

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université SAAD DAHLAB BLIDA – 1 -
Institut d'Aéronautique et des études spatiales
Département : Navigation Aérienne



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

En vue de l'obtention du diplôme de master en aéronautique
Spécialité : Opérations aériennes

Thème :

**LA CONNECTIVITE A BORD
DE L'AVION**

Réalisé par :
GHALEM NOUSSAIBA
CHALLAL SYLIA

Promoteur : Mr. AMAR ZABOT.
Encadreur : Mr. ATTOU HICHEM.
Mr. BASAID DJAMEL.

Promotion, septembre 2019.

Remerciements :

Nous *remercions* tout d'abord Allah le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force, le courage et la patience d'accomplir ce travail.

On tient à exprimer toute notre reconnaissance à notre promoteur de mémoire, monsieur ZABOT, on le remercie de nous avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

On remercie aussi madame HADAD qui nous aidé pour élaborer le sondage intitulé l'intégration du WI-FI abord des avions civiles.

On adresse nos sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé nos réflexions et ont accepté de nous rencontrer et de répondre à nos questions durant nos recherches.

On remercie nos très chers parents, qui ont toujours été là pour nous. On remercie nos sœurs et frères, pour leurs encouragements.

Enfin, on remercie nos amis, qui ont toujours été là pour nous. Leur soutien inconditionnel et leurs encouragements ont été d'une grande aide.

À tous ces intervenants, nous présentons nos remerciements, notre respect et notre gratitude.

ملخص, Abstract, Résumé

Résumé

Dans ce mémoire, nous avons étudié les systèmes de communication aéronautique et leurs applications. Nous sommes beaucoup plus intéressés à communications passagères, particulièrement la connectivité sur avion. Dans ce contexte et pour montrer le grand intérêt des passagers à ce service qui est devenu indispensable un sondage sur 400 échantillons a été réalisé.

Mots clés : WI-FI, communication, connectivité.

Abstract

In this project, we studied aeronautical communication systems and their applications. We are much more interested in passenger communications, especially onboard connectivity. In this context and to show the great interest of passengers in this service which has become indispensable a survey of 400 samples has been made.

Keywords: WI-FI, communication, connectivity.

ملخص

في هذا المشروع، درسنا أنظمة الاتصالات الجوية وتطبيقاتها. نحن مهتمون أكثر بكثير بالاتصالات الخاصة بالمسافرين، وخاصة الإنترنت و الاتصالات للمسافرين على متن الطائرة. في هذا السياق وإظهار الاهتمام الكبير للمسافرين بهذه الخدمة التي أصبحت لا غنى عنها تم إجراء صبر الراء لـ 400 عينة .

الكلمات المفتاحية : ويفي , اتصالات, الاتصال.

Sommaire

Remerciement.

Résumé.

Liste des symboles et notions.

Liste des illustrations, graphiques et tableaux.

Introduction générale.....1-3

Chapitre I : Les catégories de communication aéronautiques

I.1 : Objectif	4
I.2 : Le comité FANS et le concept CNS/ATM.....	4-5
I.3 : Les communications aéronautiques.....	5-9
I.3.1 : Les échanges vocaux.....	8-9
I.3.2 : Les échanges de données numériques.....	9
I.4 : Les catégories de communications air/sol.....	9-12
I.4.1 : Air Traffic Services Communication (ATSC).....	10
I.4.2 : Aéronautical Opération Control (AOC).....	10-11
I.4.3 : Aéronautical Administrative Control (AAC).....	11
I.4.4 : Aeronautical Passenger Communication (APC).....	11-12
I.5 : classification des catégories de communication	12-13

Chapitre II: les moyens et les applications des communications aéronautiques

II.1 : Les moyens de communication pour le contrôle aérien.....	15
II.1.1: Solutions par liaison directe avec le sol.....	16-19
II.1.1.1 : Le VDL.....	16-17
II.1.1.2 : HF DL.....	17-18
II.1.1.3 : L'UAT.....	18
II.1.1.4 : L'ATN.....	18-19
II.1.1.5 : Radar secondaire mode S.....	19
II.1.2 : Les solutions basées sur des liaisons par satellite.....	20-22

II.1.2.1 : Inmarsat.....	20
II.1.2.2 : Iridium.....	21-22
II.2 : Les systèmes de communication de données pour les passagers.....	22
II.2.1: Solutions basées sur des liaisons directes avec le sol.....	23
II.2.1.1: Aircell.....	23
II.2.1.2: Wi-Sky.....	23
II.2.2 : Les solutions basées sur des liaisons par satellite.....	24-26
II.2.2.1: Connexion-by-Boeing.....	24
II.2.2.2: Inmarsat.....	24-25
II.2.2.3: ARINC - Onboard Internet.....	25
II.2.2.4: Panasonic Avionics Corporation – eXConnect.....	25
II.2.2.5: OnAir.....	25
II.2.2.6: Row44.....	25-26
II.2.2.7: AeroMobile.....	26
II.3 : Limites des solutions existantes.....	26-28
II.3.1 : Limites des solutions par satellites.....	26-27
II.3.1.1 : Capacité de solution par satellite.....	26
II.3.1.2 : Couverture de solution par satellite	26-27
II.3.1.3 : Coût de solution par satellite	27
II.3.2 : Limites des solutions par liaisons directes avec le sol	27-28
II.3.2.1 : Capacité des solutions par liaisons directes avec le sol.....	27
II.3.2.2 : Couverture des solutions par liaisons directes avec le sol...28	
II.3.2.3 : Coût des solutions par liaisons directes avec le sol	28
II.4 : Les applications communication utilisées.....	28-31
II.4.1 : La description CPDLC.....	28-29
II.4.2: ACARS.....	29-30
II.4.3: ADS-B.....	30-31

CHAPITRE III : SERVICE PASSAGER, INMARSAT

III.1 : Les télécommunications par Inmarsat.....	32-33
III.2 : Les services d’Inmarsat.....	34
III.2.1: Aéro Classic, le service de première génération.....	34-35
III.2.2: swift 64.....	36
III.2.3: Swift broad band.....	36-37
III.2.3.1: Caractéristiques de Swiftbroadband.....	37
III.2.3.2 : Couverture du service swiftbroadband.....	37
III.2.3.3 : Les services fournis par swiftbroadband.....	38
III.2.3.4 : Les bénéfices de SwiftBroadband	38
III.2.4: Le service Inmarsat-5.....	39
III.2.5: Le nouveau système, Inmarsat-6.....	39-40
III.2.6: Le futur système Inmarsat 7.....	40-41
III.3 : Inmarsat Jet Connex (JX).....	41-42
III.3.1 : Caractéristiques d'Inmarsat Jet Connex.....	42
III.4 : Couverture des services d’Inmarsat	43

Chapitre IV : La connectivité à bord des avions

IV.1 : Le wifi.....	44
IV.2 : principe du wifi à bord des avions.....	45
IV.3 : Le coût du wifi à bord des avions	45-46
IV.4 : Les fournisseurs du service.....	46-49
IV.5 : Les compagnies aériennes qui proposent le WiFi.....	49-54
IV.6 : Différentes offres wifi sur avion.....	54-55
IV.7: Le cas de la compagnie national AIR ALGERIE.....	55
IV.8: EAN (European Aviation Network).....	56-58
IV.9 : L’avenir de la connectivité en vol.....	58-59

Chapitre VI : Le traitement du sondage

VI.1 : Traitement du sondage « l'intégration du wifi à bord des avions »60-70

Conclusion générale71-72

ANNEXES

Bibliographie

LISTES DES ILLUSTRATIONS.GRAPHIQUES ET TABLEAUX

LISTE DE FIGURES

Figure (I.1) : Interface du pilote pour les messages CPDL.....	5
Figure (I.2) : Les classes de communication sol air.....	7
Figure (I.3) : Les deux phases du COCR.....	9
Figure (I.4) : Système ACARS.....	12
Figure (II.1) : Les moyens de communications existants.....	15
Figure (II.2) : Constellation Iridium.....	21
Figure (II.3) : Les systèmes de communication sol bord aéronautiques.....	22
Figure (III.1) : Les services Inmarsat.....	33
Figure (III.2) : Les bandes de fréquence d’Inmarsat (émission, réception).....	33
Figure (III.3) : Les services satellitaires d’Inmarsat.....	34
Figure (III.4) : Carte de couverture d’aéro classic.....	35
Figure (III.5) : Couverture du service Swiftbroadband.....	37
Figure (III.6) : Carte de couverture des services d’Inmarsat.....	43
Figure (IV.1) : La couverture Wi-Fi des vols opérant avec Gogo.....	47
Figure (IV.2) : La couverture satellite Wi-Fi pour les vols exploités par ViaS.....	47
Figure (IV.3) : Deutsche telekom dans le monde.....	48

LISTE DES TABLEAUX

Tableau (III.1) : Les services Classic-Aero d’Inmarsat.....	35
Tableau (IV.1) : Les compagnies qui proposent du wifi gratuit à bord des avions.....	50
Tableau (IV.2): Les compagnies qui proposent du wifi payant a bord des avions.....	54

Liste des symboles et notions :

A:

AAC: Aeronautical Administrative Communication.

ACARS: Aircraft Communications Addressing and Reporting System.

ADR : Le routeur de données aéroporté.

ADS : Automatic Dependant Surveillance.

ADS-B : Automatic Dependant Surveillance – Broadcast.

ADS-C : Automatic Dependent Surveillance – Contract.

AMSS : Aeronautical Mobile Satellite Service.

AOC : Aeronautical Operational Control.

APC : Aeronautical Passenger Communication.

ATM : Air Traffic Management.

ATN : Aeronautical Telecommunication Network.

ATSC : Air Traffic Services Communication.

C:

CNS : Communication Navigation Surveillance.

COCR: Communications Operating Concepts and Requirements.

CPDLC: Controller Pilot Data Link Communications.

D:

DCDU: Data Communication Display Unit.

DFIS: Data Link Flight Information Services.

E:

EUROCONTROL :Organisation européenne pour la sécurité de la navigation
aérienne.

EHM: Engine Health Maintenance.

ESIM: Earth Station in Motion.

EAN: European Aviation Network.

F:

FAA: Federal Aviation Administration – USA.

FANS: Future Air Navigation System.

G:

GNSS: Global Navigation Satellite System.

GPS: Global Positioning System.

GSM: Global System for Mobile Communications.

GX: Global Xpress.

H:

HDR: High Dynamic Range.

HF: High Frequency.

HFDL: High Frequency Data Link.

HTS: High Throughput screening.

I:

IP: Internet Protocol.

IFEC: In flight entertainment and connectivity.

IFE: In flight entertainment.

IEEE:

J:

JX: Inmarsat Jet Connex.

K:

KHz: Kilohertz.

KW: Kilowatts.

L:

LTE: long Term Evolution.

M:

MMS: Multimedia Messaging Service.

MHz: Mégahertz.

Mbps: Méga Bytes per seconds.

N:

NOTAM: Notice to AirMen.

O:

OACI: Organisation de l'Aviation Civile Internationale.

OOOI: Out, Off, On, In.

P:

POA: Plain Old ACARS.

R:

RNIS : Réseau numérique à intégration de services.

S:

SATCOM: Satellite Communications.

SBB: SwiftBroadband.

SMS: Short Message Service.

SITA : La Société internationale de télécommunication aéronautique.

V:

VDL: VHF Data Link.

VHF: Very High Frequency.

VSAT: Terminal à très petite ouverture.

W:

Wi-Fi: Wireless Fidelity.

INTRODUCTION GENERALE

Les systèmes de communication permettent à l'équipage de rester en contact avec le monde extérieur, que ce soit les contrôleurs aériens, le bureau du répartiteur, les autres aéronefs dans une formation, les forces policières de sécurité civile, ou un client. Les communications aéronautiques font l'objet de recommandations émises par l'OACI. Elles sont regroupées dans un document de référence de l'OACI nommé l'annexe 10. Cette annexe a été régulièrement amendée et comporte actuellement cinq volumes. Le volume III est consacré aux systèmes de communication et divisé en deux parties dédiées respectivement aux communications de données numériques, le Datalink donc, et aux communications vocales.

La démocratisation du transport aérien et l'augmentation continue du nombre de vols ont pour effet d'accroître les besoins en communications sol-bord. En effet, une conséquence directe de l'accroissement du trafic aérien est que le volume total de données généré augmente, et ce d'autant plus que de nouveaux besoins applicatifs apparaissent dans le même temps. Cette augmentation concerne à la fois les communications datalink et les communications vocales. Les systèmes de communication sol-bord servant à gérer ces dernières s'émergent en deux solutions, solution par satellites (SATCOM, ...) et solution cellulaire par liaison directe avec le sol (HF, VHF, ...), présentent des limites en termes de capacité, de couverture et de coût.

Pendant de nombreuses années, les seuls moyens de s'occuper à bord d'un avion étaient dormir, regarder un film, manger, lire, discuter avec un voisin ou travailler sur son ordinateur portable. Quelques années après, le divertissement en vol, ou IFE (In-Flight Entertainment), était principalement limité à la diffusion de contenus audio et vidéo préalablement stockés à bord de l'avion, mais avec l'explosion du nombre de smartphones et le développement des réseaux terrestres (4G, fibre. Clés 4G, smartphones, tablettes, WiFi...), un nombre croissant de compagnies proposent une connexion à bord de certains de leurs avions à la fois rentable économiquement et qui répondrait aux attentes des passagers et cela sera prochainement une réalité pour tous les passagers. À l'avenir, disposer d'une connexion Internet à haut débit gratuite à bord des avions sera aussi banal que les plateaux-repas ou les écrans multimédias. Être en permanence connecté est devenu une habitude pour la majorité des individus, et le monde devient chaque jour de plus en plus connecté, Ainsi au sol ou dans les airs, la connectivité est perçue comme une priorité, c'est pour cela L'introduction de nouveaux services pour les passagers à bord des avions

civils est un besoin clairement identifié. En effet, le fait de pouvoir se connecter à Internet depuis un avion est une demande de plus en plus forte de la part des passagers et des compagnies. L'homme d'affaire pourra ainsi consulter ses mails, suivre le cours de la bourse, faire une visioconférence, ... Le touriste pourra consulter l'actualité, la météo de sa destination, faire de la messagerie instantanée avec ses amis, ou encore regarder une vidéo en streaming pour se détendre pendant le vol. C'est pourquoi de nombreuses compagnies et de nombreux équipementiers aéronautiques recherchent actuellement des moyens de fournir de tels services aux passagers. Cela passe en particulier par de nouveaux moyens de communications entre l'avion et le sol.

