
Vers un contrôle qualité autonome des accélérateurs : détection de la dérive des chambres monitrices à partir des Trajectory Logs

Dimitri Reynard^{*†1}, Maël Gastine¹, and Christophe Mazzara¹

¹Groupe Hospitalier Mutualiste [Grenoble] – Groupe Hospitalier Mutualiste [Grenoble] – France

Résumé

Introduction : Le suivi de performances des accélérateurs repose actuellement sur des mesures externes quotidiennes, nécessitant instrumentation, temps opérateur et interprétation. Pourtant, les accélérateurs modernes enregistrent en continu des données internes détaillées via les Trajectory Logs (T-logs), encore sous-exploitées pour le contrôle qualité machine. Par ailleurs, la dérive progressive de sensibilité des chambres monitrices constitue un phénomène critique nécessitant recalibrations périodiques. Ce travail propose une approche moderne: détecter et suivre cette dérive directement à partir des données internes, sans capteur externe, afin d'évaluer la faisabilité d'un contrôle qualité autonome et continu.

Matériel et méthodes : Les T-logs de deux accélérateurs Halcyon ont été analysés sur des tops quotidiens (100 MU). Le signal d'erreur ($MU_{actual} - MU_{expected}$) est affecté par un artefact de quantification lié à l'échantillonnage du faisceau pulsé dans les logs, se manifestant sous forme de dent de scie. Un modèle analytique minimal à deux paramètres (fréquence, amplitude) est ajusté par inter-corrélation puis soustrait pour filtrer cet artefact. Le signal résiduel est ensuite agrégé (médiane pour l'insensibilité aux outliers) pour construire un indicateur de dérive en fonction du cumul d'UM. Les tendances sont comparées aux mesures DailyQA par régressions linéaires par morceaux (entre chaque calibration) et testées par ANCOVA. Les recalibrations sont détectées automatiquement via un test GLR (Generalized Likelihood Ratio) qui détecte un ou plusieurs changements dans les paramètres d'un modèle.

Résultats : Le modèle à deux paramètres reproduit fidèlement les spectres expérimentaux ($NRMSE \approx 0,03-0,04$, corrélation $\approx 0,97-0,98$). Le filtrage permet d'isoler une composante basse fréquence cohérente avec une dérive de sensibilité. Les indicateurs dérivés des T-logs présentent une forte concordance avec les mesures DailyQA dans la majorité des segments (absence de différence significative des pentes), les écarts étant principalement des décalages d'intercept. Le test GLR détecte automatiquement et correctement les recalibrations récentes sans faux positifs.

Conclusions : Les T-logs contiennent une information exploitable pour le suivi de l'output machine, permettant de détecter à la fois la dérive progressive et les recalibrations. Cette approche démontre la faisabilité d'un contrôle qualité autonome, continu et sans capteur externe, complémentaire aux méthodes actuelles. Elle ouvre la voie à des stratégies de maintenance prédictive basées sur les données internes des accélérateurs.

^{*}Intervenant

[†]Auteur correspondant: dimitri.dh.reynard@gmail.com

Mots-Clés: Trajectory, logs, Halcyon, QA autonome, modélisation, échantillonnage