



# ÉCOLE DOCTORALE

## SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'ENVIRONNEMENT ET PHYSIQUE DE L'UNIVERS, PARIS

[ed560.stepup@u-paris.fr](mailto:ed560.stepup@u-paris.fr)

---

**Titre du sujet : Exploration de la dynamique des nanoparticules dans les environnements terrestres et extraterrestres à l'aide de la spectrométrie spICP-ToF-MS : avancées et défis méthodologiques.**

Directeur (trice) : **CHAUSSIDON, Marc, DR, [chaussidon@ipgp.fr](mailto:chaussidon@ipgp.fr)**

Co-directeur (trice) / Co-encadrant(e) :

**THARAUD, Mickaël, IR, [tharaud@ipgp.fr](mailto:tharaud@ipgp.fr)**

Equipe d'accueil : à préciser et supprimer la ligne inutile

**IPGP – Equipes CAGE, ACE, Seismology – UMR 7154**

Financement : **Contrat doctoral avec ou sans mission d'enseignement**

---

### **Contexte scientifique.**

Les nanoparticules (NPs) jouent un rôle crucial dans les systèmes naturels, que ce soit la lithosphère, l'hydrosphère, l'atmosphère et les environnements extraterrestres. La compréhension de leur comportement, de leur composition et de leur distribution est essentielle pour divers domaines, notamment la nano géochimie et la cosmochimie. Cependant, les techniques analytiques existantes ont du mal à caractériser avec précision les NPs, ce qui empêche d'avoir une vision globale de leur rôle dans les processus naturels terrestres et extraterrestres.

L'émergence de la spectrométrie de masse à plasma inductif et temps de vol de particules élémentaires (spICP-ToF-MS) a révolutionné la caractérisation des NPs en permettant des investigations inégalées. Cependant, des défis analytiques et méthodologiques persistent, nécessitant des approches avancées axées sur les données afin de maximiser les informations fournies par les analyses.

### **Défis.**

1. Amélioration de la sensibilité : améliorer la sensibilité de la méthode spICP-ToF-MS pour la détection précise des nanoparticules.
2. Réduction du bruit : s'attaquer au bruit de fond pour révéler des signaux clairs de nanoparticules.
3. Recherche des sources des NPs : développer des méthodologies polyvalentes pour caractériser les nanoparticules provenant de différentes sources et identifier leur composition minéralogique.
4. Exploitation des données : Explorer plus profondément le comportement des nanoparticules à l'aide de techniques d'analyse de données avancées.

### **Objectifs de recherche proposée.**

Les progrès des techniques d'analyse sont essentiels pour élucider les processus complexes dans les systèmes extraterrestres et terrestres. À l'heure actuelle, l'une des principales difficultés est de pouvoir décrire la chimie et la minéralogie (et dans certains cas la composition isotopique) de milliers de nanoparticules provenant d'un échantillon donné.

La détection et la caractérisation précises des nanoparticules dans le bruit instrumental constituent un défi majeur pour la caractérisation des nanoparticules par spICP-ToF-MS. En procédant à une analyse complète et à l'optimisation des paramètres d'acquisition des données spICP-ToF-MS et des réglages de l'instrument, nous proposons d'améliorer la précision et la sensibilité de la détection et de la caractérisation des nanoparticules. Grâce à un étalonnage et à un réglage méticuleux, nous minimiserons le bruit de fond et maximiserons la netteté du signal, améliorant ainsi notre capacité à reconstruire les distributions en composition et taille des nanoparticules dans un échantillon donné.

Les méthodologies ainsi développées seront utilisées pour analyser les nanoparticules extraites de divers échantillons. Quelques études de cas seront sélectionnées pour (i) comprendre la dynamique des nanoparticules dans les systèmes environnementaux et fournir des informations sur des processus tels que le transport des éléments, l'altération et la dispersion des polluants, contribuant ainsi aux efforts de surveillance et d'assainissement de l'environnement, et (ii) obtenir une caractérisation statistiquement significative des phases sub-micrométriques dans la matrice des météorites chondritiques primitives afin de contraindre l'origine et la dynamique de la poussière dans le disque d'accrétion au cours de l'évolution précoce du système solaire.

### **Méthodologie et contributions attendues.**

1. Recherche en chimie analytique : analyse complète et optimisation des paramètres d'acquisition des données spICP-ToF-MS et des réglages de l'instrument afin d'améliorer la précision et la sensibilité de la détection et de la caractérisation des NPs.
2. Approches avancées basées sur les données : développer de nouvelles méthodologies intégrant l'inférence bayésienne, les réseaux neuronaux et les algorithmes de regroupement pour une modélisation robuste du bruit, la détection du signal et la caractérisation des NPs dans les données spICP-ToF-MS.
3. Caractérisation complète des NP : appliquer les méthodologies développées pour analyser les NPs extraites de diverses sources, en fournissant des informations sur leur composition, leur distribution de taille et leur distribution spatiale.
4. Cadre analytique amélioré : faire progresser les cadres statistiques et d'apprentissage automatique conçus pour faciliter une meilleure compréhension du comportement des NPs et de leurs interactions dans les différents systèmes.
5. Perspectives géochimiques et cosmochimiques : explorer la composition, la distribution des tailles et la distribution spatiale des NPs dans les matériaux terrestres et météoritiques, contribuant ainsi à notre compréhension de la formation et de l'évolution du système solaire et de la Terre.

### **Environnement de travail.**

Le projet proposé sera réalisé à l'Institut de physique du globe de Paris en collaboration étroite avec le Prof Leonard Seydoux (équipe de sismologie). L'IPGP héberge une plateforme de géochimie de premier plan (PARI), équipée d'un instrument spICP-ToF-MS opérationnel. Nous disposons d'un vaste ensemble de données de mesures spICP-ToF-MS pour des NPs artificielles et naturelles, ainsi que pour des NPs de verres silicatés standards. Cet ensemble de données servira de base au développement et au test d'algorithmes. De plus, grâce à diverses collaborations en France (LiPADE, Université Gustave Eiffel) et à l'étranger (Université de Graz, Colorado School of Mines...), nous pouvons simuler des séries temporelles de spICP-ToF-MS pour l'entraînement et la validation de la méthodologie développée.

### **Expérience scientifique des candidats.**

Pour réussir, le candidat doit avoir une formation de chimie analytique avec des connaissances en science des données et en géochimie. Il/elle doit démontrer sa capacité à travailler en équipe et avoir de bonnes compétences de communication en anglais (écrites et orales).

**Candidature.** Le dossier de candidature doit être envoyé dès que possible par courrier électronique aux trois superviseurs. Il doit comprendre :

1. UN CV
2. Une lettre de motivation (1 page maximum)
3. Nous demandons également au moins une lettre de recommandation de la part des superviseurs précédents.

Les entretiens avec les candidats présélectionnés auront lieu peu après la date limite de dépôt des candidatures.