Notre travail traite du besoin et de la rentabilité de ce nouveau service des vols d'Algérie pour cela un sondage a été réalisé auprès de 400 échantillons.

Notre mémoire de fin d'études comporte 5 chapitres :

- Le premier chapitre distingue les catégories de communication aéronautiques sol-bord qui sont au nombre de 4, les communications pour le contrôle aérien (ATSC), les communications opérationnelles pour les compagnies (AOC), les communications administratives pour les compagnies (AAC) et les communications pour les passagers (APC). les communications aéronautiques peuvent être vocales ou données numériques (data link) .
- Le deuxième chapitre expose les applications qui sont installées aux seins des moyens de communication, (ACARS, TCAS, CPDLC, ADS-B, FISB....) qui permettant l'échange d'informations (messages) entre l'avion et le sol sous forme numérique codée.
- Le chapitre trois détaille le service satellitaire de communication Inmarsat qui contribue de façon majeure à l'exploitation sûre et efficace des aéronefs, c'est le service aéronautique par satellite le plus utilisé au monde aéronautique. Il offre 3 sous services Aero Classic, Swift 64, Swiftbroadband. Il est en 5^{ème} génération, et il se tourne à une sixième génération dans un futur proche.
- Le quatrième chapitre définit le principe de fonctionnement du wifi a bord des avions, son coût, les fournisseurs de ce service. Dans ce chapitre on a cité aussi les compagnies qui proposent une connexion à bord de ses avions et les différentes offres wifi sur avion. Ce chapitre présente ainsi le cas de la compagnie national AIR ALGERIE, Le réseau européen de l'aviation EAN (Européen Aviation Network) et L'avenir de la connectivité en vol.

- Dans le cinquième chapitre on a présenté le questionnaire qu'on a déjà effectué au sein de l'aéroport d'Alger HOUARI BOUMEDYEN, ainsi que les résultats, les commentaires et notre perspective après l'étude.

CHAPITRE I :
Les catégories de
communication aéronautique

Chapitre I les catégories de communication aéronautique

Introduction

La communication est le fait d'établir une relation ou une liaison avec autrui et de leur transférer, partager et diffuser des informations à travers la linguistique. C'est le processus d'échange de messages, d'informations et de connaissances. Dans une compagnie aérienne elle est le suivi des flux d'informations qui circulent entre les différents acteurs que ce soit internes ou externes, peut être établie à travers des outils de télécommunication ou des technologies d'information.

I.1 : Objectif

Les systèmes de communication aéronautique permettent à l'équipage de rester en contact avec le monde extérieur, que ce soit les contrôleurs aériens, le bureau du répartiteur, les autres aéronefs dans une formation, les forces policières de sécurité civile, ou un client. Elle permet donc de transmettre des clairances et des informations importantes pour la sécurité de la circulation aérienne et l'efficacité de la gestion du trafic aérien.

I.2 : Le comité FANS et le concept CNS/ATM

En 1983, l'OACI a mis en place un comité pour travailler sur les futurs systèmes de navigation aérienne : le comité FANS (Future Air Navigation System). Il était chargé d'étudier, d'identifier et de développer de nouveaux concepts opérationnels et de nouvelles technologies dans le domaine des communications, de la navigation et de la surveillance aérienne, pour faire face à l'évolution du transport aérien mondial. Un résultat majeur du travail du comité FANS a été l'introduction du concept CNS/ATM (Communication, Navigation, Surveillance / Air trafic Management), qui a été approuvé lors de la dixième conférence de la navigation aérienne en 1991. Il a pour but d'améliorer la capacité et l'efficacité du transport aérien, tout en garantissant la meilleure sûreté possible. Il est présenté dans le Doc 9750 de l'OACI. Au niveau des communications, le changement majeur proposé par le comité FANS concerne la manière même dont les pilotes et les contrôleurs vont communiquer entre eux. Le moyen de communication primaire devrait ainsi passer progressivement des communications vocales aux communications de données

numériques à l'horizon 2020. Les communications vocales en VHF et HF, ou plus récemment par satellite, resteront disponibles mais seront réservées aux situations d'urgence. Dans un premier temps, les communications numériques entre le pilote et le contrôleur, par exemple via l'application CPDLC (Controller Pilot Data Link Communications), seront utilisées en espace océanique ou polaire, mais elles devraient remplacer à terme les communications vocales en bande VHF dans les zones continentales denses. Ce mode de communication innovant dans le domaine aéronautique basé sur l'échange de données numériques est souvent appelé datalink. Il doit permettre d'automatiser autant que possible les tâches de communication, et donc de faciliter et fiabiliser les échanges entre l'avion et le sol, permettant ainsi d'améliorer l'efficacité, la capacité et la sûreté du transport aérien. A bord de l'avion par exemple, les messages CPDLC sont affichés et envoyés à partir d'écrans dédiés, appelés DCDU (Data Communication Display Unit). La figure I.1 montre le DCDU d'un Airbus A330 [1].



Figure (I.1) : Interface du pilote pour les messages CPDLC [8].

I.3 : Les communications aéronautiques

Les communications aéronautiques regroupent les échanges vers ou depuis un avion. Les communications entre aéronefs et les stations au sol sont codifiées et réglementées dans le but d'éviter les erreurs d'interprétation. Elles sont concises, précises et font appel à une phraséologie conventionnelle. Elles se déroulent en général dans la langue du pays survolé ou en langue anglaise [2]. En espace aérien contrôlé, les communications directes entre aéronefs ne sont autorisées qu'après accord de l'organisme au sol gérant la fréquence de transmission ou doivent utiliser une fréquence dédiée. l'interlocuteur se situe

généralement au sol (le contrôleur aérien ou le centre des opérations d'une compagnie aérienne). Les communications aéronautiques sont appelées à évoluer dans les années à venir, des communications entre avions sont envisagées pour répondre aux besoins de nouvelles applications. Ces communications sont de deux types : vocales ou de données [3]. Actuellement, la voix analogique reste le moyen principal pour communiquer entre l'avion et le sol dans des bandes de fréquences réservées. Néanmoins, plusieurs organismes internationaux prédisent une migration imminente vers des communications numériques dans un futur proche. Le concept CNS/ATM prévoit que les liaisons de données deviennent le moyen primaire de communication entre l'avion et le sol. Afin d'identifier les technologies potentielles pour assurer ces liaisons de données numériques, EUROCONTROL (Organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne) et la FAA (Federal Aviation Administration - USA) ont rédigé en partenariat le COCR (Communications Operating Concept and Requirements for the Future Radio System) qui est un document technique recensant, entre autres, les nouveaux services cockpit (ATS - Air Traffic Services) et compagnie (AOC - Aeronautical Operational Control Services). Ces services basés sur des communications de données devraient remplacer les communications voix progressivement dans les années à venir. [EUROCONTROL et la Federal Aviation Administration (FAA) ont lancé une étude commune dans le cadre d'un protocole d'accord au moyen du plan d'action n ° 17 (PA 17) visant à identifier les futures technologies de communication susceptibles de répondre aux exigences en matière de sécurité et de régularité des communications, Communications liées au contrôle opérationnel aéronautique (AOC). Ce document identifie les futurs concepts ATS, puis utilise les exigences opérationnelles de gestion du trafic aérien (ATM) et les concepts opérationnels des compagnies aériennes censés être mis en œuvre dans les régions d'espace aérien les plus densément peuplées afin de spécifier les exigences dans le document Concepts et exigences d'exploitation des communications (COCR). Le COCR est utilisé pour déterminer les technologies de communication de données candidates - existantes ou futures - pouvant répondre à ces exigences. Il est indépendant de toute technologie de communication radio aérienne et terrestre spécifique [4]. De plus, les compagnies aériennes seront certainement amenées à déployer de nouveaux services passagers (APC - Aeronautical Passenger Communication Services), comme l'Internet cabine, mais aussi des services AOC. Avec une telle diversité des flux, le trafic air-sol

devient de plus en plus dense et hétérogène. Il apparaît donc opportun de mixer ces flux afin d'offrir une meilleure utilisation des ressources. Dans la perspective de faciliter l'interopérabilité entre les différents réseaux concernés, le déploiement d'un réseau de communications aéronautiques tout-IP (Internet Protocol) devient une évidence pour le futur de l'ATM (Air Traffic Management). Afin de faciliter cette interconnexion entre le réseau ATN (Aeronautical Telecommunications Network) et les autres réseaux terrestres basés sur IP, l'OACI (Organisation de l'Aviation Civile Internationale) a permis l'utilisation d'ATN avec la suite protocolaire IPS (Internet Protocol Suite). Le COCR est ainsi indépendant de la technologie de communication mais il doit aider à définir ou identifier les systèmes répondant aux besoins. Conformément au concept CNS/ATM, le COCR considère deux phases pour les communications, illustrées dans la figure I.1. Dans la première phase, les communications vocales sont toujours présentes et les communications de données sont basées sur des services existants ou émergents.

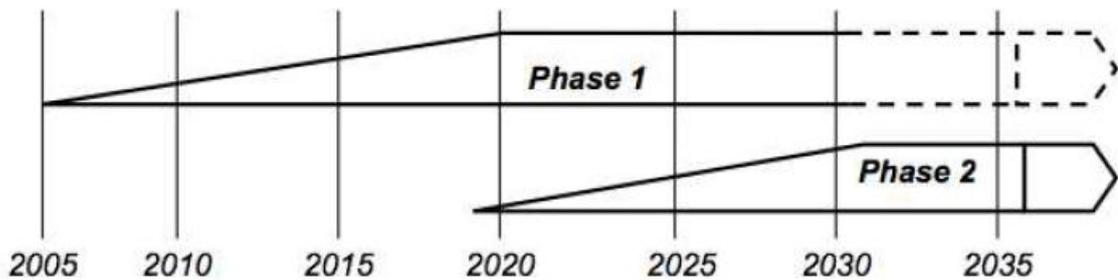


Figure I.2 : Les deux phases du COCR [1].

Dans la seconde phase, à partir de 2020, les liaisons de données devraient devenir le moyen primaire de communication et de nouvelles applications verront le jour pour remplacer les communications vocales [1].

La première partie du COCR propose une classification en **huit catégories des services** pour le contrôle aérien prévus dans les phases 1 et 2 :

- les services de gestion des communications de données,
- les services pour les instructions du contrôle aérien,
- les services pour les informations de vol,
- les services d'aide et de conseil,

- les services concernant la position,
- les intentions et les préférences de l'avion,
- les services d'urgence,
- les services concernant la séparation autonome entre aéronefs.

Le COCR définit ensuite des services opérationnels pour les compagnies. Il existe par exemple des services pour l'envoi de données météo, de données de maintenance, de reports de position, ou encore de texte libre. Enfin, le COCR fournit des exigences pour chacune de ces catégories de services. Au-delà du COCR, on trouve régulièrement dans la littérature d'autres services envisageables dans le futur tels que la sauvegarde des enregistreurs de vols (ou boîtes noires) pendant le vol [1]. Dans un contexte de croissance du trafic aérien et d'une quête de toujours augmenter la sûreté des vols, l'émergence de nouveaux services pour les contrôleurs, les compagnies et les passagers, alimente le besoin de nouveaux moyens de communications sol-bord basés sur des architectures efficaces et optimisées. Les communications aéronautiques font l'objet de recommandations émises par l'OACI. Elles sont regroupées dans un document de référence de l'OACI nommé l'annexe 10. Cette annexe a été régulièrement amendée et comporte aujourd'hui cinq volumes. Le volume III est consacré aux systèmes de communication et divisé en deux parties dédiées respectivement aux communications de données numériques, le datalink donc, et aux communications vocales. Dans la première partie, et comme le montre la figure 1.1, l'annexe 10 de l'OACI définit quatre catégories de communications aéronautiques sol bord [1].

I.3.1 : Les échanges vocaux

Les échanges vocaux représentent la majorité des communications entre le sol et le bord. Elles peuvent citer les clairances envoyées par les contrôleurs aériens aux pilotes afin d'assurer la séparation des avions dans l'espace aérien et ainsi leur sécurité. Ces échanges vocaux se font majoritairement au travers de liaisons radio sur la bande Very High Frequency (VHF) aéronautique (de 117.975 MHz à 137 MHz). Cette bande est découpé en 2280 canaux espacés chacun de 8,33 kHz en Europe. Dans les zones où les portées offertes par la radio VHF ne sont pas suffisantes (comme au-

dessus des océans), Les communications vocales sont transmises soit par radio High Frequency (HF) (de 3 MHz à 30 MHz), soit par Satellite Communication (SATCOM) [3].

I.3.2 : Les échanges de données numériques

Également appelés communications datalink, sont apparus à la fin des années 70 et n'ont cessé depuis de prendre une proportion de plus en plus importante dans les échanges sol/bord. A long terme, les communications aéronautiques numériques présentent un potentiel considérable. Leur utilisation systématique permet d'envisager des gains importants en fiabilité, en coût, et en qualité de transmission. Elles permettent également des échanges plus riches et plus fréquents entre les systèmes informatiques sol et les systèmes avioniques embarqués [4]. Ce sont les compagnies aériennes qui ont été les premiers acteurs à prendre conscience de l'intérêt des communications datalink en introduisant le premier système d'échange de données sol/bord, connu sous le nom d'Aircraft Communications Addressing and Reporting System (ACARS).

Bien qu'initialement utilisés par les compagnies aériennes, ces échanges datalink se sont diversifiés et font maintenant l'objet d'une classification en quatre catégories par l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) [3].

I.4 : Les catégories de communications air/sol

La communication air/sol regroupe 4 catégories :



Figure (I.3) : Les catégories de communications aéronautiques.

Air Traffic Services Communication (ATSC)

Cette catégorie regroupe les communications entre les services du trafic aérien. Les communications ATSC servent à la sécurité et à l'efficacité du vol, elles sont critiques [3]. L'ATSC désigne donc les communications entre les pilotes et les personnels du contrôle aérien au sol. Le contrôle aérien est un service assuré par les contrôleurs aériens pour garantir la sûreté, la rapidité et l'efficacité des vols. Ces derniers ont ainsi pour but d'éviter les collisions entre aéronefs, mais aussi de fournir les avis et renseignements utiles à l'exécution sûre et efficace du vol : informations météorologiques, informations sur l'état des moyens de navigation au sol, informations sur le trafic. Enfin, ils doivent fournir un service d'alerte pour prévenir les organismes appropriés lorsque les avions ont besoin d'aide. Pour assurer ces services, les contrôleurs aériens utilisent bien sûr des communications vocales pour transmettre leurs instructions aux pilotes [1].

