



## Intégration des drones dans l'espace aérien non-ségrégué - Aspects Système

Conférence RACAM - Paris, 19 Mai 2011

Dominique BERTRAND – Cassidian Air Systems

## Généralités (1/2)

- Utilisation des drones en espace ségrégué / non-ségrégué
  - Drones d'Etat militaires: EMA, EMAA, EMAT, EMM, DRM, DGSE,...
    - Opèrent majoritairement en espace ségrégué,
    - Seront appelés de plus en plus à évoluer en espace non-ségrégué en support à certaines opérations non-militaires et/ou interministérielles, en particulier les drones MALE multi-capteurs.
  - Drones d'Etat non-militaires : Police, Sécurité Civile, Douanes,...
    - Devront probablement opérer dynamiquement dans un espace alternativement ségrégué et non-ségrégué de part le comportement imprévisible des cibles poursuivies (contrebande, immigration illégale, poursuite de go-fast,...),
    - Le cas le plus difficile en ce qui concerne la gestion dynamique de l'espace (et du spectre).
  - Drones civils : Surveillance d'infrastructures, Industrie du pétrole, surveillance de l'environnement, transport,...
    - Opèrent majoritairement en espace non-ségrégué,
    - Profils de vols stables et planifiés avec un préavis suffisant.



## General – Expérience Système EADS

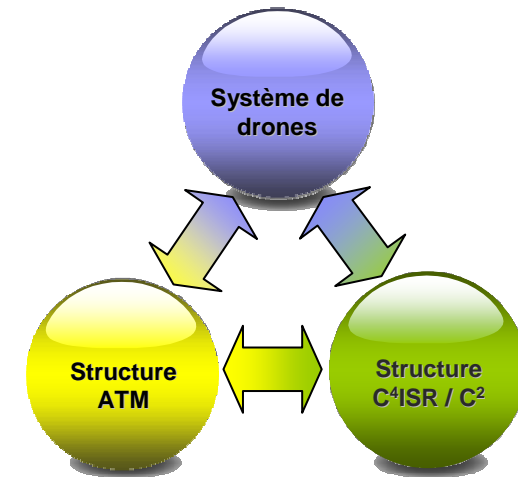
- EADS (Cassidian and Astrium) a l'habitude d'adresser des sujets "Systèmes de Systèmes" au domaine de l' ATM dans des environnements Défense & Sécurité mais également dans des environnements civils :
  - Participation Ingénierie Système SESAR (avec AIRBUS et Astrium),
  - ACCS (Centre C<sup>4</sup>ISR OTAN), SCCOA ( Centre C<sup>4</sup>ISR France), incluant l'étude en cours d'intégration des UAS dans la structure SCCOA dans le cadre de SCCOA IV,
  - ASTRAEA Intégration des UAS civils dans l'espace aérien britannique,
  - Etudes de l'Agence de Défense Européenne :
    - Roadmap d'intégration des UAS (Air4All),
    - Spectre de Fréquence pour les UAS pour la WRC 2012 (SIGAT),
    - Etude combinée avec l'ESA concernant l'utilisation de ressources satellites pour intégrer les UAS dans l'espace aérien (IDEAS).
    - Etude Sense & Avoid (MIDCAS)
  - Etudes OTAN NC3A sur le management de l'information dans une structure de Commandement (MAJIIC)



## Enseignements principaux (1/2)

### Quatre enseignements principaux :

- ① L'intégration des drones dans l'espace aérien non ségrégué doit être adressée en prenant en compte **simultanément** les exigences :
  - liées au Système de drone, composante aéroportée mais également segment sol et Communications,
  - liées à la structure de l'ATM (pas de révolution)
  - liées à la Structure de Commandement, militaire et civile (pas de révolution non plus),
  
- ② Le Besoin Opérationnel **Défense & Security** et le Besoin Opérationnel **Civil** (une fois exprimé) ne seront pas très différents :
  - Navigabilité – Sécurité des vols,
  - Qualité de la Navigation (BR-NAV, RNP RNAV,...),
  - Séparation – Anti-collision,
  - Management des trajectoires 3D / 4D,
  - Sécurité de l'Information (de bout en bout),
  - Qualité de Service des Communications :
    - Disponibilité, bande passante, protection contre les interférences,...

