

# Sami BEN ELHAJ SALAH

Docteur-ingénieur : Mécanique/Matériaux/Modélisation/Numérique

Qualifié Sections : CNU n° 60 & 26

[in](https://www.linkedin.com/in/sami-ben-elhaj-salah) [linkedin.com/in/sami-ben-elhaj-salah](https://www.linkedin.com/in/sami-ben-elhaj-salah) [github.com/samibenelhajsalah](https://github.com/samibenelhajsalah)

+33 (0)6 62 51 26 74 @ sami.ben\_elhaj\_salah@onera.fr

Paris, France

32



Ingénieur de Recherche ONERA Châtillon, DMAS

## Expériences Professionnelles

Janvier 2023

Aujourd'hui

Ingénieur Développement Logiciel pour la Mécanique Numérique (Projet ARIZE), ONERA, Paris, Châtillon

- Objectif : Développement d'un code éléments finis de nouvelle génération, en coordination avec les collègues de l'ONERA et les partenaires de ce projet.
- conception architecturale.
- Mise en oeuvre de méthodes numériques avancées.
- Participer sur le plan technique à la mise en oeuvre du logiciel dans un cadre modulaire en C++/Python.
- Notions de maintenabilité à long terme et d'exploitation efficace des architectures de calcul parallèle à haute-performance (bibliothèque MPI, multithreading par tâche, optimisation des caches et des échanges de données, etc.).
- Connaissances approfondies en mécanique des matériaux et structures.
- **Expertise en méthodes des éléments finis.**
- Connaissance de la mécanique des milieux continus.
- Maîtrise de la programmation scientifique en C++ moderne et Python.
- Utilisation de l'outil **cmake**
- Implémenter des tests unitaires et d'intégration (BOOST\_TEST).
- Forte compétence de l'utilisation de la bibliothèque **Eigen** en C++ dédiée à l'algèbre linéaire.
- Forte compétence de l'outil de gestion de version git.
- Utilisation de l'outil GitLab.
- Pratique de l'intégration continue et de livraison/déploiement continu (CI/CD).
- Documentation automatique avec Doxygen et Sphinx.
- formation C++ 20 en interne réalisée par un expert ONERA.
- formation OpenTURNS en interne réalisée par des experts ONERA : bibliothèque C++ interfacée en Python de méthodes et d'outils permettant de modéliser, quantifier, propager et hiérarchiser les incertitudes.
- Contribution Majeure :
  1. Solveur thermique (équation de diffusion) non-linéaire
  2. Conditions aux limites associées
  3. Intégration par theta-schéma
  4. Implémentation du mécanisme de la sérialisation
  5. Implémentation d'un estimateur d'erreur ZZ2
  6. Implémentation d'un critère de remaillag (distribution uniforme de l'erreur)
  7. Intégrer le critère de remaillage avec un remailleur (en cours)
- Des heures sur des projets d'IA au sein de l'ONERA avec d'autres équipes
  1. Génération des nouveaux alliages
  2. Détermination de l'admissible (Limite de résistance à la rupture) à ne pas dépasser pour le dimensionnement d'un train d'atterrissage (en cours)
  3. Solveurs améliorés par l'apprentissage automatique
  4. Fort intérêt pour les algorithmes hybrides de type PINNs (Physics Informed Neural Networks)
  5. Fort intérêt pour l'optimisation bayésienne, les processus gaussiens basés sur des méthodes à noyaux.