Cette catégorie regroupe:

- les services de communications relatifs à l'information en vol : FIS (Flight Information Service), informations météorologiques et informations générales (ex: fréquences radio de certains services).
- les services de communications de contrôle du Trafic aérien : ATC (Air Traffic Control), actions de contrôle (clearance, compte rendu systématique de vol) [5].

I.4.2 : Aéronautical Opération Control (AOC)

Les compagnies aériennes ont aussi des besoins en communication pendant le vol. Les communications opérationnelles (AOC) Correspondent aux échanges liés à l'exploitation entre les avions d'une compagnie et leur base [5]. Elles regroupent l'ensemble des communications nécessaires à l'exercice de l'autorité sur le commencement, la continuation, le déroutement ou l'achèvement du vol pour des raisons de sécurité, de régularité ou d'efficacité [3]. Ces communications permettent aux pilotes de bénéficier d'une liaison directe avec le personnel de la compagnie au sol. Les applications possibles sont la gestion de la logistique à l'arrivée d'un vol, échanges de paramètres liés au suivi technique du vol (ces échanges sont de plus en plus automatisés en liaisons de données), la transmission des horaires de décollage et atterrissage, la transmission du

niveau de carburant, d'information du vol, des plans de vols révisés, coordination des correspondances,et peuvent varier suivant les compagnies [1]. Pour les longs courriers ces échanges de routine se limitent la plupart du temps à de courts messages indiquant la mise en route, le décollage, l'arrivée en croisière, le début de descente, l'atterrissage et l'arrêt des moteurs. A ces échanges minimaux destinés à la gestion commerciale de la flotte s'ajoutent éventuellement des messages automatiques donnant des informations dits EHM sur l'état des moteurs (Engine Health Maintenance) qui sont envoyés au centre de maintenance du constructeur. Ces envois sont effectués sur une liaison numérique HF ou VHF selon un vieux protocole dénommé ACARS [6]. Ces communications devraient à court et moyen termes être transformées en échange de données, c'est le domaine qui justifie le plus la mise en place de data-link air/sol [5].

I.4.3 : Aéronautical Administrative Control (AAC)

Les Communications administratives AAC désignent les communications entre les pilotes et les compagnies qui ne sont pas liées à la sécurité ou la sûreté des vols. Elles regroupent donc l'ensemble des communications liées aux besoins de la compagnie exploitante [5]. Il s'agit par exemple de l'envoi d'informations concernant le personnel navigant commercial (planning, réservations de transport au sol, de logement, ...), les passagers (liste des passagers, liste des correspondances, ...), de gestion de la cabine (demande de nettoyage et repas, rapport d'incident, changement de programme lors d'une rotation, gestion des déroutements, échanges divers,.... [3].

I.4.4 : Aeronautical Passenger Communication (APC)

Les communications passagères (APC) regroupent l'ensemble des services proposés au passager et basés sur des communications sol bord. Le premier qui vient à l'esprit est l'accès à internet. Bien que non critique pour la sécurité des vols, cette catégorie intéresse fortement les compagnies aériennes qui y voient la possibilité de se démarquer et fait donc l'objet de beaucoup de travaux de recherche car trop peu de services APC sont encore proposés à ce jour pendant les vols [3]. L'introduction de nouveaux services pour les passagers à bord des avions civils est un besoin clairement identifié. En effet, le fait de pouvoir se connecter à Internet depuis un avion est une demande de plus en plus forte de la

part des passagers et des compagnies. L'homme d'affaire pourra ainsi consulter ses mails, suivre le cours de la bourse, faire une visioconférence, ...

Le touriste pourra consulter l'actualité, la météo de sa destination, faire de la messagerie instantanée avec ses amis, ou encore regarder une vidéo en streaming pour se détendre pendant le vol. C'est pourquoi de nombreuses compagnies et de nombreux équipementiers aéronautiques recherchent actuellement des moyens de fournir de tels services aux passagers. Effectivement Les passagers et les compagnies, sont de plus en plus intéressés et impatientes que des services d'accès à Internet ou à la téléphonie mobile terrestre soient proposés en cabine pendant les vols. Quelques, encore rares, compagnies proposent déjà ces services et cela passe par des moyens de communications très récents basés sur des liaisons directes dans certaines zones continentales ou par satellite dans les zones océaniques [7]. Au niveau du domaine APC, plusieurs points d'accès WIFI seront dispatchés à travers l'avion afin d'assurer une disponibilité continue du service Internet cabine, qui requiert une mobilité absolue [4].

I.5 : Classification des communications :

On distingue deux classes (les communications critiques et les communications non critiques).



Figure I.4 : les classes de communication sol air [3].

La multiplication des besoins d'échanges de données entre le sol et le bord a eu pour conséquence la nécessité de trouver des alternatives au POA et à son débit très faible. Elles sont présentées dans la section suivante [3].

Les communications ATSC et AOC sont classifiées comme opérationnelles ou critiques. Pour ces services, le contrôleur utilise encore les communications vocales comme moyen primaire. Mais il existe déjà des applications datalink ou de communication de données numériques, on peut citer le CPDLC, la surveillance automatique (ADS, Automatic Dependent Surveillance), ou les services d'information de vol par liaison de données (DFIS, Digital Flight Information Services).

Par contre l'AAC et l'APC ne sont classés comme catégories non critiques pour la sécurité des vols.

Conclusion

Les communications aéronautiques sont une discipline qui couvre les communications hautement spécialisées et critiques telles que les communications sol-avion, aéronef à aéronef et aéronef à satellite.

Le but fondamental de la technologie de communication est de transmettre la voix numérique et les données. Cette tâche assignée est contrôlée depuis la station sol et ne peut être changée dynamiquement. L'environnement du trafic aérien est un environnement très dynamique, il change constamment à cause de certains éléments tel que les conditions météo, trafic aérien, les canaux de communication congestionnés, ... etc.

CHAPITRE II:
Les moyens et les applications
de communication
aéronautique

Chapitre II Les moyens et les applications de communication aéronautique

Introduction :

Les avions civils d'affaire et de transport sont de nos jours de plus en plus connectés. Ils sont équipés de systèmes de Communications qui assurent les fonctions essentielles et critiques de sécurité liées à la navigabilité et à la régularité des vols, pour en particulier l'intégration dans le Traffic aérien (communication Radio voix et liaisons de données basés sur les systèmes VHF, HF, Satcom, Inmarsat ou Iridium,...). La « Connectivité » passager est en plein essor et les moyens pour rester connecté en vol se multiplient (sms, téléphonie, internet, Live TV par exemple via Satcom haut-débit en bande L, Ku ou Ka) ».

De nombreux travaux de recherches sont en cours pour trouver des moyens de communications permettant de déployer ces services. Parmi les pistes étudiées, on trouve principalement des solutions par satellites et des solutions par liaisons directes avec le sol.

Communication air-sol Data-Link

Une liaison de données est le moyen de connecter un emplacement à un autre dans le but de transmettre et de recevoir des informations numériques. Il peut également s'agir d'un ensemble d'ensembles électroniques, composé d'un émetteur et d'un récepteur (deux équipements terminaux de traitement de données) et du circuit de télécommunication de données interconnecté. Celles-ci sont régies par un protocole de liaison permettant de transférer des données numériques d'une source de données vers un collecteur de donnée. Ces systèmes sont utilisés pour les aéronefs traversant les océans Atlantique et Pacifique. Cette technologie utilise l'ordinateur de gestion de vol de l'avion pour envoyer des informations sur la position, la vitesse et l'altitude de l'avion à l'ATC. L'ATC peut alors envoyer des messages à l'aéronef concernant tout changement de cap nécessaire. Il est utilisé depuis pour fournir le service de transfert de fréquence dans l'ensemble de notre espace aérien supérieur [8].

II.1 : Les moyens de communication de données existants pour le contrôle aérien

Comme illustré dans la figure II.1, on distingue deux catégories de systèmes de communication de données numériques pour le contrôle aérien. Il s'agit des liaisons par satellite avec le SATCOM (Satellite Communications) ou AMSS (Aeronautical Mobile Satellite Service) et les solutions par liaison directe avec le sol avec la VDL (VHF Data Link) et la HFDL (High Frequency Data Link). Nous allons maintenant les décrire plus en détail [1].

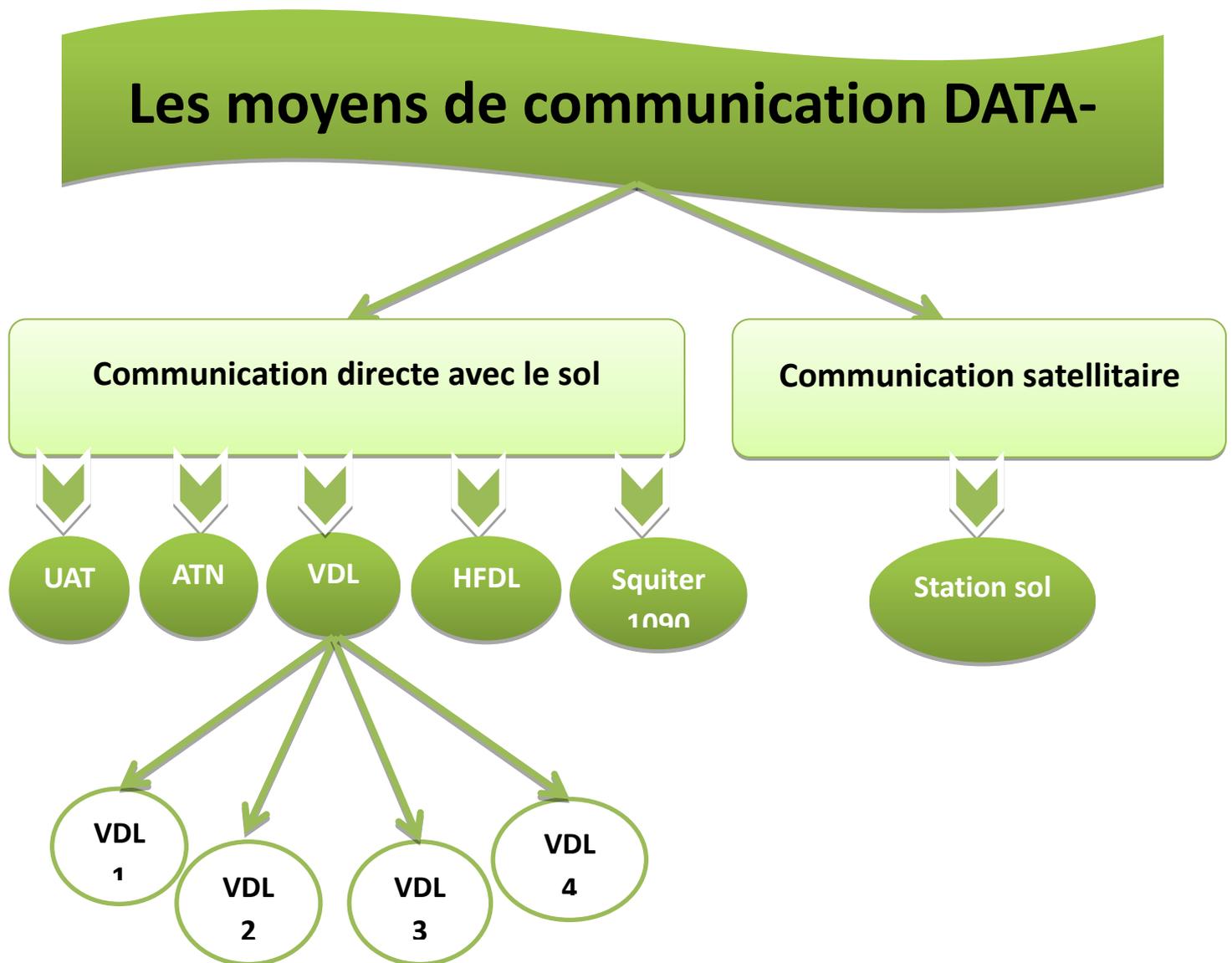


Figure (II.1) : Les moyens de communications existants.

II.1.1. Solutions par liaison directe avec le sol

Une première solution pour fournir des communications sol bord pour les avions civils est d'établir une liaison directe avec une station au sol. On obtient alors un réseau cellulaire. Avec les dernières générations de systèmes de communication sol bord et l'ATN, des systèmes dits VDL (VHF DataLink) sont proposés et en cours de déploiement avec plusieurs versions suivant les pays ou espace aérien. Pour l'Europe, exception faite de la Suède, la version retenue est la VDL mode 2.

II.1.1.1 : Le VDL

VDL Mode 1

La VDL Mode 1 est un mode à moindre risque mais de capacité limitée, il utilise la technologie des radios ACARS actuelles. Elle a été conçue pour remplacer le Plain Old ACARS. Elle a été le premier système datalink standardisé par l'OACI. Malheureusement, elle n'a jamais été implémentée car ses performances sont inadaptées aux applications CNS/ATM, et ils étaient trop faibles par rapport à la VDL Mode 2. Elle a donc été retirée de l'Annexe 10 de l'OACI [1].

VDL Mode 2

La VDL mode 2 est le principal système déployé sur les zones continentales (notamment en Europe de l'ouest), c'est la version principale de VDL. Ce sous-réseau s'appuie sur des stations au sol émettant dans un rayon de 200 Nm sur la bande VHF et capables de prendre en charge jusqu'à 200 avions. Elle a été spécifiée par l'OACI en 1997 et prévue initialement comme sous-réseau support à l'ATN. Ce mode fournit une liaison de données air-sol compatible avec l'ATN et exploite des techniques radios numériques. Due au manque d'intérêt des compagnies aériennes et des services de contrôle pour l'ATN, ce sous-réseau peut également être utilisé pour l'ACARS. Nous parlons alors d'ACARS Over AVLC (AOA), en opposition au POA qui correspond à l'utilisation de la VHF analogique pour transmettre les données. VDL Mode 2 est le seul mode VDL implémenté de manière opérationnelle pour prendre en charge les communications CPDLC (Controller Pilot Data Link), Avant la mise en œuvre de CPDLC, VDL Mode 2 avait déjà été implémenté dans

environ 2 000 aéronefs pour transporter des messages ACARS, ce qui simplifiait l'ajout de CPDLC. Les réseaux de stations au sol fournissant le service VDL mode 2 ont été déployés par ARINC et SITA avec des niveaux de couverture variables. Le débit de données nominal de 31,5 kbit/s est compatible avec l'espacement de 25 kHz entre les canaux utilisés pour la radio VHF analogique et la VDL mode 3 (voix et données intégrées). Le plan de modulation de la VDL mode 2 est capable de prendre en charge les suites de protocoles ATN pour différentes applications opérationnelles, ce qui permet une utilisation beaucoup plus efficace du canal VHF [9].

