

# **Sujet de stage**

## **Master recherche ou 3<sup>ème</sup> année ingénieur**

### **Année 2011-2012**

#### **1 Intitulé**

**Optimisation de trajectoires d'avions sous contraintes météorologiques.**

#### **2 Description**

L'objectif du stage est d'étudier et de proposer des algorithmes pour l'optimisation de trajectoires d'avions dans un environnement météorologique présentant des zones plus ou moins dangereuses à traverser pour un avion. En complément, on pourra également prendre en compte des contraintes de séparation minimale entre les trajectoires de tous les avions évoluant dans l'espace aérien considéré.

#### **3 Contexte**

La trajectoire d'un avion est un processus pour lequel on dispose d'un prédicteur dont nombre de paramètres ne sont pas connus. Si la plupart de ces paramètres dépendent des aéronefs, ceux qui relèvent des conditions météorologiques leur sont communs. Un certain nombre d'études ont de fait essayé de caractériser les vents (en valeurs directes ou en terme d'erreur par rapport à une prévision) à partir de l'observation radar d'un trafic de plusieurs avions.

La fourniture officielle de prévisions météorologiques pour l'aéronautique a été normalisée par l'OACI dans son Annexe 3 et sont distribuées pour l'ensemble du globe par deux centres. Les grilles de prévisions, établies il y a plusieurs décennies, sont maintenant très grossières en regard des capacités actuelles des services météorologiques nationaux. En outre, les données fournies pour l'aéronautique ne correspondent plus aux limites de l'état de l'art en prévision numérique météorologique.

Les principaux services météorologiques fournissent depuis plusieurs années des prévisions ensemblistes permettant d'avoir plusieurs scénarii d'évolution. Il s'agit d'un ensemble de prévisions dont les conditions initiales diffèrent pour rendre compte de la méconnaissance de l'état de l'atmosphère en se concentrant sur les zones ayant le plus fort impact sur les prévisions. Cette technique permet ainsi d'explorer l'incertitude sur la condition initiale. Les produits d'ensemble ont été développés au départ pour des échéances de prévisions assez longs avec des résolutions spatiales modestes. Mais depuis, l'accroissement des performances des calculateurs aidant et avec la réduction de la granularité des prévisions, il est possible d'envisager une application de ces techniques d'ensembles aux données

aéronautiques.

Un objectif ambitieux de recherche, qui pourra faire l'objet d'une thèse ultérieurement, pourrait être d'évaluer dans un premier temps un score de performance, au regard des erreurs commises par un prédicteur de trafic aérien dans les différents scénarii météorologiques. Ceci permettrait d'affecter un degré de confiance aux différents scénarii dans les zones météorologiques concernées. Dans un deuxième temps, on chercherait alors des trajectoires optimales en considérant le milieu aléatoire donné par les champs de vent et température mais aussi structuré par des zones d'exclusion plus ou moins perméables en fonction de la sévérité des conditions météorologiques diagnostiquées et de leur poids.

Dans le cadre du stage proposé ici, on s'intéressera dans un premier temps à la simulation d'un trafic aérien en fonction d'un scénario météorologique donné. On cherchera des trajectoires optimales en fonction du degré de dangerosité des zones météorologiques présentes. Idéalement, on cherchera également à maintenir une séparation entre les trajectoires de tous les avions évoluant dans un même espace.

## 4 Compétences requises

Compétences en programmation et algorithmique. Une connaissance d'Ocaml serait un plus.

## 5 Indemnités de stage

Le stagiaire, s'il n'est pas déjà indemnisé par un employeur, percevra des indemnités de stage d'un montant de 417 euros net par mois (sur une durée maximum de 6 mois). Le stage est financé par l'École Nationale de l'Aviation Civile.

## 6 Lieu du stage, encadrement

Le stage se déroulera au sein du laboratoire Mathématiques Appliquées, Informatique, et Automatique pour l'Aérien (MAIAA), de l'École Nationale de l'Aviation Civile, à Toulouse.

Le stage sera co-encadré par C. Allignol (DTI/R&D → ENAC), D. Gianazza (DTI/R&D → ENAC), et C. Baehr (Météo France).

## Personnes à contacter

Cyril Allignol  
DSNA/DTI-R&D  
7, avenue Edouard Belin 31055  
Toulouse Cedex  
cyril.allignol@aviation-  
civile.gouv.fr  
+33 5 62 25 95 77

David Gianazza  
DSNA/DTI-R&D  
7, avenue Edouard Belin 31055  
Toulouse Cedex  
david.gianazza@aviation-  
civile.gouv.fr  
+33 5 62 25 95 44

Christophe Baehr  
Météo France, CNRM/GAME,  
URA1357  
42 avenue G. Coriolis, 31057  
Toulouse Cedex  
christophe.baehr@meteo.fr  
+33 5 61 07 96 41