants de montagne. Interviendrons ensuite S. Gavriluyuk et I. Peshkov, qui nous présenteront des modèles d'écoulements cisailés et non newtoniens. Un temps d'échange conclura le minisymposium.

## 2 Résumés des interventions

Exposé de C. Le Bouteiller : Les torrents de l'observatoire Draix-Bléone sont le lieu d'écoulements hyperconcentrés en sédiments fins marneux. Ces suspensions sont reproduites et étudiées en laboratoire pour une gamme de concentrations variant de 0 à 40%, au rhéomètre et en canal hydraulique. Pour les concentrations intermédiaires, l'écoulement en canal est turbulent mais les profils de vitesse sont modifiés par rapport à l'eau claire. Pour les concentrations supérieures à 20%, les suspensions ont un comportement viscoplastique suivant une loi de Herschel-Bulkley. Dans ce cas, les profils de vitesse mesurés en canal présentent un plug et sont concordant avec les paramètres rhéologiques mesurés au rhéomètre. Ces résultats ont des implications pour la métrologie in-situ.

Exposé de S. Gavriluyuk : A new multi-dimensional model of shear shallow water flows is derived. It is hyperbolic, but not in conservative form. We discuss the mathematical structure of this model and its analogy with the equations of compressible turbulence. A new numerical approach based on a special physical splitting of the governing equations is proposed. This is a joint work with K. Ivanova and N. Favrie.

Exposé de I. Peshkov : Recently, a unified first order hyperbolic formulation of continuum mechanics was discussed in [1, 2]. Such a model is based on a nonlinear hyperbolic model proposed by Godunov and Romenski in the 1970s for modeling of elastoplastic deformations in solids. Our approach can describe the two main branches of continuum mechanics, fluid and solid dynamics in a single system of hyperbolic partial differential equations which. This time, we discuss the model applicability to describe non-Newtonian flows and in particular to the modeling of elastoviscoplastic flows which exhibits properties of both viscous fluids and elastic solids. One of the attractive features of our model is that it is globally hyperbolic because it can be cast into a symmetric hyperbolic form. We recall that the hyperbolicity means that the initial value problem is well-posed despite how nonlinear a model might be and thus it can be effectively solved numerically. Also, note that the discussed hyperbolic model is fundamentally different from the conventional nonlinear parabolic models for non-Newtonian flows such as Bingham model or Herschel-Bulkley model employing the nonlinear viscosity approach. This is a joint work with Michael Dumbser (U. of Trento, Italy) and Evgeniy Romenski (Sobolev Inst. of Math., Russia).

## Références

- [1] I. PESHKOV AND E. ROMENSKI, *A Hyperbolic Model for Viscous Newtonian Flows*, Continuum Mechanics and Thermodynamics, 28, pp. 85–104, 2016..
- [2] I. PESHKOV AND E. ROMENSKI, *High order ADER schemes for a unified first order hyperbolic formulation of continuum mechanics : Viscous heat-conducting fluids and elastic solids*, Journal of Computational Physics, 314, pp. 824–862, 2016..