



**AIRBUS**



**IMT Mines Alès**  
École Mines-Télécom

Vincent BERNIER  
AIRBUS (Helicopters Division)  
Aéroport International Marseille-Provence  
13725 Marignane Cedex, France  
+33 (0)6 31 47 19 00  
+33 (0)4 42 85 12 61  
Vincent.Bernier@airbus.com

Nicolas Daclin  
Gregory Zacharewicz  
Vincent Chapurlat  
Laboratoire des Science des Risques (LSR)  
7 rue Jules Renard  
30319 Alès Cedex  
Prénom.Nom@mines-ales.fr

## Proposition de Thèse CIFRE

### Vers un pilotage d'atelier assisté par une approche mixte de Modélisation Simulation et Intelligence Artificielle

#### Airbus Hélicoptères

Employant environ 22 000 personnes à travers le monde, Airbus Hélicoptères est le premier hélicoptériste mondial, avec un chiffre d'affaires de 6,3 milliards d'euros. Sa flotte compte actuellement 12 000 appareils opérés par plus de 3 000 clients dans environ 150 pays. La gamme d'hélicoptères civils et militaires d'Airbus Hélicoptères est la plus grande au monde et représente un tiers de la flotte d'hélicoptères civils et parapublics en service dans le monde. Afin de réduire les délais, les stocks intermédiaires, et d'améliorer la productivité, Airbus Hélicoptères désire profiter pleinement des opportunités qu'apporte l'industrie du futur. Elle souhaite notamment développer de manière optimale des nouveaux appareils s'adaptant à la production flexible (mixed-line production). Au lieu d'être assemblés sur des lignes dédiées, les hélicoptères qui les constituent entrent dans une ligne multi-modèles, comme pour l'industrie automobile. L'approche de conception modulaire permet par ailleurs de dédier la production des modules aux différents sites. Cette nouvelle mise en production est l'occasion d'amener des ruptures dans la manière de concevoir en amont les systèmes afin de bénéficier pleinement de ce nouveau mode ainsi que pour le pilotage de l'atelier en lui-même qui devient plus complexe au vu de la diversité des produits qui circulent. L'approche 4.0 commence à être déployée notamment sur les assemblages mécaniques. La mise en place de simulations a permis d'anticiper lors des phases de conception ce qui pourrait se produire en conditions réelles de fabrication. Ces simulations représentent la première brique de ce qui est appelé jumeau digital. Airbus Hélicoptères étudie aujourd'hui des technologies d'intelligence artificielle qui pourraient permettre à terme d'interagir en temps réel avec le management de l'atelier.

#### Le Laboratoire des Sciences des Risques (LSR)

Le Laboratoire des Sciences des Risques (LSR) est le résultat de l'union de cultures et de savoir-faire présents au sein d'IMT Mines Alès pour développer une science des risques. Nous nous trouvons en effet à la croisée des sciences de l'ingénieur, des sciences numériques, des sciences de l'environnement, et des sciences humaines et sociales. Notre objectif est d'améliorer la sécurité, la sûreté, et le bien-être des populations et des générations futures face aux risques technologiques, chroniques ou naturels.

Fort de 22 Enseignants-Chercheurs, de plus de 30 Doctorants, et 5 personnels techniques en 2021, le LSR se dote d'une organisation et d'une animation à la hauteur de l'enjeu que représente cette mixité de communautés au service de la société et de l'environnement.

#### Contexte du projet

Dans un contexte de marché consolidé et de fortes incertitudes, le pilotage d'atelier de production d'aéronefs d'Airbus Helicopters doit gagner en adaptabilité, flexibilité et réactivité pour mieux répondre en termes de satisfaction des attentes client (délai, qualité, engagement).

