

Fiche "Programme de stage"

Année : 2010

Intitulé du stage : Propagation des incertitudes par modélisation jointe : application à un cas réservoir pour la prise en compte d'un paramètre géostatistique.

Informations administratives :

Établissement d'accueil : Institut Français du Pétrole
Adresse : 1 & 4 avenue de Bois Préau - 92852 Rueil Malmaison
Direction : Ingénierie de Réservoir
Département : R032
Durée du stage : 6 mois
Date de début du stage : Mars 2010
Responsable du stage : Amandine Marrel, Béatrice Laurent
Coordonnées téléphoniques : 01 47 52 53 20
Adresse e-mail : amandine.marrel@ifp.fr

Programme de stage :

Dans le cadre de l'ingénierie de réservoir, des simulateurs prenant en entrée un certain nombre de paramètres (perméabilité, porosité,...) permettent de comprendre et de prédire le déplacement des fluides dans le réservoir et ainsi d'optimiser son exploitation. Cependant, en raison d'une caractérisation souvent partielle, certains de ces paramètres sont entachés d'une incertitude qu'il est important de propager sur les réponses du simulateur. Chaque simulation du modèle s'avérant coûteuse en temps de calcul, le nombre de simulations possibles est souvent fortement limité. Pour s'affranchir de ce problème, le simulateur est alors remplacé par une surface de réponse construite à partir d'un nombre limité de simulations et requérant un temps d'évaluation négligeable afin de réaliser les analyses de sensibilité et de propager les incertitudes des paramètres d'entrée sur la sortie. Parmi ces surfaces de réponse, les processus gaussiens figurent parmi les plus efficaces et les plus couramment utilisés dans le cadre de la modélisation des simulateurs numériques (Sacks et al. [3], Oakley et al. [2], Marrel et al. [1]). Parmi ces paramètres d'entrée incertains, certains peuvent être de grande dimension et leur variation peut induire un comportement stochastique du simulateur, *ie.* la réponse du simulateur ne varie pas de manière continue en fonction de la variation de ces paramètres. Parmi ces paramètres dits "stochastiques" (à opposer aux autres paramètres dits "continus"), figurent les germes géostatistiques, les cartes structurales ou encore les réseaux de fractures. Ces paramètres comprenant un nombre infini de niveaux possibles peuvent difficilement apparaître de manière explicite dans une surface de réponse classique.

Une solution possible pour transporter l'incertitude de ces paramètres consiste à utiliser une modélisation jointe qui couple une modélisation du phénomène en moyenne avec une modélisation de sa variance (variance induite par les paramètres stochastiques). Si on désigne par $X = (X_1, \dots, X_d)$ le vecteur des d paramètres continus et par ε le paramètre stochastique, le simulateur de réservoir, noté Y , correspond alors au modèle stochastique suivant :

$$R^d \rightarrow R$$

$$X \rightarrow Y = \mu(X) + \nu(\varepsilon, X : \varepsilon)$$

où μ est la partie déterministe et v la partie stochastique que l'on suppose centrée relativement à ε : $E_\varepsilon[v] = E[v|X] = 0$. La notation $v(\varepsilon, X:\varepsilon)$ signifie donc que v dépend seulement de ε et des interactions entre ε et X . On définit à présent la composante moyenne et la composante dispersion de Y :

$$\begin{cases} Y_m(X) = E_\varepsilon[Y] = E[Y|X] = \mu(X) \\ Y_d(X) = Var_\varepsilon[Y] = Var[Y|X] = Var[v(\varepsilon, X:\varepsilon)|X] \end{cases}$$

La modélisation jointe consiste alors à modéliser simultanément la moyenne et la variance du Y , en tenant compte des liens entre ces deux modèles. La modélisation jointe actuellement dans le logiciel COUGAR, développé par l'IFP, est basée sur l'utilisation de surfaces de réponse polynomiales et nécessite, pour estimer la composante dispersion, plusieurs répétitions du plan d'expérience des paramètres continus (une pour chaque réalisation du paramètre stochastique). L'objectif est d'étendre la modélisation jointe aux surfaces de réponses non paramétriques du type processus gaussien et ce, en optimisant le nombre de simulations réalisées. Une première méthodologie de modélisation jointe par double processus gaussien sans répétition du plan d'expérience des paramètres continus a été récemment développée au sein de l'équipe COUGAR.

Après un apprentissage de la méthodologie et une mise en main des programmes développés sous R et Matlab, l'objectif principal de ce stage résidera dans la mise en oeuvre de cette modélisation jointe sur un cas test réservoir. Il s'agira plus précisément de prendre en compte et de transporter l'incertitude liée à un paramètre géostatistique (carte de porosité par exemple) sur les prévisions de production.

Déroulement du stage :

- a) Étude bibliographique des techniques de surfaces de réponse, traitement des incertitudes et analyse de sensibilité.
- b) Familiarisation avec les techniques de gestion des incertitudes utilisées en ingénierie de réservoir
- c) Apprentissage de la méthodologie de modélisation jointe proposée et mise en main des programmes développés en R et Matlab.
- c) Mise en oeuvre sur un cas test réservoir

Références

- [1] Marrel A, Iooss B, Van Dorpe F, Volkova E: An efficient methodology for modeling complex computer codes with Gaussian processes, *Computational Statistics and Data Analysis*, 52, 4731-4744 (2008).
- [2] Oakley JE, O'Hagan A: Probabilistic sensitivity analysis of complex models: A Bayesian approach, *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 66, 751-769 (2004).
- [3] Sacks J, Welch WJ, Mitchell TJ, Wynn HP: Design and analysis of computer experiments, *Statistical Science*, 4, 409-435 (1989).

Connaissances exigées :

Mathématiques appliquées et statistiques. Connaissances de logiciels statistiques et scientifiques (R, Matlab).