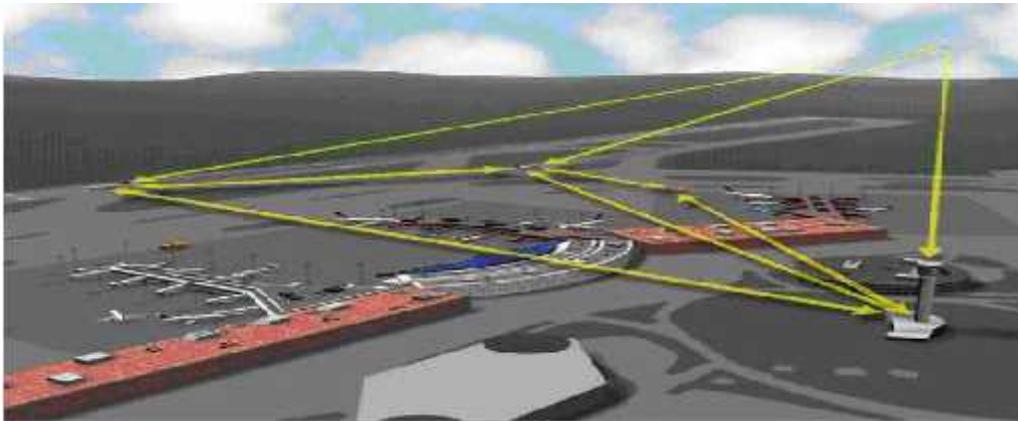


**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA**  
**RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA**  
**FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR**  
**DEPARTEMENT D'AERONAUTIQUE**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur**  
**d'état en Aéronautique**

**Spécialité: Navigation Aérienne**  
**Option : Installation**

**Theme:**  
**Elaboration d'une interface ADS-B - Plan de vol**



Présenté par :  
DAHDOUH Riad  
ABIDLI Boumediene

Promoteur :  
Mr : A.ZABOT

*Année 2006-2007*

## **Résumé**

*Ce projet de fin d'études consiste à élaborer un programme d'intégration du plan de vol dans le système ADS en corrélant les informations du plan de vol au niveau de la BDD dans la salle de contrôle et les informations réelles.*

*Cette corrélation permet au contrôleur d'avoir d'une façon permanente toutes les informations avion ;*

*Comme elle permet la signalisation (Visuelle+Textuelle) des alertes qui correspond aux différents (AVION Non Identifié, Avion Hors Trajectoires, Erreur de temps).*

## **المخلص**

يتمثل مشروع نهاية الدراسة في إعداد برنامج إدماج مخطط الطيران ADS وذلك بربط معلومات مخطط الطيران على مستوى BDD الكائن بقاعة المراقبة مع المعلومات الحقيقية .

إن هذا الربط يسمح للمراقب بإبلاغ الطائرة التي توجد محل متابعة و بصفة دائمة بكل المعلومات وكذلك إمكانية تغيير مخطط حسب الطلب . كما أنها تسمح بالإبلاغ المرئي والكتابي لكل الإنذارات المتعلقة بمختلف الوضعيات ( طائرة غير معروفة ، طائرة خارج المسار ، خطأ في التوقيت ) .

## **Summary**

*This project finally studies consists in working out a programme of integration of the flight plan in the ADS system by correlating information of the flight plan on the level of the BDD control room and real information.*

*This correlation makes it possible to the controller to display in a permanent way all information for the aircraft,*

*As it allows indication (Visual + Textual) alarms which correspond to different problems (Aircraft Not Identified, Aircraft except Trajectories, Error of time).*

<b><u>Sommaire</u></b>	<b><u>Page</u></b>
Introduction générale .....	1
<b><u>Chapitre I : Généralité sur les moyens CNS/ATM</u></b> .....	1
I.1HISTORIQUE .....	2
I.2 Définition du concept CNS/ATM .....	3
I.2.1 Communications .....	3
Buts .....	3
I.1.2.2Communications vocales .....	5
I.1.2.3 Communication de données .....	5
I.22 Navigation .....	7
Buts .....	7
I.23 Surveillance .....	9
Buts .....	9
<b><u>Chapitre II : La mise en œuvre de l'ADS</u></b> .....	11
II.1Présentation du système ADS .....	12
II.11HISTORIQUE .....	12
Partie 1 :LE CONCEPT ADS-C .....	12
1.Introduction .....	13
1.1 Contrat à la demande .....	13
112 Description de la fonction .....	14
123 Description des messages .....	14
1.2 contrats événement .....	15
121Description de la fonction .....	15
122Description des messages .....	18
1.3Contrat périodique .....	19
1.31 Description de la fonction .....	19
1.32Description des messages .....	20
1.4 Contrats d'urgence .....	19
1.41 Description de la fonction .....	21
1.4.2 Description des messages .....	21

143 Annulation du contrat .....	22
1431 Description de la fonction .....	22
1432 Description des messages .....	22
Partie 2 surveillance dépendante automatique mode diffusion (ADS-B).....	24
Introduction :.....	24
22 Définition de l'ADS-B (OACI) :.....	24
23 Principe de l'ADS-B:.....	26
24 Architecture du système ADS-B:.....	27
24.1 Architecture embarquée ADS-B Out.....	27
2.4.2 Architecture embarquée ADS-B In.....	27
2.4.3 Architecture sol:.....	28
2.5 Contenu du message ADS-B:.....	28
2.6 Les Media de transmissions du système ADS-B :.....	28
2.6.1 Critères de choix .....	30
2.6.1.1 Performance :.....	30
2.6.1.2 Intégration dans l'architecture actuelle.....	31
2.7 Description des media :.....	32
2.7.1 VDL MODE 4 .....	32
2.7.1.1 Description technique :.....	32
2.7.1.2 VDL mode 4 – Transmission :.....	33
2.7. 2 Equipement technique de l'ADS-B /VDL MODE 4:.....	33
2.7.2.1 Station sol .....	34
2.7.2. 2 Transpondeur VDL mode 4 (Émetteur récepteur) :.....	34
2.7.3 Inconvénient:.....	35
2.8 1090 Extended SQUITTER ...	35
2.8.1 Short Mode S Squitter :.....	36
2.8.1.1 Intérêt : .....	37
2.8.1.2 Inconvénients .....	37
2.9 Universal Access Transceiver (UAT) :.....	38
2.9.1 Format du message UAT :.....	39
2.10 Performance de chaque média:.....	40

2.10.1 Extended Squitter Mode S: .....	40
2.10.2 Universal Access Transceiver : .....	40
2.10.3 VHF Digital Link Mode 4.....	40
2.10.4 Comparaisons entre les performances des liens : .....	40
2.1.1 COMPARAISON ENTRE ADS-B ET D'AUTRE MOYEN : .....	41
2.1.1.1 DIFFÉRENCES ENTRE L'ACAS ET L'ADS-B : .....	42
2.1.1.2 Autre moyens de surveillance : .....	43
2.1.1.2.1 Traffic Information Service – Broadcast (TIS-B):.....	43
2.1.1.2.2 Flight Information Service – Broadcast (FIS-B):.....	44
2.12 Applications ADS-B :.....	45
2.12.1 Applications aéroportées d'ADS-B :.....	45
2.12.2 Applications de surveillance installées au sol : .....	46
2.12.2.1 ADS-B RAD (surveillance d'ATC pour des secteurs de radar) :.....	46
2.12.2.2 ADS-B NRA (surveillance d'ATC dans le secteur de non-radar) :....	47
2.12.2.3 ADS-B APT (surveillance de la surface Surveillance de la circulation à la surface des aéroports) :.	48
2.12.2.4 ATSA SURF (augmentation de la connaissance situationnelle du trafic sur la surface d'aéroport) :	49
2.12.2.5 Les Conditions d'application temporaires :.....	50
Partie 3 : LA MISE EN ŒUVRE DE L'ADS-B .....	51
3.1 Planification .....	51
3.2 Équipe de mise en œuvre veillant à la coordination internationale .....	51
3.3 Compatibilité des systèmes .....	52
3.4 Intégration .....	52
3.5 Liste de vérification de la mise en œuvre .....	53
3.5.1 Phase conceptuelle .....	54
3.5.2 Phase de l'avant-projet .....	55
3.5.3 Phase de mise en œuvre .....	56
<b>CHAPITRE III : Information PLN DE VOL.....</b>	<b>58</b>
III.1 Dossier de vol.....	58

III.1.1Plan de vol Technique .....	58
III.1.2Plan de vol ATC .....	59
III.1.2.1Types de plan de vol .....	59
III.1.2.2Obligation de plan de vol .....	59
III.1.2.3Forme et délais de communication .....	59
III.1.2.3.1Vol IFR .....	59
III.1.2.3.2Vols VFR bénéficiant du service de contrôle de la circulation aérienne .....	60
III.1.2.3.3Vol franchissant des frontières .....	60
III.1.2.4Majoration des délais de dépôt .....	60
III.1.2.5Le plan de vol déposé .....	60
III.2Forme OACI du plan de vol .....	62
III.3 Circulation d'information du PLN .....	71
III.4 Source d'information du PLN .....	71
<b><u>CHAPITRE V : Interface ADS-PLAN DE VOL</u></b> .....	74
V.1 Interface ADS-plan de vol.....	74

### **Liste des Figures :**

Figure II.1 Concept de base

Figure II.2: Architecture ADS-B

Figure II.3: ADS-B Out

Figure II.4: ADS-B In

Figure II.5: Architecture sol

Figure II.6 : Super frame VDL mode 4

Figure II.7: la station sol

Figure II.8 : Message du short squiter

Figure II.9 : Format du message de l'ES 1090

Figure II.10 : Message de l'UAT

Figure II.11 : Format du message

Figure II.12: Traffic Information Service – Broadcast

Figure II.13 : diagramme concept TIS-B

Figure III.1 : Forme OACI du plan de vol

Figure V.1: Interface ADS

Figure V.2 : Message d'alerte Appareille non identifier

Figure V.3 : Message d'alerte Appareille hors trajectoire

Figure V.4 : Message d'alerte Temps non respecter

Figure A.1 Transpondeur du VDL MODE 4

### **Liste des Tableaux :**

Tableau II.1: Résumé des conditions d'application temporaires

Tableau A.1 : Transpondeur du VDL MODE 4

## **Introduction générale :**

La surveillance en aviation civile sert à des fins diverses : ATM, conditions météorologiques, évitement d'obstacles, recherches et sauvetage, etc. Plusieurs techniques permettent d'obtenir des données de surveillance aux fins de l'ATM, mais il n'en existe que deux qui sont indépendantes des cibles sous surveillance, ces cibles pouvant être des aéronefs, des véhicules et de nombreux autres éléments du «trafic». Ces deux techniques indépendantes sont l'acquisition visuelle et l'observation au radar primaire de surveillance (PSR).

Toutes les autres techniques, dont l'utilisation du SSR, de l'ADS-C, de l'ADS-B et des rapports de position par CPDLC, requièrent à des degrés divers la participation de la cible et la présence à bord d'équipement permettant de communiquer des données de surveillance. Ainsi, les rapports de position en phonie et en CPDLC exigent un équipement particulier de communications et «dépendent» des données de navigation 4-D fournies par l'avionique.

Le SSR mode S ajoute aux renseignements communiqués en mode A/C (identification et altitude) une adresse élargie de l'aéronef et une capacité de liaison de données bilatérale. Le mode S a aussi permis au système anticollision embarqué (ACAS) d'évoluer.

## **Plan de travail :**

Notre travail consiste à réaliser une interface entre les données plan de vol et les informations fournis par l'ADS.

Pour se faire le travail est devisé comme suite :

Chapitre I : Des généralités sur le concept CNS/ATM

Chapitre II : Présentations des systèmes ADS-C et ADS-B, descriptions et comparaison entre les médias nécessaires pour la liaison des données.

Chapitre III : Présentation du plan de vol, de sa structure et des données nécessaires pour réaliser l'interface

Chapitre V : Réalisation du programme d'intégration du plan de vol dans le système ADS pour la Surveillance permanente d'une situation aérienne donnée.

**Chapitre I :**

**GENERALITES SUR LES MOYENS**

**CNS/ATM :**

## I.1 HISTORIQUE

Constatant la croissance régulière de l'aviation civile, informé des prévisions de croissance du trafic et conscient que de nouvelles technologies apparaissaient à l'horizon, le Conseil de l'OACI se pencha à cette époque sur les besoins futurs de la communauté de l'aviation civile. Sa réflexion l'amena à conclure qu'il fallait engager une analyse et une réévaluation approfondies des méthodes et des techniques qui avaient servi l'aviation civile internationale pendant des années. Voyant que les systèmes et les procédures employés par l'aviation civile avaient atteint leur limite, le Conseil prit une importante décision à un moment clé, celle de créer le comité spécial des futurs systèmes de navigation aérienne (FANS). Le Comité FANS fut chargé d'étudier, de reconnaître et d'évaluer de nouvelles techniques, dont l'utilisation des satellites, et de faire des recommandations en vue de développement de la navigation aérienne à l'intention de l'aviation civile pour une période de l'ordre de 25 ans.

Le Comité FANS constata qu'il serait nécessaire de mettre au point des systèmes nouveaux pour s'affranchir des limites des systèmes classiques et pour permettre de développer à l'échelle mondiale. Les futurs systèmes devaient pouvoir évoluer, de façon à coller davantage aux besoins des usagers, dont la santé économique allait être directement liée à l'efficacité des systèmes. Le Comité FANS conclut que la technologie reposant sur les satellites offrait une solution viable pour remédier aux carences des systèmes classiques à base de stations sol et pour répondre aux futurs besoins de la communauté de l'aviation civile internationale.

La dixième conférence de navigation aérienne a produit une série de recommandations acceptées de façon universelle et couvrant l'éventail complet des activités CNS/ATM, qui continue à guider et à orienter la communauté de l'aviation civile internationale dans ses travaux de planification et de mise en œuvre des aspects techniques et opérationnels des systèmes CNS/ATM...

Cet entérinement des systèmes CNS/ATM à la dixième Conférence de navigation aérienne a marqué le début d'une ère nouvelle pour l'aviation civile internationale et il a ouvert la voie à de multiples activités relatives à la planification et à l'implantation des

nouveaux systèmes tout autour du monde. À la suite de cette conférence, le Conseil de l'OACI souligna à nouveau l'importance du rôle des régions et des États en matière de planification et de mise en œuvre des systèmes CNS/ATM et en matière de transition vers ces systèmes et il réaffirma la nécessité d'une participation active des bureaux régionaux de l'OACI dans ces domaines.

En septembre 1991, 450 représentants de 85 États et de 13 organisations internationales se réunirent au siège de l'OACI, à Montréal, à l'occasion de la dixième Conférence de navigation aérienne, pour étudier et adopter le concept d'un futur système de navigation aérienne élaboré par les Comités FANS qui répond aux besoins de la communauté de l'aviation civile. Le concept FANS, connu aujourd'hui sous la désignation de systèmes de communications, navigation et surveillance et de gestion du trafic aérien (CNS/ATM); fait intervenir un ensemble complexe de technologies connexes qui reposent largement sur les satellites. Il s'agit de la vision qu'a élaborée l'OACI avec l'entière coopération de tous les secteurs de la communauté aéronautique pour répondre aux besoins futurs du transport aérien international.

## **I.2 Concept CNS/ATM :**

### **I.2.1 Définition**

Il consiste à réunir des informations issues des fonctions de communication et navigation pour calculer en permanence la position relative des aéronefs au sol. Les trois principaux éléments des systèmes CNS/ATM sont :

#### **I.2.1 Communications :**

##### **Buts :**

- Réduire le coût du cycle de vie de l'équipement de communication ainsi que du déplacement de données;
- Étendre les zones de couverture des communications directes contrôleur-pilote (DCPC) lorsqu'une analyse de rentabilisation positive le justifie;
- Atténuer l'encombrement du canal radio VHF;
- Rehausser la clarté des messages;
- Accroître la fiabilité du réseau de communications;
- Améliorer l'accès, tant à l'interne que chez les parties intéressées, aux données et aux produits d'information afin de faciliter la prise de décisions tactiques et stratégiques

Les améliorations en matière de communications vocales et de communications de données, en particulier la capacité de transmettre efficacement de grandes quantités de données avec une grande vitesse et d'intégrité, jouent un rôle important dans le cadre des projets liés à la navigation, à la surveillance et à l'ATM. Par exemple, le transfert de données à grande vitesse et à intégrité élevée entre, d'une part, les stations de référence et principales et, d'autre part, l'avionique de bord est une exigence sous-jacente appuyant les demandes en déplacement de données en vue de répondre aux besoins en matière d'intégrité du WAAS.

De plus, la tendance continuera de s'accroître en ce qui concerne le partage de données et de produits d'information avec les clients et les parties intéressées dans un esprit de collaboration.

Les communications contrôleur-pilote par liaison de données (CPDLC) permettant d'assurer la transmission d'autorisations et de messages entre éléments air-sol, air-air et sol-sol (autorisation pré-départ) sont en hausse.

Le recours au réseau de télécommunications aéronautiques (ATN) comme principal réseau de communications ainsi qu'aux réseaux publics de transmission de données (PDN) sera maintenu, s'il est possible de démontrer que la sécurité des données peut être assurée au même niveau et qu'il s'agit d'une solution de rechange rentable à l'ATN. D'importantes améliorations seront apportées en matière de vitesse, de capacité et d'utilité du contenu des messages échangés entre les aménagements ATC dans le cadre de la mise en œuvre du CAATS. La tendance la plus marquée dans le domaine des communications sera le partage de produits d'information numériques entre les fournisseurs de services SNA et leurs clients, tant dans le poste de pilotage que dans les bureaux de répartition. Ces produits pourraient comprendre des renseignements sur les conditions météorologiques et la circulation qui serviront à prendre des décisions tactiques et stratégiques quant aux trajectoires des aéronefs.

La mise en service des centres d'information de vol (FIC) s'est traduite par une augmentation des communications à distance et de l'utilisation du réseau. L'architecture du réseau a été modifiée en vue d'assumer cette charge additionnelle, et d'autres systèmes de surveillance et de contrôle radio (RCMS) ont été achetés pour contrôler l'équipement de communication vocale à distance. Les améliorations

apportées à la technologie de liaison de données sur le plan de la vitesse, de la largeur de bande et de l'intégrité de la messagerie, combinées à une réduction des coûts par message, influenceront sur la refonte de la prestation du service.

La dépendance des transporteurs à l'égard de la messagerie par liaison de données pour assurer la surveillance et le contrôle tactiques de la répartition rehaussera le niveau global d'équipement électronique de bord nécessaire avant que des changements puissent être mis en œuvre à l'échelle du système. Il est nécessaire de sélectionner un format de message unique et un équipement commun de transmission et de réception avant de procéder à la mise en œuvre à grande échelle.

Les changements qui seront apportés dans l'avenir à l'infrastructure des communications seront fondés sur les exigences et s'inscriront dans le cadre de l'approche systémique totale; ils ne seront pas considérés comme une gamme de composants air-sol et sol-sol indépendants.

