

## ***Assimilation de données hétérogènes dans des simulations de dispersion atmosphérique de radionucléides à échelle régionale***

Centre : DIF – Bruyères-le-Châtel (DAM/DIF)

Référence THOT :

### **Contexte**

La simulation numérique offre, entre autres opportunités, la possibilité de reproduire des événements de dispersion atmosphérique et de déterminer le marquage environnemental qui leur est associé. C'est un enjeu particulièrement important lorsque les rejets dans l'air se présentent sous la forme de gaz ou de particules radioactifs, comme cela a pu être le cas lors d'essais nucléaires atmosphériques passés. En dépit de la qualité de la prévision météorologique et des calculs de dispersion à l'échelle régionale, les résultats des simulations portent une part d'incertitude et présentent des écarts aux mesures disponibles dans l'air et sur le sol (activités volumiques et surfaciques, débits de doses). Si les mesures prennent une large part à la validation des modèles de dispersion, elles sont encore peu utilisées pour améliorer les résultats de ces modèles, en particulier dans le contexte évoqué. La thèse s'attachera donc à développer des méthodes d'assimilation de données pour réduire à la fois les erreurs des modèles de dispersion et les incertitudes associées. On privilégiera les approches de nature statistique afin d'optimiser la pondération entre résultats de calculs et observations. On peut citer, dans cette catégorie, les méthodes s'appuyant sur le formalisme bayésien, une description probabiliste du problème mathématique inverse et, plus spécifiquement, celles reposant sur l'utilisation d'algorithmes d'échantillonnage de Monte-Carlo par chaînes de Markov. Ces méthodes permettent notamment de tenir compte d'un ensemble de simulations, typiquement de prévisions météorologiques. De plus, les méthodes d'assimilation retenues devront s'adapter au nombre restreint et limité à certaines zones de l'espace de données très hétérogènes (mesures dans les compartiments, air et sol, de l'environnement et, éventuellement, dans la biosphère).

### **Objectifs**

La thèse visera à développer des méthodes d'assimilation de données (mesures dans l'environnement) afin de réduire les erreurs et quantifier les incertitudes des résultats de calculs à échelle régionale de la dispersion atmosphérique de radionucléides. L'application recherchée sera la simulation d'essais nucléaires passés dans l'atmosphère. Toutefois, les méthodes élaborées au cours de la thèse auront un domaine de mise en œuvre plus général.

Le premier objectif sera d'établir une revue bibliographique détaillée, d'une part des caractéristiques des rejets atmosphériques engendrés par les essais nucléaires, d'autre part des méthodes d'assimilation de données statistiques. Parmi ces méthodes, il faudra identifier les plus adaptées à la fois aux simulations de dispersion à échelle régionale dont on souhaite améliorer les résultats et aux données à notre disposition.

Le deuxième objectif sera de développer et coder des algorithmes originaux de modélisation inverse, basés sur des méthodes de la littérature et les travaux propres à la thèse. Quelle que soit la méthode choisie, il faudra, d'une part, prendre en compte une modélisation ensembliste de la dispersion, notamment en lien avec la météorologie, et la représentation des processus physiques de dépôts, d'autre part, déterminer comment évaluer au mieux les matrices de variances et covariances des erreurs de modélisation et d'observation dans le cadre de notre problématique en prenant en compte la diversité de la nature des observations disponibles.

Le troisième objectif sera de mettre en application les travaux menés à la dispersion régionale de rejets atmosphériques en hauteur de radionucléides. On considérera le cas d'essais atmosphériques passés pour lesquels on montrera l'apport de la modélisation inverse en termes de réduction des écarts aux mesures dans l'environnement et de quantification des incertitudes des résultats des calculs. Les cas des essais se distinguent d'événements accidentels par la quantité totale d'activité et la nature des radionucléides initialement créés qui sont bien connues, ce qui permettra de contraindre une partie du terme d'ébauche nécessaire au processus

d'assimilation. En revanche, la répartition verticale dans l'atmosphère des émissions, qui influence fortement leur dispersion par la suite, restera, elle, fortement incertaine et nécessitera d'être étudiée.

L'objectif ultime sera la rédaction du mémoire de la thèse qui aura pour débouché, d'intérêt général, la mise en place d'une méthode efficace d'assimilation de données dans des simulations de dispersion atmosphérique de radionucléides à l'échelle régionale.

### **Déroulement**

T<sub>0</sub> (démarrage) à T<sub>0</sub> + 9 mois – Appropriation du contexte de la thèse (modélisation de la dispersion atmosphérique et des processus de dépôt, termes sources d'essais nucléaires...) et bibliographie détaillée sur les méthodes d'assimilation de données adaptées à la problématique traitée.

T<sub>0</sub> + 3 mois à T<sub>0</sub> + 12 mois – Réalisation de simulations de dispersion atmosphérique à échelle régionale de radionucléides et prise en compte de la spécificité de ces calculs (décroissances et filiations).

T<sub>0</sub> + 6 mois à T<sub>0</sub> + 24 mois – Programmation et test d'algorithmes de méthodes inverses, incluant l'évaluation des matrices de covariances des erreurs du modèle et des observations.

T<sub>0</sub> + 12 mois à T<sub>0</sub> + 30 mois – Application de méthodes inverses aux simulations de dispersion préalablement menées. Évaluation des erreurs et incertitudes avant et après assimilation des mesures.

T<sub>0</sub> + 30 mois à T<sub>0</sub> + 36 mois – Rédaction du mémoire de thèse.

On visera la rédaction de deux à trois publications dans des revues à comité de lecture sur les méthodes inverses et l'assimilation des données mises en œuvre au cours de la thèse et leurs applications potentielles.

### **Direction de la thèse**

Patrick Armand au CEA-DAM et Yelva Roustan à l'École des Ponts. Co-encadrement par Marc Bocquet (École des Ponts) pour les aspects méthodologiques.

### **Profil du (de la) candidat(e)**

Le (la) candidat(e) devra disposer d'un diplôme de maîtrise M2 et avoir effectué un cursus universitaire alliant les sciences de l'environnement et les méthodes de mathématiques appliquées aux données de l'environnement. Des connaissances sur la physique de l'atmosphère et la dispersion atmosphérique seront appréciées.

De très bonnes compétences théoriques et appliquées sur la modélisation physique, la simulation et le traitement des données de l'environnement (atmosphérique, de préférence), du sens physique et un goût affirmé pour la recherche seront indispensables au bon déroulement de la thèse. La maîtrise de la programmation en Python sous Linux sera très utile.

### **Modalités de candidature**

Le (la) candidat(e) devra fournir une lettre de motivation expliquant en quoi son cursus universitaire, sa motivation et son expérience correspondent à la thèse proposée, un *curriculum vitae* détaillé ainsi que le nom et les coordonnées d'au moins deux personnes référentes.

Le dossier de candidature devra être adressé à Patrick Armand ([patrick.armand@cea.fr](mailto:patrick.armand@cea.fr)).