VDL Mode 3

La VDL Mode 3 est développée aux Etats-Unis avec le soutien de la FAA. Elle est candidate pour devenir le futur moyen de communication pour les communications vocales et les communications de données du domaine ATC. Elle utilise le TDMA (Time Division Multiple Access). Des slots sont ainsi assignés aux avions par la station sol pour la voix et les données. Elle offre un débit de 31,5 kbps. L'utilisation du spectre VHF est améliorée par la fourniture de quatre canaux radio distincts sur une même porteuse (espacement de 25 kHz) [1].

VDL Mode 4

La VDL Mode 4 a été standardisée par l'OACI en 2001. Elle utilise le STDMA (Self-organized Time Division Multiple Access). Elle va principalement être utilisée pour les applications de navigation et de surveillance (ADS-B). Elle offre un débit de 19,2 kbps. Le médium VDL mode 4 peut également être utilisé pour les échanges air-sol. Ce mode est préférable de l'utiliser pour les transmissions de messages courts entre un grand nombre d'utilisateurs, par exemple. Fournir une connaissance de la situation, la gestion numérique de l'information aéronautique [10].

II.1.1.2 : HFDL

La HFDL (High Frequency Data Link) est un moyen de communication de données numériques qui permet d'envoyer des messages au format ACARS [11].

Elle a été standardisée par l'OACI puis ajoutée à l'Annexe 10 en 1999. Les spécifications techniques de la HF DL se trouvent dans les normes ARINC 634, 635 et 753 [12, 13, 14]. Offre un débit maximum de 1,8 kbps. Ce système ne peut pas être utilisé partout, notamment au-dessus des océans. La technologie HF DL peut alors être utilisée en complément pour couvrir les zones océaniques et polaires. La caractéristique principale des transmissions HF est de pouvoir établir des communications au-delà de la ligne de vue grâce aux réflexions successives entre le sol ou la mer et l'ionosphère. Cela permet aux stations HF DL d'avoir des portées bien plus importantes que la VDL mode 2. L'HF DL utilise la plus récente technologie numérique, l'existence d'un réseau de soutien bien établi permettant la création d'un service promettant d'offrir un tarif très compétitif, qui pourrait servir à remplacer, ou suppléer les communications par satellite durant les périodes de brouillage causées par l'activité solaire.

II.1.1.3 : L'UAT

Afin de réduire l'encombrement sur la bande 1090 MHz, la FAA a créé une autre option pour les solutions ADS-B fonctionnant sur une bande dédiée à 978 MHz: l'émetteur-récepteur à accès universel, ou UAT [15]. L'UAT et les émetteurs-récepteurs similaires sont ce qui rend l'ADS-B possible. Ils peuvent diffuser des données de positionnement et de performance d'un avion tout en recevant du trafic aérien, des conditions météorologiques et d'autres informations critiques des stations au sol. Cela renforce considérablement la sensibilisation du pilote à l'environnement aérien [16]. Les radios UAT peuvent être configurées pour fournir à la fois les capacités «Out» et «In» ADS-B dans un seul produit. L'émission «Out» ADS-B sur 978 MHz achemine toutes les mêmes données de suivi envoyées par des transpondeurs Extended Squitter (ES) sur 1090 MHz. Toutefois, du côté «In» de l'ADS-B, la bande passante supplémentaire offerte par le spectre de 978 MHz permet d'obtenir une liste beaucoup plus complète de services de liaison montante de données.

II.1.1.4 : L'ATN

Le réseau de télécommunications aéronautiques (ATN) se veut un réseau mondial, une infrastructure qui «étendra l'autoroute de l'information au monde de l'aviation». L'ATN est principalement conçu pour transporter du trafic opérationnel représentant la sécurité et

régularité de vol. Le type de trafic opérationnel ATN est constitué de deux types distincts de trafic catégories: communication avec les services de la circulation aérienne (ATS) et contrôle opérationnel des compagnies aériennes (AOC) communication. La communication ATS est liée aux services de la circulation aérienne, notamment trafic aérien, informations aéronautiques et météorologiques, comptes rendus de position et autres services liés à la sécurité et à la régularité du vol. La communication AOC se produit entre l'aéronef et un centre d'opérations de ligne aérienne ou un aéroport et est nécessaire à l'exercice de la profession. L'autorité sur le lancement, la poursuite, le déroutement ou la fin du vol pour des raisons de sécurité régularité et efficacité. L'ATN, en tant qu'infrastructure mondiale, est également destiné à communications administratives aéronautiques (CAA) et des dispositions sont prises pour Communications générales. Le type de trafic Général Communications inclut Compagnie aérienne Communications passagers (APC), qui est définie comme une communication relative aux services voix et données autres que de sécurité aux passagers et aux membres d'équipage à des fins personnelles [17].

II.1.1.5 : Radar secondaire mode S

Le radar secondaire mode S permet une adresse unique de 24-bits attribuée par l'autorité nationale de l'aviation ; Il augmente la qualité des données en utilisant une bit de parité dans les mots informatiques ; et Il augmente aussi la précision de la donnée d'altitude à 25 pieds (8 mètres) au lieu de 100 pieds antérieurement [18]. Le radar secondaire traditionnel est remplacé par un nouveau type de radar appelé radar secondaire de manière sélective. Cela permet au radar d'interroger ou de manière sélective tout appel l'aéronef au moyen de signaux radio de Mode S, résolvant ainsi les problèmes fruits [19]. Le mode S est encore une évolution du radar secondaire. Le nombre de codes disponibles en mode A et C est limité (4096 codes seulement) et devient insuffisant pour les besoins actuels. Le mode S permet donc une véritable liaison de données. En plus du code attribué par un contrôleur et de l'altitude donnée par un altimètre, l'immatriculation ou l'indicatif de l'avion est transmis. N'importe quelle donnée peut être transmise, aussi bien de l'avion vers le sol que du sol vers l'avion [20].

II.1.2 : Les solutions basées sur des liaisons par satellite

C'est un ensemble de dispositifs de communication utilisés pour transmettre des données de natures diverses à grande distance. Il est composé d'équipements installés dans une station terrestre. Le satellite de télécommunications est utilisé pour le stockage et la transmission d'informations entre deux ou plusieurs stations espacées, voire avec un autre satellite. Un satellite de communication est un satellite artificiel orbital de la terre qui reçoit un signal de communication d'une station de transmission au sol, l'amplifie et le traite puis le transmet de nouveau à la station de réception sur terre. Les liaisons satellites sont une alternative aux liens HF et VHF comme moyen de communication air/sol. Elles ont l'avantage d'assurer une très grande couverture, dans le cas des satellites géostationnaires ou de constellations de satellites en orbite basse. Pour les communications aéronautiques critiques (comme l'ATSC par exemple), deux systèmes opérant en bande L (1 à 2 GHz) ont été approuvés par l'OACI. Le premier s'appuie sur le service Aéro-classc offert par Immarsat et reposant sur une constellation de satellites géostationnaires. Ce service se décline en plusieurs sous-services offrant des débits allant de 1,2 kbits/s à 10,5 kbits/s. Le second, approuvé en 2012, s'appuie sur une constellation de 66 satellites en orbite basse opérés par Iridium. Il offre l'avantage d'assurer une couverture mondiale, y compris en zone polaire (contrairement aux satellites géostationnaires). Cependant, la capacité offerte est limitée à 2,4 kbit/s. Ces satellites offrent en outre des bandes passantes très larges pour des transferts rapides d'informations. Même si les satellites ne remplacent pas les réseaux terrestres, ils possèdent une capacité supérieure de transmission qui permettra sans doute de réduire l'engagement des réseaux terrestres [21].

II.1.2.1 : Inmarsat

Inmarsat, fondé en 1979, est certainement une des compagnies de télécommunication la mieux implantée dans le secteur aéronautique. Les satellites Inmarsat offrent ainsi une couverture globale entre +/-80°de latitude environ. Effectivement, compte-tenu de leur position au-dessus de l'équateur, les satellites géostationnaires ne peuvent pas couvrir les zones polaires. Inmarsat a été le premier opérateur civil à proposer, dès les années 90, des services de communication par satellite destinés à l'aéronautique. Il est à présent l'opérateur par satellite le plus largement utilisé dans le monde aéronautique [22].

II.1.2.2 : Iridium

Iridium propose quant à lui un service de communication par satellite en bande L depuis 1998. Comme le montre la figure II.2, ce système est composé d'une constellation de 66 satellites en orbite basse (LEO, Low Earth Orbit) défilants à environ 800 km d'altitude. Cette constellation permet de garantir une couverture mondiale exhaustive à tout moment.



FIGURE (II.2): Constellation Iridium [23].

Elle met en œuvre des communications entre ses satellites. Deux stations de contrôle terrestres ont été prévues, une pour les communications civiles et une pour les communications militaires. La FAA a donné son autorisation en juillet 2011 pour l'utilisation du système Iridium par les avions commerciaux conformément aux recommandations du comité PARC (Performance-based operations Aviation Rulemaking Committee) [24], après que ce comité a effectué des essais en vol pendant plus d'un an. Iridium constitue à présent une alternative intéressante au système Inmarsat pour les communications aéronautiques par satellites dédiés aux services critiques cockpit. Cette solution assure une couverture mondiale, y compris en zone polaire, et moins chère. Cependant la capacité offerte est limitée à 2,4 kbit/s. Les satellites communiquent avec les satellites voisins via des liaisons inter-satellites en bande Ka. Cette conception garantit une excellente visibilité par satellite et une excellente couverture des services, en particulier aux pôles Nord et Sud.

Le réseau Iridium est le plus grand réseau de satellites commerciaux au monde et le seul réseau à offrir une véritable couverture des communications mondiales sur 100% de la

planète. De manière unique, la carte de couverture satellite Iridium couvre les régions polaires de la Terre et chaque centimètre carré de terre, de mer ou de ciel entre les deux.

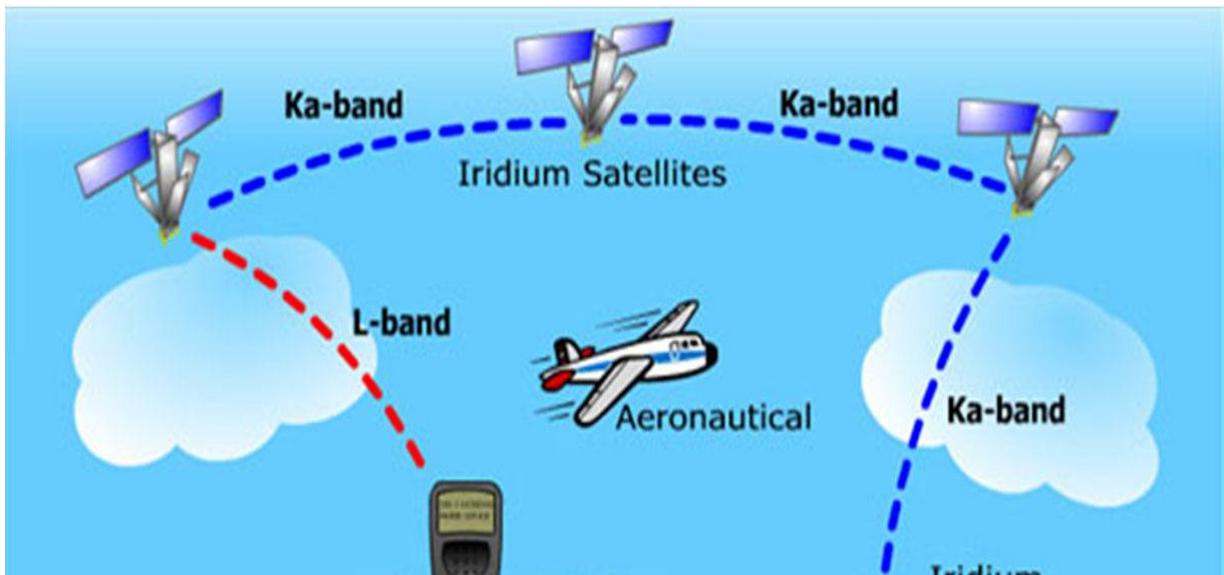


FIGURE (II.3): Liaisons satellitaires [25].

II.2 : Les systèmes de communication de données pour les passagers

Les communications aéronautiques pour les passagers ne sont pas soumises aux mêmes exigences de disponibilité, d'intégrité et de continuité que pour les communications de contrôle aérien. En effet, elles n'impactent pas la sûreté des vols. Le développement de nouveaux moyens de communication est donc simplifié et la réglementation moins stricte. Il existe de nombreuses solutions pour les compagnies aériennes qui souhaitent répondre aux attentes de leurs passagers dont certaines sont décrites dans la suite. Toutefois, des recommandations concernant la qualité des services multimédia pour les passagers prévoient trois principaux paramètres utilisés qui sont : le délai, la gigue et le taux de perte. Le délai représente la durée entre l'émission et la réception des données, la gigue représente la variation de ce délai et le taux de perte correspond au pourcentage de paquets perdus durant la transmission. Dans l'UIT (Union Internationale des Télécommunications) donne des recommandations pour de nombreuses applications vocales ou de données telles que la téléphonie, la visioconférence, la navigation sur le Web ou encore l'émission et la réception de courriers électronique [26].

II.2.1. Solutions basées sur des liaisons directes avec le sol

II.2.1.1. Aircell

Aircell est la seule entreprise aux États-Unis à être autorisée par la FCC (Federal Communications Commission) et la FAA (Federal Aviation Administration) à utiliser des fréquences pour des communications avec un avion en vol. Aircell a en effet acheté aux enchères une bande de fréquence de 3 MHz pour 31,7 millions de dollars.