#### **I.1.2.2 Communications vocales :**

Les communications vocales demeurent le moyen utilisé pour échanger l'information urgente. L'utilisation de la radio air-sol est en hausse constante, ce qui restreint la disponibilité de la bande passante VHF.

Pour répondre aux besoins d'un plus grand nombre d'utilisateurs, l'espacement des canaux a été ramené de 100 kHz à 50 kHz, puis à 25 kHz. En Amérique du Nord, il n'est pas encore nécessaire d'adopter l'espacement des canaux de 8,33 kHz qui est déjà en vigueur en Europe.

Le prochain progrès technologique en ce sens est l'avènement des radios numériques permettant de mener jusqu'à quatre conversations indépendantes (quatre exploitants distincts s'adressent à autant d'aéronefs) sur la même fréquence de canal, au moyen seulement d'un canal de 25 kHz de largeur. Cette fonction, similaire à la modulation du téléphone cellulaire, s'appelle technologie VDL mode-3 (VDL 3).

#### **I.1.2.3 Communication de données :**

Bon nombre des changements que l'on prévoit dans le cadre de l'ATM reposeront sur des systèmes de communications qui permettront d'accéder en temps réel à l'information numérique pour les systèmes d'automatisation. De plus, les exigences relatives à l'infrastructure des communications sont liées à l'atteinte

d'objectifs de performance en matière de surveillance, tant sur le plan de la réception et de la redistribution des données radar qu'en regard des données de surveillance dépendante automatique. L'un des problèmes les plus importants sera de pouvoir rendre de grandes quantités de données numériques accessibles simultanément à des points multiples et cela conformément à des niveaux élevés d'intégrité.

Les nouvelles exigences en données numériques découlent de l'accentuation des besoins de nos systèmes internes relativement aux affichages de l'espace de la circulation, aux avertissements automatisés et à la prédiction des conflits. En outre, les systèmes experts des utilisateurs externes ont besoin de certaines de ces mêmes données pour la prise de décisions stratégiques et tactiques. Les systèmes de planification stratégique à plus long terme peuvent compter sur des réseaux du service fixe des télécommunications publiques ou privés selon les exigences relatives à la sécurité, à l'intégrité et à l'accessibilité des données.

Les exigences à court terme relatives aux données tactiques et stratégiques créent des demandes pour des systèmes de télécommunications mobiles.

Des évaluations techniques des technologies disponibles en matière de liaison de données sont toujours en cours. Au moins neuf options différentes répondent à divers objectifs de performance. Même si une certaine uniformisation sera nécessaire dans une grande partie du trafic mixte pour que le fournisseur de SNA puisse en tirer avantage, la technologie que les exploitants d'aéronefs retiendront dépendra de la faisabilité économique. Comme Boeing, Airbus, la FAA et EUROCONTROL ont rapidement adopté le squitter long 1090, cette technologie est déjà intégrée à bon nombre d'aéronefs de série à la sortie de la chaîne de montage. Pour la liaison montante-descendante et la diffusion air-air, l'émetteur à accès universel (UAT) et la technologie VDL mode-4 (VDL4) sont les seules autres technologies connexes.

## **I.2.2 Navigation :**

### **Buts :**

- Permettre aux exploitants de tirer parti des investissements dans le GNSS et dans d'autres instruments d'avionique RNAV en passant entièrement à un environnement de navigation de surface (RNAV) en route, dans les régions terminales et pour certaines approches;
- Concevoir des approches en tirant parti des systèmes GNSS et d'autres instruments d'avionique évolués pour assurer des minimums inférieurs et accroître la capacité d'utilisation des aéroports;
- Concevoir des procédures d'approche pour profiter du guidage vertical offert par le GNSS et par d'autres instruments d'avionique de bord, et ainsi réduire le risque d'impact sans perte de contrôle (CFIT);
- Concevoir l'espace aérien à l'aide du concept RNP lorsqu'il permet d'en accroître la capacité;
- Réduire le coût de prestation des services de navigation en diminuant la dépendance en vers les aides à la navigation au sol.

Dans le domaine de la navigation, les améliorations concernent essentiellement la mise en place progressive de moyens de navigation de surface (RNAV) ce qui permet aux exploitants de tirer parti des systèmes de bord. L'introduction de la navigation par satellite, fondée sur le système mondial de navigation par satellite (GNSS), a mis la RNAV à la portée de tous les exploitants, et permet d'envisager la transition complète vers des opérations en route et terminales basées sur la RNAV.

Entre-temps, certaines aides au sol doivent être remplacées. Les deux facteurs suivants détermineront la portée du programme de remplacement des aides au sol : le rythme auquel les exploitants d'aéronefs se dotent d'instruments d'avionique GNSS; et la mesure dans laquelle il faudra conserver certaines aides au sol pour atténuer les dangers liés à l'interférence avec les signaux GNSS.

Le concept de qualité de navigation requise (RNP), qui tient compte de l'exactitude, de l'intégrité, de la continuité et de la disponibilité d'un système RNAV,

est directement lié à la conception de l'espace aérien, tant pour l'espacement des routes que pour la conception des approches. Les nouveaux avions d'affaires et de compagnies aériennes ont recours au GPS et à d'autres capteurs, de même qu'à des logiciels qui leur sont propres, pour respecter les normes RNP au cours de la plupart des phases de vol. Ces avions utilisent les données provenant de l'altimètre barométrique pour assurer le guidage vertical. C'est ce qu'on appelle la navigation verticale (VNAV) barométrique.

Comme l'avionique GPS certifiée pour le vol IFR est conforme à la RNP en matière de navigation en route et de région terminale, et d'approche de non-précision, elle appuie l'utilisation de nouvelles conceptions de l'espace aérien. Le GPS prend déjà en charge des approches directes très précises avec des minimums inférieurs pour de nombreuses pistes à des aéroports secondaires, d'où une réduction des retards, des détournements et des survols. Le GPS en soi ne prend pas en charge les approches avec guidage vertical, qui représentent un élément essentiel pour réduire le risque d'impact sans perte de contrôle (CFIT). De plus, le GPS en soi n'assure pas le niveau de disponibilité nécessaire pour envisager la mise hors service d'un nombre appréciable d'aides au sol. La réalisation de ces deux buts clés passe par le renforcement du GPS.

L'OACI a établi des normes relatives aux trois systèmes de renforcement suivants :

- le système de renforcement satellitaire (SBAS), appelé système de renforcement à couverture étendue, (WAAS) en Amérique du Nord;
- le système de renforcement au sol (GBAS), appelé système de renforcement à couverture locale (LAAS) en Amérique du Nord;
- le système de renforcement régional au sol (GRAS), en voie d'être mis au point en Australie.

### I.2.3 Surveillance :

#### Buts :

- Améliorer la sécurité en étendant les zones de surveillance aérienne et de surface d'aéroport;
- Réduire les restrictions imposées aux trajectoires préférentielles des utilisateurs pouvant découler des limites de la surveillance;
- Réduire les coûts d'acquisition de données de position d'aéronefs et de véhicules d'aéroport;
- Accroître le volume d'espace aérien lorsqu'il est possible d'appliquer des normes d'espacement réduit par suite de l'amélioration de la surveillance;
- Répandre le partage des données de surveillance entre les aménagements de contrôle et avec les parties intéressées externes afin d'améliorer la planification tactique et stratégique des trajectoires;
- Assouplir la gestion de la circulation aérienne (ATM).

Le radar de surveillance a toujours été un outil ATC servant à faire respecter les normes d'espacement minimum et à faciliter le débit de la circulation. La surveillance est soit indépendante, soit dépendante.

Le radar primaire de surveillance (PSR) assure une surveillance indépendante, car il ne nécessite aucune réponse de l'aéronef. La surveillance dépendante exige une réponse de l'aéronef afin de corriger la position de l'aéronef dans l'espace. Le radar secondaire de surveillance (SSR) utilise une réponse interrogative provenant d'un transpondeur de bord pour déterminer la position de l'aéronef.

La surveillance dépendante automatique (ADS) repose sur la transmission de la position RNAV passant par le GNSS de l'aéronef au moyen d'une liaison de données avec l'ATC. Les normes d'espacement applicables au PSR et au SSR sont bien établies. Celle de l'ADS est en cours d'élaboration, mais sera probablement semblable à la norme radar et bien meilleure que celle de l'espacement non radar appliquée aux comptes rendus de position vocaux. L'un des problèmes liés à l'ADS est le risque de défaillance de mode commun. La défaillance du système de navigation se

traduit par la perte de la capacité de navigation à bord de l'aéronef et la perte de la surveillance ATC.

La capacité de communication et la capacité de navigation contribuent toutes deux à la capacité de l'espace aérien. La performance de navigation peut garantir qu'un aéronef demeure dans les limites de l'espace aérien prescrit. Les communications directes contrôleur-pilote (DCPC) sont requises même dans l'espace aérien radar pour respecter une norme d'espacement. Toutefois, l'un des principaux facteurs de capacité est la surveillance.

Dans un espace aérien achalandé, la surveillance est un outil indispensable qui assure la capacité maximale de l'espace aérien. Devant la hausse des niveaux de trafic dans les régions éloignées et océaniques, On doit considérer le recours au radar (SSR) ou à l'ADS pour réduire les retards et permettre aux clients de suivre les trajectoires désirées. Bien que les stations SSR au sol soient plus coûteuses que celles servant à recevoir les signaux ADS, l'équipement électronique de bord pose un problème – la plupart des aéronefs sont dotés de transpondeurs, mais un moins grand nombre d'aéronefs sont dotés de l'avionique ADS.

Outre les projets visant à recueillir les données brutes requises pour positionner les aéronefs, des interfaces de télécommunication de données, des systèmes de traitement et des systèmes d'affichage complémentaires sont nécessaires pour appuyer les fonctions ATM. Par conséquent, un certain nombre de projets de gestion et d'affichage de l'information sont en cours en vue d'accroître la performance sur le plan de la surveillance. Le présent chapitre est divisé en deux parties, soit les systèmes de surveillance ainsi que les systèmes de traitement et d'affichage des données de surveillance

## *Chapitre 2 :*

# LA MISE EN ŒUVRE DE L'ADS

## **II.1 Présentation du système ADS :**

### **II.1.1 HISTORIQUE :**

Au début des années 90, le groupe FANS de l'OACI donnait naissance au concept CNS-ATM « Communication Navigation Surveillance - Air Traffic Management », dont l'objet principal était de faire face à l'accroissement du trafic aérien et ce grâce à des outils sol et bord plus performants mais aussi par une amélioration des échanges pilote - ATC. Les aspects communication et navigation furent traités au travers des liaisons de données, du concept ATN et du GNSS tandis que, pour la partie surveillance, apparaissait le concept ADS. Le principe était qu'un avion fournirait automatiquement, par liaison de données, des informations dérivées des équipements embarqués, telles que son identification, sa position 4D ou d'autres données pertinentes. Les objectifs principaux de l'ADS étaient d'améliorer la surveillance et de proposer une solution pour les zones désertiques ou océaniques. Pour ce faire, l'ADS s'appuie sur les améliorations des systèmes de communication et navigation.

Les premières études ADS ont, dans un premier temps, principalement considéré l'ADS-Contrat dont le principe est l'établissement d'un contrat entre un avion et l'ATC afin d'effectuer une certaine application. Mais, depuis quelques années, l'ADS-Broadcast devient le sujet « à la mode » et l'on voit nombre de projets, d'études et d'expérimentations se multiplier autour de ce concept. Les principales différences entre ces deux services de l'ADS résident dans le fait que le message ADS-B est envoyé systématiquement, avec un contenu non figé et sans destinataire identifié tandis que l'envoi du message ADS-C se fait uniquement dans le cadre d'un contrat avec un destinataire identifié. De ce fait, l'ADS-B se rapproche beaucoup plus d'une surveillance temps réel car il permet de connaître, à intervalle régulier (dépendent de l'application et de la phase de vol), la position exacte d'un avion identifié par son adresse OACI ou son identificateur d'appel.

Au delà de l'amélioration en termes de surveillance, beaucoup voient, au travers de l'ADS-B, un moyen d'augmenter la capacité, d'aller vers les concepts Free Flight.

## Partie 1 : Le concept ADS-C

### **1. Introduction :**

L'application ADS est conçue pour transmettre automatiquement des comptes rendus sur l'aéronef à un utilisateur. Les comptes rendus ADS donnent des informations sur la position de l'aéronef ainsi que d'autres informations qui peuvent être utiles pour la fonction de gestion du trafic aérien, notamment le contrôle de la circulation aérienne. L'aéronef fournit des informations à l'utilisateur dans les cas suivants :

**1.1 Contrat à la demande:** en vertu de ce contrat conclu avec le système sol, l'aéronef fournit les informations immédiatement et une seule fois;

**1.2 Contrat périodique:** en vertu de ce contrat conclu avec le système sol, l'aéronef fournit des informations périodiquement

**1.3 Contrat événement:** en vertu de ce contrat conclu avec le système sol, l'aéronef fournit des informations lorsque certains événements sont détectés par l'avionique;

**1.4 Contrat d'urgence:** dans des situations d'urgence, l'aéronef fournit des Informations périodiquement sans établir d'accord préalable avec le système sol

### **2. Fonctionnalités générales :**

Les systèmes avioniques peuvent établir des contrats avec un minimum de quatre systèmes sol ATC simultanément; ils peuvent aussi prendre en charge un contrat à la demande, un contrat événement et un contrat périodique avec chaque système sol en même temps.

De plus, si le pilote ou l'avionique le décide, l'avionique interrompt tout contrat périodique en cours et établit un contrat d'urgence avec chaque système sol avec lequel il possède un contrat ADS.

Les informations fournies par les mises en œuvre dans les comptes rendus ADS doivent être exactes et transmises au moment opportun;

## **1.1 Contrat à la demande :**

### **1.1.1 Description de la fonction :**

Cette fonction permet au système sol d'établir un contrat à la demande avec un aéronef et de réaliser les conditions du contrat. L'exécution de ce contrat comporte la transmission par l'aéronef d'un seul compte rendu au système sol.

Il n'y a pas de limite au nombre de contrats à la demande qui peuvent être établis séquentiellement avec un aéronef. Les informations de base sont envoyées dans le compte rendu. À titre facultatif, d'autres informations peuvent aussi être envoyées à la demande du système sol.

Le système sol envoie une demande d'établissement de contrat à la demande au système avionique. Cette demande contient une indication des blocs d'information optionnels requis. L'avionique détermine alors si la demande contient des erreurs et, en l'absence d'erreurs, si elle est en mesure à la demande. Dans l'affirmative, l'avionique envoie le compte rendu le plus tôt possible. Si la demande de contrat contient des erreurs ou si l'avionique ne peut pas la demande, l'avionique transmet un accusé de réception négatif au système sol indiquant la raison pour laquelle elle ne peut accepter le contrat. Si elle peut répondre à la demande partiellement, l'avionique transmet un avis d'impossibilité de se conformer indiquant les parties du contrat qu'elle ne peut pas respecter, puis envoie un compte rendu ADS.

### **1.1.2 Description des messages :**

Le contrat à la demande spécifie les champs d'information facultatifs qui doivent figurer dans le compte rendu ADS

Les comptes rendus ADS contiennent toujours les informations de base suivantes :

- la position tridimensionnelle de l'aéronef;
- l'heure
- une indication de l'exactitude des informations de position (indice de qualité).

Les comptes rendus ADS peuvent en option contenir les informations suivantes:

- L'adresse d'aéronef;
- Le profil projeté, indiquant la position du prochain point de cheminement et l'heure prévue d'arrivée à ce point ainsi que la position du point de cheminement suivant

- Le vecteur sol, indiquant la route, la vitesse sol et la vitesse verticale;
- Le vecteur air indiquant le cap, la vitesse anémométrique et la vitesse verticale;
- Les renseignements météorologiques, indiquant la vitesse du vent, la direction du vent, la température et la turbulence;
- L'intention à court terme, indiquant la position prévue de l'aéronef à une heure déterminée (comme l'indique le contrat à la demande) et, pour les points intermédiaires où des changements de niveau, de route ou de vitesse sont prévus, la distance, la route, l'altitude et l'heure prévues sont fournies;
- Le profil projeté étendu, indiquant la position des prochains points de cheminement ainsi que le niveau et l'heure prévus à ces points (comme l'indique le contrat à la demande).

## **1.2 Contrats événement :**

### **1.2.1 Description de la fonction :**

Cette fonction permet au système sol d'établir un contrat événement avec l'aéronef et de réaliser les conditions du contrat. L'exécution de ce contrat comprend la transmission de comptes rendus par l'aéronef au système sol lorsque les événements convenus se produisent.

Il ne peut exister qu'un seul contrat événement à la fois entre le système sol et l'avionique, mais il peut contenir divers types d'événements. Chaque compte rendu contient un bloc d'information de base et, selon l'événement qui déclenche la transmission du compte rendu, d'autres blocs d'information peuvent être ajoutés. Le contrat convenu indique les types d'événements qui déclenchent la transmission des comptes rendus et les valeurs nécessaires pour clarifier ces types d'événements.

Un ou plusieurs des types d'événements suivants peuvent figurer dans la demande:

- Changement de vitesse verticale. Cet événement comporte deux possibilités: si le seuil de vitesse verticale est positif, le compte rendu est déclenché lorsque la vitesse verticale de montée de l'aéronef est supérieure au seuil de vitesse verticale. Si le seuil de vitesse verticale est négatif, le compte rendu est déclenché lorsque la vitesse verticale de descente de l'aéronef est inférieure au seuil de vitesse verticale.

- Changement de point de cheminement. Le compte rendu est déclenché lorsqu'une modification est apportée au prochain point de cheminement. Le changement est habituellement dû à l'enchaînement normal des points de cheminement, mais le compte rendu peut être déclenché par un point de cheminement qui ne fait pas partie de l'autorisation ATC et qui est introduit par le pilote pour des raisons opérationnelles.
- Changement d'écart latéral. Le compte rendu est déclenché lorsque la valeur absolue de la distance latérale entre la position réelle de l'aéronef et sa position prévue dans le plan de vol actif dépasse le seuil d'écart latéral.
- Modification de la gamme de niveaux. Ce compte rendu est déclenché lorsque l'aéronef dépasse la limite de niveau supérieure ou inférieure.
- Changement de vitesse anémométrique. Le compte rendu est déclenché lorsque la vitesse anémométrique de l'aéronef est inférieure ou supérieure à la valeur indiquée dans le compte rendu ADS précédent contenant un vecteur air, et que la différence est égale au seuil de changement de vitesse anémométrique spécifié dans la demande de contrat événement. Un compte rendu est transmis immédiatement si aucun de ces comptes rendus n'a été transmis précédemment.
- Changement de vitesse sol. Le compte rendu est déclenché lorsque la vitesse sol de l'aéronef est inférieure ou supérieure à la valeur indiquée dans le compte rendu ADS précédent contenant un vecteur sol, et que la différence est égale au seuil de vitesse sol spécifié dans la demande de contrat événement. Un compte rendu est transmis immédiatement si aucun de ces comptes rendus n'a été transmis précédemment.
- Changement de cap. Le compte rendu est déclenché lorsque le cap de l'aéronef est inférieur ou supérieur à la valeur indiquée dans le compte rendu ADS précédent contenant un vecteur air, et que la différence est égale au seuil de changement de cap indiqué dans la demande de contrat événement. Un compte rendu est transmis immédiatement si aucun de ces comptes rendus n'a été transmis précédemment.
- Changement de profil projeté étendu. Le compte rendu est déclenché lorsqu'il y a un changement de l'un quelconque des ensembles de points de cheminement qui

définissent la route en vigueur. Le nombre de points de cheminement inclus dans le contrat est défini par un intervalle de temps (c'est-à-dire tout point qu'il est prévu d'atteindre dans les N prochaines minutes) ou par le nombre de points de cheminement (c'est-à-dire tout point de cheminement dans le prochain N).