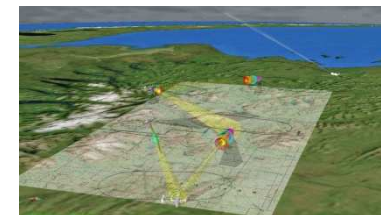
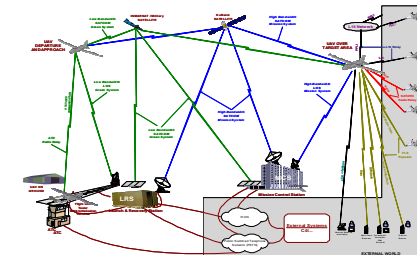
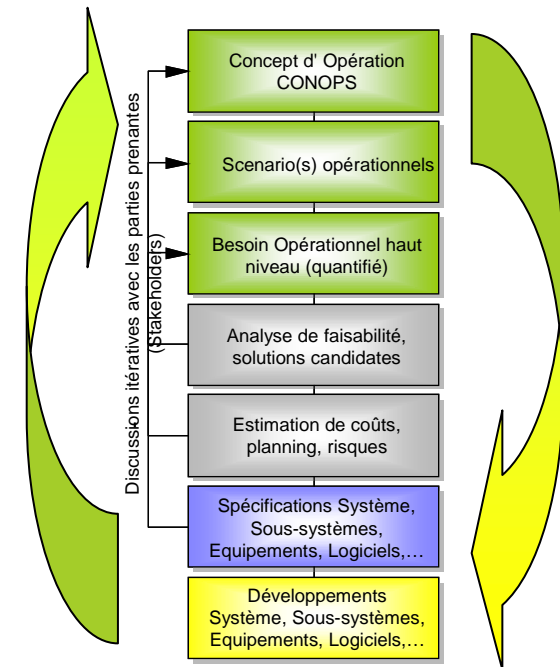


Il est indispensable que le Besoin Opérationnel d'intégration des drones dans l'espace soit exprimé d'une manière **exhaustive, détaillée et quantifiée**

## Enseignements principaux (2/2)

Quatre enseignements principaux (suite) :

- ③ Approches combinées "top-down" et "bottom-up":
- Concepts d'Opération Militaires et Civils, scénarii opérationnels réalistes,
  - Des exigences quantifiées (même grossièrement dans la version initiale),
  - Une liste exhaustive des contraintes court, moyen et long terme,
  - Aptitude à déterminer rapidement les "costs drivers", aptitude à faire des compromis coût / efficacité.
- ④ L'expérience acquise dans les domaines de la Défense & Sécurité et la technologie employée peuvent être réutilisée et adaptée (si nécessaire) au domaine Civil :
- Concept d'Emploi, Management des situations d'urgence,
  - Architectures Systèmes et Sous-systèmes (en particulier les Communications),
  - Architectures de Sécurité, Management de l'Information, interface avec les Structures de Commandement,...



## Intégration dans l'espace aérien non-ségrégué – Sujets clés

- Navigabilité
- Communications
  - Qualité de Service (QoS)
  - Sécurité (au sens safety)
  - Sécurité (au sens security) / Protection contre les interférences / Protection contre l'intrusion
  - Spectre de fréquence
  - Pertes de liaison
- Automaticité / Autonomie / Prédicibilité
- "Situation Awareness" / Facteurs Humains / Ergonomie
- Qualification de l'équipage / Entraînement
- Sense & Avoid / Météo
- Décollage-Atterrissage automatique
- Interface avec l'Air Traffic Management (ATM)
  - Aujourd'hui,
  - Demain (Single European Sky – SESAR)