Le système d'Aircell se nomme Gogo Inflight. Dès 2007, les compagnies American Airlines et Virgin America ont passé des accords avec Aircell pour équiper quelques-uns de leurs avions de ce système. En janvier 2008, le premier avion d'American Airlines a été équipé. En août 2008, Delta Airlines a annoncé qu'elle allait équiper tous ses avions du système d'Aircell. A titre d'exemple, chez American Airlines, l'utilisation du système Gogo Inflight est facturé 12,95 dollars sur les vols de plus de trois heures [26].

II.2.1.2. Wi-Sky

Wi-Sky travaille sur une solution d'accès Internet à haut débit à bord des avions en vol grâce à la technologie sans fil. Wi-SKY veut fournir un accès à plus de 10 Mbps à tous les avions en vol au-dessus des États-Unis. La technologie sans fil utilisée sera basée sur le Wi-MAX, avec quelques modifications pour répondre aux exigences : utilisation de l'OFDM (Orthogonal Division Frequency Multiplexing), des antennes intelligentes à pointage électronique, ou encore la réutilisation de fréquence, ... Le débit théorique, obtenu par calcul, serait de 10 Mbit/s à une distance de 50 miles, soit environ 80 km. A des distances plus courtes, les débits offerts pourraient même atteindre 25 Mbit/s. Wi-SKY a déjà démontré qu'elle pouvait garantir un débit minimum de 1100 kbps en montant et en descendant en utilisant un spectre d'une largeur de 80 MHz, ce qui répond aux exigences de la FCC, qui demande un débit de 768 kbit/s en uplink et en downlink pour être considéré comme "haut débit".

Toutefois le système de Wi-SKY, baptisé Wi-SKY Inflight, n'est cependant pas encore disponible pour les avions commerciaux. Il nécessite le déploiement de stations sol sur tout le territoire américain, en respectant une distance maximale entre deux stations sols d'environ 150 km [28].

II.2.2. Les solutions basées sur des liaisons par satellite

II.2.2.1. Connexion-by-Boeing

La première solution qui a été commercialisée pour les communications sol-bord des passagers est la Connexion-by-Boeing. Comme son nom l'indique, il s'agit d'un système développé par Boeing, qui permettait d'offrir une connexion Internet aux avions civils. Les passagers pouvaient donc se connecter via un réseau Wifi ou Ethernet embarqué pour partager un lien vers l'Internet terrestre. Le système se composait d'une antenne embarquée dans l'avion à pointage électronique en bande Ku (12,5 à 18 GHz), de plusieurs répéteurs loués à des opérateurs de communications par satellite, ainsi que des stations sol. La Connexion-by-Boeing a été mis en service pour la première fois en mai 2004 par la compagnie Lufthansa, puis d'autres compagnies se sont ensuite équipées comme par exemple Japan Airlines, Singapore Airlines, ou China Airlines, Asiana Airlines, Korean Air, et Etihad Airlines. Cela représentait au total 150 avions équipés environ. Toutefois, pour des raisons principalement économiques, Boeing a annoncé l'arrêt du système le 17 août 2006 [29].

II.2.2.2. Inmarsat

Inmarsat propose deux solutions principales. Le service Swift 64 qui fournit des communications vocales et communications de données aux avions avec un débit allant jusqu'à 64 kbit/s. Les liaisons peuvent être établies en mode paquet ou en mode commutation de circuits. Il nécessite toutefois des antennes à gain élevé et donc plutôt coûteuses et il est principalement destiné à l'aviation d'affaire. Le service Swiftbroadband, qui est plus récent, est uniquement disponible sur les trois satellites de quatrième génération.

Il a été conçu pour fournir des services à l'attention des passagers ou de l'équipage. Il permet d'avoir simultanément des communications vocales et des communications de données et offre un débit allant jusqu'à 432 kbit/s avec une antenne à gain élevé. Les services proposés est en mode "best effort": le débit est partagé entre les terminaux et on a une facturation au volume et un mode "garanti" : on a un débit garanti de 8, 16, 32, 64 ou 128 kbps et une facturation à la durée.

Depuis 2008, ARINC propose aussi une solution d'accès à Internet par satellite pour les compagnies.

Ce système, baptisé OI (Onboard Internet), permet aux passagers de naviguer sur le web, d'utiliser le courrier électronique,... Il utilise les satellites géostationnaires d'Inmarsat (SwiftBroadband ou Swift 64) [22].

II.2.2.3. ARINC - Onboard Internet

Depuis 2008, ARINC propose une autre solution d'accès Internet par satellite pour les compagnies. Le système a été baptisé Oi, pour Onboard Internet 3. Il permet aux passagers de surfer sur Internet, de consulter leurs mails, ... Le système Oi utilise les satellites géostationnaires Inmarsat, soit avec le service SwiftBroadband qui offre un débit allant jusqu'à 432 kbps, soit avec le système Swift 64 pour un débit de 64 kbps.

La solution d'ARINC intègre un portail d'accès personnalisable pour chaque compagnie, qui peuvent choisir de fournir les applications gratuitement ou non, et un système de cache qui permet aux sites les plus consultés d'être directement sur un serveur dans l'avion [30].

II.2.2.4. Panasonic Avionics Corporation – eXConnect

Panasonic Avionics Corporation propose aussi depuis 2008 une solution pour fournir les accès Internet par satellite aux avions civils. Ce système, appelé eXconnect, utilise quant à lui les satellites géostationnaires d'Intelsat. Il permet de fournir un accès Internet haut débit aux passagers en exploitant le système existant Global ConnexSM d'Intelsat.

La flotte d'Intelsat étant composée de 53 satellites en orbite géostationnaire, la capacité du système Panasonic devrait s'adapter assez facilement à une éventuelle hausse de la demande, contrairement au système d'ARINC basé sur les sept satellites d'Inmarsat de troisième et quatrième génération [31].

II.2.2.5. OnAir

OnAir est une société créée en 2005 dont les deux principaux actionnaires sont Airbus et SITA. Comme la solution d'ARINC, ce système d'OnAir utilise le service de SwiftBroadband des satellites Inmarsat. OnAir a annoncé le 10 000^{ème} vol équipé de leur système en avril 2009 [32].

II.2.2.6. Row44

Row 44 se lance pour fournir une solution concurrente par satellites. Il utilise les satellites de HughesNet pour fournir l'accès au réseau Internet. Le système utilise une antenne

en bande Ku embarquée sur l'avion sur plusieurs compagnies, comme Southwest Airlines, Alaska Airline qui ont commencé à tester le système depuis février 2009 [33].

II.2.2.7. AéroMobile

Enfin, Aeromobile fournit une solution pour la téléphonie mobile à bord des avions civils. Il utilise le service Aero H des satellites Inmarsat et équipe notamment certains avions des compagnies comme Qantas et Emirates. Panasonic Avionics Corporation est actuellement l'actionnaire principal d'Aeromobile et fournit un service identique appelé eXPhone [34].

II.3 : Limites des solutions existantes

II.3.1 : Limites des solutions par satellites

A ce jour les systèmes permettant les communications sol bord aéronautique sont nombreux et différenciés suivant qu'ils s'adressent aux communications critiques ou non critiques. Par ailleurs, ces solutions peuvent aussi classées suivant le mode utilisé : liaisons directes dédiées aux zones continentales et liaisons par satellites.

II.3.1.1 : Capacité de solution par satellite

Les solutions par satellites présentent des limitations principalement en termes de capacité disponible. En effet, fournir un accès Internet et téléphonie mobile aux passagers des avions civils nécessite une capacité permettant d'acheminer un volume de trafic important, avec des concentrations très fortes dans certaines zones très denses des espaces aériens. Chaque avion peut être considéré d'un point de vue réseau comme un réseau local connectant plusieurs dizaines, voire des centaines, de passagers et la présence d'une centaine d'avions dans une même zone de service représente une hypothèse réaliste au niveau de grands hubs européens ou dans certaines zones océaniques par exemple. La capacité maximale offerte par le service SwiftBroadband d'Inmarsat est de 432 kbit/s. Cette capacité est alors à partager entre tous les utilisateurs de l'avion. Pour les communications opérationnelles, cette capacité maximale actuelle est de 10,5 kbit/s avec le service Aero d'Inmarsat [35].

II.3.1.2 : Couverture de solution par satellite

Une autre limite des solutions par satellite est la couverture dans le cas de systèmes basés sur des satellites géostationnaires. En effet ces derniers n'offrent pas de couverture au

niveau des zones polaires. Or beaucoup d'avions, notamment entre les États-Unis et l'Europe, empruntent des couloirs aériens qui passent au-dessus du pôle nord [1].

II.3.1.3 : Coût de solution par satellite

Enfin, le coût représente aussi une limite des systèmes basés sur des liens satellitaires. Les coûts de conception, fabrication, et lancement d'un satellite de télécommunication sont très élevés et il en résulte des coûts d'abonnement assez élevés et il faut plusieurs satellites pour obtenir une couverture mondiale. De plus, les problématiques de pointage d'un satellite défilant depuis un avion en vol sont relativement complexes. Cela nécessite des antennes plutôt encombrantes qui sont coûteuses et difficiles à intégrer à bord des avions civils. Ainsi, le coût du segment spatial a été la principale raison qui a rendu la solution Connexion By Boeing économiquement non viable [36].

II.3.2 : Limites des solutions par liaison directe avec le sol

Les solutions basées sur des liaisons directes avec le sol présentent l'inconvénient principal de ne couvrir que les espaces continentaux. Cette couverture est assurée par des stations qui sont déployées au sol suivant une stratégie. Pour une couverture exhaustive, les stations doivent être réparties régulièrement en prenant en compte leur portée. Donc par principe ces systèmes ne sont pas utilisables en zones océaniques par exemple. Seule la HF (ou HF DL pour le Datalink) permet d'avoir une couverture mondiale grâce notamment à ses propriétés de propagation.

II.3.2.1 : Capacité de solution par liaison directe avec le sol

Toutefois la faible capacité proposée et la qualité qui dépend fortement de l'état de l'ionosphère, en font plus une solution de secours qu'un système à privilégier. Finalement, pour les autres systèmes continentaux le problème de couverture implique un problème de coût. Le nombre de stations à déployer pour couvrir un continent ou certains pays n'est pas négligeable et peut engendrer des coûts de déploiement et opérationnels très élevés. Pour les services ATSC et AOC, la solution actuellement en cours de déploiement en Europe pour les communications sol-bord par liaison directe avec le sol est la VDL mode 2. Elle offre une capacité maximale de 31,5 kbit/s qui est partagée par tous les avions couverts par une station sol, ce qui est insuffisant pour fournir des services haut-débit aux avions civils [35].

II.3.2.2 : Couverture des solutions par liaisons directes avec le sol

Une solution par liaison directe avec le sol pose bien sûr un problème de couverture. En effet, pour assurer la couverture d'un territoire, il faut déployer des stations sols de façon assez régulière car la portée de chaque station est limitée. Cela pose donc un problème pour assurer la couverture des zones océaniques, où il est impossible de déployer de telles stations. Seule la HF permet d'avoir une couverture mondiale grâce à ses propriétés de propagation. En revanche, elle offre un débit très faible. De plus, elle souffre d'une qualité médiocre qui dépend fortement de l'état de l'ionosphère [35].

II.3.2.3 : Coût des solutions par liaisons directes avec le sol

Le problème de la couverture implique bien sûr un problème de coût. En effet, le nombre de station à déployer pour couvrir un pays ou un continent est loin d'être négligeable, ce qui engendre un coût de déploiement et d'entretien élevé [35].

II.4 : Les applications communication utilisées

II.4.1 : La description CPDLC

CPDLC est un système de liaison de données bidirectionnel grâce auquel les contrôleurs peuvent transmettre des messages stratégiques non urgents à un aéronef comme alternative aux communications vocales. Le message est affiché sur un affichage visuel du poste de pilotage. L'application CPDLC assure la communication de données air-sol pour le service ATC. Il permet à un certain nombre de services de liaison de données (DLS) d'échanger des messages de gestion de la communication et de libération / information / demande correspondant à la phraséologie vocale utilisée par les procédures de contrôle de la circulation aérienne. Les contrôleurs ont la possibilité d'émettre des autorisations ATC (assignations de niveau, déviations latérales / vectorisation, assignations de vitesse, etc.), des assignations de fréquence radio et diverses demandes d'informations. Les pilotes ont la possibilité de répondre aux messages, de demander / recevoir des autorisations et des informations et de rapporter des informations. Une fonctionnalité de «texte libre» est également fournie pour échanger des informations non conformes aux formats définis. Le CPDLC est mis en œuvre à l'échelle mondiale et se trouve actuellement à différentes étapes

de mise en œuvre. Les procédures de communication globales sont détaillées dans les dispositions de l'OACI: Annexe 10, Volume III, Partie 1, Chapitre 3 [37].

II.4.2 : ACARS

La première version d'ACARS (Aircraft Communication Addressing and Reporting System), ou POA (Plain Old ACARS) a été proposée dès 1978 par ARINC comme système de communication de données numériques. Il permet l'envoi de messages relativement courts et simples sous forme de chaînes de caractères. Tout d'abord proposé pour les compagnies, il a ensuite été adopté pour les communications du contrôle aérien avec les avions. L'interface radio utilise des canaux de 25 KHz dans la bande VHF initialement dédiée aux communications vocales entre 118 et 136 MHz. Le débit offert est de 2,4 kbit/s. Les deux principaux fournisseurs de services ou DSP (Datalink Service Providers) pour l'ACARS sont ARINC et SITA. Il existe une dizaine de canaux VHF réservés à l'ACARS dans le monde.

L'ACARS n'est pas standardisé par l'OACI, mais il est spécifié dans les normes ARINC 618, 619, 620, 622 et 623 [1]. Ce système également appelé Plain Old ACARS (POA) (en référence à la première version du système qui a évolué depuis).



Figure(II.4) : Système ACARS [38].



Figure(II.5) : Imprimante ACARS [38].

La première application utilisée au-dessus de ce système a été Out, Off, On, In (OOOI). Elle a pour but de mieux gérer le temps de travail des pilotes en envoyant à la compagnie l'heure exacte à laquelle l'avion quitte la porte (Out), décolle (Off), atterrit (On) puis revient à la porte (In).