- Changement de FOM (indice de qualité). Le compte rendu est déclenché lorsqu'il y a un changement dans la précision de la navigation, la redondance du système de navigation ou la disponibilité du système anticollision embarqué (ACAS).
- Changement d'angle de route. Le compte rendu est déclenché lorsque l'angle de route de l'aéronef est inférieur ou supérieur à la valeur indiquée dans le compte rendu ADS précédent contenant un vecteur sol et que la différence est égale au seuil de changement d'angle de route spécifié dans la demande de contrat événement. Un compte rendu est transmis immédiatement si aucun de ces comptes rendus n'a été transmis précédemment.
- Changement de niveau. Le compte rendu est déclenché lorsque le niveau de l'aéronef est inférieur ou supérieur à la valeur indiquée dans le compte rendu ADS précédent et que la différence est égale au seuil de changement de niveau spécifié dans la demande de contrat événement. Un compte rendu est transmis immédiatement si aucun de ces comptes rendus n'a été transmis précédemment.

L'acceptation d'une demande de contrat événement annule implicitement tout contrat événement existant.

Le système sol transmet une demande de contrat événement à l'avionique. Ce contrat contient les types d'événements qui doivent déclencher la transmission d'un compte rendu et les paramètres requis (par exemple, si l'événement est une modification de gammes de niveaux, les limites inférieure et supérieure doivent être transmises). Le système avionique détermine ensuite si la demande comporte des erreurs, et dans la négative, s'il est en mesure d'acquiescer à la demande. S'il peut se conformer à la demande de contrat événement, le système avionique transmet un accusé de réception positif et tout compte rendu de base requis. Si l'événement indiqué dans le contrat se produit, un compte rendu ADS est transmis.

Si la demande de contrat événement comporte une erreur ou si l'avionique ne peut pas se conformer à la demande, l'avionique transmet un accusé de réception

négatif au sol indiquant le motif pour lequel elle est incapable d'accepter le contrat dans un délai de 0,5 seconde.

Si elle peut se conformer partiellement à la demande, l'avionique transmet un avis d'impossibilité de se conformer indiquant les parties du contrat qu'elle ne peut pas respecter. S'il se produit un événement du contrat auquel elle peut se conformer, l'avionique transmet un compte rendu ADS.

S'il se produit un changement d'écart latéral, de gamme de niveaux ou de vitesse verticale, un compte rendu est transmis toutes les 60 secondes tant que la limite ou les limites spécifiées dans le contrat sont dépassées. Dans tous les autres cas, un seul compte rendu est transmis chaque fois que l'événement se produit.

### **1.2.2 Description des messages :**

La demande de contrat événement contient une indication des événements qui doivent faire l'objet d'un compte rendu ainsi que des informations explicatives:

- Changement d'écart latéral- contient le seuil d'écart latéral;
- Changement de vitesse verticale - contient le seuil de vitesse verticale;
- Modification d'une gamme de niveaux donnée - contient les limites de niveau supérieure et inférieure;
- Changement de point de cheminement - ne contient aucune information explicative;
- Changement de vitesse anémométrique - contient le seuil de vitesse anémométrique;
- Changement de vitesse sol- contient le seuil de changement de vitesse sol;
- Changement de cap - contient le seuil de changement de cap;
- Changement de profil projeté étendu - contient soit une heure prévue, soit un nombre de points de cheminement;
- Changement d'indice de qualité - ne contient aucune information explicative;
- Changement d'angle de route - contient le seuil de changement d'angle de route
- Changement de niveau - contient la gamme de changements de niveau.

Le compte rendu ADS a la même structure qu'un contrat à la demande contenant la position, l'heure et l'indice de qualité. Le choix des blocs d'information facultatifs additionnels s'effectue cependant comme suit :

- Si l'événement déclencheur est un changement de vitesse verticale, un changement d'écart latéral, un changement d'écart de niveau, un changement de vitesse sol, un changement d'angle de route ou un changement de niveau, le compte rendu ADS contiendra le vecteur sol
- Si l'événement déclencheur est un changement de point de cheminement, le compte rendu ADS contiendra le profil projeté;
- Si l'événement déclencheur est un changement de vitesse anémométrique ou un changement de cap, le compte rendu ADS contiendra le vecteur air;
- Si l'événement déclencheur est un changement de profil projeté étendu, le compte rendu ADS contiendra le profil projeté étendu;
- Si l'événement déclencheur est un changement d'indice de qualité, le compte rendu ADS ne contiendra aucune information autre que les informations de base contenues dans chaque compte rendu ADS.

### **1.3 Contrat périodique :**

#### **1.3.1 Description de la fonction :**

Cette fonction permet au système sol d'établir un contrat périodique avec l'aéronef et de réaliser les conditions du contrat. L'exécution du contrat comporte l'émission de comptes rendus par l'aéronef au système sol à intervalles réguliers (fréquence des comptes rendus).

Il ne peut exister qu'un seul contrat périodique à la fois entre un système sol et l'avionique. Chaque compte rendu comporte un ensemble d'informations de base. À titre facultatif, d'autres blocs d'information peuvent aussi être transmis à la demande du système sol, mais seulement à un intervalle qui est un multiple de la fréquence de transmission des comptes rendus. Le contrat conclu comprend la fréquence des comptes rendus, les blocs d'information facultatifs à transmettre et la fréquence à laquelle ils doivent être transmis.

Le système sol envoie une demande de contrat périodique à l'avionique. Cette demande contient la fréquence de base des comptes rendus et une indication des blocs d'information facultatifs requis ainsi que la fréquence à laquelle ils doivent être transmis par rapport à la fréquence de base (c'est-à-dire chaque fois, tous les deux comptes rendus, tous les trois comptes rendus,"etc.). L'avionique détermine ensuite si la demande comporte des erreurs et, s'il n'y a aucune erreur, si elle peut acquiescer à la demande. Si elle peut se conformer à la demande de contrat périodique, l'avionique transmet son premier compte rendu, suivi d'autres comptes rendus aux intervalles demandés. Si elle ne peut pas transmettre le premier compte rendu dans un délai de 0,5 s, elle transmet d'abord un accusé de réception positif pour indiquer l'acceptation du contrat.

L'acceptation d'un contrat périodique annule implicitement tout contrat périodique existant.

Si la demande de contrat périodique comporte des erreurs, ou si l'avionique ne peut pas accepter le contrat, l'avionique transmet dans un délai de 0,5 s au système sol un accusé de réception négatif indiquant la raison pour laquelle elle ne peut pas accepter le contrat.

Si elle peut se conformer partiellement à la demande, l'avionique transmet un avis d'impossibilité de se conformer indiquant les parties du contrat qu'elle ne peut pas respecter. Elle transmet ensuite, à la fréquence qu'elle peut respecter, des comptes rendus ADS contenant les informations demandées qu'elle est en mesure de fournir. L'impossibilité de se conformer peut être causée par l'incapacité de respecter la fréquence de transmission des comptes rendus demandée et/ou par l'incapacité de fournir les informations requises

### **1.3.2 Description des messages :**

La demande de contrat périodique peut facultativement contenir l'une quelconque des informations suivantes:

- Intervalle entre les comptes rendus;
- Modulo d'adresse d'aéronef;
- Modulo de profil projeté;
- Modulo de vecteur sol;

- Modulo de vecteur air;
- Modulo de renseignements météorologiques;
- Modulo d'intention à court terme et heure de la projection;
- Modulo de profil projeté étendu
- Le modulo indique le multiple de la fréquence de transmission des comptes rendus auquel est transmis le bloc d'information (par exemple, un modulo de renseignements météorologiques égal à 5 signifie que le bloc de renseignements météorologiques est transmis tous les 5 comptes rendus).

#### **1.4 Contrats d'urgence :**

##### **1.4.1 Description de la fonction :**

Cette fonction permet à l'avionique de lancer des contrats d'urgence (soit à la demande du pilote ou de sa propre initiative) entre l'avionique et tous les systèmes sol avec lesquels elle détient des contrats. La réalisation du contrat comprend la transmission de comptes rendus ADS d'urgence par l'avionique au système sol à intervalles réguliers.

Les contrats périodiques existants sont suspendus jusqu'à l'annulation du contrat d'urgence. Au début, la fréquence des comptes rendus d'urgence est égale à la moindre des deux valeurs suivantes: 60 s ou la moitié de la fréquence de transmission des contrats périodiques existants (le cas échéant).

L'avionique transmet des comptes rendus d'urgence ADS au système sol à la fréquence de transmission des comptes rendus d'urgence .

L'avionique transmet des comptes rendus d'urgence ADS à tous les systèmes sol avec lesquels elle détient des contrats événement ou des contrats périodiques.

##### **1.4.2 Description des messages :**

Les comptes rendus d'urgence ADS contiennent toujours les informations de base suivantes:

- La position tridimensionnelle de l'aéronef;
- L'heure;
- Une indication de l'exactitude des informations de position (indice de qualité).

Tous les cinq comptes rendus d'urgence ADS, les renseignements suivants peuvent aussi être inclus :

- L'adresse d'aéronef ;
- Le vecteur sol indiquant la route, la vitesse sol et la vitesse verticale.

### **1.4.3 Modification d'un contrat d'urgence :**

#### **1.4.3.1 Description de la fonction :**

Cette fonction permet de modifier la fréquence de transmission des contrats d'urgence.

Le système sol transmet un message de modification de contrat d'urgence à l'avionique. L'avionique modifie la fréquence de transmission des comptes rendus du contrat d'urgence et transmet ensuite des comptes rendus d'urgence au nouvel intervalle. Cette modification ne porte que sur le contrat d'urgence entre le système qui fait la demande de modification et l'aéronef

Si elle est incapable de modifier la fréquence des comptes rendus, l'avionique transmet un accusé de réception négatif dans un délai de 0,5 s.

#### **1.4.3.2 Description des messages :**

Le message de modification des contrats d'urgence ne contient qu'une nouvelle fréquence de transmission des comptes rendus.

Un accusé de réception négatif indique seulement que la fréquence des comptes rendus ne peut pas être modifiée.

### **1.5 Annulation du contrat :**

#### **1.5.1 Description de la fonction :**

Cette fonction permet au système sol d'annuler explicitement un contrat en vigueur. Le système sol transmet un message d'annulation de contrat à l'avionique; celle-ci annule le contrat et accuse réception de l'annulation.

L'annulation implicite se produit lorsqu'un contrat périodique est en vigueur et que le système sol établit un nouveau contrat périodique; le premier contrat est implicitement annulé à l'établissement du deuxième contrat. Le processus est le même

pour les contrats événement. Les contrats à la demande sont annulés implicitement lorsque le compte rendu est transmis. Aucun autre flux d'information n'est associé à l'annulation implicite.

Le système sol peut aussi demander l'annulation de tous les contrats dans un seul message d'annulation de contrat. L'avionique annule alors tous les contrats et accuse réception de l'annulation.

### **1.5.2 Description des messages :**

Le message d'annulation de contrat indique le contrat à annuler

Le message d'annulation de tous les contrats ne contient aucune autre information.

Les accusés de réception positifs Ne contiennent aucune autre information

### **Note :**

Tous les contrats ont un message qui contient :

Un compte rendu ADS peut contenir un accusé de réception positif indiquant l'acceptation du contrat.

Un accusé de réception positif indique l'acceptation du contrat et ne contient aucune autre information.

Un accusé de réception négatif contient une indication du motif du refus du message.

Un avis d'impossibilité de se conformer contient une indication des événements que l'avionique ne peut pas détecter.

## **Partie 2 : SURVEILLANCE DÉPENDANTE AUTOMATIQUE**

### **MODE DIFFUSION**

#### **(ADS-B)**

##### **2.1 Introduction :**

Comme son nom l'indique, la surveillance dépendante automatique peut être considérée comme un hybride de techniques de surveillance «traditionnelles» combinant une dépendance des rapports de position avec l'automatisation caractéristique des réponses SSR. Les rapports ADS-C s'exécutent selon un «contrat» conclu entre l'ATS et l'aéronef. Semblables aux données radar, ces rapports ne sont pas reçus par les autres aéronefs et les intervalles entre les rapports sont relativement longs.

Les rapports ADS-B, au contraire, sont diffusés à des intervalles plutôt fréquents et, en plus de communiquer des données du genre «radar» pour la surveillance à partir du sol, fournissent une capacité de surveillance à partir du poste de pilotage. L'un des plus grands avantages de l'ADS-B, de l'ADS-C et du mode S est la capacité de fournir un vecteur d'état et des données sur l'intention.

##### **Note :**

Le mode S amélioré peut être utilisé pour communiquer aux systèmes terrestres des renseignements sur les intentions d'un aéronef mais, contrairement à l'ADS-B, il ne peut pas servir à communiquer ces intentions aux autres aéronefs.

##### **2.2 Définition de l'ADS-B (OACI) :**

L'ADS-B est une technique de surveillance par laquelle des paramètres, tels que la position, route, la vitesse..., sont transmis via une liaison de données numériques, à des intervalles réguliers, pour utilisation par des utilisateurs air ou sol.

L'aéronef émetteur ne sait pas quels seront les utilisateurs de ces données. Ceux-ci exploiteront ou non ces informations.

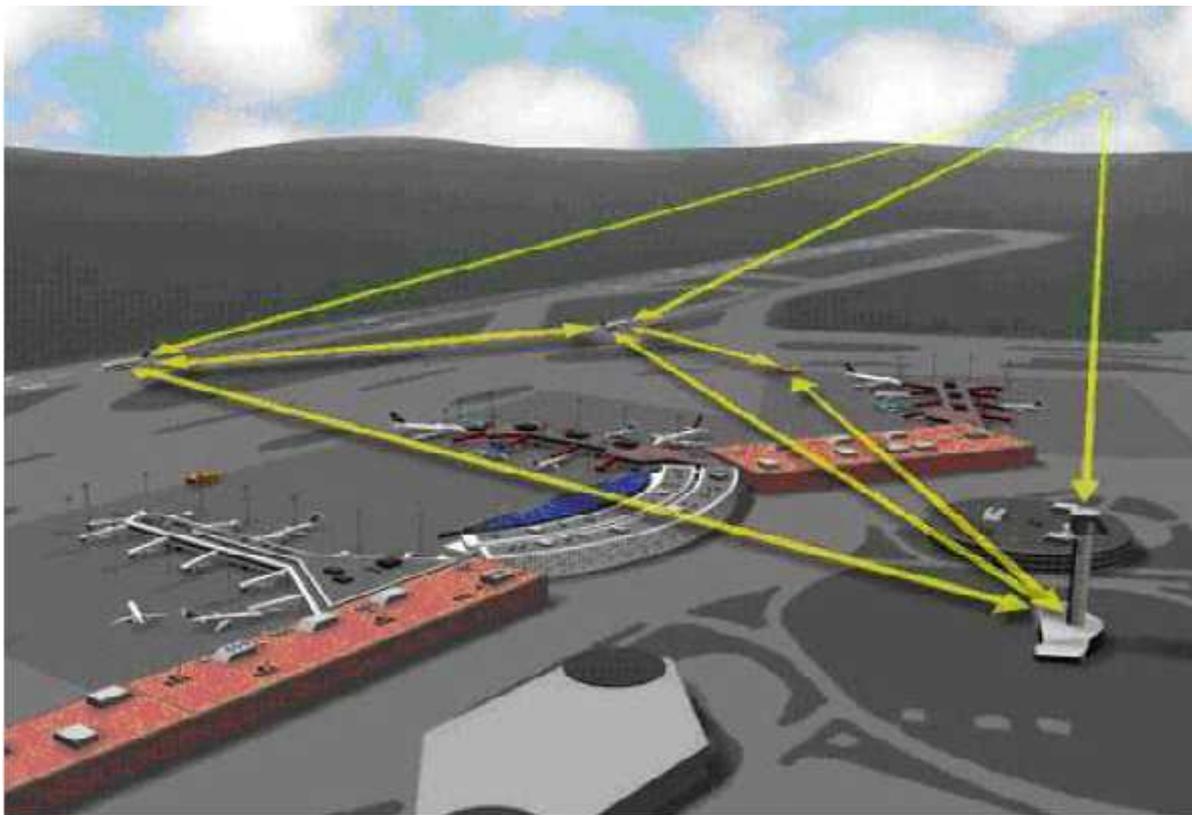
### 2.2.1 ADS-B Signifie :

**Automatic** : car ne nécessite ni action, ni requête humaine.

**Dépendent** : car cette technique de surveillance est dépendante des informations embarquées.

**Surveillance** : car l'objectif principal est de faire de la surveillance.

**Broadcast** : car il n'y a pas de destinataire spécifique des données.



**Figure II.1** : Concept de base

### 2.3 Principe de l'ADS-B:

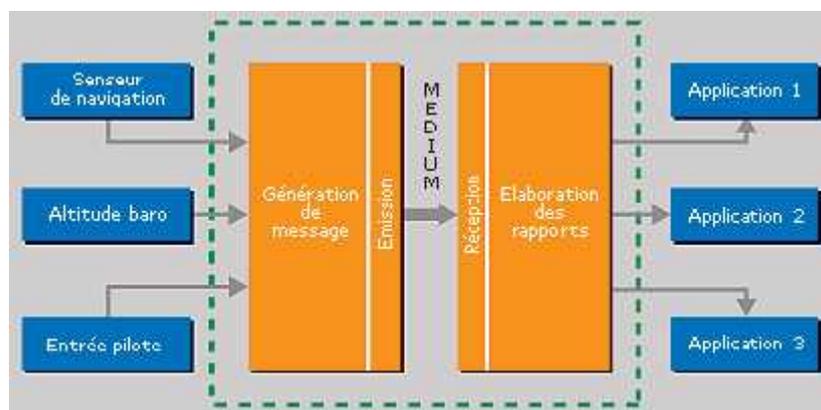
Le principe de l'ADS-B est de transmettre Automatiquement (sans commande du pilote) différents paramètres, telles que l'identification de l'avion, sa position, sa route, sa vitesse (Dépendance vis à vis des autres senseurs de l'avion)..., pour des applications de Surveillance.