## Navigabilité

- Situation actuelle :
  - Norme militaire France : **USAR V3** (pas de limitation de masse)
    - Objectif global de sécurité :  $5.10^{-5}$  attrition / heure de vol, scénario catastrophique :  $10^{-6}/hdv$
    - Logiciel : DO-178B DAL C pour logiciel critique
  - Norme OTAN : **STANAG 4671** Edition 1 (masse < 20 tonnes)
    - Objectif global de sécurité :  $10^{-5}/hdv$ , scénario catastrophique :  $10^{-6}/hdv$
    - Logiciel : DO-178B DAL B pour logiciel critique
  - STANAG 4671 Edition 2 non ratifiée.
  - EASA « **UAS Policy Paper for UAS airworthiness** » ::
    - des contraintes pouvant conduire à des objectifs de sécurité de  $10^{-9}/hdv$  (scénario catastrophique) et des niveaux de qualification du logiciel (**DO-178B DAL A** pour le logiciel critique),
    - des contraintes similaires à celles appliquées à des avions civils (alors qu'il n'y a personne à bord), conduisant à des **coûts de développement prohibitifs**.

DAL : Development Assurance Level

## Communications (1/2)

- **Qualité de Service (QoS)**
  - En supplément à la définition des bandes de fréquences (besoin d'harmonisation) et des standards, il est urgent de spécifier la **QoS nécessaire** pour le pilotage des drones pour garantir des opérations sécurisées et non perturbantes (pour l'environnement aéronautique)".
- **Navigabilité / Sécurité (au sens airworthiness/safety)**
  - Les exigences de navigabilité doivent se spécifier **au niveau Système global et faire l'objet d'une réglementation**. La déclinaison des objectifs Système au niveau Sous-systèmes / Equipements / Logiciels doivent rester de la responsabilité du Systémier de drones en fonction de l'architecture des Communications, du niveau de redondance, du niveau d'autonomie / automaticité du drone...
- **Sécurité (au sens security)**
  - A considérer **de bout en bout**, du capteur au terminal opérateur de la station sol (pas seulement la partie "hertzienne"),
  - Pour les drones militaires et civils. Pour les espaces ségrégués et non-ségrégués. Face à des interférences, du brouillage fratricide ou intentionnel.
  - Avec des valeurs de "protection" éventuellement ajustables en fonction de l'environnement et du type de drone.





## Communications (2/2)

### • Spectre

- Sujet essentiel. Les futurs drones devront **optimiser** le rapport information transmise et la bande passante/spectre utilisés, probablement en effectuant des **traitements "intelligents" de l'information à bord** avant transmission à la station sol.
- Le spectre maximal utilisable devrait faire partie des spécifications de haut niveau des drones,
- La **gestion dynamique du spectre** par les Autorités en charge de leur management serait également une piste à creuser. Gestion spatio-temporelle.



### • Perte de liaison

- Aujourd'hui, il n'y a pas de comportement standardisé des drones en cas de pertes de liaisons. Laissé à l'appréciation des constructeurs,
- Problème qui semble majeur aux U.S. (cf compte-rendus NextGen et groupes de travail FAA) + problèmes répétitifs de pertes de liaisons en Afghanistan et même sur le territoire U.S. (drones Predator B du département Homeland Security).
- **Pas de problème** particulier sur SIDM/Harfang.



## Automaticité – Autonomie - Prédicibilité

- **Automaticité**
  - Indispensable pour un certain nombre de processus de manière à **faciliter le travail des Opérateurs** : décollage et atterrissage, future fonction Sense & Avoid avec opérateur dans la boucle,
  - Moins évident sur des fonctions type "automatic taxiing",
  - **Indispensable** pour des fonctions de type détection / identification automatique de cibles pour lesquels l'Opérateur est fortement mis à contribution en temps réel (expérience Afghanistan).
- **Autonomie**
  - Pas applicable sur les drones militaires ou l'Opérateur est fortement sollicité (même pendant les phases de transit vers l'objectif),
  - Difficilement compatible de l'intégration dans le trafic aérien, aujourd'hui et probablement demain.
- **Prédicibilité**
  - Gros avantage des UAVS sur les avions pilotés. Le comportement est entièrement **planifié et prédictible** (même dans les situations d'urgence),
  - Le comportement prévisionnel du drone pourrait parfaitement être transmis en temps réel à l'ATM (sous forme de **trajectoires 4D**) notamment en cas d'urgence : atterrissage sur aérodrome de dégagement ou crash contrôlé.

