

## Résumé de thèse Emmanuel Goutierre

### « Utilisation de Méthodes d'Apprentissage pour la Modélisation d'un Accélérateur de Particules »

Les accélérateurs de particules reposent sur des simulations de haute précision pour optimiser la dynamique du faisceau. Ces simulations sont coûteuses en ressources de calcul, rendant leur analyse en temps réel difficilement réalisable. Cette thèse propose de surmonter cette limitation en explorant le potentiel de l'apprentissage automatique pour développer des modèles de substitution des simulations d'accélérateurs de particules.

Ce travail se concentre sur ThomX, une source Compton compacte, et introduit deux modèles de substitution : LinacNet et Implicit Neural ODE (INode). Ces modèles sont entraînés sur une base de données développée dans le cadre de cette thèse, couvrant une grande variété de conditions opérationnelles afin d'assurer leur robustesse et leur capacité de généralisation.

LinacNet offre une représentation complète du nuage de particules en prédisant les coordonnées de toutes les macro-particules du faisceau plutôt que de se limiter à ses observables. Cette modélisation détaillée, couplée à une approche séquentielle prenant en compte la dynamique cumulative des particules tout au long de l'accélérateur, garantit la cohérence des prédictions et améliore l'interprétabilité du modèle.

INode, basé sur le cadre des Neural Ordinary Differential Equations (NODE), vise à apprendre les dynamiques implicites régissant les systèmes de particules sans avoir à résoudre explicitement les équations différentielles pendant l'entraînement. Contrairement aux méthodes basées sur NODE, qui peinent à gérer les discontinuités, Inode est conçu théoriquement pour les traiter plus efficacement.

Ensemble, LinacNet et INode servent de modèles de substitution pour ThomX, démontrant leur capacité à approximer la dynamique des particules. Ce travail pose les bases pour développer et améliorer la fiabilité des modèles basés sur l'apprentissage automatique en physique des accélérateurs.