**Description du Projet : Estimation de la Perméabilité dans les Réservoirs Pétroliers**

Dans cette étude, nous utiliserons un modèle simplifié d’un réservoir pétrolier proposé dans le *Matlab Reservoir Simulation Toolbox* (MRST) pour la simulation des écoulements biphasique eau-huile au sein d’un réservoir. MRST offre une plateforme adaptée pour intégrer des méthodes géostatistiques et effectuer des simulations d'écoulement tout en gardant une structure flexible pour des modèles de perméabilité variés. Ce modèle simplifié servira de point de départ pour les simulations de perméabilité et les analyses d'incertitude.

Pour résoudre le problème inverse et ajuster le champ de perméabilité en fonction des données observées, nous appliquerons la méthode de déformation graduelle (Hu, 2000). La déformation graduelle est particulièrement utile pour les problèmes géostatistiques, car elle permet d’ajuster progressivement un champ initial tout en préservant ses caractéristiques spatiales. En modifiant les champs aléatoires gaussiens de manière contrôlée, cette méthode facilite la convergence vers une solution optimisée, réduisant les écarts entre les données de production simulées et observées tout en quantifiant l'incertitude.

Dans ce projet, nous émettons comme hypothèse que seule la perméabilité est hétérogène au sein du réservoir pétrolier, tandis que les autres propriétés, comme la porosité et la densité, sont supposées uniformes. Cette hypothèse simplificatrice vise à réduire la complexité des simulations en concentrant l’analyse sur la variabilité spatiale de la perméabilité, qui est l’un des principaux facteurs influençant l'écoulement des fluides. En limitant le nombre de paramètres hétérogènes, le modèle devient plus facilement manipulable, facilitant ainsi la compréhension de l'impact de la perméabilité sur les résultats de production, tout en rendant les calculs plus rapides et moins exigeants en ressources.

Note : Il est important de réaliser une revue de littérature sur la méthode GD afin de déterminer ces forces et ces faiblesses. Cette méthode sera vu en classe prochainement. La méthode a été largement utilisé dans le domaine pétrolier, hydrogéologique et minier.

**Objectif :** Estimer la distribution spatiale de la perméabilité au sein d'un réservoir pétrolier en utilisant des données de production et des champs gaussiens aléatoires pour la quantification des incertitudes.

**Contexte :** Dans les réservoirs pétroliers, la perméabilité est une propriété clé qui influence l'écoulement des fluides et les taux de production. Cependant, les mesures directes de perméabilité sur l'ensemble du réservoir sont impraticables. Les méthodes géostatistiques sont donc utilisées pour estimer cette propriété à partir d’un nombre limité de données, telles que les logs de puits ou les données de production. Ce qui suit résume les étapes nécessaires pour résoudre un problème inverse en génie pétrolier de manière très simplifié. L'objectif est de comprendre ces étapes à partir des codes fournis, d’effectuer les simulations requises (qui peuvent être longues, mais sont entièrement automatisées), et de produire les images nécessaires afin de démontrer l'impact du calage sur l’estimation des incertitudes. Voici des questions que vous pouvez répondre dans le rapport :

1. À quoi ressemble le champ de perméabilité optimisé ? Fournir une figure du champ de perméabilité moyen et discutez.
2. Quelle est l'incertitude associée à ce champ de perméabilité optimisé ? Fournir une figure de l’écart-type du champ de perméabilité obtenues des 100 simulations.
3. Comparer les courbes de niveau d’eau calées à celles simulées : quelles différences observe-t-on ?
4. Que représente le problème inverse dans ce contexte ?
5. Comment l'optimisation de la perméabilité affecte-t-elle les résultats de production et l'écoulement des fluides dans le réservoir ?
6. Comment les différentes réalisations (simulations) contribuent-elles à la quantification des incertitudes dans les estimations de perméabilité ?
7. Quels sont les impacts possibles d'une mauvaise estimation de la perméabilité sur la gestion du réservoir ?
8. Comment peut-on améliorer la précision des estimations de perméabilité en utilisant davantage de données ou en ajustant les hypothèses du modèle ?
9. Quelles autres méthodes géostatistiques pourraient être utilisées pour résoudre ce problème inverse et comment se comparent-elles à celle choisie ?

**Voici les étapes pour résoudre le problème inverse simplifié :**

1. **Génération d'un Champ de Perméabilité Initial (Modèle Direct) :**
   * Utilisez un champ gaussien aléatoire pour simuler la distribution spatiale de la perméabilité dans le réservoir.
   * Supposez une distribution log-normale de la perméabilité, en considérant que le logarithme de la perméabilité suit une distribution gaussienne afin de garantir des valeurs positives.
2. **Simulation des Données de Production (Données d'Observation) :**
   * À l'aide d'un logiciel de simulation d'écoulement (comme MRST – Matlab Réservoir Simulation Toolbox), réalisez une simulation directe pour prédire les taux de production à différents emplacements de puits en fonction du champ de perméabilité.
   * Générez des données de production synthétiques (les courbes de niveau d’eau dans trois puits).
3. **Formulation du Problème Inverse:**
   * Définissez la fonction objectif : Minimiser la différence entre les données de production observées et simulées.
   * Utilisez les données de production observées pour ajuster le champ de perméabilité en le modifiant de manière itérative afin d'améliorer la qualité de l'ajustement.
4. **Modélisation Inverse à l'Aide d'une Méthode d'Optimisation :**
   * Implémentez un algorithme d'inversion (la méthode de déformation graduelle) pour mettre à jour le champ de perméabilité de manière itérative.
   * Utilisez un modèle a priori (le champ gaussien aléatoire initial) et mettez-le à jour pour réduire l’écart entre les données simulées et observées.
5. **Quantification de l'Incertitude :**
   * Réalisez plusieurs itérations pour obtenir 100 réalisations de champs caler par déformation graduelle afin de quantifier l'incertitude sur la perméabilité estimée.
   * Calculez les statistiques des distributions de perméabilité résultantes, telles que la moyenne, la variance et les intervalles de confiance.

**Bonne chance dans la réalisation de ce projet !**

**Référence**

Hu, L.Y. Gradual Deformation and Iterative Calibration of Gaussian-Related Stochastic Models. *Mathematical Geology* **32**, 87–108 (2000). https://doi.org/10.1023/A:1007506918588

P.S. : Les réalisations peuvent être très longues à obtenir. Je te suggère de réaliser un calage pour une simulation avec 20 itérations, cela prend environ 3 minutes sur mon ordinateur. Ensuite, viens passer à mon bureau avec les images importantes pour ton rapport. Je m'occuperai de faire tourner les autres simulations sur mon ordinateur, en utilisant un serveur.