## Besoins et verrous

Cela implique a priori un travail en deux phases :

- Dès la conception d'un nouvel appareil pour étudier la faisabilité et codévelopper le système de production du futur appareil en parallèle du design de l'hélicoptère lui-même. Dans cette phase il y a une forte interaction entre les équipes de design. Cette première phase nécessite en particulier d'arriver à tester différentes politiques de production dans différentes configurations de manière à valider au plus tôt les capacités du système de production ;
- Pendant la production elle-même, sur le système de production mis en place. Cette deuxième phase doit tout particulièrement prévoir et valider les politiques de lancement de production réellement applicables et robustes pour les mois à venir tout en restant adaptable au quotidien en fonction des événements de la vie d'un atelier.

Le nombre de paramètres à prendre en considération durant chacune de ces deux phases est important et la combinatoire s'avère donc un facteur limitant drastiquement l'humain pour qu'il puisse l'appréhender de façon analytique. Cette complexité se surajoute à plusieurs facteurs d'incertitude liés à la demande client (variabilité) et aux aléas de fabrication au quotidien.

La simulation est une aide précieuse dans chacune de ces deux phases. Elle est déjà utilisée mais, de la même façon, le nombre de scénarios à jouer pour faire émerger une solution de pilotage est trop important. En particulier durant la deuxième phase qui nécessite d'opérer quasiment en temps réel, ou en tout cas dans un espace de temps prenant en compte les constantes temporelles de production : durée des activités, temps de changement de configuration des ilots ou ateliers de production, états des stocks, disponibilités des ressources, etc... La plupart du temps, le pilote de cette production doit se contenter d'une solution faisable et à un coût abordable.

Des essais ont consisté à tester l'apport potentiel de techniques venant de l'IA (apprentissage) pour aller plus loin, et si possible plus vite, vers ces solutions. Les résultats obtenus sont cependant basés sur une petite quantité de données et ces techniques ne permettent pas encore d'arriver à juger et à argumenter la plausibilité de ces résultats. Ce travail préliminaire a quand même permis de montrer l'intérêt prometteur de telles techniques et d'envisager d'utiliser d'autres techniques d'apprentissage plus performantes.

## Constat

La simulation et des techniques d'apprentissage, dites de machine learning, sont donc jugées comme pertinentes et leur usage en complément l'une de l'autre fait déjà l'objet de quelques travaux. Par exemple, des travaux sont menés sur l'utilisation de l'IA entraînée par des modèles de calculs en conception de produit pour proposer des conceptions de pièces optimisées par rapport à des spécifications. On trouve également du couplage IA / simulation dans la dynamique des fluides où les temps de calculs sont réduits grâce à l'IA. ou enfin dans les voitures autonomes où sont développés des modèles de simulation spécifiquement pour entraîner l'IA. qui pilotera les futurs modèles afin d'éviter des millions d'heures d'entraînement sur route.

## Sujet et question de recherche

L'idée de base pour le pilotage d'atelier est la même que pour la conception : les modèles de simulation existent mais les scénarios à évaluer sont trop nombreux pour aller chercher la logique optimale. La différence réside dans le fait qu'il y a une composante temporelle liée à l'évolution du marché et de la configuration du système de production en temps réel que l'IA. doit appréhender.

Des premiers travaux de master ont montré qu'il est techniquement possible de coupler des modèles de machine learning à de la simulation dynamique et que l'apprentissage semble possible sur une demande statique. Par ailleurs, des travaux de simulation distribuée et de co-simulation dans le domaine de l'industrie automobile ont également permis de coupler des modèles de simulation hétérogènes ainsi que d'autres composants notamment des générateurs d'aléas.

Le but de la thèse est d'explorer, en lien avec les pratiques amont de conception produit d'AH tournées vers le MBSE, l'intérêt de coupler la simulation pouvant par exemple être menée en phase amont de conception, à des modèles de machine learning afin de permettre un apprentissage de l'IA. qui aiderait à prédire l'adaptation des paramètres d'un système de production en fonction des attentes client du moment ainsi que des événements de production. Une attention particulière devra être apportée à l'explicabilité des résultats obtenus pour éviter un effet boîte noire des décisions proposées.

