

Proposition de sujet de Thèse

Titre de la thèse : ***Utilisation des réseaux aéronautiques commerciaux pour des communications aéronautiques critiques***

Entreprise : AIRBUS

Laboratoire : ISAE-Supaero, équipe SCANR

1. DESCRIPTION TECHNIQUE DU SUJET DE THESE

1.1 CONTEXTE

Les communications critiques pour la sécurité des aéronefs sont actuellement assurées par des moyens radio hérités de plusieurs décennies (par exemple, VHF, HF ou systèmes satellite en bande L) et reposent sur des technologies radio surannées. La raison en est que l'évolution de ces systèmes est intrinsèquement lente, car devant tenir compte du temps long nécessaire pour la définition de standards d'interopérabilité internationaux, ainsi que de l'installation et du déploiement de ces systèmes radio en fonction du cycle de vie des aéronefs. Par ailleurs, les communications aéronautiques utilisent des bandes de fréquences radioélectriques spécifiques dont la capacité est limitée [1].

D'autre part, les services de communication d'usage public commercial, comme la 4G ou les communications satellite en bande Ku/Ka sont de plus en plus utilisés à bord des avions pour assurer des communications non-critiques pour la sécurité, comme par exemple l'accès à l'internet pour les passagers ou les échanges entre équipages et compagnie aérienne destinés à faciliter et optimiser l'utilisation commerciale de l'avion. Et il est notable que ces systèmes évoluent continuellement vers des services plus performants et moins coûteux, à la mesure des bénéfices tirés d'avancées technologiques régulières.

Les systèmes radio en charge des communications avion critiques pour la sécurité peuvent encore assurer leur service, mais les difficultés s'accumulent. Les activités de standardisation de moyens radio destinés à leur succéder sont en cours, cependant ces futurs moyens ne pourront être globalement déployés avant longtemps. Ce renouvellement a été planifié en fonction d'une prévision d'évolution à long terme de la gestion du trafic aérien (ATM, Air Traffic Management) et le risque est réel qu'ils ne conviennent pas ou soient disponibles trop tardivement pour couvrir l'ensemble des besoins nouveaux de communication de niveau critique, en regard de concepts émergents d'opération avion qui n'avaient pas tous été suffisamment anticipés.

La question qui se pose est donc de savoir *si* et *comment* il serait possible, acceptable et bénéfique d'utiliser des moyens de communication d'usage public commercial comme l'un des vecteurs de communications avion critiques pour la sécurité (soit comme un moyen secondaire, soit comme complément de capacité). La résolution de ces questions est le sujet que cette proposition de thèse entend adresser.

1.2 OBJECTIF

De nombreux obstacles sont déjà connus, qu'il faudra franchir avant d'envisager concrètement que des communications avion critiques pour la sécurité puissent être confiées à des services de communication commerciaux d'usage public. Les défis à relever sont multiples et variés, et portent notamment sur les points suivants :

1.2.1 Contraintes réglementaires et stratégiques

Les principaux obstacles dans ce domaine viendront probablement des réglementations applicables à l'allocation du spectre aux communications aéronautiques, et aussi aux communications des services de sécurité publique (par exemple : pompiers, police,...). Il sera nécessaire d'analyser le contexte actuel de ces réseaux de communications critiques et de sécurité publique, et de réaliser un panorama complet des justifications clés et des raisonnements associés, liés aux différents standards, conventions et règles d'usage du spectre. Il faudra aussi évaluer quelles opportunités d'évolutions sont possibles, ainsi que les défis posés sur la sécurité, la sûreté et les performances des systèmes. Il est à noter que hors contexte aéronautique, l'utilisation accessoire de réseaux commerciaux est déjà envisagée par quelques Etats pour des communications de sécurité publique et les études associées pourront servir à établir des analogies utiles dans le contexte aéronautique [2][3].

Cependant, l'idée de faire évoluer, ou de pouvoir déroger à des contraintes réglementaires, peut avoir des effets contre-productifs ou présenter des risques stratégiques. Par exemple : perdre des droits sur le spectre actuellement réservé aux communications aéronautiques critiques ; ou des risques liés à l'obsolescence rapide des technologies commerciales. Ces risques stratégiques devront être identifiés et évalués.

1.2.2 Contraintes sur l'assurance de la sécurité

Les questions d'assurance de la sécurité seront d'autres obstacles possibles au but poursuivi. Les services commerciaux de communication grand public ne sont pas critiques pour la sécurité et les systèmes et équipements associés, de grade commercial, ne fournissent généralement pas l'assurance que les occurrences de pannes seront suffisamment rares pour que le risque soit considéré comme acceptable, empêchant ainsi d'établir des moyens de preuve suffisamment convaincants sur la fonctionnalité et la fiabilité, comme cela peut être exigé pour les démonstrations de sécurité lors de la certification des avions ou l'assurance de maintien de la navigabilité.

Cependant, s'appuyer sur certains préceptes comme « *la disponibilité d'un réseau commercial (ou de plusieurs) est préférable à n'avoir aucun réseau disponible* », ou encore « *il devrait être possible d'utiliser les réseaux commerciaux si les défauts de ces réseaux n'ont pas d'impact significatif sur la sécurité* » pourrait servir de fondement pour l'élaboration d'architectures hybrides et novatrices pour des systèmes de communication avion à la sécurité démontrée, dans lesquelles les systèmes de communication critiques pour la sécurité pourraient être 'augmentés' par des systèmes de communication commerciaux, tout en assurant que les objectifs de sécurité sont tenus.

Pour cela, des mécanismes devraient être explorés, s'appuyant par exemple sur la ségrégation entre les logiques « control plane » de la topologie des architectures de communication critiques pour la sécurité et les logiques « data plane » de transmission des données.

1.2.3 La sûreté (ou cyber-sécurité)

Les problèmes de cyber-sécurité sont d'autres obstacles majeurs face au but poursuivi. Les autorités de navigabilité imposent dans ce domaine des conditions spéciales pour la certification des aéronefs, exigeant de démontrer que dès leur conception, les systèmes avioniques sont et restent immunisés contre des cyber-attaques provenant du sol ou des passagers.

La connexion entre le domaine avion critique pour la sécurité et des systèmes de communication publics commerciaux partagés avec les passagers ne sera pas acceptée sans des solutions de cyber-sécurité offrant une confiance absolue (et les moyens de preuve associés) que tous les risques de cyber-attaques sont éliminés.

Des solutions de cyber-sécurité devront être proposées et évaluées.

1.2.4 Les performances et la fiabilité

Les réseaux commerciaux publics fournissent généralement un plus haut débit et une latence plus faible que les réseaux de communication avion critiques pour la sécurité. D'autre part, la qualité, la fiabilité et la continuité de service ne sont pas garanties avec le même niveau d'engagement par les différentes organisations en charge de ces services. De plus, ces différents services peuvent être également limités en ce qui concerne les espaces couverts, les conditions météorologiques, de l'attitude et de la vitesse des avions, ou d'autres conditions.

Une méthode devra être proposée et développée qui permette de caractériser les performances de chaque réseau individuel critique pour la sécurité et commercial public, et la performance globale combinée que l'on pourrait attendre des architectures de communication hybrides qui seront proposées.

1.2.5 Contraintes technologiques et d'architecture

La partie centrale de la thèse sera orientée sur l'identification, l'évaluation et les recommandations de différents concepts et solutions d'architecture de systèmes tant techniques que d'organisation, en tenant compte :

- des contraintes citées précédemment ;
- des exigences attachées aux applications avioniques utilisant la communication de données ;
- des architectures systèmes actuelles des avions Airbus et des évolutions en cours d'étude ;
- de l'état de l'art des technologies de communication avancées qui pourraient convenir.

A partir de la caractérisation des liaisons disponibles entre l'avion et le sol, une première stratégie investiguée consistera à rechercher dynamiquement la liaison la plus appropriée en fonction du service demandé. Des stratégies ont été proposées dans le cas des services ATN (Aeronautical Telecommunication Network) [4]. Les contraintes de sécurité propres à ces services ATN font l'objet d'études notamment en fonction de la pile protocolaire utilisée [5][6]. Dans cette thèse, des services plus avancés seront étudiés, ce qui conduira à intégrer les exigences en termes de performances et les contraintes de sécurité spécifiques.

Une seconde stratégie sera étudiée reposant sur la distribution des données à transmettre sur plusieurs interfaces simultanément. Des premières études ont été menées afin d'utiliser des techniques de codage réseau (network coding) afin d'atteindre de meilleures performances en terme de latence et de disponibilité, et ainsi d'être compatible des services les plus exigeants [7][8][9]. Les données à transmettre sont encodées sur plusieurs paquets, introduisant ainsi une redondance au niveau de la liaison (ce procédé est indépendant du codage canal propre à chaque liaison sol-bord). La réception d'un sous-ensemble des paquets transmis permet de reconstituer les données initiales. Ainsi, des pertes intervenant sur une liaison peuvent être compensées. L'objectif de la thèse sera d'introduire les exigences de sécurité dans le processus de codage afin que la capacité disponible sur les liaisons ATN soit exploitée pour assurer les fonctions critiques (authentification, maintien du service) et que la capacité des liaisons commerciales permette d'atteindre les objectifs de latence et de capacité.

1.2.6 Déroutement de la thèse

La répartition du temps de présence du doctorant entre le site AIRBUS Saint-Martin du Touch et le laboratoire de recherche ISAE-SUPAERO évoluera au fil de la thèse en fonction des tâches réalisées. Il est initialement prévu que le doctorant soit fortement présent sur le site AIRBUS (typiquement 4 jours par semaine) durant toute la première phase de recherche bibliographique et d'étude des documents techniques avion où un contact avec les équipes métier pourra contribuer à la compréhension des contraintes spécifiques des communications aéronautiques et plus généralement de développement des systèmes avion. L'analyse théorique des solutions identifiées, les développements de modèles de simulation et leur exploitation seront menées au sein de

l'équipe de recherche SCANR (Signal, Communications, Antenne, Navigation et Radar) de l'ISAE-Supaero. Une réunion mensuelle présentera l'avancement des travaux. Cette réunion, à l'initiative du doctorant, regroupera encadrants industriels et académiques.

Le doctorant sera amené à valoriser ses travaux sous forme de communications scientifiques, revues et conférences internationales à comité de relecture. Le cas échéant, les travaux pourront donner lieu à un dépôt de brevet.

Les travaux suivront les étapes suivantes :

- Etude bibliographique, analyse des documentations avion et identification des scénarios de communication servant de référence à l'étude (6 mois)
- Définition des architectures et des piles protocolaires, étude théorique des techniques de codage réseaux et application aux scénarios identifiés en phase 1 (12 mois)
- Simulation, analyse et optimisation des solutions identifiées (12 mois)
- Rédaction du mémoire et préparation de la soutenance (6 mois)

1.2.7 Références Bibliographiques

- [1] R.J. Kerczewski, L. Jonasson, "Outcomes of the 2015 World radiocommunication conference for aeronautical spectrum and applications",
- [2] J. M. Peha, "Fundamental Reform in Public Safety Communications Policy," Federal Communications Bar Journal, vol. 59, no. 3, pp. 517 – 546, June 2007.
www.ece.cmu.edu/~peha/safety.html
- [3] R. Hallahan and J. M. Peha, "[Enabling Public Safety Priority Use of Commercial Wireless Networks.](#)" *Homeland Security Affairs Journal*, August 2013. Also in [HTML](#). Related to "[Analyzing the Tradeoffs of Policies for Public Safety Priority Access to Commercial Wireless Broadband Networks.](#)" *38th Telecommunications Policy Research Conference*, 2010.
- [4] A.S. Alam, Y.-F. Hu, P. Pillai, K. Xu, J. Baddoo, « Optimal Datalink Selection for Aeronautical Telecommunication Networks », IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 53 No. 5, October 2017
- [5] C. Bresteau, S. Guigui, P. Berthier, J.M. Fernandez, "On The Security of Aeronautical Datalink Communications: Problems and Solutions", IEEE 2018
- [6] M. Nirauda and al., "ATN/IPS Security Approach: Two-way Mutual Authentication, Data Integrity and Privacy", 2018 Integrated Communications, Navigation, Surveillance Conference (ICNS), Herndon, VA, 2018, pp. 1A3-1-1A3-17
- [7] D. Gomez Depoorter and al., "The Across Testbed for the Future Aeronautical Data Communications", 2016 Integrated Communications Navigation and Surveillance (ICNS), Herndon, VA, 2016, pp. 7D1-1-7D1-13.
- [8] Jie Li, Erling Gong, Zhiqiang Sun, Wei Liu, and Hongwei Xie. Aeromtp, "A fountain code-based multipath transport protocol for airborne networks". Chinese Journal of Aeronautics, 28(4) :1147-1162, 2015.
- [9] B. Kubera and M. Ehammer, "A Survey of Multilink Concepts for Aeronautical Data Link Communications," in Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS), Herndon, 2013

2. CONTACTS

Pour tout complément d'information :

Stéphane TAMALET
Communication/Surveillance Department – EYAC3



AIRBUS Operations S.A.S
stephane.tamalet@airbus.com



Emmanuel LOCHIN
Enseignant-chercheur département DISC
ISAE SUPAERO
emmanuel.loch@isae-supaero.fr

José RADZIK
Enseignant-chercheur département DEOS
ISAE SUPAERO
jose.radzik@isae-supaero.fr

Pour postuler :

<https://www.airbus.com/careers/search-and-apply/search-for-vacancies/job-detail.html?uuid=3951>