Ces messages seront diffusés (Broadcast) par le biais d'une liaison de données vers des destinataires non désignés qui peuvent être d'autres aéronefs, des stations sol, des véhicules sol... Ces utilisateurs potentiels, dont l'avion émettant le message n'a pas connaissance, ont le choix de traiter ou de rejeter les messages reçus (en fonction principalement de leurs situations respectives). Il est important de noter que l'ADS-B est souvent indûment confondu avec les applications de surveillance alors qu'il n'est qu'un moyen de les réaliser.

Le principe de base de l'ADS-B une fois établi, il est possible d'en déduire les fonctions, nécessaires à sa mise en place, que schématise la figure II.1 :

Seules les fonctionnalités suivantes, apparaissant dans le cadre en pointillés, font parties de l'ADS-B :

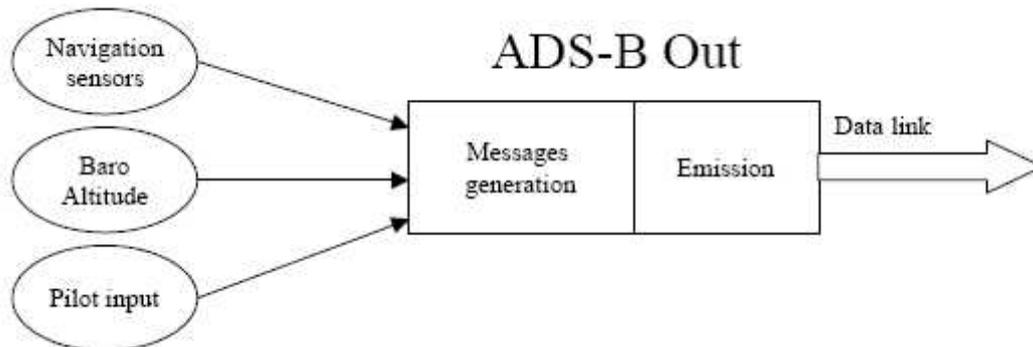
- Une fonction « Génération du message ADS-B » qui fusionne les données provenant des senseurs avion ou d'entrées pilote pour « rédiger » le message ADS B.
- La fonction « Emission/Réception » des messages
- Un médium liaison de données assurant la diffusion des messages
- Une fonction « Elaboration de rapports ADS-B » qui synthétise les messages réceptionnés pour utilisation dans le cadre de diverses applications.



**Figure II.2:** Architecture ADS-B

## 2.4 Architecture du système ADS-B:

### 2.4.1 Architecture embarquée ADS-B Out:



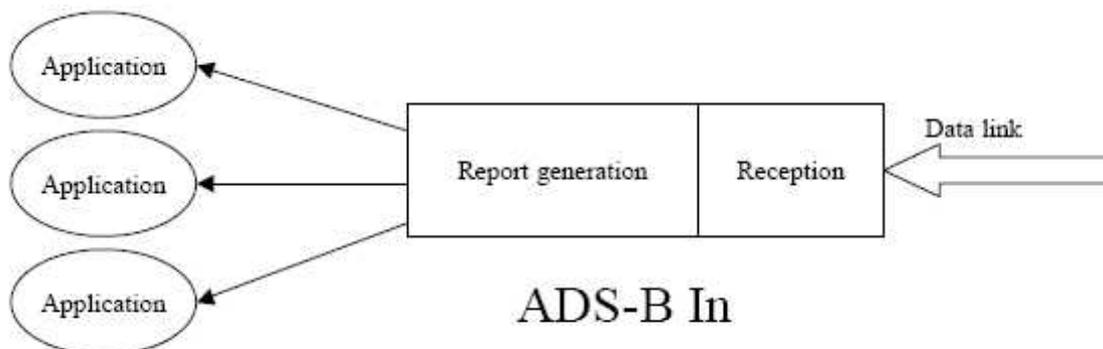
**Figure II.3:** ADS-B Out

L'architecture ADS-B Out permet uniquement la transmission de messages vers les utilisateurs équipés de récepteurs.

Cette architecture est suffisante pour les applications permettant d'améliorer les services ATC.

Elle est déjà disponible sur de nombreux avions commerciaux...

### 2.4.2 Architecture embarquée ADS-B In:



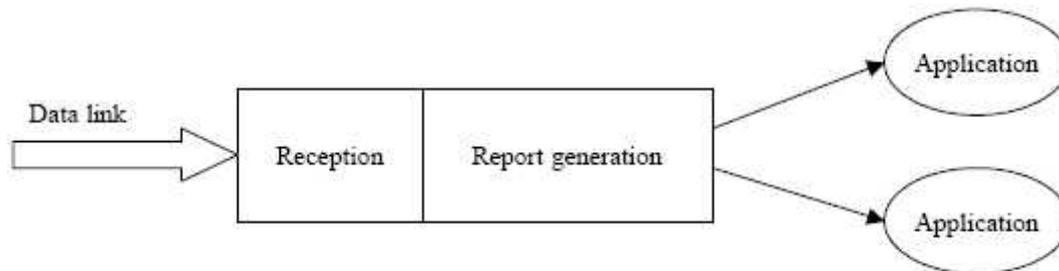
**Figure II.4:** ADS-B In

Cette architecture permettra la mise en œuvre d'applications air-air dites ASAS.

Plus onéreuse que l'ADS-B out, elle requiert, selon les applications de nouvelles fonctions: affichage trafic (CDTI), alertes, éventuellement une interface avec le pilote automatique...

Airbus et Boeing spécifient actuellement cette architecture.

### 2.4.3 Architecture sol :



**Figure II.5:** Architecture sol

Selon le type de data-Link, les messages ADS-B nécessitent plus ou moins de traitement avant d'être transmis vers ATC, au format ASTERIX 21.

Les rapports peuvent être fusionnés avec des informations provenant d'autres senseurs de surveillance de l'environnement (Radar, multilatération, ADS-C, plan de vol...) avant d'être affichés au contrôleur.

### 2.5 Contenu du message ADS-B :

Le contenu du message ADS-B et le type d'information fournie aux avions environnants dépendra de différents paramètres tels que l'application pour laquelle il est utilisé, le média et donc la taille du message disponible.

Néanmoins, le document DO-242, publié par le RTCA (mais non approuvé par l'EUROCAE), liste les principaux paramètres susceptibles d'être transmis :

- Adresse OACI 24 bits identifiant de façon unique l'émetteur
- Identificateur d'appel qui correspond à l'identifiant avion pour les besoins de communications vocales (il s'agit souvent du numéro de vol)
- Vecteur d'état incluant la position avion ainsi que sa vitesse, mais aussi une indication de la qualité de ces données,
- Statut (urgence/priorité)
- Intention (cela pourrait inclure le ou les prochain(s) point(s) où la trajectoire avion sera modifiée)

Certains de ces paramètres seront transmis systématiquement tandis que d'autres dépendront de l'application, de la situation de l'avion (urgence...), avec des périodes de rafraîchissement fonction de la phase de vol. Les périodes actuellement proposées sont:

- 10s pour les zones en route
- 5s pour les zones terminales
- 1s pour les opérations sur surface aéroportuaire (exigence OACI pour le SMGCS)

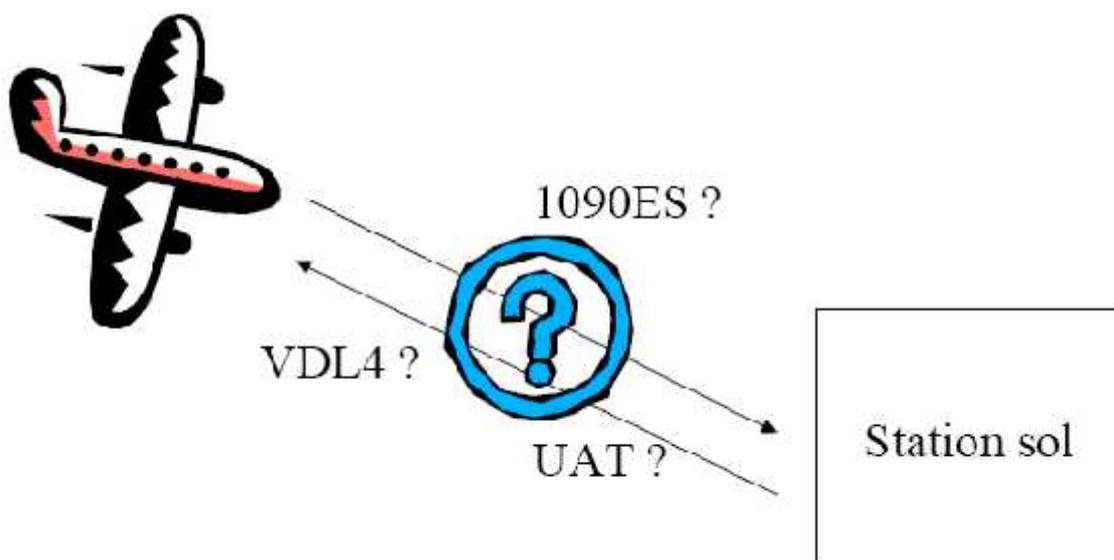
Cependant, des exigences spécifiques à certaines applications (comme le SMGCS) pourront influencer sur le contenu des messages, le taux de rafraîchissement et les performances en général.

## **2.6 Les Media de transmissions du système ADS-B :**

A ce jour, trois media différents sont disponibles avec des degrés de standardisation et de validation différents:

- Le Mode S Extended Squitter (1090ES), reconnu par Eurocontrol, la FAA (aviation commerciale), l'Australie mais aussi l'OACI pour assurer l'interopérabilité.
- La VDL mode 4 supportée par l'Europe du Nord et la Russie. La Russie a récemment décidé de mettre en œuvre le 1090ES pour l'aviation internationale a/c et la VDL mode 4 pour l'aviation régionale.
- L'UAT supportée par la FAA pour l'aviation générale (ou régionale)

Quelle que soit la liaison retenue, pas de différence vue des pilotes ou des contrôleurs.



Ces trois media concurrents sont actuellement testés par Eurocontrol dans le cadre de son programme ADS, par la FAA au travers du programme Safe Flight 21 ainsi que dans divers projets soutenus par la Commission Européenne. Toutes ces études, dont le déroulement s'échelonne sur plusieurs années, ont pour objet de tester ces trois media pour diverses applications de surveillance, de valider leur utilisation et de proposer un planning d'implémentation.

A ce jour, seuls des résultats préliminaires ont été publiés qui permettent d'avoir une idée partielle des performances respectives de ces équipements. Cependant, il est impossible de dire lequel ou lesquels de ces média seront retenus en tant que liaison de données pour l'ADS-B. Néanmoins, il apparaît qu'un équipement mixte pourrait être nécessaire, pour des besoins d'interopérabilité, mais aussi pour assurer un niveau de sécurité compatible avec la criticité de l'application.

### **2.6.1 Critères de choix :**

Aucun Etat ne s'est actuellement prononcé en faveur d'une des trois liaisons de données ou n'a proposé de mettre en place des applications de surveillance exigeant un tel choix. Parmi les critères à considérer pour prendre une décision, on trouve en particulier:

- Les performances de la liaison de donnée, qui détermineront sa capacité à participer aux diverses applications envisagées,
- Son intégration dans les architectures sol et embarquées actuelles, qui impactera le coût global,

#### **2.6.1.1 Performance :**

Les trois liaisons de données sont actuellement comparées pour les paramètres suivants:

- La période de rafraîchissement des données qui doit être conforme, en fonction des phases de vol, aux données présentées précédemment
- La portée en terme de liaison air-air et air-sol.
- La capacité et le nombre d'avions maximal pris en compte simultanément par la liaison de données

- L'intégrité des données transmises, i.e. la capacité du système à transmettre le message ADS-B sans qu'une altération ne soit détectée,
- La disponibilité de la liaison, sans qu'elle ne soit affectée par une panne
- Le type de panne pouvant affecter la liaison, et influencer sur sa capacité à participer à des applications plus ou moins critique.

### **2.6.1.2 Intégration dans l'architecture actuelle**

Afin de garantir une mise en place à court terme de certaines applications utilisant l'ADS-B, il est nécessaire que l'intégration des équipements et en particulier de la liaison de données soit la plus aisée possible, et nécessite le moins de modifications possibles des architectures sol et bord. A ce niveau, il est indéniable que le mode S « Extended Squitter » a l'avantage. En effet, le mode S est d'ores et déjà en place et ne nécessite qu'une modification logicielle alors que pour les autres liaisons de données, des architectures spécifiques doivent être développées et de nouvelles antennes installées ce qui pourrait s'avérer une contrainte majeure pour des aéronefs de faibles dimensions.

L'attribution d'une nouvelle fréquence pour l'UAT, ou de plusieurs pour la VDL mode 4, dans des gammes déjà surchargées, constitue une contrainte supplémentaire. Une récente étude réalisée par Eurocontrol a démontré que pour la zone terminale de Francfort, sept fréquences seraient nécessaires pour la VDL mode 4 et 5 pour la région terminale de Bruxelles. Mais le mode S présente aussi des contraintes. En particulier, cette liaison constitue un point commun entre les systèmes de surveillance sol, l'ADS-B ainsi que pour le filet de sauvegarde qu'est l'ACAS. Toute panne de l'équipement pourrait avoir des conséquences graves sur les opérations des aéronefs

## **2.7 Description des media :**

### **2.7.1 VDL MODE 4 :**

VDL mode 4 a été développé, ou tout au moins est soutenue par l'Aviation Civile Suédoise (LFV)... (~1983).

#### **2.7.1.1 Description technique :**

La VDL mode 4 est un système basé sur le principe du STDMA (Self-organising Time Division Multiple Access) qui consiste à diviser la fréquence de communication en une multitude de créneaux, correspondant à une opportunité pour un utilisateur équipé d'émettre. L'ensemble est synchronisé GPS et chaque utilisateur transmet dans des créneaux qu'il a réservés, par le biais d'un protocole spécifique, lors d'une précédente transmission. En fonction du nombre de fréquences disponibles, un utilisateur peut émettre, de façon aléatoire, sur chacune de ces fréquences. 75 créneaux sont disponibles, par seconde et par fréquence avec une taille de 256 bits.

En terme de fréquence, la VDL mode 4 requiert basique ment deux fréquences globales (GSC). En fonction de la densité de trafic dans l'environnement considéré, des fréquences locales (LSC) pourront aussi être mises en place, avec les contraintes déjà mentionnées. Afin d'éviter des transmissions simultanées, chaque utilisateur a accès au planning des réservations.

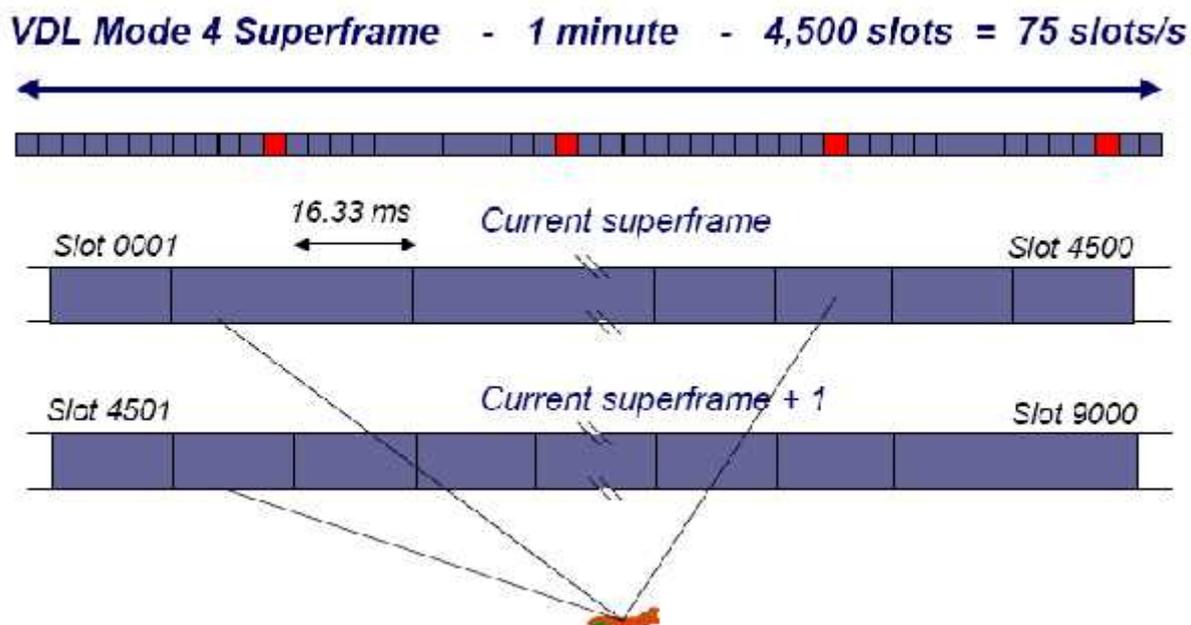
Afin d'améliorer les performances, une station sol peut coordonner l'ensemble, voire l'optimiser, par exemple en cas de surcharge, en supprimant des créneaux pour des utilisateurs éloignés.

L'une des principales contraintes comme liaison de données ADS-B est le besoin de fréquences pour des zones à forte capacité où 75 créneaux par seconde ne suffiront pas. Par contre, le principal avantage de cette liaison de données est sa portée évaluée, lors de diverses expérimentations, entre 140 et 200 Nm.

La VDL mode 4 a été développé pour fournir l'échange efficace des messages relativement courts. La liaison des données est transmise sur un canal VHF de 25KHZ, de 108.000 à 136.975 MHZ.

### 2.7.1.2 VDL mode 4 – Transmission :

Un frame (également appelé super frame en VDL MODE 4) a une durée de 60 s et se compose de 4500 slots de longueur égale (voir le schéma au dessus) ceci donne 75 slots par second avec une durée de 16.33 ms par slot.



**Figure II. 6:** Super frame VDL mode 4

The Global Navigation Satellite System (GNSS) la source primaire de synchronisation est employée comme une référence pour maintenir synchronisation entre les mobiles et les stations au sol. Les stations au sol coordonnent également leurs transmissions avec d'autres stations au sol.

En-route : 10 secondes

TMA : 5 secondes

Surface aéroportuaire: 1 seconde

### 2.7.2 Equipement technique de l'ADS-B /VDL MODE 4:

Le système VDL mode 4/ADS-B se compose (au moins) d'une station au sol sur chaque aéroport équipé, un transpondeur dans chaque véhicule équipé (par exemple des avions ou voiture) et un réseau au sol (qui n'est pas nécessaire pour que le système travaille, mais donne une large fonctionnalité).