## "Situation Awareness" - Facteurs Humains - Ergonomie

### ● Situation Awareness

- L'expérience Afghane acquise sur le SIDM/Harfang montre qu'il est très difficile pour l'équipage du drone d'avoir une vision exhaustive de son environnement. Vision du monde à travers une "paille de soda".
- Difficile d'utiliser les capteurs opérationnels (EO/IR en particulier) à des fins de Situation Awareness / Meteo avoidance simultanément avec l'utilisation opérationnelle. Encore plus vrai avec l'utilisation du Rover.
- Les futurs drones devront intégrer ce besoin indispensable :
  - Caméras panoramique additionnelles pour détection des obstacles, sur le tarmac, des nuages menaçants, des aéronefs proches (en coopération avec le Sense & Avoid),
  - Accès à la Situation Air dans la stations sol du drone, alertes auditives/visuelles sur conditions "anormales"...



### ● Facteurs Humains – Ergonomie

- Répartition des rôles et responsabilité entre Equipage drone, Centre(s) de Commandement et Contrôle du Trafic Aérien à affiner. Optimisation des échanges entre les trois composantes.
- Aujourd'hui, presque aucune contrainte ATM en ce qui concerne la conception des Interfaces Homme-Machine. Nouveaux standards à développer.

## Qualification de l'Equipage / Entrainement

### • Qualification de l'Equipage

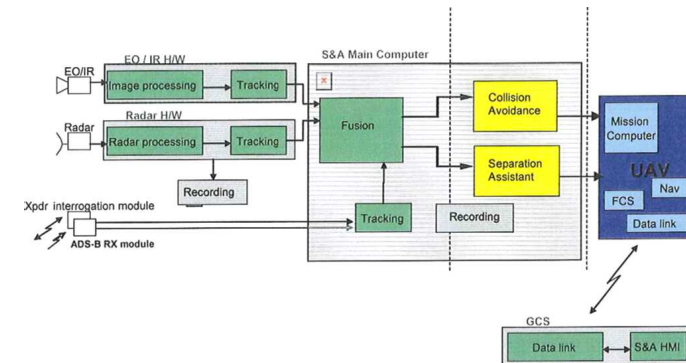
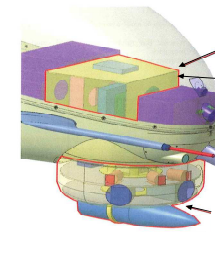
- Concerne principalement le pilote en charge du contrôle/commande du drone et de l'interface avec le Contrôle aérien,
- Les opérations en coalition nécessitent que tous les équipages de drones aient une "culture commune" en particulier en ce qui concerne l'interface avec la Structure de Contrôle aérien. Ce n'est pas toujours le cas.
- Il est cependant difficile (dixit OTAN) d'imposer une qualification minimale à des partenaires en coalition.
- Le **STANAG 4670** en cours de ratification définit les mesures minimales en ce qui concerne la formation et l'entrainement des pilotes.
- Des travaux au sein du groupe **JARUS** (ONERA) pour adapter la JAR-FCL pour en faire une UAS-FCL
- La fonction Simulation/Entrainement n'est en général pas ou mal spécifiée dans les Spécifications des Systèmes de drones :
  - Simulation de commande/contrôle du Véhicule Aérien et d'interface avec le Contrôle aérien et la Structure de Commandement,
  - Simulation de commande / contrôle des charges utiles.