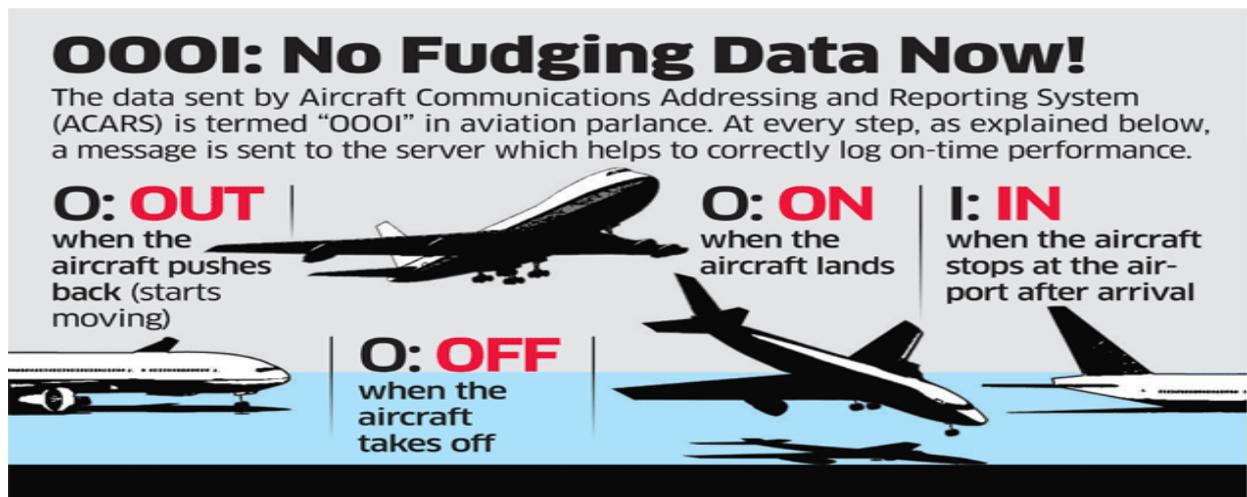


Figure (I.4): L'application (OOOI) [39].

II.4.3: ADS-B

ADS-B est une application de la surveillance qui transmet des paramètres, tel que la position, la piste et vitesse sol, par une émission de données, à intervalles spécifiés, pour utilisation par tout utilisateur air ou sol qui l'exigent. L'avion qui émet l'émission n'a aucune connaissance des systèmes qui la reçoivent. Tout l'utilisateur basé au sol ou en air peut choisir

de recevoir ou non et développer cette information. Les informations de localisation sont combinées avec d'autres informations telles que le type d'aéronef, sa vitesse, son numéro de vol et qu'il s'agisse de virage, d'escalade ou de descente, puis diffusées plusieurs fois par seconde. Les autres aéronefs et stations au sol équipés de l'ADS-B situés à moins de 200 Nm reçoivent ces émissions. Les stations au sol combinent les émissions ADS-B reçues de différents aéronefs avec des informations de localisation supplémentaires reçues du radar au sol pour les aéronefs non équipés de l'ADS-B, puis rediffusent les données vers les aéronefs de la région. Les informations sur le trafic aérien et la météo peuvent ensuite être affichées dans les cockpits d'avions équipés d'ADS-B [5].

Conclusion:

On constate donc que dans un contexte de croissance du trafic aérien et de l'apparition de nouveaux besoins notamment pour les passagers mais aussi pour le contrôle aérien et les compagnies, il est nécessaire d'envisager de nouvelles solutions qui pourront répondre aux différentes contraintes spécifiques du domaine aéronautique. Plusieurs industriels et opérateurs étudient de nouvelles solutions et plusieurs projets de recherches couvrent aussi les problématiques inhérentes à ces systèmes.

CHAPITRE III :
Service passager d’Inmarsat

Chapitre III : Service passager d'Inmarsat

Introduction

Dans le monde entier, les compagnies aériennes, les entreprises et les gouvernements font appel aux services satellitaires d'Inmarsat pour la connectivité en vol. Inmarsat contribue de façon majeure à l'exploitation sûre et efficace des aéronefs dans l'espace aérien océanique, c'est le service aéronautique par satellite le plus utilisé au monde aéronautique avec plus de 10 000 avions équipés.

III.1 Les télécommunications par Inmarsat

Inmarsat est une société privée britannique de télécommunications par satellite comprenant 90 membres, proposant des services mobiles mondiaux. Il fournit 4 types de services: Aéro-c, Aéro-H, Aéro-I, Aéro L, ce système utilise une bande de fréquence pour l'émission (1525.00 – 1559.00 MHz) et une deuxième bande de fréquence pour la réception (1626.50 – 1660.50Mhz). Il utilise la bande C pour les services fixes. Inmarsat est le premier fournisseur de services de télécommunications mobiles par satellite à l'échelle mondiale conforme aux normes et aux pratiques recommandés par l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) et qui offre une connectivité mobile voix et données à haut débit par l'intermédiaire du réseau satellitaire commercial le plus polyvalent et le plus fiable au monde. C'est la référence mondiale en matière de communications mobiles par satellite depuis plusieurs décennies, l'entreprise Inmarsat continue d'introduire de nouvelles technologies qui redéfinissent les normes de l'industrie, c'est le synonyme de fiabilité et de sécurité en matière de communications mobiles par satellite. Inmarsat propose toute une large gamme de services mobiles de voix et données disponibles sur la quasi-totalité de la planète, en mer, à terre ou dans les airs [40]. Le réseau d'Inmarsat fournit des services de communication à divers gouvernements, agences d'aide, médias et entreprises (en particulier dans les secteurs du transport maritime, du transport aérien et des mines) ayant besoin de communiquer dans des régions éloignées ou dépourvues de réseau terrestre fiable. La société est cotée à la Bourse de Londres [21]. Elle possède et opère trois constellations complètes de satellites géostationnaires : 4 satellites

Inmarsat-2 lancés au début des années 90, 4 satellites Inmarsat-3 lancés à la fin des années 90 et 3 satellites Inmarsat-4 lancés en 2005 et 2008.

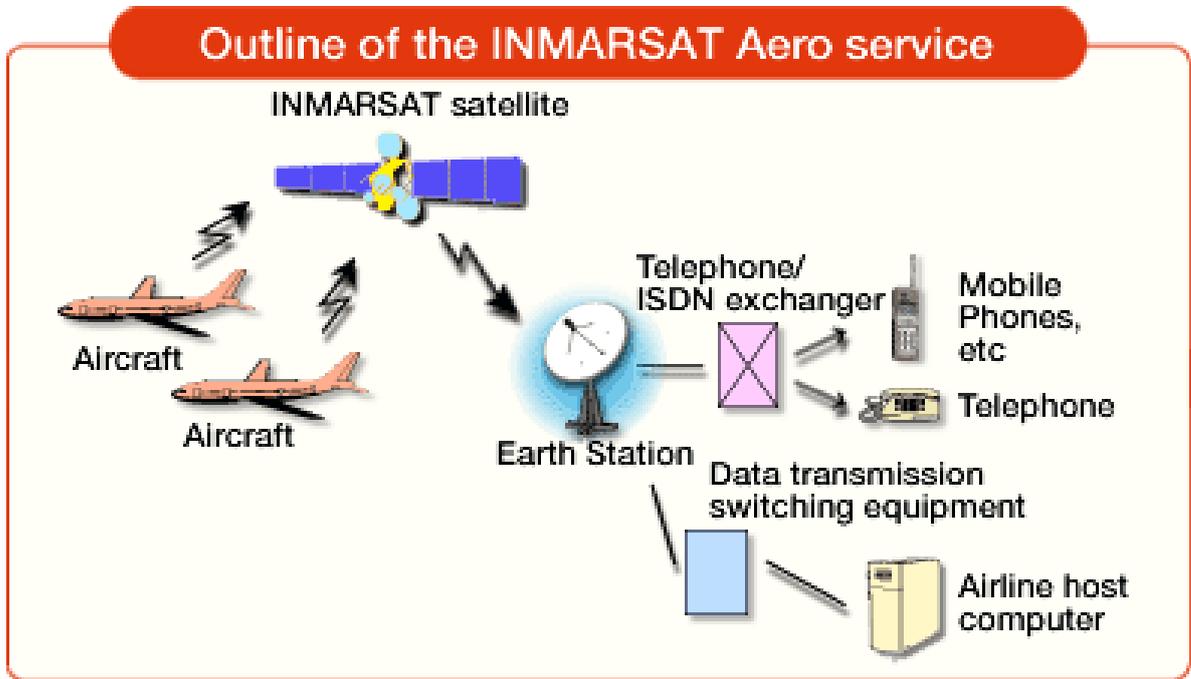


Figure (III.1) : Le service Inmarsat [41].

Bandes de fréquences AMSS

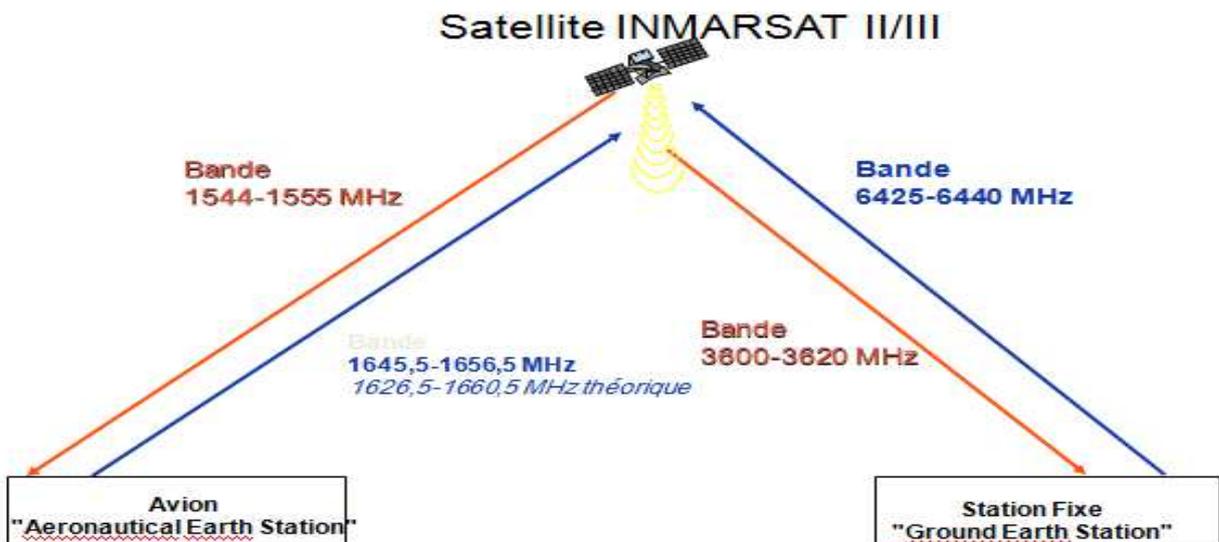


Figure (III.2) : Les bandes de fréquence d'Inmarsat (émission, réception) [41].

III.2 Les services d'Inmarsat

Inmarsat offre trois services dans la bande L pour le domaine aéronautique tel que : Aero classique, Swiftbroadband, Swift64.

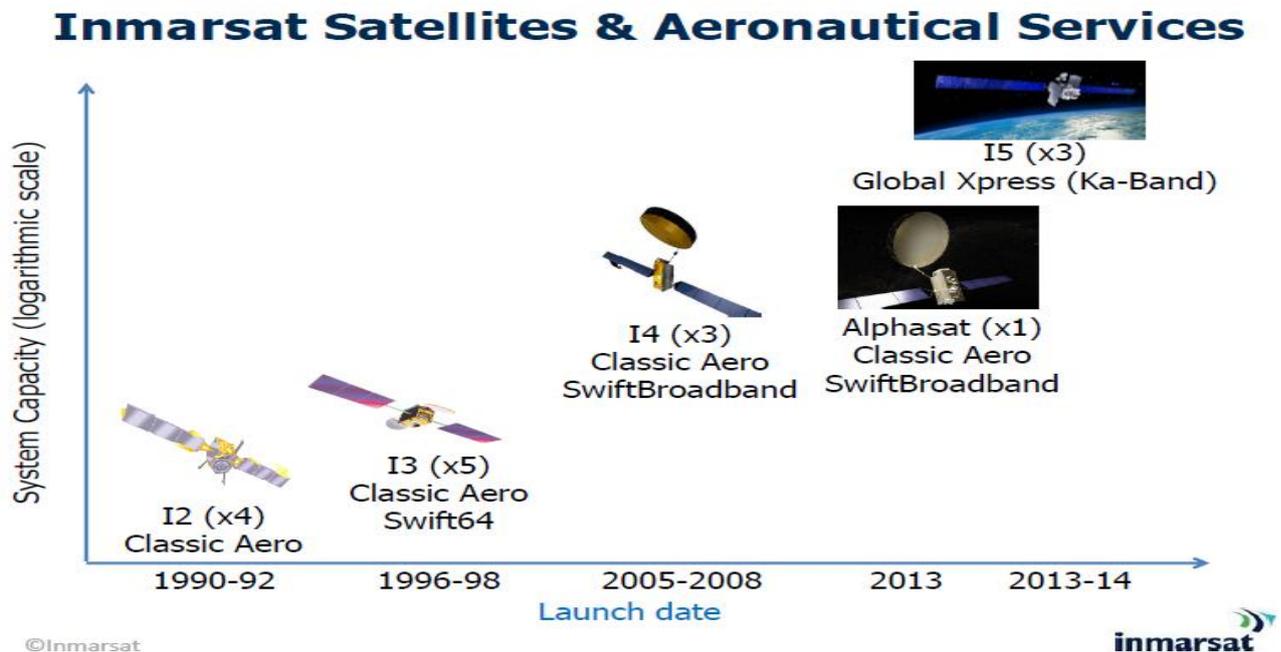


Figure (III.3) : Les services satellitaires d'Inmarsat [22].