### **2.7.2.1 Station sol :**

La station au sol du VDL mode 4 remplit principalement les fonctions suivantes :

-Rassemblant des rapports d'ADS-B des véhicules équipés et les distribuant au réseau au sol

-Radiodiffusion des données TIS-B

-Radiodiffusion des données FIS-B

-Génération et radiodiffusions des données GRAS



**Figure II.7:** la station sol

### **2.7.2.2 Transpondeur VDL mode 4 (Émetteur récepteur) :**

Le transpondeur du VDL mode 4/ADS-B (voir le schéma au dessous et le tableau) se compose principalement d'un récepteur GPS, d'un émetteur VHF et de deux récepteurs VHF. Le transpondeur reçoit sa position à partir du système GPS et des corrections de GRAS à partir de la station sol. Après traitement des données le transpondeur diffuse la position, la vitesse etc., dans le rapport d'ADS-B, à d'autres véhicules équipés de transpondeur et à la station sol.

### 2.7.3 Inconvénients :

O Indisponibilité des fréquences dans la bande VHF

O Emport de deux antennes supplémentaires, découplées des autres antennes présentes sur l'aéronef (Localisation des antennes dans les winglets lors des expérimentations Airbus)

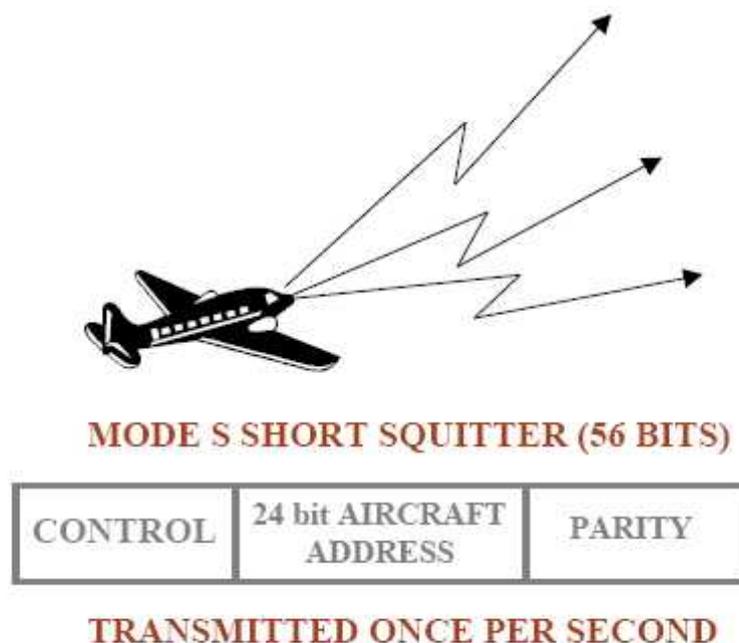
O Synchronisation des horloges des canaux via GNSS

### 2.8 1090 Extended SQUITTER :

L'Extended squitter est une amélioration du "short squitter" transmis par les transpondeurs mode S pour l'acquisition TCAS.

Les Extended squitters ont une capacité limitée et nécessitent la transmission de plusieurs squitters pour obtenir un message complet.

Du fait des mandats Européens Surveillance Élémentaire et Surveillance Enrichie, de nombreux aéronefs (26% des aéronefs volant en Europe), ont la capacité 1090ES.

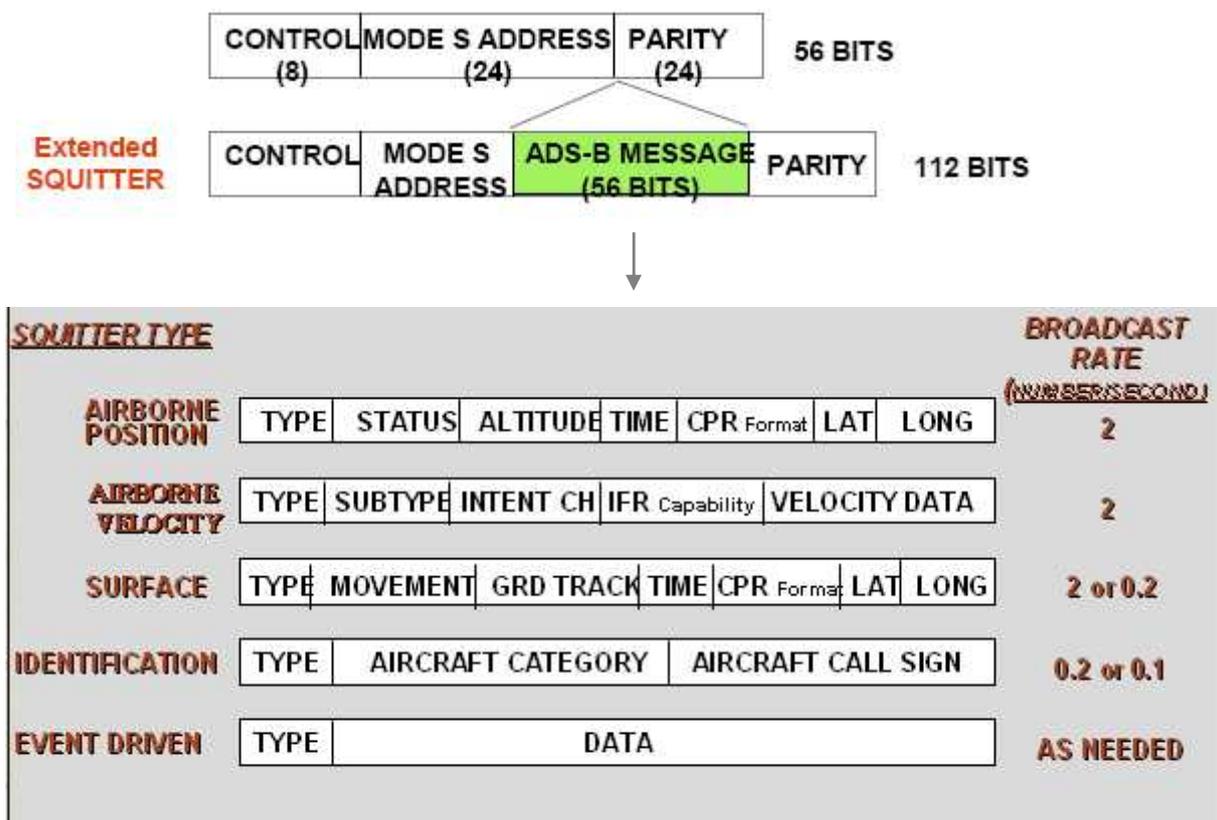


**Figure II.8:** Message du short squitter

**2.8.1 Mode S « squitter long » ou 1090 :**

La liaison de données mode S squitter long ou 1090 est une extension du Mode S conventionnel utilisé, en particulier, par l'ACAS.

Pour ce système, le transpondeur émet, toutes les secondes, un squitter d'acquisition ou squitter court contenant des informations de contrôle mode S, l'adresse 24 bits de l'aéronef, des bits de parité afin d'effectuer la surveillance de cet avion. Le principe du squitter long est de transmettre, sans stimulus extérieur, des messages d'une taille de 112 bits au lieu des 56 bits du squitter court. Du fait de la faible taille de message disponible, différentes informations sont réparties au sein de plusieurs squitters long transmis avec des taux de rafraîchissement différents.



**Figure II.9** : Format du message de l'ES 1090

Les informations suivantes sont en particulier transmises :

- La situation de l'avion : au sol ou en vol (cela permet de réduire le nombre de squitter quand l'avion est au sol et ainsi de réduire des problèmes de saturation de fréquence),
- La position en vol transmise toutes les 0.5s. Ce squitter inclut l'information d'intégrité.
- La position au sol transmise toutes les 0.5s si l'aéronef est en mouvement (Sinon toutes les 5s).
- L'identification et le type transmis toutes les 5s.
- La vitesse, incluant l'information de précision, transmis toutes les 0.5s.
- Etat avion, incluant le cap et autres indicateurs de qualité, transmis toutes les 1.25s.
- Message d'urgence transmis toutes les 0.8s si nécessaire.

Pour obtenir toutes les données, 5s, en moyenne, sont nécessaires.

Les performances du squitter long semblent être les suivantes:

- En terme de portée, les diverses expérimentations démontrent une portée d'environ 60-100Nm ;
- En terme de capacité, 475 aéronefs peuvent être pris en compte dans une zone comme Francfort avec des techniques de réceptions améliorées

#### **2.8.1.1Intérêt :**

O Interopérabilité avec le radar de surveillance mode S et avec l'ACAS

#### **2.8.1.2Inconvénients :**

O Portée maximale air/air relativement faible (~90 NM)

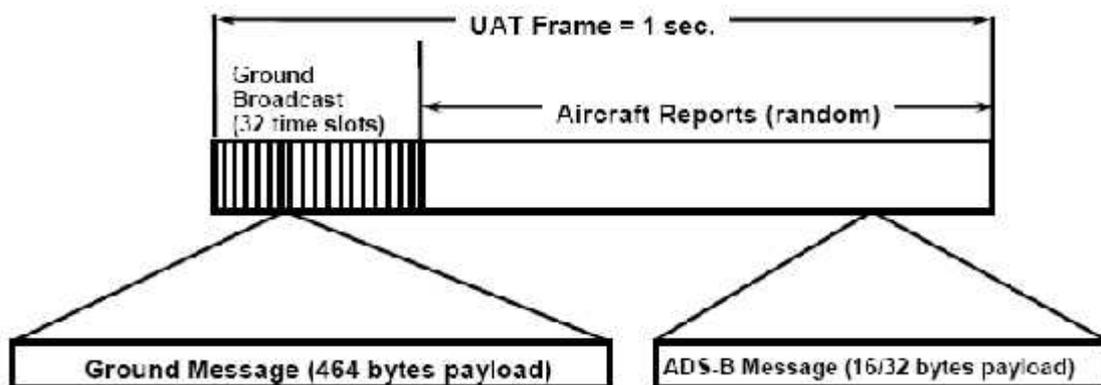
O Le nombre maximum d'aéronefs détectés est inversement proportionnel à la densité de trafic

- FRUIT: False Replies from Unsynchronised Interrogator Transmissions

## 2.9 Universal Access Transceiver (UAT) :

Moins connu que les deux autres technologies, car c'est la dernière apparue sur la scène internationale, l'UAT a été développée par la MITRE (~1995), Des prototypes ont été produits et testés lors des premières expérimentations ADS-B réalisées par la FAA.

L'équipement opère sur une unique fréquence avec un taux d'échange de données de 1Mbps. La plupart des expérimentations a été réalisée sur la fréquence 966 MHz, mais l'équipement est capable de fonctionner sur d'autre bande de fréquence (comme pour la VDL mode 4, l'allocation de la fréquence pourrait représenter une contrainte).



**Figure II.10:** Message de l'UAT

- Modulation de fréquence binaire autour de 966 MHz, bande passante 312 KHz : non définitif
- Protocole de communication combinant accès synchrone et accès aléatoire (3200 slots/sec)

### 2.9.1 Format du message UAT :

Chaque aéronef transmet en moyenne, 1 message par seconde (débit: 1 Mbps)

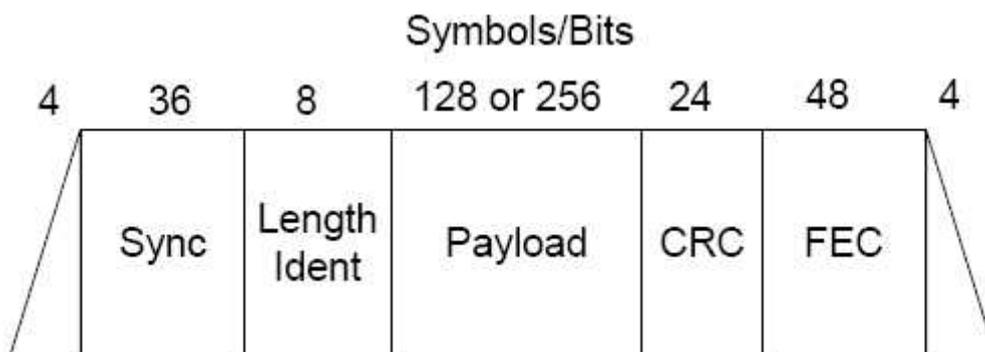
O Vecteur d'état + identification du vol + état (1 fois tous les 4 secs)

O Vecteur d'état + les 2 futurs points de changement de trajectoire (1 fois tous les 2 secs)

O Vecteur d'état + [information à définir] (1 fois tous les 4 secs)

Le "Forward Error Correction" (FEC) réduit la susceptibilité aux bruits et aux interférences.

- FEC et Error Checking (CRC) autorisent un très faible taux de transmission de messages erronés sans détection  $<10^{-10}$



**Figure II.11:** Format du message

### 2.9.2 Inconvénients :

- UAT problème de fréquence : Trois fréquences potentielles pour l'UAT :

O VHF: 108-118 MHz

O L-band: 960-1215 MHz

O C-band: 5000-5250 MHz

- Perte de propagation en bande C pour les applications air-air.

- 960-1215 MHz est la bande utilisée mais correspond en Europe à la bande DME.

- Synchronisation des horloges des canaux via GNSS.

- Un seul canal disponible.

## **2.10 Performance de chaque média:**

### **2.10.1 Extended Squitter Mode S :**

Le premier résultat observé était que le débit pour le mode S Extended Squitter abandonné à un message toutes les 5 secondes plutôt qu'un taux habituel de mise à jour d'un message par seconde. Ceci montre que le transpondeur fonctionne correctement, comme déclare le manuel de services spécifiques du mode S d'OACI que les transpondeurs devraient automatiquement ajuster leur taux de message d'un toutes les 5 secondes si la vitesse de véhicule chute en-dessous de 0.25 Kt.

Pendant le temps à l'étude, la période de mise à jour était de 5 secondes partout, et ainsi pour les 30 minutes sous l'analyse 360 des messages ont été prévus. Le nombre de messages qui ont été reçus réellement était 341, donnant une probabilité de réception de 94.7%. Quand les données sont examinées de manière approfondie, un message est perdu approximativement une fois toutes les 2 minutes

### **2.10.2 Universal Access Transceiver :**

L'UAT a transmis des messages au taux de 1 par seconde. Une période de 30 minutes a signifié que 1800 messages ont été prévus d'un taux de mise à jour de 1 par seconde. Seulement deux messages ont été perdus pour toute la période donnant une probabilité de réception de 99.9%. Ces deux messages étaient consécutifs qui ne coïncident avec aucun événement particulier observé qui peut expliquer cette anomalie.

### **2.10.3 VHF Digital Link Mode 4**

Comme l'UAT on s'est attendu à ce que le VDL 4 transmette les messages à un taux de 1 par seconde, par conséquent 1800 messages étaient reçus. Aucun message n'a été perdu ainsi la probabilité de réception au cours de cette période était de 100%. En fait pour la totalité du temps durant laquelle le VDL 4 a enregistré la présente partie de l'épreuve la probabilité de réception est demeurée à 100%.

### **2.10.4 Comparaisons entre les performances des liens :**

UAT et le lien VDL 4 ont montré une probabilité de réception très élevée. Le lien Extended Squitter mode S a perdu plus de messages

Quand des messages n'ont pas été reçus, la raison probable pourrait être l'une de ce qui suit :

1. Obstacle
2. Interférence
3. Émetteur arrêté (par exemple quand la synchronisation avec le GPS est perdue)

### **2.11 COMPARAISON ENTRE ADS-B ET D'AUTRE MOYEN :**

A ce jour, il n'est pas prévu de mise en place opérationnelle de l'ADS-B à court terme. Néanmoins, il est possible d'envisager son utilisation dans les environnements suivants:

- Utilisation en zone de couverture radar afin de compléter les données disponibles, d'améliorer la surveillance côté embarqué et, dans un deuxième temps, envisager d'éventuelles délégations ponctuelles du sol vers le bord,
- Utilisation en zone désertique ou océanique où l'ADS-B permettrait d'améliorer la sécurité en fournissant à l'ATC et aux aéronefs équipés une image de l'environnement,
- Utilisation en zone dite « Free Flight » (si de telles zones venaient à exister) où l'ADS-B serait un des outils nécessaires afin d'assurer une fonction surveillance déléguée aux avion.

Ainsi, l'ADS-B pourrait s'intégrer dans le cadre actuel de surveillance où coexistent les équipements suivants:

- Le radar primaire de surveillance qui est un système indépendant, car les systèmes de traitement associés lui permettent de déterminer les données avion telles que la position, la vitesse et non coopératif, car il ne nécessite l'emport d'aucun équipement embarqué spécifique. Par contre, il ne connaît ni l'altitude, ni l'identité des aéronefs qu'il détecte.
- Le radar secondaire de surveillance est un système quasi indépendant car mise à part l'information d'altitude, il calcule ses propres données de surveillance, mais coopératif car il nécessite la disponibilité du transpondeur. Par contre, il ne voit pas les aéronefs non équipés de transpondeurs.
- L'ADS-B, quant à lui, est un système de surveillance dépendant et coopératif, qui permet aux aéronefs équipés de disposer d'informations de trafic.

Cependant, la capacité de l'ADS-B à informer tous les avions environnants équipés de sa position présente aussi plusieurs inconvénients :

- Toute information erronée (en particulier la position) émise par un aéronef, sans que cela soit détecté, peut avoir des conséquences dangereuses en fonction du type d'application mise en place,
- Une confiance excessive de la part du pilote, qui pourrait avoir l'impression d'avoir une connaissance parfaite des trafics environnants alors que seuls les avions équipés transmettent leur position.

Ce dernier problème ne pourra être définitivement résolu qu'à partir du moment où tous les aéronefs seront équipés ADS-B. Cependant, comme il n'est prévu, à ce jour, par aucun d'Etat, d'imposer l'emport d'un équipement ADS-B à bord des aéronefs, une solution intermédiaire pourrait être la mise en place du TIS-B, décrit dans la section suivante.

### **2.11.1 DIFFÉRENCES ENTRE L'ACAS ET L'ADS-B :**

Les données anticollision et les données ADS-B sont similaires dans une large mesure. Elles peuvent même être présentées à l'équipage sur des affichages similaires (ou le même affichage). Par conséquent, il peut y avoir une certaine confusion au sujet des différences qui existent entre elles, et à première vue, combiner l'emploi de ces données pourrait sembler une bonne idée. Cela serait une erreur.