Janvier 2022  
Décembre 2022

**Ingénieur de Recherche Logiciel et Calcul Scientifique : CNRS, ISAE-ENSMA, Institut Pprime, Poitiers**

- Utilisation de la bibliothèque de calcul parallèle PETSc à travers la notion de maillage non structuré DMPLEX.
- Mettre en oeuvre dans le solveur numérique éléments finis l'ensemble des éléments logiciels permettant l'usage de la librairie **PETSc** à travers le code développé en **C++**.
- Implémentation d'un solveur non-linéaire SNES de la bibliothèque PETSc dans le code interne FoXtroT de Pprime (**code éléments finis**).
- Utilisation de l'outil **cmake** pour la gestion des dépendances nécessaires à la compilation du code.
- Calculs HPC et Calcul tensoriel avec la bibliothèque d'analyse numérique **Eigen**, Boost.
- Forte compétence en méthodes numériques.
- Langages de programmation **C++** (Syntaxe Moderne du C++), **Python**, script shell.
- Implémenter des tests unitaires (BOOST\_TEST).
- Gestion de version : svn, git.
- Logiciel Paraview.
- Fort intérêt pour la science des données : traitement par machine learning (ML) et implémentation des nouveaux algorithmes de type Deep Learning.
- Mise en oeuvre de méthodes numériques avancées.
- Développement des bonnes pratiques pour pérenniser et maintenir les codes et leurs documentations.
- Création des documentations des développements avec les outils DokuWiki et Markdown et le transfert de compétences vers les chercheurs et doctorants de l'équipe.

Décembre 2020

**Postdoctorat : Étude de milieux fibreux/poreux par des algorithmes de deep learning dans le domaine de la mécanique des fluides, Institut Carnot M.I.N.E.S, École des Mines de Saint Étienne, Saint-Étienne**

Décembre 2021

- Objectif : Obtenir une meilleure caractérisation des structures poreuses au moyen de champs aléatoires en utilisant les progrès de l'Intelligence Artificielle, du calcul intensif et des mathématiques de l'aléa.
- Application de l'apprentissage automatique (machine learning) autour d'un procédé de fabrication de structures composites par infusion permettant de faire le lien entre des observations macroscopiques et la microstructure fibreuse du composites (langages de programmation **Python**).
- Bonne connaissance en probabilités et Statistique.
- Description probabiliste et numérique de milieux poreux aléatoires.
- Générer un **Processus Gaussien (PG)** en 2D (notions de covariance et noyau) afin de créer un champ aléatoire de perméabilité K.
- Méthodes Data-Driven en mécanique pour l'identification.
- Identification des champs morphologiques et de perméabilité, ainsi que de défauts, à partir de mesures de type pressions et débits ponctuels dans le cadre des simulations d'écoulement de Darcy.
- Résolution du problème inverse; **Forward problem** & Inverse problem.
- Le formalisme de la statistique/inférence bayésienne permettra de passer d'un a priori sur les champs à un a posteriori en tenant compte des mesures (**perspectives**).
- Développement d'un chaînage allant du modèle statistique à l'exploitation des données en passant par le calcul éléments finis dans un cadre de calcul intensif.
- L'écoulement dans les préformes fibreuses est modélisé par la loi de Darcy.
- Connaissance basique de la méthode level-set (ou lignes de niveaux).
- Développent des filtres en Python-Paraview pour le post-traitement.
- Utilisation du code de calcul éléments finis Z-set (ZéBuLoN) (code développé par : ONERA, SAFRAN, ÉCOLE DE MINES DES PARISTECH, ÉCOLE DE MINES DES SAINT-ÉTIENNE).
- Utilisation d'un autre code de calcul éléments (Coeur : langages de programmation **C++**) (ÉCOLE DE MINES DES SAINT-ÉTIENNE)).

Octobre 2019  
Novembre 2020

**Développeur coeur d'application sauvegarde, stockage et cloud big data, ATEMPO, Paris**

- La sauvegarde et la restauration des données essentielles.
- Concevoir des architectures d'infrastructure sur Cloud.
- Intégrer l'Intelligence Artificielle (IA) dans le service Cloud.
- Gestion de projet : Scrum, JIRA, Confluence.

