



Université Claude Bernard



DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **07 septembre 2022**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Madame COHU Amélie**

Titre de la thèse : « *Analyse structurelle et fonctionnelle par tomographie muonique d'un haut fourneau* »



Résumé

Le haut fourneau (HF) est l'outil fondamental utilisé pour la fabrication de la fonte. Du fait de la difficulté d'accès à des mesures directes des phénomènes au sein de celui-ci, nous avons cherché à déterminer la répartition de la densité de son volume interne dans l'espoir d'améliorer un maximum sa productivité. Pour cela, nous utilisons la tomographie par muons aussi appelée muographie. C'est une technique d'imagerie basée sur l'absorption différentielle d'un flux de particules incidentes, les muons, par la cible étudiée, à l'instar de l'imagerie clinique par rayons X. Les muons sont des particules élémentaires qui ont la propriété de traverser des roches standards, jusqu'à plusieurs kilomètres de distance. Leur absorption relative permet de générer des images de répartition de densité d'un objet en suivant le nombre de muons reçus par un détecteur, avant et après avoir traversé une structure. La direction incidente des muons détectés est reconstruite au moyen d'un détecteur composé de 3 panneaux de scintillateurs que nous avons déplacé sur 3 positions autour du HF. Grâce à cette technique, nous avons obtenu une image 3D de la structure interne d'un HF en utilisant un algorithme de résolution du problème inverse par méthode de Monte Carlo à chaînes de Markov (MCMC) sur des données de flux de muons. Nous avons aussi pu réaliser un suivi temporel du HF et de certains de ses paramètres de fonctionnement. Nous avons distingué la position et la forme de la zone de fusion, élément clef de la productivité d'un fourneau. De cette manière, nous avons pu valider ce concept de mesure innovant dans l'application à un HF et ouvert le champ à une série d'expériences futures pour gagner en résolution à la fois spatiale et temporelle. Ces améliorations passent également par une meilleure connaissance du flux des muons incidents sur leur cibles. Nous avons utilisé le logiciel de simulation CORSIKA, un modèle d'interaction nucléo-hadronique piloté par Monte Carlo, pour étudier les effets de nombreux paramètres sur le flux des muons, tels que les conditions atmosphériques (pression, température), le champ géomagnétique,

l'altitude du détecteur etc. Nous avons qualifié ces développements en comparant les résultats à des modèles analytiques couramment utilisés et à des mesures en laboratoire. En appliquant ces flux à la reconstruction 3D du HF, nous avons étudié l'impact du flux d'entrée dans l'estimation de l'opacité (quantité de matière traversée le long d'une trajectoire). Les premiers résultats numériques suggèrent que l'estimation de l'opacité est fortement affectée dans les directions proches de l'horizontale et en particulier pour les cibles à faible opacité.