

# Offre de stage

## Intégration d'approximations mathématiques dans des modèles de systèmes

Application à un modèle thermique de cabine d'avion



## 1 Contexte technique

### 1.1 Modélisation à l'échelle du système

De nombreuses industries, par exemple dans les secteurs de l'aviation, de l'automobile ou encore de la production d'énergie, conçoivent ou exploitent des objets ou installations modélisés par des systèmes de composants en interactions. Le comportement de l'ensemble des composants est conceptuellement différent de la réunion des comportements individuels. On distingue ainsi d'une part, la modélisation à l'échelle du composant où l'on cherche à représenter fidèlement le comportement d'un composant ayant sa physique propre avec des outils *ad hoc* impliquant souvent des temps de calcul importants : méthodes des éléments finis, code de *computational fluid dynamics* (CFD), systèmes d'équations aux dérivées partielles. . . Et d'autre part, la modélisation à l'échelle du système focalisée sur l'interaction entre les composants, incluant souvent des éléments de contrôle-commande, et privilégiant une représentation 0D ou 1D.

Il existe des langages de programmation spécialement dédiés à la modélisation à l'échelle système parmi lesquelles les plus utilisés sont [Modelica](#), promu par l'association Modelica, et [Simulink](#), une extension de Matlab.

### 1.2 Émulation de modèles

Il n'est souvent pas possible de simplement combiner des modèles à l'échelle du composant en un modèle global du système du fait des contraintes de temps de calcul.

Cela est d'autant plus vrai lorsque l'on veut appliquer des méthodes mathématiques nécessitant de nombreux appels au modèle du système (analyse de sensibilité, propagation d'incertitude, optimisation globale...). Un expédient à ce problème technique est le recours à un *émulateur* ou *méta-modèle*. Un émulateur est une fonction mathématique approximant la réponse d'un modèle avec un temps de calcul très faible, construite à partir d'un échantillon de simulations.

La construction d'émulateurs, par exemple par ajustement de [processus gaussiens](#) ou de [polynômes du chaos](#), l'optimisation du plan d'expérience pour la constitution préalable de l'échantillon de simulations, ou encore l'estimation de la qualité des approximations sont des domaines de recherche actifs dans les laboratoires de mathématiques appliquées et dans les départements de R&D de grandes entreprises industrielles. Il existe des outils matures pour réaliser ces opérations, notamment la bibliothèque de traitement des incertitudes [OpenTurns](#) écrite en C++ et utilisable comme un module Python.

### 1.3 Problématique

Le recours à des émulateurs est un moyen de composer un modèle de système comportant des composants complexe dont la simulation requiert des temps de calculs importants. Cependant, les outils de modélisation à l'échelle du système ne sont pas adaptés à l'élaboration d'émulateurs. L'objectif du stage est de combler cette lacune dans la panoplie des outils de modélisation utilisés dans l'industrie. L'une des voies envisagées est de s'appuyer sur le standard *functional mock-up interface* (FMI) définissant un format générique pour l'échange de modèle.

## 2 Contexte industriel et institutionnel

Le stagiaire sera encadré par [Phimeca Engineering](#) et [Sherpa Engineering](#), deux PME spécialistes respectivement de l'analyse mathématique des modèles, en particulier du traitement de l'incertitude, et de la conception de modèles à l'échelle du système. Son travail contribuera au projet de recherche *Common Horizon of Open Research in Uncertainty for Simulation* (CHORUS), en particulier à l'étude d'un cas test de thermique d'une cabine d'avion proposé par Airbus. Le stage se déroulera majoritairement dans les locaux de Phimeca Engineering à Paris. Une partie du stage pourra également se dérouler dans ceux de Sherpa Engineering à la Garennes-Colombes.

## 3 Missions du stage

- Évaluer les différentes stratégies possibles pour l'intégration d'émulateurs dans des modèles de systèmes. Identifier les logiciels nécessaires et statuer sur leur performance, leur degré de maturité et leur polyvalence.
- Définir une architecture logicielle pour l'intégration d'émulateurs dans des modèles de systèmes.
- Étudier en particulier l'interface avec la bibliothèque OpenTurns.

- Construire un prototype et l'appliquer au cas test Airbus.

## 4 Profil recherché

Le candidat devra avoir le goût de la programmation et maîtriser au moins un langage de programmation. La maîtrise de Python, C++, Modelica ou Simulink serait particulièrement appréciées. Il serait souhaitable qu'il ait une expérience de la modélisation physique dans un contexte industriel ainsi que des connaissances de base en mathématiques appliquées, en particulier en statistique.

## 5 Contact

Sylvain Girard

Ingénieur d'études et de recherche à Phimeca Engineering

E-mail : girard@phimeca.com

Téléphone : 01 58 51 18 11

18/20 Bd de Reuilly – 75012 Paris