Octobre 2016	Doctorat : Mécanique Des Solides, des Matériaux, Des Structures et des Surfaces, <b>ISAE-ENSMA, Institut Pprime, Poitiers</b>
Septembre 2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Sujet de thèse : Modélisation non-locale et stochastique de matériaux à fort gradient de propriétés par développement asymptotique.</li> <li>&gt; Développement d'un modèle d'homogénéisation asymptotique.</li> <li>&gt; Développement des modèles mathématiques et mise en place de schémas numériques.</li> <li>&gt; Maîtrise des méthodes des éléments finis et très bonne connaissance en maillage.</li> <li>&gt; Développement et implémentation d'un élément fini non-local enrichi de Type Hermite (C++).</li> <li>&gt; <b>Mathématiques appliquées, statistiques, Calcul stochastique</b>, Algèbre linéaire.</li> <li>&gt; Forte connaissance en analyse et simulations numériques (Abaqus).</li> <li>&gt; <b>Forte connaissance en méthodes d'homogénéisation et la modélisation non-locale.</b></li> <li>&gt; <b>Utilisation de l'outil Gamma-convergence dans un cadre stochastique pour une transition vers une limite.</b></li> <li>&gt; Membre d'une équipe de développeurs Logiciel Scientifique (code éléments finis; code interne dans le labo, FoXtroT (Orienté Objet)).</li> <li>&gt; Bonne connaissance en mécanique des milieux continus (MMC).</li> <li>&gt; Post-traitement et visualisation 3D des résultats des simulations numériques (ParaView et Abaqus).</li> <li>&gt; Maîtrise des outils de conception assistée par ordinateur (CAO).</li> <li>&gt; Rédaction, publication d'articles dans des revues scientifiques spécialisées.</li> </ul>
Février 2018 Juillet 2018	<b>Co-encadrant d'un stagiaire, Institut Pprime, ISAE-ENSMA</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Master Of Science in Aeronautical Mechanics and Energetics (High temperature material, Structural Engineering).</li> <li>&gt; Simulation de la réponse des mousses à la charge de choc (Abaqus/Python/Radioss).</li> <li>&gt; Construction d'un maillage 3D représentatif d'un échantillon de mousse, avec le logiciel Abaqus-Python.</li> <li>&gt; Importer la géométrie dans le code des éléments finis Radioss, puis simuler la réponse de la mousse à la charge de choc.</li> <li>&gt; Analyser les processus de compactage régissant cette réponse (effondrement des pores par flambage et rupture de la matrice polymère).</li> <li>&gt; Etudier la propagation des ondes élastiques dans l'échantillon soumis à un choc.</li> <li>&gt; Comparer les prévisions numériques avec les données expérimentales disponibles.</li> </ul>
Février 2016 Juillet 2016	<b>Stage de six mois, Institut Pprime, ISAE-ENSMA, Poitiers</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Sujet : Simplification morphologique à partir d'analyse d'images; Effets d'agrégation de phases sur les propriétés élastiques d'un matériau hétérogène.</li> <li>&gt; Simulation de la réponse des mousses à la charge de choc (Abaqus/Python/Radioss).</li> <li>&gt; <b>Traitement et analyse d'images avec un outil mathématique (covariogramme) codé en Python/Matlab.</b></li> <li>&gt; Génération des microstructures 3D en utilisant des scripts en Python couplé à Abaqus.</li> <li>&gt; Méthodes des éléments finis.</li> <li>&gt; Homogénéisation inverse (Bornes d'Hashin Shtrikman).</li> </ul>
Février 2015 Juillet 2015	<b>Stage Ingénieur, ICD-LASMIS, Université de Technologie de Troyes, Troyes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Etude paramétrique de l'effet de l'érouissage cinématique sur l'anisotropie plastique.</li> <li>&gt; Modélisation du comportement élasto-plastique en transformations finies.</li> <li>&gt; Simulations numériques de l'effet de l'érouissage cinématique et son état initial sur les procédés de mise en forme ( essai d'emboutissage en croix type Renault).</li> <li>&gt; Utilisation du logiciel Abaqus pour la conception CAO et la réalisation des simulations numériques de type élément fini.</li> </ul>

## Formations

- 2016-2019** Doctorat En Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures et des Surfaces, **Institut Pprime, ISAE-ENSMA, Poitiers, France**. Soutenance le **04 décembre 2019**, composition du jury : **POTIER-FERRY Michel**, Professeur Émérite, Université de Lorraine (président), **FOREST Samuel**, Directeur de Recherche, Centre des Matériaux-MINES ParisTech (rapporteur), **MARIGO Jean-Jacques**, Professeur, LMS-Ecole Polytechnique, Paris (rapporteur), **IOSIFESCU Oana**, Maître de conférences, Université de Montpellier 2 (examinatrice), **KARAMIAN Philippe**, Maître de conférences, Université de Caen (examineur), **NAIT-ALI Azdine**, Maître de conférences, ISAE ENSMA, Institut P'-D1-PMM, Futuroscope-Chasseneuil (encadrant de thèse), **GUEGUEN Mikaël**, Ingénieur de Recherche, ISAE ENSMA, Institut P'-D1-PMM, Futuroscope Chasseneuil (encadrant de thèse), **NADOT-MARTIN Carole**, Professeur, ISAE ENSMA, Institut P'-D1-PMM, Futuroscope Chasseneuil (directrice de thèse).
- 2012-2015** Diplôme d'ingénieur mécanique, ENIM (École Nationale d'Ingénieur de Monastir), **Tunisie**.
- 2010-2012** Classes préparatoires, Institut Préparatoire aux Études d'Ingénieurs de Monastir), **Tunisie**.
- 2000** Baccalauréat Scientifique.

