

Proposition de sujet de stage 2010

Risques naturels et simulation numérique. Etude d'incertitude et de sensibilité par des approches hybrides  
*application au cas des crues torrentielles*

**Mots-clés :** crues torrentielles, modélisation numérique, aide à la décision, raisonnement expert, analyse de risque

**Techniques :** analyse d'incertitude, simulation monte-carlo, calcul parallèle, couplage, théories des probabilités, possibilités, fonctions de croyance

**Langages- environnement :** FORTRAN, Windows, Linux

### Contexte et objet du projet

Les crues des torrents menacent les enjeux humains et matériels en raison de l'intensité et de la soudaineté des phénomènes. Ces phénomènes gravitaires rapides comprennent une part d'incertitude irréductible liée au caractère aléatoire des événements générateurs (pluie, neige...) et à la connaissance des processus en jeu. Une expertise est systématiquement requise pour définir les paramètres introduits dans les modèles et interpréter les résultats. Les décisions de gestion des risques doivent composer et intégrer cette incertitude. Dans ce cadre, l'objectif est d'analyser comment les différentes formes d'imperfection de l'information peuvent être propagées dans le cadre de la simulation numérique de l'écoulement de laves torrentielles.

Le modèle Lave2D est un code FORTRAN de résolution des équations de type Saint-Venant (moyennées sur l'épaisseur d'écoulement) bidimensionnelles, fondé sur des méthodes de type volumes finis et des schémas de résolution de type Godunov. Il permet de traiter les écoulements à surface libre de fluides non-newtoniens. Son domaine d'application principal (validé par un certain nombre de confrontations à des écoulements réels) est la simulation de l'étalement des laves torrentielles boueuses sur cônes de déjection torrentiels.

Le code SUNSET est utilisé par l'IRSN pour évaluer l'incertitude relative aux résultats obtenus par les logiciels de sûreté. Les fonctionnalités de SUNSET permettent d'étendre les techniques de Monte-Carlo utilisées dans les analyses probabilistes de sûreté aux distributions de possibilité et aux Pboxes. Une étude SUNSET se déroule en trois phases : la génération d'une matrice échantillon (chaque ligne correspondant à un calcul et chaque colonne à la valeur prise par le paramètre incertain), la propagation de l'incertitude à travers le code analysé et l'analyse des résultats. SUNSET fonctionne sur les plateformes WINDOWS, LINUX et UNIX

### Profil souhaité et démarche d'étude

Le projet sera réalisé dans le cadre d'une équipe pluridisciplinaire associant des experts des phénomènes gravitaires naturels en montagne, de la simulation numérique des écoulements et de l'analyse des risques. L'approche concernera le cas des crues (laves) torrentielles. Les techniques utilisées feront notamment appel aux méthodes dites hybrides (associant simulation de monte-carlo, théorie des possibilités et des fonctions de croyance). La démarche comprend les phases suivantes :

- ⇒ lister les variables d'entrée du modèle de risque et caractériser la nature (épistémique ou stochastique) de l'incertitude autour de chaque variable à partir d'échange avec les experts du domaine du risque torrentiel.
- ⇒ évaluer de manière experte et modéliser les incertitudes relatives aux données de simulation en identifiant les incertitudes unitaires au niveau de chacune des phases d'expertise.

<sup>1</sup> 2, rue de la Papeterie 38402 Saint-Martin d'Hères Cedex <http://www.cemagref.fr>

Proposition d'un (ou plusieurs) format(s) de représentation de l'incertitude pour chaque variable : distributions de probabilité, distributions de possibilité, p-boxes, fonctions de croyance ...

- ⇒ coupler le code de simulation numérique des laves torrentielles et de l'environnement de simulation Sunset développé par l'IRSN ;
- ⇒ effectuer les calculs de propagation des incertitudes avec le logiciel SUNSET de l'IRSN couplé avec le code de propagation d'écoulement torrentiel lave 2D ;
- ⇒ analyser la pertinence et la mise en oeuvre d'une parallélisation du code de calcul en fonction des temps de simulation observés
- ⇒ Appliquer à un exemple et restituer des résultats auprès des experts et des autres acteurs de la décision dans le cadre de comparaison de scénarios.

### **Profil souhaité et conditions de stage**

Ce projet complet s'adresse à un(e) candidat(e) rigoureux et curieux de niveau BAC +5 en mathématiques appliquées (type Master 2, 3<sup>ème</sup> année d'école d'ingénieur) intéressé par la problématique d'aide à la décision, d'analyse de risques basée sur l'exploitation de résultats de simulation numérique. Le stage d'une durée minimale de 5 mois aura lieu au *Cemagref* de Grenoble (campus universitaire) et donnera lieu à une indemnisation (398 €/mois).

### **Contacts**

Jean-Marc TACNET (Ingénieur/Chercheur – gestion de risque, aide à la décision) - 04 76 76 27 68 - [jean-marc.tacnet@cemagref.fr](mailto:jean-marc.tacnet@cemagref.fr)

Eric Chojnacki (Ingénieur/Chercheur – expert analyse de risques – concepteur de l'environnement SUNSET) – 04 42 19 94 68 [eric.chojnacki@irsn.fr](mailto:eric.chojnacki@irsn.fr)

Dominique LAIGLE (Ingénieur/Chercheur – expert numéricien – concepteur du modèle Lave 2D) – 04 76 [dominique.laigle@cemagref.fr](mailto:dominique.laigle@cemagref.fr)