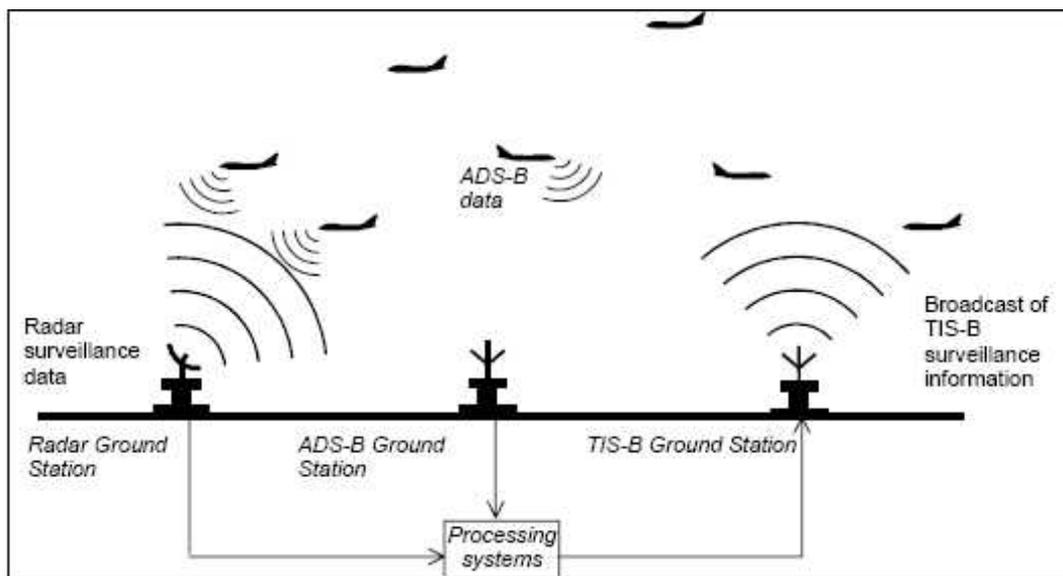
L'ASAS est défini comme un système de bord fondé sur la surveillance embarquée, qui aide l'équipage à assurer la séparation de son aéronef par rapport aux autres aéronefs. Il aide donc l'équipage à maintenir le minimum de séparation applicable à l'espace aérien où il se trouve ou à la manœuvre à effectuer.

L'ACAS a pour rôle d'éviter les abordages, en dernier recours, en cas de panne du moyen de séparation primaire. Il ne devrait donc entrer en action qu'en cas de défaillance de l'équipement ou des procédures de séparation classique, ou de l'équipement ou des procédures ASAS.

## **2.11.2 Autre moyens de surveillance :**

### **2.11.2.1 Traffic Information Service – Broadcast (TIS-B) :**

Le principe du TIS-B consiste à retransmettre les informations radar utilisées par l'ATC, via data-Link, vers tous les avions (équipés ADS-B), qui obtiennent ainsi une connaissance complète de leur environnement, en terme de trafic et cohérente avec celle de l'ATC.



**Figure II.12:** Traffic Information Service – Broadcast

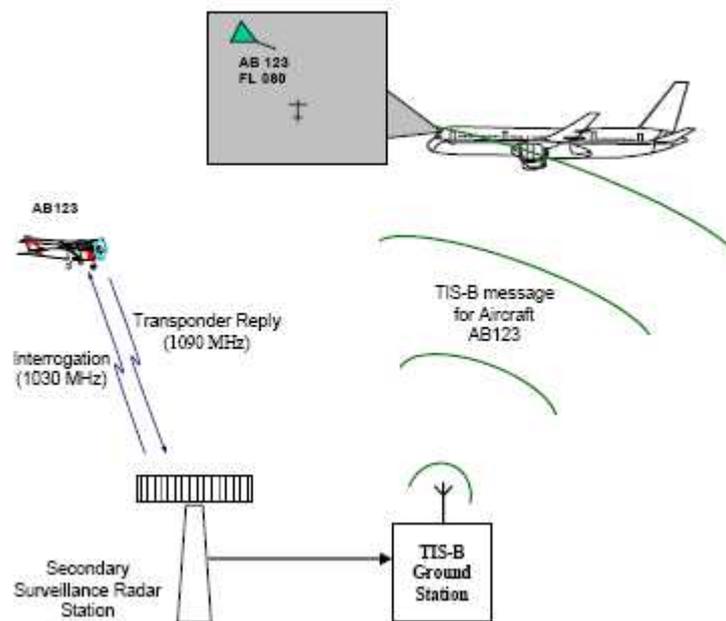
A ce jour deux types de TIS-B sont envisagés :

Un TIS-B retransmettant une image complète de la situation aérienne actuelle,

Un TIS-B retransmettant uniquement les informations relatives aux aéronefs équipés ADS-B dans les cas suivants:

- L'information de position fournie par l'ADS-B paraît incorrecte.
- Il existe un trou dans la couverture ADS-B
- Le taux de rafraîchissement des données ADS-B n'est pas suffisant pour l'application considérée.

Cependant, ce service TIS-B pose divers problèmes relatifs à la corrélation des informations reçues des différentes sources, à la fusion de ces différentes données pour affichage au pilote... Plusieurs groupes de normalisation traitent actuellement du TIS-B afin de résoudre ces problèmes et permettre une implémentation cohérente avec l'ADS-B. Néanmoins, cette solution dite intermédiaire pourrait permettre à certains utilisateurs de l'espace aérien d'être visualisés par les trafics environnants sans qu'aucun équipement



**Figure II.13** : diagramme concept TIS-B

### **2.11.2.2 Flight Information Service – Broadcast (FIS-B):**

Le service d'information de vol (FIS-B) est un service pour soutenir le pilote dans diverses phases du vol. Les exemples des messages qui peuvent être inclus sont ATIS (Automatic Terminal Information Service), NOTAM (notification aux aviateurs) et données météorologiques. ATIS est une émission de voix prévue pour soulager des congestions de fréquence et la charge de travail du contrôleur de la navigation aérienne en fournissant des informations convenables aux avions dans le secteur terminal par une émission locale.

L'émission de l'information habituellement durent moins d'une minute et incluent les conditions atmosphériques, les modes opératoires etc. NOTAM est un

service qui fournit des informations au sujet des changements de l'espace aérien et d'infrastructure d'aéroport. Cette information peut être envoyée comme message textuels et elle est stockée pour que le pilote lise quand nécessaire au lieu de l'envoyer par radio sur un canal spécifique comme il est fait aujourd'hui. L'utilisation de FIS-B est très efficace de fréquence, en raison de cela que plusieurs ATIS peuvent être envoyés sur la même fréquence.

## **2.12 Applications ADS-B :**

### **2.12.1 Applications aéroportées d'ADS-B :**

Un certain nombre d'applications aéroportées sont actuellement à l'étude, les objectifs devant augmenter la capacité de manipulation du trafic de l'espace aérien tout en maintenant la sûreté à un niveau proportionné. Ces applications sont connues en tant qu'applications aéroportées du système d'aide de séparation (ASAS).

ASAS décrit une étendue de large applications changeant de la simple utilisation de l'ADS-B pour fournir un affichage du trafic à l'équipage du vol pour améliorer la connaissance situationnelle (trafic situational awareness), à travers une auto séparation plus exigeante basée sur les capacités de l'équipage du vol à assurer adéquatement les normes proportionnées de séparation entre l'avion ou sont maintenus indépendamment du control du trafic aérien (ATC). ASAS implique de changer les niveaux de la délégation de la responsabilité pour la séparation dans l'ATC de l'équipage de ce vol.

On le considère généralement que l'ADS-B est le système qui fournira la surveillance nécessaire pour des applications d'ASAS. Les applications d'ASAS peuvent également exiger des systèmes additionnels, à bord l'avion et pour le contrôleur, pour aider à s'assurer que les besoins d'une application particulière sont répondus.

Sur la surface d'aéroport un affichage du trafic peut être fourni dans le cockpit montrant tout l'avion roulant au sol sur le secteur de manœuvre et dans le secteur terminal. Couplé à une carte d'aéroport ceci pour améliorerait la connaissance situationnelle du pilote, réduisez le risque d'incursions de piste, et assister l'équipage du vol à naviguer autour d'un aéroport peu familier particulièrement pendant les états de la visibilité réduite.

Une autre application d'ASAS est ordonnancé et fondé à l'approche d'un aéroport. Dans ce cas-ci un avion identifié et désigné avion cible, combine à un point particulier (par exemple feeder fixe) derrière cet avion et maintient une séparation donnée de temps par rapport à la cible. Une série d'avion après ce procédé assurera un écoulement ordonné et efficace du trafic dans la phase d'approche. L'équipage du vol sera aidé par un affichage du trafic, et pouvant programmer la séparation exigée dans le système de gestion de vol. Le contrôleur restera responsable de la séparation, bien que le rôle soit l'un de surveiller la situation et de traiter des exceptions plutôt que commande active. De cette façon un nombre plus élevé d'avion peut être sans risque contrôlé augmentant de ce fait la sortie du trafic dans le secteur terminal.

Les applications d'ASAS sont actuellement en cours de développement et exigent une étendue de preuves avant d'être mis en application sur une échelle large. Elles promettent de fournir l'efficacité et la flexibilité dans lesquelles beaucoup l'industrie réclame.

### **2.12.2 Applications de surveillance installées au sol :**

#### **2.12.2.1 ADS-B RAD (surveillance d'ATC pour des secteurs de radar) :**

L'application d'ADS-B-RAD permettra le perfectionnement du service de la circulation aérienne dans les secteurs où la surveillance de radar existe et s'appliquera en route et dans la phase terminale du vol dans l'espace aérien de classe A à E.

L'application améliorera la sûreté et réduira les coûts d'infrastructure de surveillance par le remplacement des détecteurs radar d'un SSR par l'ADS B.

L'amélioration de la précision et le rythme accru de mises à jour que permettent les rapports ADS-B, sans compter les autres capacités du système, peuvent améliorer les services de surveillance et laisser envisager l'application de normes de séparation ayant des valeurs plus faibles.

L'application permettra, pour les vols en route dans l'espace aérien, la surveillance ATC que l'on obtient actuellement à l'aide du radar. Ce serait le cas des régions où la surveillance s'effectue avec la couverture d'un radar primaire. Quand le SSR est employé, l'ADS-B peut servir de système de secours et compléter les mises à jour des indications de positions radar grâce aux rapports de position additionnels.

Lorsque le PSR est utilisé, l'ADS-B peut fournir des données additionnelles telles que l'identification de l'aéronef et l'altitude barométrique.

Dans ces environnements, l'ADS-B peut en outre fournir des données dérivées des systèmes embarqués qui peuvent améliorer le traitement des données de surveillance (par exemple, données sur les intentions, vecteurs d'état).

On assume que les exigences du marché pour ADS-B RAD sont semblables à ceux pour L'ADS-B NRA au tant que ces dernier suivent des caractéristiques du radar. Les conditions sont :

- Un rapport de position toutes les 10 secondes avec la probabilité de 95% dans en route l'espace aérien.

- Un rapport de position toutes les 5 secondes avec la probabilité de 95% dans l'espace aérien de TMA.

L'ADS-B NRA est une application qui exige un ou plusieurs récepteurs terrestre. Les mêmes gammes nominales ont été assumées comme dans le cas de NRA. Clairement le nombre et l'endroit des stations au sol dépendraient de l'implémentation du locale.

#### **2.12.2.2 ADS-B NRA (surveillance d'ATC dans le secteur de non-radar) :**

L'application d'ADS-B-NRA fournira des services de la circulation aérienne a dans les secteurs où la surveillance de radar n'existe pas actuellement (par exemple, régions continentales peu peuplées, régions d'opération au large des côtes, certaines régions océaniques), l'objet ici étant d'améliorer les services de séparation et d'information sur le trafic.

L'application d'ADS-B-NRA est conçue pour augmenter les services de la circulation aérienne d'ICAO d'information de contrôle du trafic aérien et de vol, d'alerte et de bulletin de renseignements de trafic aérien.

L'application fournira une solution rentable pour réaliser des avantages dans la capacité, l'efficacité et la sûreté d'une manière semblable comme a pu être réalisé par l'introduction du radar SSR.

Les exigences de marche pour le NRA d'ADS-B sont prises du document ED-126 [12]. Les conditions de base sont

- Un rapport de position toutes les 10 secondes avec la probabilité de 95% dans en route l'espace aérien.

-Un rapport de position toutes les 5 secondes avec la probabilité de 95% dans l'espace aérien de TMA.

L'ADS-B NRA est une application qui exige un ou plusieurs récepteurs 1090ES terrestre. Il n'y a aucune condition spécifique sur la gamme du nombre de récepteurs terrestre, on suppose que chaque récepteur terrestre d'ADS-B devrait fournir une portée rudement équivalente à un radar, par conséquent deux gammes nominales ont été considérées, parce que en TMA le récepteur devrait réaliser une portée minimum de 80 NM, et pour en route le récepteur devrait réaliser 150 NM. Il est soumis à une contrainte que ce sont les gammes nominales. Le nombre et l'endroit des stations au sol dépendraient de l'implémentation du locale.

### **2.12.2.3 ADS-B APT (surveillance de la surface Surveillance de la circulation à la surface des aéroports) :**

L'application d'ADS-B-APT ajoutera une nouvelle source de données de surveillance aux aéroports, ce qui permet une gestion plus sûre et plus efficace de la circulation à la surface. Certains véhicules aéroportuaires peuvent aussi être équipés en ADS-B et affichés, comme les aéronefs, sur le dispositif d'affichage de situation.

L'ADS-B appuiera la détection des conflits au sol en fournissant de fréquentes mises à jour sur la position des aéronefs et des véhicules, ce qui permettra de suivre leurs déplacements et d'éviter les incursions sur piste.

Données dérivées des systèmes embarqués utilisées par les outils ATM terrestres

L'application transmet par ADS-B des données additionnelles provenant des systèmes embarqués, tels que les vecteurs d'état et les intentions, que le système ATC terrestre peut utiliser dans des outils d'aide automatisés spécialement élaborés ou modifiés pour les inclure, et qui servent à :

- a) la surveillance du respect des règles et des normes;
- b) la prédiction des conflits;
- c) la détection des conflits;
- d) le déclenchement du système d'avertissement d'altitude minimale de sécurité;
- e) le déclenchement du système d'avertissement de proximité de zone dangereuse;

f) le séquençement du trafic.

Les avantages de la gestion de la surveillance de la surface d'aéroport d'ATC sont plus grands dans la nuit et en états de mauvaise visibilité, en permettant à l'ATC de surveiller, sur un affichage, les mouvements des avions présents.

L'objectif principal est d'augmenter la sûreté (particulièrement pendant les états de mauvaise visibilité) et l'efficacité pour les opérations de surface de l'aéroport

ADS-B APT est une application à courte portée et de taux de mise à jour élevée. Les conditions temporaires sont :

-Un rapport de position toutes les 2 secondes avec 95% de probabilité de 2NM de porté

-Un rapport de vitesse toutes les 2 secondes avec 95% de probabilité de 2NM de port

#### **2.12.2.4 ATSA SURF (augmentation de la connaissance situationnelle du trafic sur la surface d'aéroport) :**

Cette application d'ATSA SURF augmentera la conscience situationnelle du trafic à l'équipage de l'avion en fournissant des informations concernant le trafic environnant pendant les opérations de roulage.

Les objectifs sont d'améliorer la sûreté (par exemple aux croisements de pistes de roulement, avant d'entrer dans une piste, avant décollage, etc.) et de réduire le temps de roulage en particulier durant une mauvaise visibilité et dans la nuit.

L'ADS-B SURF est une application à courte portée et de taux de mise à jour élevée. Les conditions temporaires sont :

-Un rapport de position toutes les 2 secondes avec 95% de probabilité de 2NM.de porté

-Un rapport de vitesse toutes les 2 secondes avec 95% de probabilité de 2NM de porté

### 2.12.2.5 Les Conditions d'application temporaires :

Un résumé des conditions temporaires est donné ci-dessous dans le tableau

	Update rate (s)	Range (NM)
<b>ADS-B NRA</b>		
Position (en-route)	10	150*
Position (TMA)	5	80*
<b>ADS-B RAD</b>		
Position (en-route)	10	150*
Position (TMA)	5	80*
<b>ATSA APT</b>		
Position	2	2*
Velocity	2	2*

**Tableau II.1:** Résumé des conditions d'application temporaires

#### **Remarque :**

D'autres applications de l'ADS-B sont examinées par divers forums, groupes d'experts et groupes de l'industrie aéronautique. Ces applications permettraient, entre autres, de :

- a) surveiller des trajectoires de vol de façon à s'assurer que les aéronefs respectent les environnements sensibles au bruit (par exemple, couvre-feu);
- b) obtenir plus facilement des données en vue de réclamer les redevances en régions éloignées là où c'est possible;
- c) permettre aux écoles de pilotage de surveiller les évolutions de pilotes débutants, lors des premiers vols de navigation par exemple;
- d) générer l'affichage d'obstacles temporaires tels qu'une grue distributrice à tour équipée d'un émetteur ADS-B;
- e) accroître les capacités en matière de recherches et sauvetage (SAR), de localisation d'urgence (ELT) et d'intervention d'urgence. Des appareils d'avionique pourraient être conçus de façon à diffuser des messages ADS-B appropriés lorsqu'ils ont été activés lors d'un écrasement. Les messages ADS-B numériquement codés pourraient être diffusés sur le médium de transport de données servant à la circulation normale des messages ADS-B.

## **Partie 3 : LA MISE EN ŒUVRE DE L'ADS-B**

### **3.1 Planification :**

Le passage du concept initial de l'ADS-B à son utilisation opérationnelle implique une foule d'activités. La présente section traite de ces activités en examinant deux thèmes particuliers : le processus décisionnel conjoint, la compatibilité et l'intégration des systèmes. La section suivante présente une liste de vérification qui aidera les États à gérer les activités de mise en œuvre de l'ADS-B.

### **3.2 Équipe de mise en œuvre veillant à la coordination internationale :**

Toute décision de mettre en œuvre l'ADS-B que prend un État devrait se faire en collaboration avec la communauté ATM la plus large possible. En outre, la mise en œuvre devrait être coordonnée entre les États et les régions de façon que les usagers de l'espace aérien et les fournisseurs de services en retirent les avantages maximaux.

Un moyen efficace de coordonner les diverses demandes des organismes concernés consiste à établir une équipe de mise en œuvre. La composition de l'équipe peut varier d'un État à l'autre ou d'une région à l'autre, mais le noyau du groupe responsable de la planification de la mise en œuvre de l'ADS-B devrait comprendre des membres ayant une expertise opérationnelle dans les disciplines de l'aviation et avoir accès à d'autres spécialistes quand le besoin se fait sentir.

Idéalement, cette équipe devrait comprendre des représentants des fournisseurs de services ATS, de l'organisme de réglementation et des usagers de l'espace aérien, ainsi que d'autres parties concernées par l'introduction de l'ADS-B telles que les constructeurs de matériel, les avionneurs et les autorités militaires. Toutes les parties concernées devraient participer dès que possible au processus de façon que les demandes soient identifiées avant d'établir un calendrier ou de conclure des contrats.

L'équipe de mise en œuvre a pour rôle de collaborer avec le plus grand nombre possible de parties intéressées, d'identifier les besoins opérationnels, de résoudre les demandes antagoniques et de faire des recommandations aux diverses parties qui gèrent la mise en œuvre. Pour ce faire, l'équipe devrait avoir accès au plus haut niveau hiérarchique de décideurs.