## Compétences

- Simulation/Mécanique :** **Abaqus, Gmsh, Catia, Z-set (ZéBuLoN), ParaView, SolidWorks**
- Développement/Progr :** Développer des schémas numériques et des algorithmes en C, **C++** (Eigen, Boost, GMM++, Armadillo, QT), développer des filtres et algorithmes en **Python**, gestion de version avec (SVN, GIT), Shell, Fortran, Matlab.
- Mathématique :** Algèbre linéaire, Analyse numérique, Résolution d'EDP, Probabilités et Statistiques.
- Systèmes d'exploitation** Linux Ubuntu, Windows, Mac OS
- Gestion** Travail en équipe au sein d'un projet avec des personnes issues d'autres disciplines, participation à de nombreux congrès et rédaction d'articles en français et en anglais.
- Data Scientist/ML :** Formation en ligne (Udemy et Mooc) basée sur l'Intelligence Artificielle et le Big Data qui permet d'évoluer dans des métiers de Data Scientists intervenant dans différents secteurs d'activité, formation Deep Learning via zoom, projets personnels, modules de machine learning (TensorFlow, PyTorch)
- Autres** Utilisation d'un cluster de calcul numérique; gestion et parallélisation des ressources sur interface Linux avec des fichiers **PBS, BATCH SLURM**, Intérêt pour la structuration de moyens de calculs spécifiques (matériels et logiciels) .

## Enseignements

- Janvier 2024**  
**Février 2024**
- Vacation : 30 heures, Institut Pprime, ISAE-ENSMA, Poitiers**
- Cours magistral : Probabilités et Statistique pour des étudiants en deuxième année d'école d'ingénieur (niveau M2), Cours Magistral dans un Amphi pour une Promotion de 200 Étudiants.
    1. L'intelligence artificielle au service de la mécanique.
    2. Modélisation mathématique, variable aléatoire réelle.
    3. Espérance, écart type, moment d'ordre k d'une v.a.r.
    4. Couple de variables aléatoires réelles.
    5. Notion de statistique.
  - TD : Probabilités et Statistique.
  - ⊕ J'ai modifié une partie de cours en faisant le lien avec la loi normale et le Processus Gaussien. (Génération d'un champ aléatoire de perméabilité et traiter un problème d'un écoulement décrit par la loi de Darcy dans un cadre stochastique).
- Mars 2021**  
**Juin 2021**
- Vacation, École des Mines de Saint-Étienne, Saint-Étienne**
- TD : Mécanique des Milieux Continus (MMC) pour des étudiants en première (niveau L3) année d'école d'ingénieur dans le cadre d'une formation du diplôme Ingénieur Civil des Mines.
  - TP : Résolution itérative d'un système linéaire.
    1. Écoulements stationnaires.
    2. Écoulements biphasique.
    3. Méthode des solutions manufacturées.
    4. Capture d'interface par levelset.
- Octobre 2018**  
**Septembre 2019**
- 64 heures, Institut Pprime, ISAE-ENSMA, Poitiers**
- TP, Projet : Encadrer des projets de Calcul Scientifique en Homogénéisation.