## Sense & Avoid - Meteo

- Initiative MIDCAS (Agence de Défense Européenne)

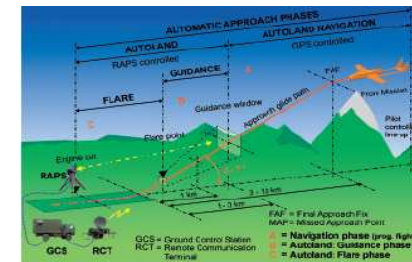
- Détermination des objectifs de sécurités liés à la fonction Sense & Avoid. Objectifs comparables à ceux de l'aviation traditionnelle :
  - $5 \times 10^{-9}$  collisions / heure de vol en espace contrôlé,
  - $0.5 \times 10^{-6}$  quand la séparation est à la charge de l'opérateur de drone.
- Concept Opérationnel. Spécifications des performances du Sous-système Sense & Avoid, anticollision et séparation,
- UAS > 150 Kg, en route, mode IFR,
- Architecture et design préliminaire du sous-système Sense & Avoid :
  - Système coopératif associé probablement à un Système non coopératif,
  - Capteurs optroniques EO, IR et et/ou Radar.
- Simulations temps réel
- Démonstrateur du sous-système Sense & Avoid
- Essais sur avion (NC-212 du CEV) et sur drone (Sky-Y d'Alenia).



- **Météo (avoidance) : non traité à ce jour.**

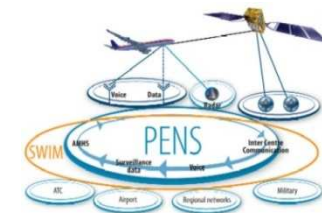
## Décollage – Atterrissage automatique

- **Avantages :**
  - Sécurise une phase responsable de plus de 30% des incidents (cf statistiques Predator A)
  - Simplifie la formation des opérateurs drones, minimise la qualification et l'entrainement nécessaires.
- **Plusieurs solutions :**
  - **Système primaire :**
    - GPS ou GPS+DGPS ou GPS+WAAS/EGNOS ou Radar de guidage millimétrique au sol, ou reconnaissance optronique ou radar de balises au sol,
  - **Système de secours :**
    - Radar millimétrique ou faisceau laser ou balises sol type pseudolite ou reconnaissance optronique ou radar de balises au sol, liaison de données LOS permettant une localisation spatiale précise.
- **Deux axes d'effort pour le futur :**
  - Insensibilité au brouillage intentionnel ou non-intentionnel,
  - **Minimisation de l'infrastructure sol** permettant de décoller (ou au moins) d'atterrir sur des aérodromes non préparés.



## Interface avec l'ATM

- Aujourd'hui :
  - Interface entre l'ATM (civil ou militaire) et le pilote du drone installé dans la station de contrôle du drone (GCS) se fait au travers de liaisons radio UHF ou VHF relayées par les liaisons LOS ou Satcom du drone. Liaison phonie uniquement.
- Demain :
  - Interface phonie / données? avec l'ATM se fera soit par liaisons IP entre Station sol du drone et ATM, soit par l'intermédiaire de liaisons Satcom "bas débit"? Réseaux existants type Inmarsat / Iridium ou nouveau réseau dédié ATM?
  - Des **objectifs de performance** (disponibilité, taux d'erreur, niveau de protection de l'information, ...) plutôt que des **solutions techniques imposées**.
  - Un **interface générique standardisé** permettant d'interfacer tout type de drone (> 150 kg) au réseau ATM PENS ou SWIM.
  - Des solution implémentables "step-by-step" à partir de 2014-2015.



## Conclusion

- L'insertion des drones dans l'espace aérien non-ségrégué impose une **règlementation stable au niveau européen** voire au niveau mondial,
- Une réglementation "**juste et raisonnable**" acceptée par tous les acteurs civils, militaires et industriels et qui ne doit pas conduire à une **inflation des coûts** (ni de l'ATM, ni des Systèmes de drones),
- La **capitalisation de l'expérience** acquise et une **implémentation "step-by-step"** de solutions aux travers **d'expérimentations sur des Systèmes réels** permettrait d'accélérer et sécuriser le processus d'intégration des drones dans l'espace non-ségrégué,
- Le **dialogue** entamé entre Autorités civiles et militaires avec participation des Industriels concernés par le domaine des drones et/ou de l'ATM est **essentiel** et doit s'intensifier.