### **3.3 Compatibilité des systèmes :**

Comme le démontre les scénarios descriptifs du Chapitre 3, l'ADS-B pourrait être utilisé dans tous les environnements et dans toutes les opérations et devrait devenir, selon toute probabilité, un pilier du futur système ATM. Des essais techniques et opérationnels ont déjà été entrepris en vue de valider les diverses utilisations à divers endroits, et il appert que les premières applications auront lieu dans certaines régions bien délimitées où la surveillance par radar n'est pas disponible ou possible. Une implantation isolée de l'ADS-B pourrait favoriser la prolifération de normes et de pratiques qui, élargies à un environnement plus vaste, pourrait s'avérer incompatible avec les régions avoisinantes.

L'aviation étant par nature internationale, il convient de prendre tout particulièrement soin de garantir l'harmonisation par le biais de la conformité à des normes et pratiques recommandées (SARP) de l'OACI. Le choix de technologies servant à la mise en œuvre de l'ADS-B devrait tenir compte non seulement des performances requises des composantes individuelles, mais aussi de la compatibilité de ceux-ci avec les autres systèmes CNS.

Le concept de la future ATM insiste sur les avantages de l'interopérabilité et d'une transition sans discontinuité lors du franchissement des limites de régions d'information de vol (FIR). Les équipes de mise en œuvre de l'ADS-B devraient donc effectuer des simulations, des essais et des analyses coûts-avantages afin de s'assurer que ces avantages seront effectivement obtenus.

### **3.4 Intégration :**

Les plans de mise en œuvre de l'ADS-B devraient comprendre des analyses de rentabilité et des dossiers de sécurité. L'adoption d'un nouveau système CNS entraîne des conséquences majeures pour les fournisseurs de services, les autorités de réglementation et les usagers de l'espace aérien. Il convient donc d'envisager une planification spéciale en vue de l'intégration de l'ADS-B dans le système CNS/ATM actuel et prévu. Chaque élément est examiné brièvement ci-dessous.

**Système de communication :** Le système de communication est un élément essentiel du CNS. Un contrôleur de la circulation aérienne peut maintenant surveiller un aéronef à l'aide de l'ADS-B alors qu'auparavant il ne pouvait compter que sur les

rapports de position en phonie. Il sera toutefois nécessaire d'établir un système de communication qui viendra étayer les nouveaux services que permet la surveillance améliorée. Il appert donc que les travaux entourant l'ADS-B qui se déroulent actuellement ont une incidence sur le développement de l'infrastructure de communications.

Infrastructure du système de navigation : L'ADS-B dépend des données d'un système de navigation (ordinairement le GNSS) pour fonctionner. Par conséquent, l'infrastructure de navigation devrait satisfaire aux exigences correspondantes de l'application ADS-B en termes :

- a) d'éléments de données;
- b) de performances (c'est-à-dire précision, intégrité, disponibilité, etc.).

Cet aspect a bien entendu un impact sur le développement du système de navigation dont l'évolution se fait parallèlement au développement du système de surveillance.

Autre infrastructure de surveillance

L'ADS-B peut servir de complément aux systèmes de surveillance existants ou de source principale de données de surveillance. Idéalement, les systèmes de surveillance devraient incorporer des données de l'ADS-B et d'autres sources en vue de produire une image cohérente qui accroît la quantité et l'utilité des données de surveillance mises à la disposition de l'utilisateur. Le choix de la combinaison optimale de sources de données dépendra des demandes opérationnelles, de la technologie disponible de la sécurité et des avantages coûts-bénéfices.

### **3.5 Liste de vérification de la mise en œuvre :**

La liste de vérification de la mise en œuvre vise à présenter l'ensemble des activités devant se dérouler pour faire cheminer une application ADS-B du concept initial à l'utilisation opérationnelle. Cette liste de vérification peut servir de référence de base pour un mandat attribué à une équipe de mise en œuvre d'ADS-B, bien que certaines activités puissent ne relever que de parties concernées spécifiques.

Les activités sont énumérées suivant un ordre approximativement séquentiel, mais il n'est pas nécessaire que chacune de ces activités soit terminée avant

d'entreprendre la suivante. Dans de nombreux cas, il sera nécessaire de suivre un processus en parallèle et itératif afin de transférer des données et des connaissances d'une activité à l'autre. Il convient de noter que les activités ne seront pas toutes requises pour toutes les applications.

### **3.5.1 Phase conceptuelle :**

a) Réalisation du concept opérationnel :

- 1) objet;
- 2) environnement opérationnel;
- 3) fonctions ATM;
- 4) infrastructure.

b) Identification des avantages :

- 1) amélioration de la sécurité;
- 2) efficacité;
- 3) capacité;
- 4) préservation de l'environnement;
- 5) réduction des coûts;
- 6) accès;
- 7) autres paramètres (prévisibilité, flexibilité, utilité).

c) Identification des contraintes :

- 1) duplication de l'équipement;
- 2) compatibilité avec les aéronefs non équipés;
- 3) exclusivité de l'espace aérien;
- 4) infrastructure terrestre requise;
- 5) spectre des radiofréquences;
- 6) intégration à la technologie existante;
- 7) disponibilité de la technologie.

d) Analyse de rentabilité :

- 1) analyse coûts-avantages;
- 2) demande et justification.

**3.5.2 Phase de l'avant-projet :**

## a) Identification des besoins opérationnels :

- 1) sûreté;
- 2) interopérabilité des systèmes.

## b) Identification des problèmes de facteurs humains :

- 1) interfaces homme-machine;
- 2) développement et validation de la formation;
- 3) demandes de la charge de travail;
- 4) rôle de l'automatisation par rapport à celui de l'être humain;
- 5) interactions touchant la coordination de l'équipage et la prise de décision par les pilotes;
- 6) processus décisionnel conjoint de l'ATM.

## c) Identification des exigences techniques :

- 1) élaboration des normes;
- 2) données requises;
- 3) traitement fonctionnel;
- 4) performance fonctionnelle;
- 5) niveaux de certification requis.

## d) Développement, essais et évaluation de l'équipement :

- 1) construction de systèmes prototypes en fonction de normes et spécifications existantes ou à l'état de projet;
- 2) tests de développement au banc d'essai ou en vol;
- 3) choix de la technologie.

## e) Élaboration de procédures :

- 1) actions et responsabilités des pilotes et des contrôleurs;
- 2) phraséologie;
- 3) critères et exigences de séparation et d'espacement;
- 4) responsabilité des contrôleurs concernant le maintien d'une fonction de surveillance, si nécessaire;
- 5) procédures spéciales;
- 6) procédures d'urgence.

f) Élaboration d'un dossier de sécurité de phase d'avant-projet:

- 1) analyse raisonnée des problèmes de sécurité;
- 2) budget et attribution de ressources pour la sécurité;
- 3) évaluation fonctionnelle des dangers.

### **3.5.3 Phase de mise en œuvre :**

a) Élaboration d'un dossier de sécurité de phase de mise en œuvre.

b) Essais opérationnels et évaluations des essais :

- 1) simulations en vue de la validation (poste de pilotage et de ATC);
- 2) essais en vol et mises à l'épreuve opérationnelles.

c) Certification des systèmes :

- 1) équipement embarqué;
- 2) équipement au sol.

d) Approbations par l'organisme de réglementation :

- 1) opérations en vol;
- 2) circulation aérienne.

e) Transition de mise en œuvre :

- 1) continuation de la collecte et de l'analyse des données;
- 2) résolution de problèmes inattendus;
- 3) continuation de la rétroaction dans les processus d'élaboration des normes.

f) Surveillance de la performance en vue de s'assurer que la performance convenue est maintenue.

Après que la mise en œuvre est achevée, les instances appropriées devraient poursuivre la surveillance interne/externe de la maintenance continue ainsi que de la mise à niveau des opérations et de l'infrastructure de l'ADS-B

## *Chapitre 3 :*

Information PLN DE VOL

### **III.1 Dossier de vol:**

Ce dossier comporte un ensemble de Docs qui sont nécessaires pour effectuer le vol; Parmi lesquels, on trouve :

Le plan de vol Technique

Le plan de vol ATC

**NB :** L'exemple de la C.I.E Air Algérie

#### **III.1.1 Plan de vol Technique:**

Il est établi en temps réel par ordinateur et donne lieu à un DOC [Préparation/suivie] du vol édité sur imprimante et appelé *JETPLAN* ;

L'établissement est fait à partir des données suivantes :

- Performances Avion [données constructeur] ;
- Infrastructure Aérienne: **Jeppsen** alimente directement la base des données;
- Météorologie: à la demande;
- Spécification C.I.E :

-Masse limite de structure

-Facteur de vieillissement de l'appareil

-Politique réserve carburant

-Taxi Fuel

-Facteur de vieillissement de l'appareil

- **Données de vol :**

-Immatriculation de l'avion.

- L'étape.

- La charge a embarqué.

-L'emport du carburant.

- L'heur prévu du départ.

#### **III.1.2 Plan de vol ATC:**

Un plan de vol est l'ensemble des renseignements intéressant un vol et permettant de décrire précisément sa trajectoire, l'aéronef utilisé, et les règles qui lui seront appliquées à ce vol.

**III.1.2.1 Types de plan de vol :**

Un plan de vol peut être déposé de trois façons :

- Plan de vol répétitif (RPL) utilisé par les compagnies aériennes pour décrire des vols réguliers.
- Plan de vol déposé (FPL), formulaire déposé avant le vol décrivant la totalité du vol. C'est le plus souvent à ce type de plan de vol que l'on fait en fait référence quand on parle de "plan de vol".
- Le plan de vol réduit, déposé en vol par radiotéléphonie à un organisme de la circulation aérienne, sous la forme d'éléments intéressant une partie du vol.

**III.1.2.2 Obligation de plan de vol :**

Un plan de vol est obligatoire dans les cas suivants :

- tout vol IFR,
- tout vol devant franchir des frontières,
- pour le VFR de nuit (voyage-navigation hors vol local),
- tout vol devant évoluer dans des régions, sur des routes ou pendant des périodes désignées par arrêté du ministre chargé de l'aviation civile pour faciliter la fourniture du service d'alerte ou les opérations de recherche et de sauvetage (zones inhospitalières)
- tout vol devant évoluer dans des régions ou sur des routes désignées par arrêté du ministre chargé de l'aviation civile pour faciliter la coordination avec les organismes militaires ou les organismes de la circulation aérienne d'Etats voisins et éviter la nécessité éventuelle d'une interception aux fins d'identification

**III.1.2.3 Forme et délais de communication :****III.1.2.3.1 Vol IFR :**

Sauf dans les cas prévus par l'autorité compétente des services de la circulation aérienne et sauf si un RPL est utilisé, un vol IFR doit communiquer un FPL. Ce FPL doit être communiqué au moins soixante minutes avant : - l'heure estimée de départ du poste de stationnement - l'heure estimée à laquelle l'aéronef débutera son vol IFR pour les vols se déroulant partiellement selon les règles de vol aux instruments.

**III.1.2.3.2 Vols VFR bénéficiant du service de contrôle de la circulation aérienne :**

Dans les cas où un FPL n'est pas requis, un plan de vol réduit doit être communiqué dès que possible avant que l'aéronef ne pénètre dans l'espace aérien contrôlé de classe B, C ou D, ou avant d'évoluer dans la circulation d'aérodrome d'un aérodrome contrôlé, ou avant d'évoluer en VFR spécial

**III.1.2.3.3 Vol franchissant des frontières :**

Un FPL doit être communiqué au moins trente minutes avant l'heure estimée de départ du poste de stationnement. Dans ce cas, un FPL ne peut pas être communiqué pendant le vol. Il est à noter que ce délai particulier n'existe pas dans la réglementation purement OACI

**III.1.2.4 Majoration des délais de dépôt :**

Des délais supérieurs peuvent être exigés pour les vols faisant l'objet de mesures de régulation. Ces délais majorés, quand ils existent, sont portés à la connaissance des usagers par la voie de l'information aéronautique. Le délai est alors de trois heures.

**III.1.2.5 Le plan de vol déposé :**

Il s'agit d'un formulaire remis aux organismes de la circulation aérienne. Il comporte les éléments suivants :

- identification de l'aéronef,
- règles et type de vol,
- nombre et type d'aéronef, catégorie de turbulence de sillage,
- équipement,
- aérodrome et heure de départ,
- vitesse et niveau de croisière,

- route,
- aéroport d'arrivée et durée totale estimée,
- 1er et 2ème aéroports de décollage,
- autonomie,
- nombre de personnes à bord,
- moyens de secours, couleurs et marques de l'aéronef,
- remarque,
- nom du commandant de bord.

L'organisme qui reçoit le plan de vol doit le vérifier, éventuellement le modifier et en communiquer l'acceptation

**III.2 Forme OACI du plan de vol :**

FLIGHT PLAN PLAN DE VOL			
PRIORITY Priorité * * * P P		ADDRESSES (3) Destinations:	
FLIGHT TIME Heure de départ		ORIGINATOR Exécutant	
SPECIFIC IDENTIFICATION OF ADDRESSES (3) AND/OR ORIGINATOR Identification précise du (des) destinataire (s) et/ou de l'exécutant			
3 MESSAGE TYPE Type de message * * * FPL	7 AIRCRAFT IDENTIFICATION Identification de l'aéronef	8 FLIGHT RULES Règles de vol	TYPE OF FLIGHT Type de vol
NUMBER Numéros	TYPE OF AIRCRAFT Type d'aéronef	WAKE TURBULENCE CAT. Cat. de turbulence de sillage	10 EQUIPMENT Équipement
1 DEPARTURE AERODROME Aérodrome de départ	TIME Heure		
5 CRUISING SPEED Vitesse croisière	LEVEL Niveau	ROUTE Sillage	
16 DESTINATION AERODROME Aérodrome de destination		TOTAL EST Durée totale estimée HR MIN	2ND ALTY AERODROME 2 <sup>e</sup> Aérodrome de décollage
18 OTHER INFORMATION Renseignements divers			
SUPPLEMENTARY INFORMATION (NOT TO BE TRANSMITTED IN FPL MESSAGES) Renseignements complémentaires (À NE PAS TRANSMETTRE DANS LES MESSAGES DE PLAN DE VOL DÉPOSÉ)			
19 ENDURANCE Autonomie HR MIN	PERSON ON BOARD Personnes à bord	EMERGENCY RADIO Risque de secours	
SURVIVAL EQUIPMENT Équipement de survie POLAR / DESERT / MARITIME / JUNGLE Polaire / Désert / Maritime / Jungle	JACKETS Gilets de sauvetage LIGHT / FLOURES Luminescents / Fluorescents	VHF V	E.T. E
DINGHIES Canoes NUMBER / CAPACITY / COVER / COLOUR Numéros / Capacité / Couverture / Couleur	AIRCRAFT COLOUR AND MARKINGS Couleur et marques de l'aéronef	VHF U	VHF V
REMARKS Remarques	PLOT-IN-COMMAND Pilote commandant de bord	VHF L	VHF V
FILED BY Déposé par	SPACE RESERVED FOR ADDITIONAL REQUIREMENTS Espace réservé à des fins supplémentaires		

**Figure III.1 :** Forme OACI du plan de vol

**Explication des champs:****Case 7: Identification de l'aéronef**

Inscrire en 7 caractères au maximum

- Soit la marque OACI d'immatriculation d'aéronefs.  
Soit l'indicatif OACI de l'exploitant suivi du numéro de vol

**Case 8 : Règles de vol et type de vol**

- Règles de vol

Inscrire au moyen de l'une des lettres ci-après la catégorie de règles de vol que le pilote compte appliquer :

**I** Pour IFR

**V** Pour VFR

**Y** Pour IFR d'abord et spécifier dans la case 15 le point où les points où un changement de règles de vol est prévu.

**Z** Pour VFR d'abord

- Type de vol

Inscrire au moyen de l'une des lettres ci-après le type de vol lorsque l'autorité A TS compétente l'exige :

**S** Pour transport aérien régulier

**N** Pour transport aérien non régulier **G** Pour aviation générale;

**M** Pour aviation militaire;

**X** Pour autre type de vol n'entrant pas dans les catégories définies ci dessus.

**Case 9 : Nombre d'aéronefs, Type d'aéronef et catégorie de turbulence de sillage**

- Nombre d'aéronefs

Indiquer le nombre d'aéronefs s'il y en a plus d'un aéronef.

- Type d'aéronefs

Indiquer le type désigné par l'abréviation spécifiée dans le DOC OACI8643.  
Si la formation groupe des aéronefs de plusieurs types, inscrire **ZZZZ** et spécifier nombre et type d'aéronefs en case 18 après TYP/.

- Catégorie de turbulence de sillage

Indiquer la turbulence de sillage par l'un des caractères suivants:

**H** - Gros porteur, pour les aéronefs dont la masse maximale certifiée au décollage est égale ou supérieure à 136000 kg;

**M** moyen tonnage, pour les aéronefs dont la masse maximale certifiée au décollage est inférieur à 136 000 kg mais supérieur à 7000 kg ;

**L** - faible tonnage, pour les aéronefs dont la masse maximale certifiée Au décollage est inférieur ou égale à 7 000 kg.

#### Case 10: Equipement

- EQUIPEMENT de radiocommunication, de navigation et d'approche

Inscrire S si l'équipement minimal suivant se trouve à bord : multifréquences UHF et T ACAN (ou VOR/DME)

Sinon décrire l'équipement disponible par les lettres suivantes énumérées sans espacement:

<b>A</b> LORAN A	<b>H</b> HF	<b>P</b> DOPPLER
<b>C</b> LORAN C	<b>D</b> DME	<b>T</b> TACAN
<b>E</b> DECCA	<b>M</b> OMEGA	<b>U</b> UHF(1)
<b>F</b> ADF	<b>O</b> VOR	<b>V</b> VHF(1)
<b>R</b> Equipement de route RNAV	<b>I</b> Central inertie	<b>L</b> ILS

- **EQUIPEMENT SSR**

Inscrire l'un des caractères suivants pour décrire l'équipement SSR en état de fonctionnement qui se trouve à bord;

**N** Néant;

**A** Transpondeur - mode A (4 chiffres - 4096 codes) ;

**C** Transpondeur - mode A (4 chiffres - 4096 codes) et mode C ;

**X** Transpondeur - mode S sans transmission ni de l'identification de l'aéronef ni de l'altitude pression ;

**P** Transpondeur - mode S y compris la transmission de l'altitude pression mais sans transmission de l'identification de l'aéronef;

**I** Transpondeur - mode S y compris la transmission de l'identification de l'aéronef, mais sans transmission de l'altitude pression ;

**S** Transpondeur - mode S y compris la transmission de l'altitude pression et de l'identification de l'aéronef.

### **Case 13 : Aéroport de départ et heure**

Inscrire l'indicateur d'emplacement à 4 lettres (**ZZZZ** si pas d'indicateur d'emplacement - inscrire le nom en clair case 18 après DEP/);

Inscrire l'heure estimée de départ du poste de stationnement

### **Case 15 : Route**

» Vitesse de croisière

Inscrire avec cinq caractères maximum , sans espacement, la vitesse de croisière

- o Soit la lettre **N** suivie de quatre chiffres donnant la vitesse vraie en nœuds ;
- o Soit la lettre **M** suivie de trois chiffres donnant la vitesse en centièmes d'unité de Mach;
- o Soit la lettre **K** suivie de quatre chiffres donnant la vitesse vraie en km/h.