Octobre 2017  
Septembre 2018

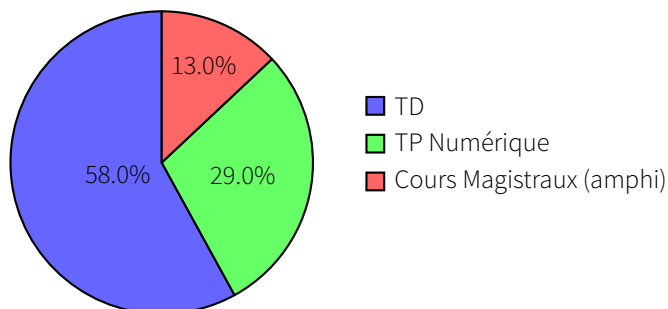
64 heures, **Institut Pprime, ISAE-ENSMA, Poitiers**

- TD : Modélisation Mathématique pour des étudiants en première (niveau L3) jusqu'en troisième année d'école d'ingénieur (niveau M2).
- TD : Méthode des éléments finis

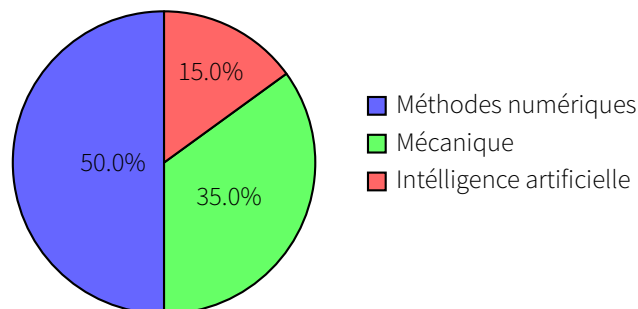
Octobre 2016  
Septembre 2017

64 heures, **Institut Pprime, ISAE-ENSMA, Poitiers**

- TD : Probabilités et Statistique pour des étudiants en première (niveau L3) jusqu'en troisième année d'école d'ingénieur (niveau M2)
- Proposer des exercices des examens.



Répartition des formats d'enseignement



Répartition des modules d'enseignement

## Formations pour l'enseignement

1. CPMEC : Suivre une formation au **Centre de Préparation au Métier d'Enseignant-Chercheur**; comprendre la psychologie des jeunes étudiants, [2017-2018](#), [Université de Poitiers](#).
2. CRIIP : Suivre une formation au **Centre de Ressources, d'Ingénierie et d'Initiatives Pédagogiques**; premiers pas vers l'enseignement, [2017-2018](#), [Université de Poitiers](#).

## Publications et Communications

Article : 1 article dans Mechanics of Materials (2020) et un article soumis.

Conférences avec actes : 6 conférences : 4 nationales et 2 internationales.

Conférences sans actes : 1 conférences : 1 nationale.

## Liste des publications et conférences

### Article

1. **BEN ELHAJ SALAH, S.**, Nait-Ali, A., Gueguen, M. & Nadot-Martin, C. (2020). Non-local modeling with asymptotic expansion homogenization of a randomly voided material. Mechanics of Materials, 103459.
2. Nait-Ali, A. & **BEN ELHAJ SALAH, S.** Variational homogenization for a model adapted to the stratified medium with gradient properties (under review dans le journal : Journal of Elasticity, The Physical and Mathematical Science of Solids).
3. **BEN ELHAJ SALAH, S.**, LE RICHE, R., BRUCHON, J. & MOULIN, N. A kernel design approach to random permeability field generation for composite manufacturing. (Le papier est rédigé et sera soumis dans les meilleurs délais).
4. En cours de rédaction de deux autres publications des mes résultats de thèse.

### Congrès nationaux avec ou sans acte :

1. **BEN ELHAJ SALAH, S.**, LE RICHE, R., BRUCHON, J. & MOULIN, N. Génération de champs aléatoires de perméabilité pour les composites par méthodes à noyaux, 16ème Colloque national en calcul des structures (CSMA 2024), [13-17 Mai 2024](#), [Giens \(Var\)](#), [France](#).
2. **BEN ELHAJ SALAH, S.**, Gueguen, M, Nait-Ali, A. Session logiciel : Présentation des outils/codes numériques FoXtroT et S2M, 15ème Colloque national en calcul des structures (CSMA 2022), [16-20 Mai 2022](#), [Giens \(Var\)](#), [France](#), (Session logiciel : Présentation des outils/codes numériques FoXtroT : code de calcul éléments finis et FFT dédiés à la mécanique des matériaux et S2M : package python pour la création d'un maillage 3D).
3. **BEN ELHAJ SALAH, S.**, Nait-Ali, A., Gueguen, M., & Nadot-Martin, C. Modélisation non-locale : influence de la morphologie des défauts sur les gradients de propriétés au sein d'un matériau métallique, 2e Workshop CSMA Juniors, [13-14 mars 2018](#), [Gif-sur-Yvette, Ile-de-France](#), (Poster).
4. **BEN ELHAJ SALAH, S.**, Nait-Ali, A., Gueguen, M., & Nadot-Martin, C. Modélisation non-locale : influence de la morphologie des défauts sur les gradients de propriétés au sein d'un matériau métallique, Colloque National Mecamat " Matériaux Numériques " (Aussois 2018), [22-26 Janvier 2018](#), [Aussois](#), [France](#), (Poster).