III.2.1 Le service de première génération, Aéro Classic

La plupart des principales compagnies aériennes du monde utilisent les services Aéro Classic depuis plus de 25 ans, ainsi que des propriétaires d'avions d'affaires petits, moyens et grands, de l'aviation générale et des agences gouvernementales. Services essentiels à la sécurité fournis de manière fiable depuis des décennies. Lorsqu'Inmarsat a commencé à proposer Aéro Classic en 1990, le service a eu un impact puissant. En assurant une surveillance avec l'ADS-C (surveillance dépendante automatique sous contrat) et des communications avec CPDLC (des communications contrôleur-pilote de liaison de données) qui permettent de réduire les exigences d'espacement entre aéronefs dans le ciel, augmentant ainsi la capacité de l'espace aérien océanique de plus de 30 % et des millions de compagnies aériennes au cours des décennies suivantes. Les fonctionnalités voix, données et fax multicanaux de Aéro Classic fonctionnent avec trois types d'antennes: gain élevé (Aéro H et H+) et gain intermédiaire (Aéro I). Ils offrent des communications critiques cockpit (ATSC) approuvées par l'OACI pour la sécurité et la régularité des vols le long des routes aériennes nationales et internationales. Ces équipements sont standards sur les routes aériennes océaniques du monde et répondent aux

exigences mondiales de suivi des vols de l’OACI utilisant l’ADS-C. Actuellement, les communications par satellite évoluent à nouveau. Tandis qu’Aéro Classic continue de connecter les avions du monde entier, cette technologie la plus récente est prête à amener le poste de pilotage dans l’avenir [21]. Le service Aéro Classic est supporté par toutes les générations de satellites Inmarsat et se décline en six sous-services présentés dans le tableau III.1.

Service	Aéro H/H+	Aéro I	Aéro L	Mini M Aéro	Aéro C
Voix	Multiples canaux	Multiples canaux	-	Un canal	-
Données	10, 5 kbit/s	4,8 kbit/s	1, 2 kbit/s	2,4 kbit/s	0,6 kbit/s
Gains d’antenne	Elevé	Intermédiaire	Faible	Faible	faible
Approbation OACI	Oui	Oui	Non	Non	Non

Tableau (III.1): Les services Classic-Aero d’Inmarsat [5]

La couverture du service Aéro Classic :

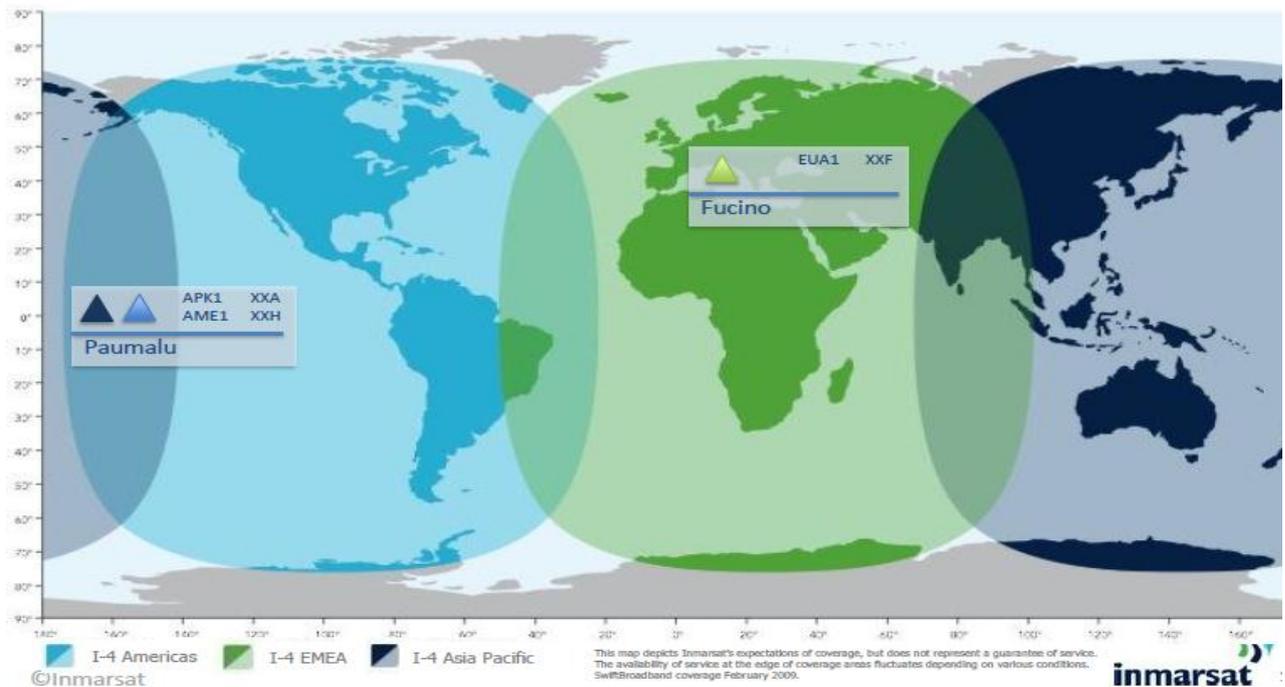


Figure (III.4) : Carte de couverture d’Aéro Classic [22].

III.2.2 Le service Swift 64

Le Swift64 est conçu pour répondre aux besoins de l'équipage de bord et des passagers à bord des avions commerciaux, gouvernementaux et d'affaires. Il fournit un accès immédiat à Internet et aux informations critiques pour l'entreprise, Transmis par les faisceaux ponctuels des satellites Inmarsat 3, Le Swift 64 est une combinaison unique des services Swift64 Mobile RNIS et Swift64 Mobile Packet Data, permettant d'accéder à la qualité et à la rapidité d'un service RNIS complet ainsi qu'à la flexibilité économique des services. Le Swift64 Mobile Packet Data Service avec une connexion de données par paquets mobile au lieu d'une connexion RNIS mobile [21]. Grâce au format Swift 64 Kbps par canal, il fournit une large bande passante pour la planification des vols, les mises à jour de la météo et des cartes, ainsi que les informations sur la porte d'arrivée et la connexion [42]. Les systèmes **Cobham** Swift 64 ont été installés sur diverses plates-formes d'aéronefs et d'hélicoptères pour la transmission vidéo [43]. Le système **Honeywell** propose des solutions de communications par satellite pour les passagers et les équipages de bord, notamment des communications voix, fax et données à haute vitesse, fiables dans le monde entier. La large gamme de produits Honeywell va de la petite unité de données Aspire 200 à 2 unités de microcontrôleur à la gamme de produits de communication par satellite multicanaux la plus performante, avec toujours un choix d'antennes pour répondre aux besoins et aux attentes de chaque client [43].

III.2.3 Le service Swift broad band

Le service SwiftBroadband (SBB), (large bande rapide) est le dernier service Internet proposé par Inmarsat et Satcom Direct. Il fournit une couverture mondiale à bord des avions du monde entier (à l'exception des régions polaires), en utilisant les faisceaux de la constellation de satellites Inmarsat-4 [44]. Le SwiftBroadband améliore les applications de poste de pilotage et de cabine grâce à une installation utilisant une seule antenne. Il Fournit jusqu'à 432 kbps en tant que service «best effort» pour chaque canal intégré. Actuellement, les aéronefs sont autorisés à utiliser jusqu'à quatre canaux et les canaux ne peuvent pas être ajoutés (liés) pour obtenir des débits de données plus élevés [22]. Le service de données IP basé sur Inmarsat est l'une des solutions les plus utilisées et les plus rentables du secteur de l'aviation. Swiftbroadband fournit des données vocales et à haute vitesse globales du poste de pilotage à la cabine. Il permet aux passagers d'accéder à leurs appareils depuis n'importe où dans le ciel et fournit aux équipages de bord des informations en temps réel pour améliorer les opérations aériennes. Toutes les solutions

(SBB) permettent des communications simultanées voix et données IP - avec des taux de connexion minimum garantis. Quels que soient la taille et le type d'avion, ou les besoins de l'équipage ou des passagers, du plein accès au Wi-Fi, au courrier électronique, aux services de diffusion multimédia en continu aux services de téléphonie mobile et de messagerie texte à bord ainsi que le plan de vol, la météo et mises à jour des graphiques. La connectivité optimale est disponible sur demande [45].

III.2.3.1 Caractéristiques de Swiftbroadband

Le swiftbroadband se caractérise d'une fréquence de bande passante L pour le domaine aérien. Il offre une couverture sur les principales routes aériennes, ainsi des voix et données simultanés et de la téléphonie. Il peut également fournir une qualité de service prédéterminée via le mode streaming en haut débit (HDR) à permet des applications à bande passante élevée jusqu'à 650 kbps. Selon l'utilisation, plusieurs canaux de diffusion dédiés (jusqu'à quatre par avion) [22].

III.2.3.2 Couverture du service swiftbroadband

Le SwiftBroadband est disponible sur la constellation de satellites Inmarsat 4, offrant une visibilité quasi globale. Swiftbroadband 200 est un système monocanal qui fournit des données vocales globales et des données à haute vitesse, de haute qualité, permanentes et pouvant atteindre 200 kbps par canal et des taux garantis de 8, 16, 32, 64, 128 Kbps, via une seule installation sur l'avion. Il offre Couverture mondiale à toutes les altitudes (sauf les régions polaires) [46].

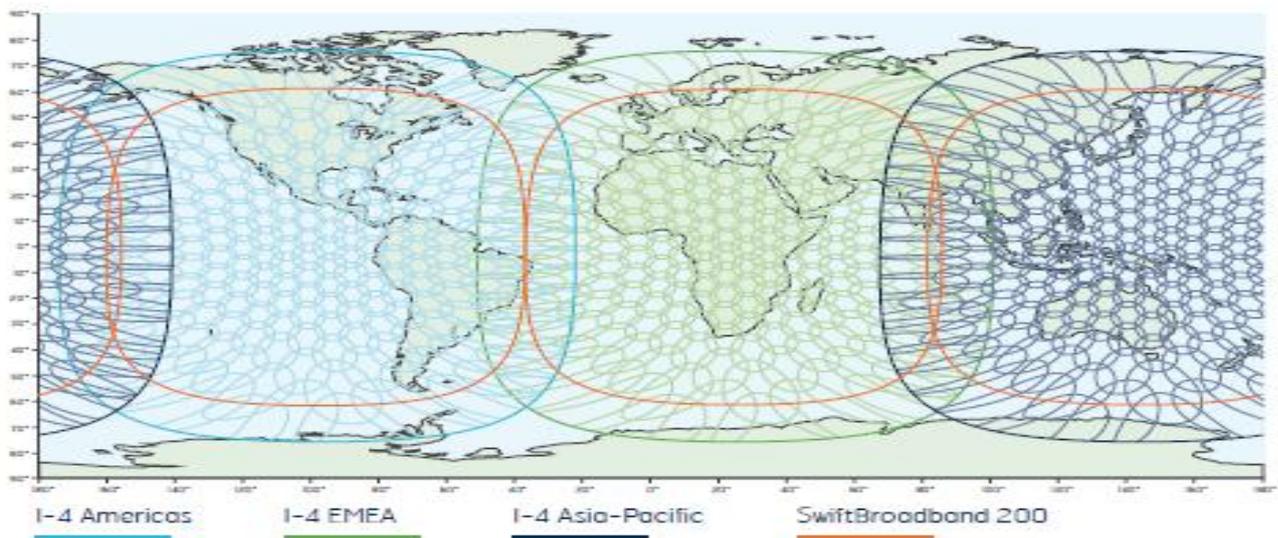


Figure (III.5) : Couverture du service Swiftbroadband [22].

III.2.3.3 Les services fournis par swiftbroadband

Le SwiftBroadband fournit les services IP standard et Streaming. Le service IP standard fournit une connexion jusqu'à 432 kbps utilisée pour accéder à Internet. Une connexion permettra à un utilisateur de naviguer sur Internet, de se connecter à son VPN et de transmettre différents types de données. L'IP standard n'est facturé que pour la quantité de données utilisée mesurée en mégaoctets.

Les services de streaming fournissent un débit dédié vers / depuis l'aéronef. Les vitesses de diffusion sont disponibles en 8, 16, 32, 64, 128 kbps, X-Stream (jusqu'à 256 kbps) et en haut débit (HDR) jusqu'à 650 kbps par canal. Comme pour le Swift 64, les coûts de streaming sont facturés par la minute et par canal [22].

III.2.3.4 Les bénéfices de SwiftBroadband

Le SwiftBroadband fournit un canal vocal à faible coût (4k). Contrairement aux services facturés à la minute. Le SwiftBroadband est toujours connecté et prêt à être utilisé. Les clients ne sont pas facturés à la minute, mais uniquement pour la quantité de données transféré en blocs de mégaoctets (Mo) [22].

Communications entre opérateurs: les pilotes peuvent rester en contact avec le contrôleur de la circulation aérienne (ATC), recevoir des communications météo en temps réel, accéder aux trajectoires de vol océaniques les plus économes en carburant, transmettre la position et l'état de maintenance de l'avion au siège, etc.

Communications avec les passagers: dans les avions équipés du SatCom SBB, les passagers peuvent passer des appels téléphoniques et accéder à leur messagerie électronique, à Internet ou à l'intranet de leur entreprise, sur leur smartphone, leur tablette ou leur ordinateur portable.

Communications de sécurité: les SBB sont le premier système à satisfaire aux exigences de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) en matière de communications de sécurité mondiales. De nombreux exploitants aériens comptent sur les SBB pour leur sécurité aérienne [47].

III.2.4 le service Inmarsat-5

Inmarsat a lancé une cinquième version de satellite (Inmarsat-5) en bande Ka en juin 2017, auprès de Thales Alenia Space, afin d'étendre son système Global Express (GX), (Global Xpress est un nouveau service VSAT proposé par Inmarsat. Ce service haut débit est le premier à être disponible dans le monde entier et permet donc une mobilité et une flexibilité maximale. Le réseau Inmarsat Global Xpress offre une connectivité en bande Ka et permet de bénéficier d'une bande passante importante et ce, partout dans le monde. Avec des débits allant jusqu'à 50 Mbps en réception et 5 Mbps en émission, Global Xpress permet aux utilisateurs de déployer des applications critiques depuis le terrain, partout dans le monde avec une bande passante garantie ou partagée. Avec Global Xpress, la vision d'Inmarsat est de créer un environnement d'applications et de contenu disponible aux utilisateurs depuis leur connexion satellite, où qu'ils soient et à tout moment) [48]. La constellation Inmarsat-5 comprend 3 satellites de télécommunications géostationnaires développés par Boeing de type BSS-702HP. Chaque satellite d'une masse 6,07 tonnes (3,75 tonnes sans le moteur d'apogée) emporte 89 transpondeurs fonctionnant en bande Ka. Les panneaux solaires fournissent 15 kW en début de vie. Les satellites sont conçus pour générer environ 15 kilowatts d'énergie au début de la mise en service et environ 13,8 kilowatts à la fin de leur durée de vie prévue de 15 ans. Pour générer une telle puissance, les deux ailes solaires de chaque satellite utilisent cinq panneaux de cellules solaires à triple jonction d'arséniure de gallium [47].

