

Quantification d'incertitude par réduction de modèle pour l'évaluation du risque incendie

Vivien Mallet (INRIA), Jean-Baptiste Filippi (CNRS, SPE)



Stage de fin d'études ou stage de master 2

Résumé

Le sujet du stage concerne l'évaluation du risque incendie grâce à la simulation numérique de la propagation de feux de forêt. L'objectif est calculer la distribution de probabilité des tailles d'incendie qui peuvent être atteintes en cas de départ de feu. Cette distribution dépend des incertitudes dans le modèle de propagation, dans les conditions météorologiques et dans les données de combustible. La propagation de ces incertitudes jusqu'à la taille finale de l'incendie requiert l'introduction de modèles réduits et d'une calibration fondée sur une évaluation probabiliste des simulations.

Contexte

Un des enjeux de la lutte contre les incendies en milieu naturel est l'anticipation des risques. Lors des périodes propices au développement des feux de forêt, des forces de lutte sont préventivement déployées sur le terrain. La répartition optimale de ces forces doit permettre de minimiser le temps d'intervention sur les départs de feu qui ont le plus gros potentiel de développement.

Sur la base de données d'occupation des sols et des conditions météorologiques, des modèles numériques sont capables de simuler l'avance d'un front de feu de forêt. Les simulations des modèles sont entachées d'importantes erreurs dues à une mauvaise caractérisation de la végétation, une incertitude sur les données météorologiques, une description imparfaite de la vitesse de propagation d'un feu, etc. Dans ce contexte, on considère qu'une unique simulation est insuffisante car trop incertaine. Afin de mieux simuler la propagation d'un feu, on repose sur un ensemble de simulations, censé être représentatif des incertitudes de modélisation.

Lors du projet **IDEA**, un travail de collecte de données a permis de constituer une base de feux de forêt (notamment extraits de **Prométhée**), avec les données nécessaires à leur simulation. Un logiciel a été écrit afin de simuler tous les cas de la base et les comparer aux observations (des surfaces brûlées) grâce à des indicateurs adaptés – cf. figure 1. Pour chaque feu de la base, des ensembles de simulations ont été générés par l'approche Monte Carlo où plusieurs entrées du modèle de propagation (vitesse et direction du vent, humidité du végétal, ...) ont été perturbées.



FIGURE 1 – Une simulation d’un feu de forêt de 2003, dans la commune de San-Giovanni-di-Moriani (Corse). Le contour simulé est représenté par le front rouge avec une extension verticale ; la zone brûlée observée est représentée par la surface rouge.

Objectifs du stage

L’objectif final est de construire une carte de risque incendie, évaluant en tout point d’un territoire (Corse ou région PACA) la taille potentielle atteinte par un feu qui se déclarerait. Cette taille, mesurée par la surface brûlée finale, est incertaine ; on souhaite donc calculer sa distribution de probabilité par des simulations Monte Carlo. Cette approche soulève trois problèmes : la disponibilité des conditions initiales, le coût de calcul de la génération des simulations Monte Carlo en tout point du territoire, et la calibration des perturbations à imposer sur les données météorologiques et la description du combustible.

Les données permettant de réaliser ces simulations (modèle de terrain, distribution du combustible) sont déjà disponibles pour la partie du territoire sujette aux incendies, avec le pavage de la figure 2. L’état du combustible (humidité, température) devra cependant faire l’objet d’une ré-analyse sur la période et le territoire ciblés.

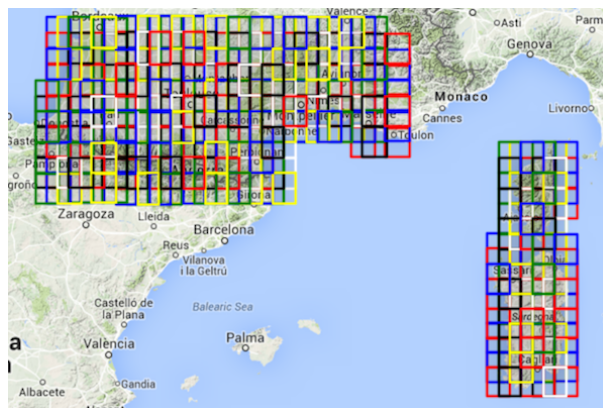


FIGURE 2 – Vue de la distribution des tuiles de données disponibles pour réaliser les simulations.

Le coût de calcul peut être fortement diminué par réduction de modèle. La méthode envisagée consiste d’abord à projeter les entrées et sorties du modèle dans un sous-espace de petite

dimension. Ensuite, le modèle réduit en dimension est émulé, par exemple par un processus gaussien, dont la moyenne est très peu coûteuse à calculer et approche le modèle réduit. Le stage devra déterminer les meilleures approches de réduction et d'émulation.

Lorsqu'un modèle réduit et émulé est disponible, il devient possible de générer des simulations Monte Carlo en tout point d'un territoire, et en particulier aux points de départ de feux passés. Il est alors possible d'évaluer la capacité des simulations Monte Carlo à quantifier les incertitudes. Il existe en effet des scores probabilistes (score de Brier, diagramme de fiabilité, diagramme de rang, ...) pour comparer un ensemble de simulations et des observations. Il s'agira enfin d'optimiser ces scores par calibration des distributions des entrées incertaines du modèle. Des techniques d'inférence bayésienne pourront aussi être utilisées.

Conditions et informations pratiques

Profil : dernière année d'école d'ingénieur ou équivalent, avec goût pour la simulation numérique

Début du stage : courant 2015

Durée : 5 à 6 mois (négociable)

Rémunération et statut : 500 euros nets par mois

Équipe d'accueil : équipe-projet INRIA **CLIME**

Localisation : site de Rocquencourt de l'**INRIA Paris-Rocquencourt**, près de Versailles, navettes depuis Paris – Étoile, Dauphine et Auteuil)

Contact : Vivien.Mallet@inria.fr, (1 39 63 55 76) ; Filippi@univ-corse.fr, (4 95 45 01 58)