



FIGURE 1 – Tracé du RUL d'une batterie

## Prédiction de durée de vie restante à base de modèle appliqué aux batteries lithium-ion

*Doctorant :*

Antoine GAINARD

*Laboratoire de recherche :*

IMS

*Direction de thèse :*

Franck CAZAURANG

Christophe FARGES

En maintenance, trois approches principales existent : curative, préventive et prédictive. La maintenance curative intervient après une défaillance, mais comporte des risques d'arrêts imprévus. La maintenance préventive se fait à intervalles fixes, réduisant les risques d'incidents, mais peut entraîner une utilisation inefficace des pièces. La maintenance prédictive, quant à elle, anticipe la fin de vie des composants, optimisant l'intervention et l'utilisation des pièces, mais nécessite un suivi constant. Le calcul du RUL, qui estime le temps restant de fonctionnement satisfaisant d'un système, est une étape cruciale de la maintenance prédictive.

Le calcul du RUL se déroule en trois étapes. La première consiste à collecter les données des cycles précédents : les valeurs de capacité pour la méthode sans modèle, et les variables à initialiser pour celle avec modèle. La deuxième étape consiste à identifier les paramètres à mettre à jour à chaque nouvelle mesure de capacité. La troisième étape utilise ces paramètres pour prédire l'évolution future de la capacité. Dans la méthode sans modèle, la capacité est calculée directement par une équation fonction du nombre de cycles, tandis que dans la méthode avec modèle, un simulateur utilise des modèles dynamiques basés sur le temps. Dans le cas des batteries, le calcul du RUL se termine lorsque la capacité mesurée (ou prédite) est inférieure à 70% de la capacité initiale est atteint et est répété à chaque nouvelle mesure jusqu'à la fin de vie de la batterie ou son remplacement.

La qualité des résultats peut être mesurée par plusieurs métriques. L'horizon de prédiction est défini comme la différence entre le cycle  $N_{\text{threshold}}$  (fin de vie) et  $N_{\text{tube5}}$  (cycle où le RUL reste dans le tube à 5% autour du RUL vrai). Plus cette différence est grande, plus le temps de planification de la maintenance est élevé. Une autre métrique est la précision  $\alpha - \lambda$ , qui est vraie si, à un cycle donné, le RUL reste dans le tube à  $\alpha\%$ . En automatique, un tube à 5% est souvent utilisé, correspondant à un temps de réponse de 5% pour une réponse indicelle.