Modélisation et correction des biais dans les données d'essais moteurs en aéronautique

Proposition de stage de six mois en statistique appliquée

Présentation synthétique du sujet de stage :

En aéronautique, avant d'être livré et mis en service, un moteur doit obligatoirement passer un essai de réception. Ce dernier vise à vérifier, d'une part, le bon comportement mécanique du moteur et, d'autre part, ses performances.

En pratique, les essais de réception sont réalisés sur un ensemble de moteurs identiques, dans des conditions de fonctionnement définies pour être représentatives des conditions réelles d'utilisation. Le bon fonctionnement de chaque moteur est évalué à partir de la mesure de différentes grandeurs physiques, telles que la température, la pression, le régime de rotation, ainsi que les coefficients de vitesse et de débit des tuyères. Ces grandeurs sont mesurées à l'aide de différents capteurs, installés à des positions précisément définies sur le moteur.

Même si les conditions expérimentales sont très rigoureuses et parfaitement définies, les performances mesurées lors de ces essais ne sont pas directement comparables entre elles. En effet, les mesures sont influencées par différents paramètres liés à l'environnement de l'essai. Parmi ces paramètres figurent notamment les équipements utilisés lors de l'essai, tels que le banc d'essai auquel le moteur est raccordé, la nacelle d'avionnage, la buse d'entrée d'air ou encore la tuyère montée sur le moteur.

Ces différents facteurs peuvent ainsi introduire des variations dans les mesures, indépendamment des différences intrinsèques de performance entre les moteurs. Il est donc nécessaire d'identifier et de corriger ces effets afin de pouvoir comparer de manière fiable les performances des différents moteurs.

Une première méthode de correction des biais a été proposée dans Mourer (2022). Dans cette approche, les performances mesurées par un capteur sont modélisées à l'aide d'un modèle de régression dans lequel les différentes sources de biais sont explicitement représentées au moyen de splines cubiques. Sous l'hypothèse d'additivité des biais, les différentes sources de biais sont estimées de manière itérative pour chaque capteur.

L'objectif du stage est d'étudier l'approche proposée par Mourer (2022), d'en évaluer les limites et de proposer des améliorations.

Une approche envisagée consiste à reformuler le problème sous la forme d'un modèle hiérarchique bayésien. Cette approche permettrait d'estimer simultanément, au sein d'un même modèle, les différentes sources de biais. Elle permettrait également de quantifier l'incertitude associée à leur estimation, fournissant ainsi une caractérisation plus complète des biais et de leur incertitude.

La première partie du stage sera consacrée à la compréhension du problème physique et à l'analyse du modèle proposé dans Mourer (2022). Cette étape permettra notamment d'identifier les limites du modèle actuel et de vérifier la pertinence des hypothèses sur lesquelles il repose, telles que l'hypothèse d'additivité des biais.

Sur la base de cette première étude, la seconde partie du stage portera sur le développement d'une extension probabiliste du modèle. Dans un premier temps, le modèle sera étudié pour un seul capteur. Une extension multivariée sera ensuite étudiée afin de modéliser conjointement les différents capteurs utilisés lors des essais de réception.

Par la suite, le modèle sera formulé sous l'hypothèse d'additivité des différentes sources de biais. D'autres hypothèses pourront ensuite être explorées afin de mieux représenter les relations entre ces différentes sources de biais. Enfin, une extension temporelle du modèle sera étudiée, notamment à l'aide de processus gaussiens (Rasmussen and Williams, 2006). Elle permettra de prendre en compte l'évolution temporelle des différentes sources de biais.

Toutes les approches étudiées seront analysées à la fois sur des données synthétiques et des données d'essais de réceptions.

Ce projet est le fruit d'une collaboration entre l'entreprise Safran Aircraft Engines et le Laboratoire de Mathématiques de Bretagne Atlantique (LMBA). Le stage pourra se poursuivre par une thèse CIFRE.

Mots-clés : modèle bayésien hiérarchique, processus gaussien, données aéronautique.

Profil recherché

Nous recherchons un(e) étudiant(e) motivé(e) et curieux(se), inscrit(e) en Master 2 de statistique (ou formation équivalente) et qui :

— dispose de connaissances solides en statistique et notamment en apprentissage statistique ;
— possède de très bonnes compétences en programmation Python ;
— est intéressé(e) par le développement méthodologique, la recherche en statistique appliquée et par une poursuite en doctorat de statistiques ;
— démontre de bonnes aptitudes en communication scientifique, en français ou en anglais (oral, lecture et écriture).

Une connaissance de la statistique bayésienne et des processus gaussiens sera vivement appréciée. Un attrait pour le domaine de l'aéronautique serait également un plus.

Modalités pratiques

La durée envisagée du stage est de 6 mois, avec une date de début comprise entre janvier et avril 2027 suivant la disponibilité de l'étudiant(e).

Le stage se déroulera dans le laboratoire de Mathématique Bretagne Atlantiques (LMBA) à l'Université Bretagne Sud, à Vannes.

L'étudiant(e) sera supervisé(e) par François Septier (LMBA), Emmanuel Frénod (LMBA), Audrey Poterie (LMBA), Mourad Yahia Bacha (Safran Aircraft Engine) et Jérôme Lacaille (Safran Aircraft Engine).

Les personnes intéressées peuvent envoyer un CV et une lettre de motivation à françois.septier@univ-ubs.fr et audrey.poterie@univ-ubs.fr, avant le **20 décembre 2026**.

Références

Mourer, A. (2022). *Sélection et importance de variables en apprentissage automatique. Statistiques.* PhD thesis, Paris 1 Panthéon-Sorbonne.

Rasmussen, C. and Williams, C. (2006). *Gaussian processes for machine learning.* The MIT Press.