

# Maintenance prédictive d'hélicoptère à partir de données d'usage : Application à la Boite de Transmission Principale

Nassia Daouayry<sup>\*,\*\*</sup> Pierre-Loic Maisonneuve<sup>\*</sup>  
Ammar Mechouche<sup>\*</sup> Vasile-Marian Scuturici<sup>\*\*</sup>, Jean-Marc Petit<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup> Airbus Helicopters, Aéroport Marseille-Provence, 13700 Marignane

<sup>\*\*</sup> INSA Lyon, CNRS (LIRIS UMR 5205), Université de Lyon, 69621 Villeurbanne

## 1 Introduction

Les coûts de maintenance d'un hélicoptère représente des frais très importants tout au long du cycle de vie de l'appareil et sont donc décisifs lors de l'achat d'un hélicoptère. De ce fait, la maintenance s'inscrit à part entière dans la conception d'un produit (Lefebvre, 2009).

L'optimisation de la maintenance est donc un point d'intérêt croissant pour le secteur de l'industrie aéronautique. L'un des facteurs d'optimisation consiste à tirer profit des données collectées lors de l'utilisation des hélicoptères, des données dites d'opérations ou en service.

Dans ce contexte, les techniques d'analyse de données se posent comme une alternative intéressante pour anticiper les opérations de maintenance en se basant sur l'analyse des données de vols et de maintenance. Chez Airbus Helicopters (AH), la détection d'anomalies repose principalement sur la surveillance des données de vibration. L'analyse des vibrations générées par des éléments dynamiques fournit un état de santé, permettant de déterminer si l'hélicoptère concerné est capable d'opérer un nouveau vol.

Les travaux de cette étude s'inscrivent dans le cadre général de la maintenance conditionnelle basée sur l'état et l'utilisation de l'appareil au sein d'AH. Il s'agit d'exploiter les données collectées via trois systèmes en place : HUMS (Health and Usage Monitoring System), MIS (Maintenance Information System), et MRO (Maintenance Repair and Overhaul).

Les données du HUMS concernent plus de 400 appareils associés à plus de 50 opérateurs différents. Cela représente environ 300 vols déchargés par jour. Les données sont recueillies, traitées, valorisées puis mises à disposition des clients d'AH par des applications Web. AH dispose donc d'un historique de données de vols qui n'a encore été que partiellement exploité à des fins d'analyse pour la maintenance.

## 2 Analyse de deux paramètres de la BTP

Dans ce travail, nous avons été confrontés à des données extrêmement complexes, provenant d'une multitude de sources. Nous avons alors décidé de nous focaliser sur la Boite de Transmission Principale (BTP), et d'étudier plus précisément deux paramètres connus des experts et fortement corrélés : la température et la pression de l'huile.

Nous avons développé une méthode de visualisation des séries temporelles dans le but de définir des hypothèses de normalité de fonctionnement de la BTP à partir des données brutes sur un très grand nombre de vols. Etant données deux séries temporelles pour la pression et la température, l'approche que nous avons suivie a été la suivante (Daouayry et al., 2018) :

- Construction de matrices de co-occurrences de la température et de la pression sur une fenêtre de temps donnée (typiquement 6h),
- Proposition d'une représentation graphique des matrices de co-occurrences,
- Visualisation sous forme de vidéo de l'historique des vols (plusieurs centaines d'heures) en affichant une succession de fenêtres glissantes.

En pratique, une sélection pertinente d'un sous-ensemble des vols opérés a été faite pour valider l'approche. La représentation graphique de différentes matrices de co-occurrences a permis de comparer différents états de fonctionnement de la BTP (par exemple décollage, vol stationnaire, atterrissage).

### 3 Premiers résultats

Nous avons implémenté cette méthode de visualisation des séries temporelles avec les outils internes AH. L'idée était d'offrir un moyen visuel aux experts pour interagir avec les données et comprendre les phénomènes sous-jacents à la BTP. Ce travail a aussi permis de définir une notion de "normalité de fonctionnement de la BTP", comme un ensemble de *motifs* à la fois "répétables" dans le temps et reproductibles pour l'ensemble des vols opérés, sans présenter d'anomalie particulière.

À travers ces visualisations opérationnelles, plusieurs motifs ont pu être identifiés sur des hélicoptères. Ces motifs peuvent être considérés comme la "normalité" de fonctionnement de la BTP. On peut noter qu'en dépit de sa simplicité, ce travail a rendu possible l'analyse par les experts de AH de l'historique complet des données de température et de pression sur les vols disponibles par hélicoptère, ce qu'ils ne pouvaient pas faire avant. La visualisation sous forme de vidéo s'est avérée précieuse pour eux, avec des résultats faciles à interpréter et sur lesquels de nombreuses questions métiers ont émergé.

Les perspectives de ce travail sont nombreuses. Actuellement, la détection des anomalies peut se faire à la main en visualisant des vidéos mais pourrait très bien s'automatiser. Une anomalie de fonctionnement de la BTP pourrait se définir comme un état éloigné des motifs représentant le fonctionnement normal, qu'il serait possible d'identifier "à la volée" par des calculs de distance entre matrices de co-occurrences. Les matrices de co-occurrences peuvent aussi s'étendre à plus de deux paramètres pour capter plus finement l'analyse de la BTP.

### Références

- Daouayry, N., P.-L. Maisonneuve, A. Mechouche, V.-M. Scuturici, et J.-M. Petit (2018). Predictive maintenance for helicopter from usage data : Application to main gear box. In *The 44th European Rotorcraft Forum, The Netherlands - Delft, 2018*, pp. 1–6.
- Lefebvre, A. (2009). *Contribution à l'amélioration de la stabilité et du diagnostic de systèmes complexes : Application aux systèmes avioniques*. Thèse de doctorat, Grenoble.