

Amélioration du pronostic par apprentissage profond pour des applications de maintenance prédictive

Guillaume Chambaret ^{*,**}, Laure Berti-Equille ^{*,***}, Frédéric Bouchara^{*} Emmanuel Bruno^{*}
Vincent Martin^{**} Fabien Chaillan^{**}

^{*} DIAMS/SIIM, Laboratoire d'Informatique et Systèmes, Université de Toulon
^{**} Naval Group Research, Ollioules ^{***} ESPACE-DEV, IRD, Montpellier

Résumé. Dans cet article, nous nous intéressons à l'amélioration de la prédiction de la durée restante de fonctionnement utile d'un système complexe dont l'état est représenté par des séries temporelles de données multivariées. Notre contexte d'application est le domaine de la maintenance prédictive pour l'industrie navale. Nous présentons et évaluons deux approches différentes en mesurant l'amélioration de la prédiction de la durée de vie restante utile (*Remaining Useful Life* ou RUL) au moyen de quatre approches d'apprentissage automatique utilisant des réseaux de neurones profonds. La première méthode que nous proposons s'appuie sur un ré-échantillonnage de la base d'apprentissage afin de réduire localement les erreurs. La deuxième méthode proposée s'intéresse à la détection automatique et l'utilisation d'un point de rupture dans le signal multivarié pour améliorer la phase d'entraînement. Nous montrons que les techniques de détection de points de rupture permettent une amélioration significative de la performance de prédiction des durées de vie restantes avec des gains allant jusqu'à 27 % sur l'erreur moyenne absolue (MAE) quel que soit le réseau utilisé, ce qui démontre la généricité et l'intérêt de notre approche.

1 Introduction

Pour l'industrie navale de Défense et au-delà, le principe de la maintenance prédictive est de développer des outils permettant d'automatiser efficacement la détection, la classification, et l'explication des avaries des bâtiments et de leurs équipements (qui sont eux mêmes des systèmes complexes) par un processus d'accompagnement continu dans leur cycle de vie. Ainsi, l'objectif final est de prédire le temps pendant lequel un système restera utilisable en fonction de son historique et de son état courant. On parle généralement de *i-maintenance*, terme largement popularisé au sein des industries tout secteur confondu. En effet, à la différence de la maintenance préventive qui s'appuie sur des inspections régulières et sur le remplacement systématique des composants, il est possible, par une surveillance continue et par des techniques de prédiction, d'anticiper une usure anormale ou au contraire de repousser un remplacement inutile (augmentant ainsi la disponibilité des équipements).

Dans ce cadre, nous nous intéressons en particulier à l'approche prédictive qui se focalise sur le pronostic, c'est-à-dire l'estimation de la durée de vie restante d'un équipement pour lequel on est certain de l'apparition d'une défaillance. Des défis se posent dès qu'il est question du