## » Niveau de croisière

Inscrire le premier niveau de croisière prévu :

- o Soit le niveau de vol exprimé par la lettre **F** suivie de trois chiffres ;
- o Soit l'altitude en centaines de pieds exprimée par la lettre **A** suivie de trois chiffres
- o Soit la hauteur en pieds exprimée par la lettre **H** suivie de quatre chiffres.

## » Route

**A/ Vols sur des routes ATS désignées :**

Inscrire l'indicatif de la première route **ATS** si l'aérodrome de départ se trouve sur la route **ATS**, ou y est relié,

Ou, si l'aérodrome de départ n'est pas situé sur la route **ATS**, ou n'y est pas relié, les lettres **DCT** suivies du point où l'aéronef rejoindra la première route **ATS**, puis de l'indicatif de la route **ATS** ;

Puis Inscrire chaque point où il est prévu un changement de vitesse ou de niveau, un changement de route **ATS** et/ou un changement de règle de vol;

**NB:** Lorsqu'une transition est prévue entre une route **ATS** inférieure et une route **ATS** supérieure, et que l'orientation de ces routes est la même, il n'est pas nécessaire d'insérer le point de transition;

Suivi dans chaque cas

O De l'indicatif du tronçon de route **ATS** ; même s'il n'est pas différent du précédent ;

**OU**

O De **DCT** si le vol jusqu'au point suivant aura lieu en dehors d'une route désignée, à moins que les deux points ne soient définis par des coordonnées géographiques.

**B/ Vols en dehors** des routes **ATC** désignées :

Inscrire des points normalement séparés par des intervalles ne dépassant pas 30 minutes de vol ou 370 km (200NM), notamment chaque point où il est prévu un changement de vitesse ou de niveau, un changement de route, ou un changement de règle de vol,

**OU**

Lorsque les autorités **ATS** compétentes l'exigent

Définir la route, pour les vols en majeure partie orientés est **EST -OUEST** entre 70°N et 70°S, par des points significatifs choisis à intervalles d'un demi-degré ou d'un degré de latitude sur des méridiens espacés de 10 degrés.

Pour les vols hors de ces latitudes, les routes seront définies par des points significatifs sur des parallèles, normalement à intervalles de 20° de longitude.

Dans la mesure du possible, la distance entre points significatifs correspondra au maximum à une heure de vol. Des points significatifs supplémentaires seront choisis selon les besoins.

Pour les vols en majeure partie orientés **Nord-Sud**, définir les routes par des points significatifs choisis à intervalles d'un degré de longitude sur des parallèles spécifiés espacés de 5°.

Inscrire **DCT** entre les points successifs à moins que les deux points ne soient définis par des coordonnées géographiques ou par un relèvement et une distance.

**NB** : Utiliser seulement les conventions de 1) à 5) ci-après et séparer toutes les subdivisions par un espace :

**1) Route ATS** (2 à 7 caractères) :

Indicatif codé attribué à la route ou au tronçon de la route, y compris, s'il y a lieu, l'indicatif codé attribué à l'itinéraire normalisé de départ ou d'arrivée.

**2) Point significatif (2 à 11 caractères) :**

Indicatif codé (de 2 à 5 caractères) attribué à ce point, ou si aucun indicatif codé n'a été attribué, l'un des éléments suivants:

\* / Degré seulement (7 caractères) :

2 chiffres indiquant la latitude en degrés, suivie de la lettre **N (Nord)** ou de la lettre **S (Sud)**

Puis 3 chiffres indiquant la longitude en degrés, suivie de la lettre **E (Est)** ou de la lettre **W (Ouest)**.

**NB** : Les nombres sont à compléter au besoin par des zéros ;

\* / Degrés et minutes ( 11 caractères) :

4 chiffres indiquant la latitude en degrés et en dizaines de minutes et minutes suivis de la lettre **N (Nord)** ou de la lettre **S (Sud)** ;

Puis 5 chiffres indiquant la longitude en degrés et en dizaines de minutes et minutes suivis de la lettre **E (Est)** ou de la lettre **W (Ouest)**.

**NB** : les nombres sont à compléter au besoin par des Zéros;

\* / Relèvement par rapport à une aide de navigation et distance à cette aide :

Identification de cette aide de navigation sous forme de 02 ou 03 caractères,  
Puis 3 chiffres donnant en degrés magnétiques le relèvement à partir de cette aide,  
Puis 3 chiffres donnant en milles marins la distance à cette aide.

**NB** : les nombres sont à compléter au besoin par des Zéros ;

**3) Changement de vitesse ou de niveau (Maximum 21 caractères) :**

Point où doit avoir lieu un changement de vitesse (5% de la vitesse vraie ou de Mach 0.01 ou plus) ou un changement de niveau, indiqué exactement comme en **2)** ci-dessus, suivi d'une barre oblique et à la fois de la vitesse de croisière indiquée par avant sans espaces intermédiaire, même lorsqu'une seule de ces quantités changera.

**4) Changement de règles de vol (Maximum 3 caractères) :**

Point où doit avoir lieu un changement de règles de vol, exprimé exactement comme en 2) ou 3) ci-dessus, suivi d'un espace et d'une des abréviations ci-après:

- o **VFR** Pour le passage du vol IFR au vol VFR;
- o **IFR** Pour le passage du vol VFR au vol IFR.

**5) Croisière ascendante (Maximum 28 lettres) :**

Lettre **C** suivie d'une barre oblique; Puis Point où il est prévu d'amorcer la croisière ascendante, exprimé exactement comme en 2) ci-dessus, suivie d'une barre oblique; Puis Vitesse à maintenir au cours de la croisière ascendante suivie des 02 niveaux qui définissent la tranche d'espace à occuper au cours de la croisière ascendante suivie des lettres **PLUS**, sans espace intermédiaire .

**Case 16 : Aéroport de destination et durée totale estimée, Aéroports de décollage**

> Aéroport de destination et durée totale estimée

Inscrire l'indicateur d'emplacement à 4 lettres (inscrire **ZZZZ** si pas d'indicateur d'emplacement et spécifier le nom du lieu de destination en case 18 après DESTI) ;  
Inscrire la durée totale estimée du vol.

> Aéroport (s) de décollage

Un ou deux indicateurs d'emplacement à 4 lettres (inscrire **ZZZZ** si pas d'indicateur d'emplacement et spécifier le nom de l'aéroport en case 18 après ALTN/).

**Case 18 : Renseignements divers**

**NB** : Inscrire **NIL** si aucun renseignement n'est donné dans cette case ou inscrire dans l'ordre tout ou partie des renseignements suivants après le signe approprié suivi d'une barre oblique:

**EET** / : points significatifs ou de passage de vol non contrôlé en vol contrôlé et

durées cumulatives de vol;

Rédaction: pas d'espace entre le point et la durée. Un espace entre chaque groupe point-durée ;

**(Ex: EET/ENSAC0030 MRA020045),**

**OPR/:** nationalité ou appartenance si cela ne ressort pas manifestement de l'identification de l'aéronef donné en case 7 ;

**STS /:** vol nécessitant une surveillance particulière :

**EMER** (intervention illicite), **HUM** (humanitaire), **HOSP** (EVASAN), **SAR** (recherche et sauvetage), **HEAD** (transport de Chef d'État), **STATE** (vol gouvernemental) ;

**TYP/:** nombre et type d'aéronef si **ZZZZ** figure en case 9 ;

**NAV I:** tout équipement de navigation en clair si la lettre Z figure en case 10 ;

**DEP/:** lieu de départ en clair si **ZZZZ** figure en case 13 ;

**DEST /:** lieu de destination en clair si **ZZZZ** figure en case 16 ;

**ALTN /:** aéroport (ou lieu) de dégagement en clair si **ZZZZ** figure (case 16).

### **Case 19 : Renseignements Complémentaires** **Autonomie**

A la suite de E / inscrire l'autonomie en heures (deux chiffres) et minutes (deux chiffres).

#### **Personnes à bord**

A la suite de P / inscrire le nombre total des personnes (passagers et membres d'équipage) présentés à bord (inscrire TBN si ce nombre n'est pas connu au moment du dépôt du plan de vol).

#### **Équipement de secours et de survie**

**R/ (Radio) :**

Biffer la lettre **U** s'il n'y a pas de fréquence UHF 243,0 MHz

Biffer la lettre **V** s'il n'y a pas de fréquence VHF 121,5 MHz

- O Biffer la lettre **E** s'il n'y a pas d'émetteur de localisation d'urgence  
S / (équipement de d'équipement de survie)
- O Biffer **toutes** les lettre s'il n'ya pas d'équipement de survie à bord ;
- O Biffer la lettre **P** s'il n'y a pas d'équipement de survie en milieu polaire à bord.
- O Biffer la lettre **D** s'il n'y a pas d'équipement de survie en milieu désertique à bord ;
- O Biffer la lettre **M** s'il n'y a pas d'équipement de survie en mer à bord;
- O Biffer la lettre **J** s'il n'y a pas d'équipement de survie dans la jungle à bord.  
J / (Gilets de sauvetage) :
- O Biffer **toutes** les lettres s'il n'y a pas de gilets de sauvetage à bord
- O Biffer la lettre **L** si les gilets de sauvetage ne comportent pas de lampes;
- O Biffer la lettre **F** si les gilets de sauvetage ne sont pas pourvus de fluorescéine.
- O Biffer la lettre **U** ou **V**, ou ces deux lettres, comme en RI ci- dessus, pour indiquer le cas échéant l'équipement radio des gilets de sauvetage.

### **III.3 Circulation d'information du PLN:**

L'information du PLN est indispensable du point de départ jusqu'à le point d'arrivée pour bien veiller la sécurité des appareils, personnes et l'environnement :  
Même plus précisément (Avant et Après) pour d'autres besoins (Gestion des créneaux, Archivage, Enquêtes, etc.)

C'est pour toutes ces raisons, la circulation de cette information le long de l'étape de vol soit **Continue, Permanente et Précise**.

### **III.4 Source d'information du PLN:**

On a deux sources d'information du PLN :

#### **Source Textuelle:**

Celle trouvée dans la base de données dans chaque service de contrôle (Locale, Approche, Route) ; par principe de sécurité et de collaboration, ces services de contrôle forment **Un SYSTEME EN RESEAU** (FDP).

#### **Source Visuelle :**

Celle fournie par le système ADS Puisqu'on est en présence d'une situation (une information avec deux sources), on corrèle ces deux dernières pour avoir une Information Précise sur notre Vol

## **Chapitre V :**

Interface ADS-PLAN DEVOL

### **V.1 L'interface ADS- Plan de Vol :**

L'intégration du plan de vol dans le système ADS existe au niveau des systèmes modernes de contrôle et visualisation des situations aériennes par le ADS, mais le problème qui se pose est que le contrôle se fait toujours par la présence de l'assistant, et qu'il n'est pas totalement automatisé.

Donc dans notre application on a essayé d'élaborer le programme qui fait intégrer et corréler les informations de plan de vol à celle du ADS par l'intermédiaire d'une base des données de vol qu'on a créé avec le système de gestion des bases des données.

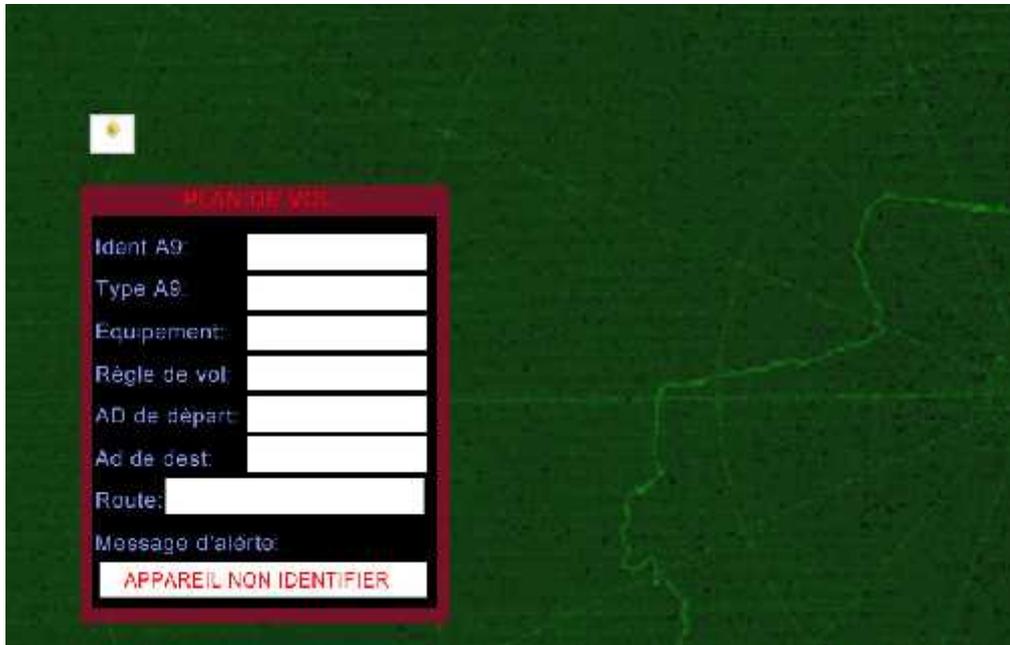


**Figure V.1 : Interface ADS**

En plus, on a ajouté à l'interface du plan de vol une zone texte qui affiche le message d'alerte s'il y a l'un des problèmes comme suit :

1- Un pilote qui n'a pas déposé son plan de vol ou bien un problème transmission des données dans le transpondeur de cet avion.

Message d'alerte : **Appareil non identifié.**



**Figure V.2 : Message d'alerte : Appareil non identifié**

2- Un pilote qui n'a pas respecté sa trajectoire aérienne

Message d'alerte : **APPAREIL Hors TRJECTOIRE**



**Figure V.3 : Message d'alerte : APPAREIL Hors TRJECTOIR**

3- Un pilote qui n'a pas respecté le temps estimé.

Message d'alerte : **Erreur de temps.**



**Figure V.4 : Message d'alerte : Erreur de temps.**

## **Conclusion générale :**

Avant de commencer notre travail dans cette thèse, on a fixé notre objectif qui se résume dans ce point :

Présentations des systèmes ADS-C et ADS-B, descriptions des différents médias nécessaires pour les liaisons des données et les différentes applications de ce système

Réalisation du programme d'intégration du plan de vol dans le système de visualisation ADS pour la surveillance permanente d'une situation aérienne donnée.

### 1) La possibilité de la mise à jour de PLN au cours du vol :

Elle est pour but d'automatiser les Strippes qui sont jusqu'à maintenant manuels et prendre beaucoup du temps dans leur correction et utilisations dans la salle de contrôle ;

### 2) les tests d'alerte :

Appareil non Identifié.

Appareil hors trajectoire.

Erreur du temps.

Dans cette fonction, on a travaillé avec un système redondant (alerte visuelle + alerte textuelle) ; Pour bien interpréter les résultats de notre programme, on dit qu'il est destiné pour la surveillance aérienne en donnant l'accès permanent sur la situation aérienne arriver à cette étape est une bonne chose, mais la question qui se pose toujours :

Est ce que le niveau de sécurité maximale est atteint ?

On dit que NON, pour cela, nous souhaiterons développer ce programme en le rendant capable de gérer les conflits aériens (c à d : la gestion du trafic aérien) pour passer de la Surveillance au Contrôle.

**A.1 Transpondeur VDL mode 4 :****Figure A.1 :** Transpondeur du VDL MODE 4

<b>General</b>	
Power requirements	27.5 V DC 2 A
GNSS Receiver	12 parallel channel
<b>Transmitter specification</b>	
Number of transmitters	1
Tuning range	112.000-136,975 MHz
Channel spacing	25 kHz
Frequency stability	0.0002% = 2 ppm
TX to Rx turnaround time	< 1 ms
Channel selection time	< 13 ms
Baud rate	19200 bps
Modulation scheme	GFSK
Carrier power (adjustable)	40 dBm into 50 $\Omega$
Adjacent Channel Power	ICAO Annex 10 for VDL
<b>Receiver specification</b>	
Number of receivers	Up to 4
Tuning range	108 000-136 975 MHz
Channel spacing	25 kHz
Frequency stability	0.0002% = 2 ppm
Sensitivity	-98 dBm
CCI	10 dB
<b>Interfaces</b>	
ARINC 429	Optional
RS 232 or RS 422	3
Maintenance I/F RS 232/422	Yes
VHF Tx antenna	1
VHF Rx antenna	1
GNSS antenna	1
<b>Physical characteristics</b>	
Form factor	ATR 5.75"
Weight	2.8 kg
Cooling	Not req.
<b>Functions</b>	
ADS-B	Yes
Point-to-point	Yes
DGNSS data	Yes
TIS-B	Yes
FIS-B	Yes

**Tableau A.1 :** Transpondeur du VDL MODE 4

**ABREVIATION:**

ADS Surveillance dépendante automatique  
ADS-B Surveillance dépendante automatique en mode diffusion  
ADS-C Surveillance dépendante automatique – contrat  
CNS Communication navigation surveillance  
ATM Gestion de la circulation aérienne  
FANS Futurs systèmes de navigation aérienne  
WAAS Système de renforcement à couverture étendue  
CPDLC Communications contrôleur-pilote par liaison de données  
ATN Réseau de télécommunications aéronautiques  
PDN Réseau de transmission des données  
ATN Réseau de télécommunications aéronautiques  
ATC Contrôle de la circulation aérienne  
FIC Centre d'information de vol  
RCMC Système de surveillances et contrôle des données  
SNA Fournisseur des services d'information  
FAA Fédérale Aviation Administration  
GNSS Système mondial de navigation par satellite  
GPS Système mondial de localisation  
RNAV Navigation de surface  
RNP Qualité de navigation requise  
VNAV Navigation verticale  
SBAS Système de renforcement satellitaire  
GBAS Système de renforcement au sol  
LAAS Système de renforcement à couverture locale  
DCPC Communication directe contrôle pilote  
PSR Radar primaire  
SSR Radar secondaire  
CIE Compagnie aérienne  
DOCs Documents

VDL mode 4 VHF data link mode 4

UAT Universel Access Transceiver

ES 1090 Extended Squitter Mode S

TIS-B Traffic Information Service – Broadcast

FIS-B Flight Information Service – Broadcast

ACAS Système anticollision embarqué

ADS-B RAD Surveillance d'ATC pour des secteurs de radar

ADS-B NRA Surveillance d'ATC dans le secteur de non-radar

ADS-B APT Surveillance de la surface Surveillance de la circulation à la surface des aéroports

ATSA SURF Augmentation de la connaissance situationnelle du trafic sur la surface d'aéroport

GRAS Ground-based Regional Augmentation System

SMGCS system de guidage et de control de la circulation de surface