www.onera.fr

ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Vérification formelle de contraintes de vol pour le contrôle aérien des drones

Référence : **TIS-DTIS-2024-29**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : rentrée universitaire 2024	**Date limite de candidature :** mai 2024

Mots clés : Vérification formelle, model-checking, contrôle aérien (ATM), drones (UTM)

Profil et compétences recherchées :

M2 informatique ou mathématique ou 3e année d'école d'ingénieur
Connaissances en méthodes formelles ou modélisation ou vérification

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Pour faire face à l'augmentation du trafic aérien général et à l'apparition de nouveaux aéronefs (drones), diverses pistes sont proposées visant à enrichir de davantage de données les échanges entre contrôle aérien et aéronefs. Cette approche permet de donner aux aéronefs une marge de manœuvre à l'intérieur de contraintes fournies par le contrôle, et à ce dernier de se focaliser sur sa mission de régulation et de supervision d'ensemble, ce qui allège sa charge globale.

Les contraintes fournies par le contrôle aux aéronefs doivent pouvoir à la fois être planifiés à l'avance pour un espace aérien donné, mais également être adaptés en temps réel à la situation lorsqu'ils sont exécutés : évitement de zones dangereuses, compensation de retard, ... L'idée de ces approches est que la gestion de conflit doit pouvoir se faire manière locale et distribuée, pendant que le contrôle aérien exerce une supervision d'ensemble. La planification doit également posséder une certaine robustesse. Bien sûr, tout cela implique une grande quantité de vérifications qui ne peuvent être effectuées que par des méthodes formelles.

Une difficulté particulière réside dans le fait que les propriétés à vérifier ne sont pas seulement symboliques, comme des propriétés classiques de robustesse, mais incluent des contraintes physiques et géométriques, telle la volabilité des trajectoires, qui vise à s'assurer que l'aéronef peut toujours inscrire une trajectoire volable dans les contraintes qui lui sont envoyées (et qu'on ne lui demande pas par exemple de patienter sur place en vol ou de monter, descendre ou virer trop abruptement).

Le model-checking est une approche bien adaptée pour les problèmes de vérifications mentionnés ci-dessus, mais l'inclusion de propriétés continues difficilement discrétisables (telles que la volabilité) est une difficulté importante pour les performances de calcul. Diverses approches ont été proposées pour faire du model-checking face à un système complexe et des propriétés continues. Elles consistent en général à faire abstraction de certains détails afin de limiter la complexité des modèles et faciliter les raisonnements et les vérifications, puis à réintroduire ces détails ultérieurement par des opérations de raffinement qui doivent respecter certaines règles afin de préserver la sémantique des modèles.

L'objectif de la thèse proposée est de se reposer sur une modélisation des plans de vol et sur des travaux réalisés récemment à l'ONERA pour la prédiction de trajectoire réelle à partir de plans de vols afin d'abstraire des portions de trajectoire et de permettre l'application de ces méthodes afin de démontrer qu'il est possible de conserver un temps de calcul raisonnable sur un grand nombre d'aéronefs.

Il s'agira dans un premier temps de construire un cadre formel sur la base de scenarii représentatifs autour de l'usage de drones en milieu urbain. Il faudra identifier des propriétés et appréhender la dynamique du système en traduisant des contraintes physiques sous la forme de propriétés discrètes vérifiables. Dans un second temps, il s'agira de travailler sur l'abstraction de trajectoires sur la base de la typologie d'écarts de plans de vols mentionnée ci-dessus, afin de mettre en œuvre des techniques pour maîtriser la complexité du modèle (abstraction, symétries, parallélisation, compositionnalité, ...) afin de maintenir dans un temps de calcul raisonnable les vérifications à effectuer. Enfin, dans un troisième temps, il s'agira, sur la base de ce travail, d'identifier des études de cas d'intérêt et de les analyser.

Collaborations envisagées : cette thèse s'inscrit dans une collaboration ONERA / LIPN (U. Paris XIII : L. Petrucci, C.Coti) / LIP6 (U.Paris VI : F. Kordon).

Laboratoire d'accueil à l'ONERA	**Directeur de thèse**
Département : Traitement de l'Information et Systèmes	Nom : Laure Petrucci
Lieu (centre ONERA) : Palaiseau	Laboratoire : LIPN
Contact : Romain Kervarc	Tél. : 01 49 40 28 05
Tél. : 01 8038 66 41 Email : romain.kervarc@onera.fr	Email : laure.petrucci@lipn.univ-paris13.fr

Pour plus d'informations : https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche