



Agenda de l'atelier Compétences du 6 décembre 2022

Hôtel Radisson Blu de Blagnac. (2 Rue Dieudonne Costes, Blagnac, 31700, France)
(<https://www.radissonhotels.com/fr-fr/hotels/radisson-blu-toulouse-airport/contact>)

8h15 Accueil

8h50 **INTRODUCTION**

Rappel succinct des conclusions de Nov. 2021 et objectifs de l'atelier par Alain Garcia - AAE ; ancien EVP Engineering Airbus Avions.

9h00 La prise en compte des compétences des opérationnels en amont et pendant les développements par Jean-Michel Bigarré - Consultant ; Ancien Directeur adjoint Airbus training.

9h20 Laboratoire FH 1/3 lieu au plus près des forces aériennes-Proof of concept & innovations par le LCL Jérôme Ranc - Centre d'Expertise Aérienne Militaire CEAM.

9h50 **LES SYSTEMES AVIONS**

Exposé du processus de développement de systèmes complexes (ayant une possible forte interface avec l'humain) avions civils* par Bernard Rontani - AAE ; ancien SVP Engineering systèmes Airbus Avions.

10h10 Développements des systèmes pour les avions militaires* : leurs spécificités par rapport au civil par Guillaume Girard - Directeur Technique Programmes de Dassault Aviation.

10h30 Pause rafraichissements

10h50 Questions et débats : (animation par Alain Cassier, Hugues Meunier)

Exemples :

Q.1 A-t-on bien identifié toutes les compétences nécessaires au cours du développement de systèmes complexes ? En particulier celles non « technologiques » ?

Q.2 Les utilisateurs finaux (pilotes, contrôleurs de la navigation aérienne, maintenance, dispatcheurs...) sont-ils suffisamment présents au cours des développements des systèmes complexes ?

Q.3 Lorsqu'ils sont présents leur représentativité couvre-t-elle les diversités des capacités humaines (niveau de compréhension, culture sociale) ?

Q.4 Quelles différences essentielles de représentativité peut-on noter entre les développements civils et les militaires ?

Q.5 Quelles différences essentielles peut-on noter entre les qualifications/ certifications des applications civiles et les militaires ? Engendrent-elles des différences dans les compétences requises lors des développements des solutions ?

Q.6 Quelles compétences spécifiques pour les certificateurs (différentes de développeurs) ?

Q.7 L'assistance du pilote unique civil justifie une assistance à bord de manière à assurer une autonomie suffisante palliant le défaut de communication avec l'extérieur. Mais devant la complexité des cas à couvrir ne faut-il pas considérer cette assistance comme "ultime", "simple", couvrant les cas enveloppes permettant d'assurer un atterrissage sauf au plus tôt, le tout complété par la possibilité d'une assistance sol permettant d'assurer la poursuite du vol. ?

12h30 Pause déjeuner



13h30 **SYSTEMES DE GESTION DE LA CIRCULATION AERIENNE**

Exposé du processus de développement des systèmes complexes du contrôle du trafic aérien civil (avec une possible forte interface avec l'humain) * par Sylvie Figarol - Responsable études facteurs humains Direction Générale de l'Aviation Civile (visio prévue).

13h50 Compléments, remarques par Marc Baumgartner - AAE ; Ingénieur HES Contrôleur du trafic aérien ; ancien président de l'IFATCA.

14h10 Développements des systèmes du contrôle du trafic aérien militaire* : leurs spécificités par Geneviève Marquis - Thalès ATC Product Line.

14h40 Questions et débats : (animation par Dominique Colin de Verdière, Raymond Rosso)

Exemples :

Q.1 Pour la partie ATM on pourrait poursuivre la réflexion en voyant les faiblesses des développements actuels (coût et temps de développement, spécifiques, prototypes...) : Comment faire adhérer au changement ? Peut-on apprendre du développement des systèmes militaires ? De la FAA ? comment faire participer les opérateurs (ATCo) de manière efficace sans développer des systèmes locaux spécifiques ?

Q.2 Comment faire évoluer in vivo un système opérationnel de la navigation aériennes ? et des systèmes opérationnels interpénétrés ?

Q.3 Les opérationnels de tous les métiers (pilotes, contrôleurs de la navigation aérienne, maintenance, dispatcheurs...) sont-ils suffisamment présents au cours des développements des systèmes complexes ?

Q.4 Lorsqu'ils sont présents leur représentativité couvre-t-elle les diversités humaines ?

Q.5 Quelles sont les compétences requises pour faire évoluer l'organisation d'un système : ex aller vers un système unique de contrôle de la navigation aérienne en route en Europe.

15h40 Pause -rafraichissements

16h00 **LES SYSTEMES INTERPENETRES**

Mise en évidence des systèmes imbriqués ou interpénétrés : Exposé sur le CDM par Christine Bailleul - Responsable unité d'appui aux projets, programmes et portefeuilles de la DSNA

16h20 Peut-on tirer des leçons des difficultés et de la lenteur de la mise en œuvre du data-link? par Luc Deneufchâtel - AAE ; Directeur exécutif Lima Delta Consulting.

16h40 Questions et débat : (animation par Raymond Rosso, Gérard Rozenknop)

Q1 : Comment faire évoluer in vivo des systèmes opérationnels interpénétrés ?

Q2 : Quelles pourraient être des limites d'imbrications de fonctions admissibles ? En particulier prise en compte des situations difficiles. Exemple le PA suivant des ordres sécurisés après identification d'une déficience de l'avion ? effets sur la trajectoire de l'avion, sur la navigation aérienne (exemple de l'accident de l'US Airways 1549) ...

Remarque : La complexité des systèmes interpénétrés implique une architecture résiliente avec des compétences multidisciplinaires pour les opérateurs...

17h30 **REMERCIEMENTS, Fin de l'atelier, suites.** Par Alain Garcia

* Les étapes du V de validation des développements avec mise en évidence des acteurs concernés (en type de métiers et lieux-ex plateaux ; labo ; simu ; tours de contrôle...). La qualification et la certification associées.



Annexe 1

Les compétences relatives à l'ingénierie de conception-développement,

La réflexion suivante ne prétend pas couvrir toutes les compétences, car elles sont nombreuses, requises pour les équipes (les bureaux d'études et navigants d'essais constructeurs, parfois complétés par des pilotes de compagnies aériennes) développant les systèmes, mais seulement celles relatives au rôle joué par les systèmes automatiques dans les opérations de l'Aviation mettant en œuvre des humains. Les limites des possibilités humaines doivent être prises en compte tant pour les pilotes que pour les contrôleurs de la navigation aérienne ou encore les CCO, les activités aéroportuaires ...etc. Ces limites apparaissent lors du besoin de résolution de situations complexes ou très dynamiques tant en modes nominaux que dégradés. Par rapport aux situations inattendues engendrant la surprise (startle effects dans la littérature anglaise), avec production de stress, les situations imprévues (au sens littéral pendant le développement des systèmes) élèvent en général le niveau de la complexité de la résolution. Un exemple patent de non-respect de ces limites a été mis en lumière dans les derniers accidents d'un avion mis en service peu de temps auparavant incorporant un nouveau système de compensation d'attitude automatique mal connu des pilotes.

Ainsi les compétences en matière de conception architecturale, de calcul de performances, de logique de fonctionnement avec les liaisons entre éléments en modes nominaux et dégradés, de vérification de la tenue au niveau de sécurité exigé et enfin du respect des exigences réglementaires ne seront pas passées en revue, si ce n'est qu'indirectement pour le respect des conditions particulières qui seront sous-jacentes dans ce qui suit.

Compétences requises en matière des besoins humains :

Le document « JP les compétences pilotes-Juin2021Doc5 » doit être connu parfaitement des concepteurs, tant pour la prise en compte des recommandations faites que pour lancer des recherches relatives à la connaissance des limites des capacités humaines.

En voici des Extraits :

Sujet récurrent :

-Education des bureaux d'études à l'intégration des comportements humains dans toute étude HSI

Plus détaillé :

- Définir des procédures simples, en tenant compte de leur temps d'exécution en état de stress, avec une ergonomie de cockpit adaptée aux traitements rapides.*
- En revanche l'interfaçage HSI, dans le cockpit en particulier, peut être amélioré de façon considérable, dans la mesure où l'on admet de changer les standards actuels. Cette action est délicate compte-tenu des problèmes financiers qu'elle entraîne. Elle pourrait se produire lors du lancement d'un type nouveau d'avion, avec l'appui des entités d'influence internationale (OACI, EASA, FAA...).*
- Diminuer le nombre de paramètres à visualiser en les synthétisant*
- Utiliser le plus souvent possible des représentations par schémas*
- Identifier les ressources disponibles plutôt que les manquantes*
- Revoir les systèmes d'alarmes, surtout sonores*
- Proposer des actions à l'équipage dans les dégradations de situation*
- Changer les fonctions du Flight Director, les passer de passives à actives, par exemple de façon à figurer la trajectoire définie manuellement par pilote*
- Assurer un minimum de contrôle et de stabilité automatiques de trajectoire en cas de panne de systèmes ou de dégradation des systèmes de contrôle de vol*



- Assurer la stabilisation du vol en déconnexion des automatismes
- Simplifier les actions de l'équipage dans les situations complexes ou ambiguës
- Présentation correcte de l'incidence
- Revue des alarmes correspondantes, de leur combinaison avec d'autres alarmes
- Utilisation de l'IA pour la prévision, la prévention et la détection d'anomalies
- Utilisation de dessins et schémas dans les actions à suivre
- En cas d'alarmes multiples, avoir un diagnostic global et une procédure synthétique dans un ordre logique mélangeant causalité et gravité (au lieu d'un assemblage de procédures en fonction d'une hiérarchisation basée sur la gravité des conséquences)
- Vérification de cohérence et de vraisemblance en situation de panne
- Amélioration ainsi que signalé des possibilités du système ECAM
- Avoir une présentation synthétique des possibilités restantes après traitement des pannes

Les auteurs de ce chapitre désirent insister sur les points de conception suivants :

- En cas de panne interne les systèmes doivent se reconfigurer en assurant leur poursuite de fonctionnement sans discontinuité.
- Dans les cas sévères d'origine externes les ressources restant disponibles doivent être analysées avec actions immédiates assurées par les appareils laissant un délai d'analyse si intervention humaine il doit y avoir.
- Toujours possibilité de surpassement humain.
- Les informations données seront, dans l'ordre : 1) identification de la trajectoire actuelle suivie par l'appareil et à venir comparée à celle prévue initialement (vecteur vitesse dans l'espace environnant) ; 2) proposition d'actions suivantes; 3) sur demande identification des ressources énergie encore disponibles (poussée, électricité, hydraulique) ; 4) sur encore demande identification des états détaillés des systèmes via l' ECAM.

1) Rôle de l'Intelligence Artificielle (IA):

L'IA pourra jouer un rôle complémentaire dans le fonctionnement des systèmes avec un degré de confiance qui devra lui être reconnu mais qui sera, probablement, évolutif au fur et à mesure de son apprentissage. Au départ, après un niveau minimal lui ayant été reconnu elle pourra faire des propositions d'informations, puis d'actions et pourquoi pas surveiller des fonctionnements réalisés de manière classique ajoutant par là un potentiel de redondance par dissimilarité.

Plus tard elle pourra agir en permettant une réactivité plus grande dans des situations de plus en plus scabreuses.

L'ingénierie aura tout intérêt à se doter de compétences fortes sur le sujet, qui pourra devenir une solution différenciante en définissant un plan d'introduction ambitieux. Elle pourra jouer un rôle primordial pour les opérations à nombre d'intervenants réduits (ex SPO ou tour de contrôle déportée).

2) Rôle des simulations :

Elles sont actuellement utilisées pour valider les fonctionnalités en tous modes et pour l'entraînement des équipes, tant avant opérations qu'en formation récurrente. Il existe des projets tel que le Property Model Methodology (PMM)-voir publication Airbus et Micouin- pj2- permettant de remonter d'un cran la validation par rapport aux spécifications de haut niveau et assurant le suivi du produit sur toute sa vie. Il est intéressant que les concepteurs en généralisent leur utilisation pour des validations détaillées avant les vérifications en laboratoire, en vols, ou pire-pour des questions de coûts- en exploitation en ligne. Une



bibliothèque est imaginable afin de gagner en développement sur les produits se succédant. Par contre il faudra veiller à l'absence de conservatisme qui pourrait en résulter.

Annexe 2

Les systèmes automatiques seront imbriqués (ou interpénétrés) en fonctions (ex changement des trajectoires-objectifs de mission ; partage sol-bord) et en données (nécessaire à leur complétude et homogénéité de prise en compte des paramètres).*

Peut-on créer :

1 Un espace collaboratif (avec quels droits) ?

*2 Un système de systèmes avec pilotage (management) central et décentralisé** ad hoc ?*

**Il serait intéressant de distinguer l'automatisation de l'autonomisation. Une proposition de distinction a été donnée en séance : la différence se fait par rapport à l'humain qui décide encore sur un automatisme alors que l'automate prend à sa charge certaines décisions.*

On peut penser que les systèmes automatiques devant assurer une excellente fiabilité de fonctionnement devront recevoir des informations et être dépendants d'autres systèmes en nombre d'autant plus grand que leur niveau d'automatisme sera élevé. Citons l'exemple simple d'un vérin d'assistance d'effort requérant un simple ordre d'entrée et la source d'énergie. Une servocommande de déplacement de gouverne se différencie avec un ordre de déplacement et l'adjonction d'un retour du déplacement de la gouverne. Et ainsi de suite pour le système des commandes de vol, lui-même faisant partie, maintenant, du « pilote automatique » (PA) d'un avion, comme l'est la commande de poussée du système propulsif. Ces exemples sont choisis sur le véhicule mais l'augmentation de la qualité de l'automatisme conduit à intégrer le PA dans un ensemble plus complexe de conduite devant suivre un plan de vol. Chaque véhicule faisant partie de l'ensemble des vols d'une compagnie aérienne et du trafic aérien. Des données multiples sont nécessaires, en nombre de plus en plus grand lorsqu'on souhaite réaliser un plan de vol dans la plupart des conditions externes ou internes pouvant se présenter : il s'agit, par exemple, de situations externes variant par rapport à leurs prévisions ou de cas de pannes.

Par ailleurs les automatismes peuvent engendrer une plus grande autonomie de l'ensemble sur lesquels ils opèrent dans l'exécution de leurs tâches. La recherche de d'efficacité globale tend à proposer cette autonomie. Efficacité vue en rapidité d'action, économie d'énergie ou encore économie d'intervention humaine. La tendance actuelle de développer la solution d'un seul pilote à bord (SPO) conduit des concepteurs à penser à l'autonomie de la conduite complète du vol permettant de pallier la déficience du pilote à bord (au moins la poursuite du vol jusqu'à un atterrissage sûr). A partir de là il est nécessaire d'identifier les paramètres dont doit être nourri le système de conduite et leur provenance, sans oublier ceux qu'il doit émettre pour renseigner les systèmes connexes, aussi bien internes qu'externes au système. Ainsi il apparaît que des ensembles systèmes traditionnellement élaborés individuellement, et séparément, seront de plus en plus connectés entre eux. Citons comme exemple le centre de contrôle des opérations (CCO) d'une compagnie ainsi que le contrôle du trafic aérien (ATM) devant connaître une situation anormale d'un avion avec des limitations opérationnelles majeures. Avec un trafic aérien dense des décisions doivent être prises rapidement pour éviter un accident et minimiser l'impact sur l'acheminement des passagers. De ce fait à la fois le CCO et l'ATM doivent « digérer » des informations en provenance de l'avion et prévoir la suite du vol en conséquence. Chaque métier doit alors connaître assez finement les possibilités des autres avant d'agir.

Ici se posent les questions apparues lors de l'Atelier de 2021 : « *Peut-on créer :*

1 Un espace collaboratif (avec quels droits) ?

*2 Un système de systèmes avec pilotage (management) central et décentralisé** ad hoc ?*

***On peut penser au ciel unique européen en route avec des contrôles locaux des terminaux »*

L'Académie de l'Air et de l'Espace comprend le chamboulement que cela entraînerait, même en



imaginant des étapes intermédiaires qui comprendrait des protections pour des données confidentielles et contre les cyberattaques. Par contre dans le cadre d'une multiplication par 3 du nombre de vols, à l'horizon de 2050, avec un nombre d'aéroports évoluant relativement peu, des congestions pourront apparaître dans tous les cas de situations non nominales. On imagine aisément ce même type de situation si l'UAM se développe dans les grandes cités mondiales.

Il reste à imaginer le cahier des charges de cet espace collaboratif, son rôle réel avec les données dont il devrait disposer et sa mise en œuvre (des responsabilités seraient à définir). Mais il est certain que des compétences nouvelles avec compréhension des opérations des divers acteurs devraient être créés : pour le moins, un ingénieur systèmes, pilote d'avions de ligne ayant travaillé pour l'ATM paraîtrait avoir le bon profil.