

# Ayoub Belhachmi

## Curriculum Vitae

170 rue circé  
34090 Montpellier, France  
☎ (+33) 6 98732567  
✉ eyobhimself@gmail.com



### Formation

Depuis 2020 **Doctorat en mathématiques appliquées, thèse Cifre Schlumberger-INRIA Sophia Antipolis-Université Cote D'AZUR.**

**Titre de la thèse : Une méthode implicite pour la construction des modèles géologiques complexes via une interpolation à l'aide des splines et une régularisation basée sur les équations aux dérivées partielles.**

Construction d'un modèle géologique qui doit intégrer toute la complexité géologique observée dans les données stratigraphiques (réseau de failles géologiques, stratigraphie des couches géologiques, fortes variations d'épaisseur). C'est un problème de construction de fonction implicite, appelée fonction stratigraphique qui interpole un ensemble de points de données parcimonieusement distribués dans le domaine. Ces points sont associés à des valeurs qui correspondent à leurs âges géologiques. Pour atteindre cet objectif, une nouvelle méthode a été développée, basée sur le calcul d'une fonction stratigraphique qui décrit les couches géologiques. Cette fonction est représentée en utilisant des fonctions de bases définies sur le maillage qui discrétise le domaine géologique. L'approche utilise des splines d'ordre élevé pour l'interpolation des données, est une régularisation via un schéma itératif auto-adaptatif, assurant les bonnes propriétés de régularité de la fonction stratigraphiques dans tout le domaine. Deux nouvelles méthodes de régularisation, basées sur une minimisation d'énergies quadratique et convexes, ont été proposées. Ces méthodes sont inspirées de phénomènes physiques tels que la diffusion de la chaleur ou la déformation de matériau. Une généralisation de ces méthodes est obtenue par le biais d'une formulation tensorielle, ce qui permet d'encoder l'anisotropie et les variations d'épaisseurs présentes dans les données.

Statut : Thèse soutenue le : 16/01/2024.

2015–2019 **Ingénieur en Mathématiques appliquées et modélisation numérique, Polytech Nice-Sophia, France.**

2013–2015 **Classes préparatoires aux grandes écoles, Mathématiques et Physiques, lycée Beurd, Meknes, Maroc.**

2012–2013 **Baccalauréat Sc.Mathématiques, mention bien, lycée Lala Amina, Maroc.**

---

## Expériences

- Mars- **Stage, Schlumberger**, Montpellier, France.
- Septembre 2019 Construction d'un modèle géologique 2D intégrant les propriétés géologiques observées dans les données stratigraphiques (réseau de failles géologiques, stratigraphie des couches géologiques). Dans ce modèle, les splines Powell-Sabin ont été utilisées pour interpoler les données stratigraphiques et diverses techniques de régularisation basées sur la minimisation des dérivées secondes ont été explorées.
- Septembre 2018- **PFE, Cemef-MINES ParisTech**, Sophia Antipolis, France.
- Mars 2019 Implémentation d'une méthode numérique qui intègre la plasticité de l'olivine, afin de modéliser sa déformation, dans la bibliothèque d'éléments finis CPFEM. C++ (environnement).
- Avril-Juillet 2018 **Stage, INRIA Sophia Antipolis, Biot**, France.
- Transfert de la bibliothèque Hp-FEM de Matlab vers C++, qui est une bibliothèque d'éléments finis adaptatifs d'ordre élevé. Matlab/C++(environnements).
- Juillet-Aout 2017 **Stage, INRIA Sophia Antipolis, Biot**, France.
- Contribution à l'implémentation des éléments finis Powell-Sabin (Splines quadratiques  $C^1$  définies sur des triangulations) dans une librairie des éléments finis. Matlab (environnement).
- Juin-Aout 2016 **Stage, Multiprint Monaco**, Monaco.
- Optimisation du workflow et des données au sein de l'entreprise Multiprint, et participation à la création d'une plateforme de communication avec les clients.

---

## Compétences informatiques

- Intermédiaire C++, Java, Julia
- Avancé Matlab, Python

---

## Langues

- Français Langue natale
- Anglais Couramment
- Espagnol Intermédiaire

---

## Publications

- Articles
- Ayoub Belhachmi, Azeddine Benabbou et Bernard Mourrain. A spline-based regularized method for the reconstruction of complex geological models. Implicit structural modeling. Mathematical Geosciences. Article accepté pour la publication.

**Abstract** The study and exploration of the subsurface requires the construction of geological models. This task can be difficult, especially in complex geological settings, with various discontinuities and unconformities. These models are constructed from seismic or well data, which can be sparse and noisy.

In this paper, we propose a new method to compute a stratigraphic function that represents geological layers in arbitrary settings. This function interpolates the data using a piecewise quadratic  $C^1$  Powell-Sabin splines, and is regularized via a self-adaptive diffusion scheme. For the discretization, we use Powell-Sabin splines on triangular meshes.

Compared to classical interpolation methods, the use of piecewise quadratic splines has two major

advantages. First, a better handling of stratigraphic surfaces with strong curvatures. Second, a reduction in mesh resolution, while providing a better interpolation quality.

The regularization is considered as the most challenging part of any implicit modeling approach. Often, existing regularization methods produce inconsistent geological models, in particular for data with high thickness variation. To handle this kind of data, we propose a new scheme in which a diffusion term is introduced and iteratively adapted to the shapes and variations in the data, while minimizing the interpolation error.

#### Conférences

- Ayoub Belhachmi, Azeddine Benabbou et Bernard Mourrain. A spline-based regularized method for the reconstruction of complex geological models. Présentation au IAMG2022 Annual conference, Août 29-Septembre 3, 2022, Nancy, France.
- Ayoub Belhachmi, Azeddine Benabbou et Bernard Mourrain. A spline-based regularized method for the reconstruction of complex geological models. Présentation at GIMC-SIMAI young 2022 workshop, Septembre 29-30, 2022, Pavia, Italie.
- Ayoub Belhachmi et Azeddine Benabbou et Bernard Mourrain. A spline-based regularized method for the reconstruction of complex geological models. Poster au EDSFA-UCA 2nd year Phd Workshop 2022, 25 Mai, 2022, Nice, France.

**Abstract** The construction of a geological numerical model is a key step in the study and exploration of the subsurface. These models are constructed from seismic or well data. Often the available data are sparse and noisy, which makes this task difficult, mainly for reservoirs where the geological structures are complex with distinct discontinuities and unconformities.

In this presentation, we propose a new method to compute an implicit function of the stratigraphic layers. In this method, the data are interpolated by piecewise quadratic C1 Powell-Sabin splines and the function is regularized via a diffusion partial differential equation PDE. The method is discretized in finite elements on a triangular mesh conforming to the geological faults.

Compared to classical interpolation, the use of piecewise quadratic splines on a mesh has three major advantages. First, a better handling of stratigraphic layers with strong curvatures. Second, a reduction in the resolution of the mesh, allowing a considerable gain in computation time. Third, a local adaptivity to the geometry of the data, taking faults into account.

The regularization of the function is the most difficult component of any implicit modeling approach. Often, classical methods produce inconsistent geological models, in particular for data with high thickness variation, and bubble effects are generally observed. To address these problems, we propose a new scheme in which a diffusion term is introduced and iteratively adapted to the shapes and variations of the data, while minimizing the fitting error.