

# Résumé de Thèse

## Quentin DUONG

**Titre :** Étude du nuage d'électrons à l'aide du Secteur Pilote Vide du LHC au CERN

**Résumé :** *Contexte.* Les nuages d'électrons – issus du rayonnement synchrotron, de l'ionisation du gaz résiduel et d'émissions d'électrons secondaires – limitent les performances des accélérateurs de haute intensité. Au LHC, ils entraînent hausses de pression, instabilités transverses et charges thermiques sur les aimants supraconducteurs, réduisant la luminosité. Leur compréhension et leur contrôle sont essentiels pour le LHC, le HL-LHC et les futurs projets.

*Méthode.* Cette thèse exploite le Secteur Pilote Vide (VPS, LSS8), combinant diagnostics photon, électron, gaz et calorimétriques pour mesurer photoémission, multipacting, spectres d'énergie, désorption et chauffage. Une chaîne complète d'étalonnage et d'analyse, associée aux simulations PyECLLOUD, a été développée pour exploiter les mesures du Run 3 et extraire des paramètres effectifs de surface comparables aux données de laboratoire.

*Résultats.* La photoémission domine la génération primaire, mais le flux photonique varie fortement avec la géométrie de ligne. Les matériaux se distinguent : carbone amorphe efficace contre le multipacting, revêtements NEG réduisant aussi le gaz résiduel, cuivre très actif électroniquement mais fortement conditionné ( $\delta_{\text{true}}^{\max} \approx 1.2-1.3$ ). Des différences apparaissent entre stations d'un même matériau, liées à l'exposition synchrotron et à des historiques de conditionnement distincts, soulignant l'hétérogénéité du nuage d'électrons. Les spectres d'énergie montrent que  $\sim 50\%$  des électrons ont  $< 140$  eV et  $\sim 95\% < 1400$  eV, avec deux pics dus aux électrons secondaires (faible énergie, stable) et aux électrons accélérés ( $\sim 200$  eV, dépendant de l'intensité et probablement de l'orbite). Aucune densité d'ions supérieure aux prévisions ( $\sim \text{fA.cm}^2$ ) n'a été observée. L'échauffement est estimé à quelques W/m dans certaines sections de cuivre, constituant une contrainte cryogénique ; toutefois, les mesures calorimétriques n'ont permis ni de confirmer ni d'infirmer ces estimations.

*Apports et Perspectives.* Cette thèse propose un cadre intégré d'analyse VPS et une méthode opérationnelle d'extraction de  $\delta_{\text{true}}^{\max}$ . Les résultats affinent les simulations, précisent l'influence des matériaux et éclairent l'hétérogénéité de la dynamique du nuage. Ils orientent les choix pour le HL-LHC et fournissent une méthodologie transférable aux futurs accélérateurs (revêtements et schémas de remplissage).