## Objectifs de la thèse

La thèse a pour but de construire un modèle couplé de Simulation et Machine Learning ainsi que son apprentissage associé capable de proposer des décisions opérationnelles pour un site de production.

- L'intérêt du développement d'une approche couplée entre une technique éprouvée tel que la simulation et des techniques émergentes de l'Intelligence artificielle nécessite de traiter plusieurs verrous :
- La recherche de l'équilibre entre 1) la rapidité de l'IA, l'absence de traçabilité et d'une explicabilité suffisante des résultats et une demande importante en données et 2) l'explicabilité des résultats de la simulation malgré son coût en temps. L'objectif ici est de permettre à des responsables de production de justifier leur choix avec un niveau avéré de confiance, et dans un temps limité ;
- La difficulté de savoir appréhender la dimension temporelle des données, par exemple prendre en compte la variabilité des contraintes de production (client ou propres au système de production) et les événements aléatoires pouvant se produire : pannes, manque de pièces ou de ressources par exemple.
- La difficulté à capitaliser des expérimentations de politiques de production passées permettant pourtant d'irriguer et d'aider en particulier durant la première phase pour la co-conception système produit / système de production (approche MBSE). Cette capitalisation repose souvent sur la mise à disposition patrons ou templates d'atelier, d'organisation ou de politiques de production standards ou génériques, des bibliothèques de modèles, des patrons de conception produit/système de production, ...
- Rendre plus facile ou plus intuitif le développement et la mise en œuvre d'outils pour les responsables de production.

Cette approche sera donc basée sur :

- Les principes et pratiques d'une ingénierie dirigée par les modèles : génération automatique de modèles de systèmes de production et de modèles de simulation de ces systèmes, Patrons, ...
- Un état de l'art sur les outils de conception (modélisation) en incluant les outils utilisés actuellement (e.g. Dassault Système avec plateforme 3DEXpérience).
- Un état de l'art sur l'outillage de simulation : événements discrets, multi agent (e.g. utilisation de Anylogic avec enrichissement / extension via des modules / briques dont des briques conçues autour de techniques d'IA), Co-simulation, simulation distribuée
- Un état de l'art sur l'interopérabilité de modèles (conception/atelier) et de la simulation hybride Simulation/IA.
- Des travaux existants de l'équipe dont, par exemple, des travaux autour d'un module de gestion et de génération des aléas.

### **Compétences requises**

Nous recherchons des candidat(e)s de niveau Master (Ecole d'ingénieur / Université) ayant l'expérience et les compétences suivantes :

- Modélisation avec un point particulier sur le MBSE ;
- Simulation : distribuée ;
- Ingénierie Dirigée par les Modèles (IDM) : interopérabilité, transformation, fédération, alignement ... ;
- Techniques et outils de l'Intelligence Artificielle : machine learning ;
- Développements (Java, Python) ;
- Systèmes de production ;
- Curiosité, force de proposition, autonomie, communication et travail en équipe ;
- Maîtrise de l'anglais nécessaire : écrite / orale.

### **Conditions**

Contrat : CDD CIFRE 3 ans - Rémunération : aux alentours de 2400 euros Brut.

### **Dossier de candidature**

Ce dossier doit être constitué des pièces suivantes :

- Un CV détaillé ;
- Une lettre de motivation décrivant l'intérêt et les souhaits au regard du domaine et du sujet proposés ;
- Des pièces attestant son niveau de diplôme (obtenu ou en cours d'obtention) ;
- Tous documents jugés nécessaires dont, en particulier, lettres de recommandation avec coordonnées précises des personnes signataires, présentation des travaux de R&D menés à bien durant la scolarité et/ou dans le cadre d'expériences professionnelles antérieures.

Une entrevue entre le (la) candidat(e) et les parties prenantes de cette thèse sera organisée très rapidement. Pour cela, le (la) candidat(e) devra présenter son projet de recherche et de développement au regard du sujet de thèse proposé.

**Date limite de candidature : 1<sup>er</sup> Novembre 2021**