5. BEN ELHAJ SALAH, S., Nait-Ali, A., Gueguen, M. Effets d'agrégation de phases sur les propriétés élastiques d'un matériau hétérogène, 13ème Colloque national en calcul des structures (CSMA 2017), [15-19 Mai 2017](#), [Giens \(Var\)](#), [France](#), (Présentation Orale).

#### Congrès internationaux avec acte :

1. BEN ELHAJ SALAH, S., Nait-Ali, A., Gueguen, M., & Nadot-Martin, C. Non-local modeling : macroscopic behavior of a randomly voided material and influence of void morphology on the elastic properties gradient. 13th World Congress in Computational Mechanics (WCCM2018), [22-27 Juillet 2018](#), [New York, United States](#), (Présentation Orale).
2. BEN ELHAJ SALAH, S., Nait-Ali, A., Gueguen, M., & Nadot-Martin, C. Non-local modeling : macroscopic behavior of a randomly voided material and influence of void morphology on the elastic properties gradient. 16th European Mechanics of Materials Conference (EMMC16), [26-28 Mars 2018](#), [Nantes, France](#), (Présentation Orale).

#### Séminaires

1. Modélisation non-locale et stochastique de matériaux à fort gradient de propriétés par développement asymptotique, [2023](#), [ONERA-Châtillon](#).
2. Génération de champs aléatoires de perméabilité pour les composites par méthodes à noyaux [2023](#), [ONERA-Châtillon & 2022](#), [École des Mines de Saint-Étienne & 2021](#), [Institut Pprime, ISAE-ENSMA](#)
3. New FoXtroT : vers l'infini et au delà, [2022](#), [Institut Pprime, ISAE-ENSMA](#).

#### Références

##### NAIT-ALI Azdine

Maître de Conférences -HDR, INSTITUT PPRIME-ISAE-ENSMA

@ [azdine.nait-ali@ensma.fr](mailto:azdine.nait-ali@ensma.fr)

☎ +33 (0) 5 49 49 80 98

##### VATTRE Aurélien

Ingénieur de recherche-HDR, CHATILLON-DMAS/MS2

@ [aurelien.vattre@onera.fr](mailto:aurelien.vattre@onera.fr)

☎ +33 (0) 1 46 73 44 67

##### LE RICHE Rodolphe

DR CNRS, MINES ST-ETIENNE ET LIMOS

@ [leriche@mines-stetienne.fr](mailto:leriche@mines-stetienne.fr) ou [leriche@emse.fr](mailto:leriche@emse.fr)

☎ +33 (0) 4 77 42 00 23

#### Autres activités

Responsabilités : Vice-président pendant un an de l'Association des Doctorants de l'ISAE-ENSMA, Membre du Comité d'organisation du 12th International Fatigue Congress, [27 Mai-1<sup>er</sup> Juin 2018](#), [POITIERS FUTUROSOCPE, FRANCE](#), Participation à l'organisation du 70<sup>ème</sup> anniversaire de l'ISAE-ENSMA, [13 Octobre 2018](#) : Assurer l'accueil du public et l'animation d'une démonstration au sein de locaux expérimentaux), Présence dynamique sur le stand ONERA lors du Salon du Bourget [2023](#).

Sports : Foot salle avec l'équipe ENSMA, Volley-ball, Natation.

Loisirs : Cuisine, Jeux de société.

#### Langues

Arabe ● ● ● ● ●  
Français ● ● ● ● ●  
Anglais ● ● ● ● ○

#### Forces

> Passionné  
> Motivé  
> Autonome