III.2.5 Le nouveaux systèmes, Inmarsat-6

La sixième génération d'Inmarsat (I-6) sera le satellite de communication mobile le plus puissant et le plus flexible jamais lancé, et le premier à proposer des charges utiles en bande Ka hébergées sur des satellites en bande L [21]. Ils auront une double mission: augmenter les services Global Xpress en bande L et en bande Ka [49].

Deux satellites de la série Inmarsat-6 ont été commandés auprès du constructeur européen Airbus Defence and Space (ex Astrium). Le premier satellite devrait être lancé vers 2020. Chaque satellite dispose d'une antenne de 9 mètres de diamètre en bande L et de 9 antennes multi-faisceaux en bande Ka permettant de gérer 8000 communications simultanées [49]. Airbus Defence & Space a signé un contrat pour la réalisation de trois satellites géostationnaires pour le très haut débit en bande Ka à destination des mobiles : Inmarsat GX-7, 8 et 9. Précédemment connus sous l'appellation GX Flex, ceux-ci seront

les tous premiers satellites à utiliser la solution OneSat développée par Airbus [50]. La plate-forme utilise une propulsion électrique pour le levage en orbite afin de réduire la masse par rapport aux systèmes traditionnels. Les satellites incluront un processeur numérique modulaire de nouvelle génération offrant une flexibilité de routage totale de plus de 8 000 canaux avec une allocation de puissance dynamique de plus de 200 faisceaux ponctuels en bande L [51]. Les satellites dotés d'une charge utile en bande Ka vont encore améliorer la couverture mondiale grâce à une capacité plus grande dans les régions les plus demandées [52]. OneSat offre un excellent rapport qualité/prix, réduisant les coûts et les délais de mise en orbite grâce à une approche extrêmement innovante [53]. Nicolas Chamussy, responsable des systèmes spatiaux chez Airbus, a déclaré: « Nous lançons la gamme de produits OneSat pour notre client Inmarsat, à la suite des succès remportés par le satellite Inmarsat-4 construit par Airbus, Alphasat, et les satellites Inmarsat-6 actuellement en construction. » Selon lui, ce contrat s'inscrit dans la continuité d'une relation de longue date entre Airbus et Inmarsat, privilégiant toujours l'innovation.

III.2.6 Le futur système Inmarsat 7

Le groupe Airbus, fleuron de l'industrie spatiale et aéronautique, lance OneSat qui est un produit véritablement nouveau, tant du point de vue de la fabrication que de celui de l'exploitation, ce qui permettra à Airbus d'offrir à ses clients une solution permettant au marché de réduire les coûts et les délais de mise en orbite, afin de révolutionner le marché des satellites et de permettre rapide aux consommateurs de pouvoir téléphoner en avion [54]. Les Inmarsat-7 s'appuient sur cette nouvelle plate-forme (OneSat), décrite par Airbus comme un satellite de télécommunication modulaire «de la conception au fabricant»; avec une charge utile Ka pour fournir des services de connectivité à haut débit. Avec un système de traitement embarqué et des antennes actives, couverture et bande passante pourront être adaptées de façon dynamique pour répondre aux besoins de connectivité des liaisons hautes débit (HTS) du marché de la mobilité. Sa masse au lancement unitaire de l'ordre de 3000 kg et durée de vie de 15 ans [55]. Les satellites géostationnaires reprogrammables marquent le début de la flotte de septième génération d'Inmarsat basée à Londres, précédemment appelée Global Xpress Flex, ou GX Flex. Les satellites Inmarsat-7 devraient être lancés en 2023, ce qui portera à 10 le nombre de satellites Inmarsat à haut débit en bande Ka et cela représente un changement radical dans l'évolution de la capacité et de l'agilité de GX. D'après Peter Hadinger responsable de la technologie chez Inmarsat,

les Inmarsat-7 seraient en mesure de fournir des gigabits de capacité aux zones ciblées, telles que les aéroports, pour la connectivité à large bande. Hadinger a déclaré qu'Inmarsat serait capable de générer des milliers de faisceaux sur les satellites Inmarsat-7 et d'apporter des modifications à ces faisceaux en quelques secondes. Le nombre de faisceaux qu'aura chaque Inmarsat-7 dépend de la configuration réseau quotidienne du satellite [56]. Philip Balaam, président de la division aviation d'Inmarsat, a déclaré que les satellites pourraient suivre les avions depuis des hubs comme Londres et Paris, et les suivre de l'Atlantique aux États-Unis avec une bande passante dédiée. Les satellites seront également en mesure de s'adapter aux changements quotidiens de la demande de différentes régions et de différents clients [56]. La stratégie d'Inmarsat, illustrée par sa commande GX Flex, consiste à couvrir le monde d'une capacité géostationnaire, puis à augmenter la capacité avec de plus en plus de satellites GEO. La société affirme que chaque satellite GX Flex aura une capacité 10 fois supérieure à celle de tous les satellites Global Xpress déjà dans l'espace [56]. Les clients existants de GX pourront bénéficier d'une amélioration de la prochaine génération utilisant les terminaux actuels, bénéficiant ainsi d'une amélioration significative de leurs performances, ainsi que de la pérennité de leur investissement. La compatibilité en amont assurera également une redondance et une résilience supplémentaires pour ce qui est déjà le seul réseau entièrement redondant existant.

III.3 : Inmarsat Jet Connex (JX)

Pour tout département de vol privé, une grande entreprise ou un opérateur charter, la connectivité en vol est un must dans le monde de l'information d'aujourd'hui. C'est pourquoi les services de connectivité des cabines ARINC Direct de Collins Aerospace (Collins Aerospace ARINC Direct est un partenaire de confiance des services Inmarsat depuis plus de 10 ans). Offrent une multitude d'options et de services à valeur ajoutée pour répondre aux besoins de ses clients en matière de téléphonie, de télécopie, de voix et de données, notamment Inmarsat Swift Broadband, Iridium et Yonder. En 2016, un autre revendeur à valeur ajoutée du service JetConneX d'Inmarsat, avec une connectivité globale en bande Ka à des vitesses de transmission à large bande [57].

Inmarsat Jet Connex (JX) C'est un nouveau service de connectivité haut débit pour l'aviation d'affaires et privée. Il permette aux passagers d'avions d'affaires de diffuser des vidéos, faire des appels téléphoniques, regarder la télévision en direct comme à la maison, de tenir une vidéoconférence ou de conclure un accord commercial comme

dans un bureau, avec leurs propres ordinateurs portables, tablette et smartphone via le système WiFi de l'avion à toutes les phases de vol. Les forfaits à taux variable permettent aux passagers de sélectionner la vitesse des données et le niveau d'utilisation en fonction de leurs besoins et de leurs budgets. SD est le principal expert du secteur en matière de JX. Plus de 70% de toutes les activations JX sont des clients SD [58].

III.3.1 : Caractéristiques d'Inmarsat Jet Connex

C'est Le premier réseau satellite haut débit à large bande passante Ka, La bande Ka a plus de capacité que les autres réseaux et utilise plus efficacement la bande passante, ce qui signifie une connectivité en vol plus abordable et des options de tarification simples[59], avec débit de données jusqu'à 15 Mbps (MIR) et des Vitesses garanties jusqu'à 6 Mbps (CIR), CIR est valable uniquement au-dessus de 10000 pieds et est basé sur une météo et un angle d'antenne optimaux. Il permet de diffuser la télévision et la vidéo en temps réel et un accès Internet haut débit haut, visioconférence et conférence, voix sur IP de haute qualité ainsi la messagerie texte avec images, courriel et transfert de fichiers volumineux, applications poste de pilotage et cabine. Il élargit les possibilités de divertissement en vol pour la télévision en temps réel et la télévision à la demande, ainsi que pour les fonctionnalités de messagerie standard et de navigation Web [60]. **Jet ConneX** offre une couverture mondiale homogène pour un service continu et cohérent et une bande passante évolutive pour les nouveaux appareils et applications avec des vitesses bien supérieures à tout ce qui est disponible aujourd'hui. Le routeur de données aéroporté (ADR) pour la connectivité de nouvelle génération du poste de pilotage à la cabine; à Un prix pour un package de connectivité complet avec une facture pour tous les appels de service, et un numéro de téléphone pour le support technique, clientèle et facturation.

III.4 : Couverture des services d'Inmarsat

Les satellites Inmarsat offrent ainsi une couverture globale entre +/-80°de latitude environ. Effectivement, compte-tenu de leur position au-dessus de l'équateur, les satellites géostationnaires ne peuvent pas couvrir les zones polaires. La figure III.5 montre la couverture des services aéronautiques d'Inmarsat.

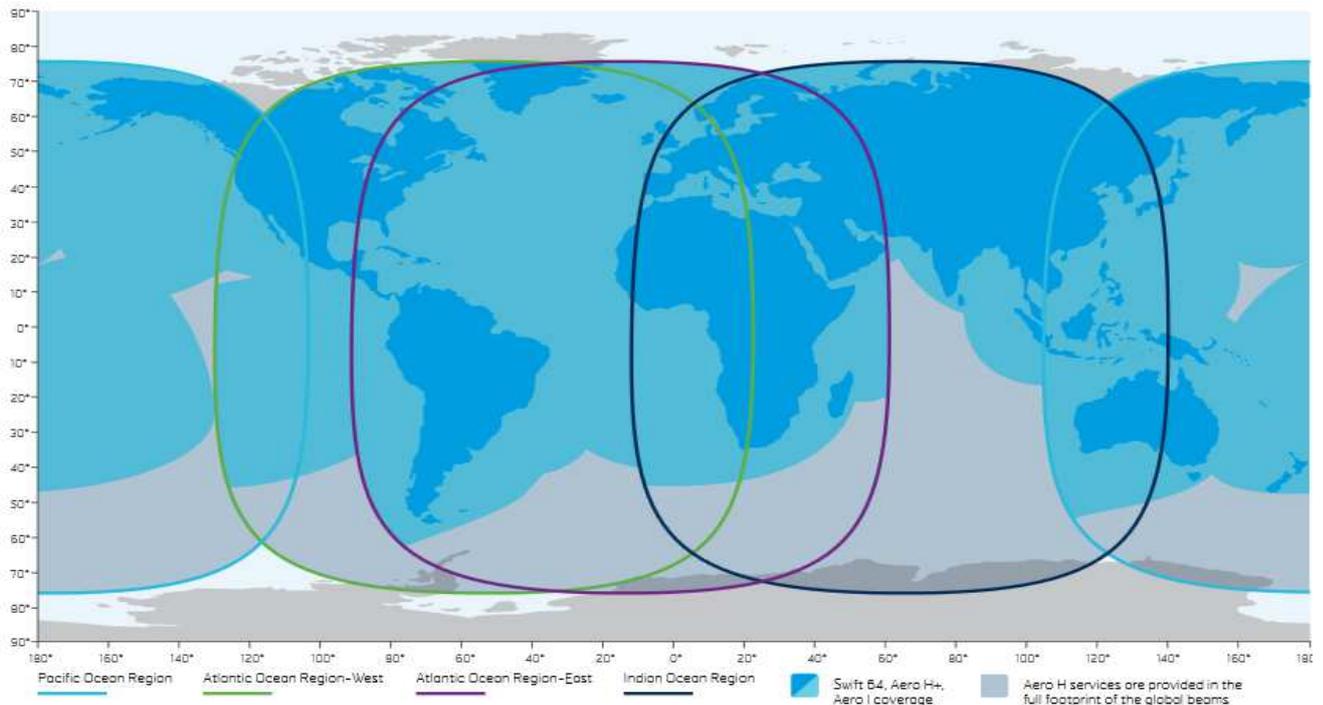


Figure (III.6) : Carte de couverture des services d'Inmarsat [22].

Conclusion

Inmarsat est le leader mondial des communications mobiles par satellite. Des milliers de compagnies ont recours à une incomparable disponibilité de services de bout en bout et à une couverture en matière de communications opérationnelles et de services de sécurité.

Les utilisateurs des services mondiaux d'Inmarsat existants pourront tirer parti des forfaits hybrides uniques utilisant à la fois les réseaux Inmarsat en bande L et Global Xpress. Avec une évolutivité sans précédent, ces solutions assureront également une résilience et une fiabilité accrues dans les environnements distants et difficiles.

CHAPITRE IV :
La connectivité a bord des
avions

Chapitre IV : La connectivité a bord des avions

Introduction

Le wifi est disponible dans la majorité des aéroports depuis longtemps, ce n'est que récemment que les compagnies aériennes se sont mises à proposer ce service à bord de leurs vols. La plupart du temps, il convient d'acheter un forfait à un fournisseur d'accès ou directement auprès de la compagnie aérienne. Ce forfait peut couvrir l'intégralité du vol, une certaine durée ou une quantité particulière de données.

IV.1 : Le wifi

Le WiFi (Wireless Fidelity) est une technologie de transmission Haut-Débit sans fil qui permet de relier par ondes radio plusieurs appareils informatiques (ordinateur, routeur, smartphone, modem Internet, etc.) [61][62]. De plus en plus, c'est le mode de connexion à Internet préféré, partout dans le monde. Pour accéder à ce type de connexion, il faut avoir un adaptateur réseau sans fil sur l'ordinateur [63]. De manière générale, il s'agit de la dénomination de la norme IEEE 802.11 (ensemble de normes concernant les réseaux sans fil locaux, le Wi-Fi) qui est le standard international décrivant les caractéristiques d'un réseau local sans fil (WLAN) [62]. Il offre une connectivité sans fil, en émettant des fréquences entre 2,4 GHz à 5 GHz, basées sur la quantité de données sur le réseau. Les zones où l'on peut se connecter en Wi-Fi, sont connues comme des "points chauds" (Hotspots). On peut utiliser des logiciels avancés comme WirelessMon pour détecter et demander la connexion aux hotspots [63].

Techniquement, deux solutions existent pour permettre aux passagers d'un avion de recevoir un signal wifi. La première : Une solution utilisée uniquement pour les vols intérieurs, ou ne traversant pas de mer ou d'océan. Cette technique consiste à installer des antennes sur le sol qui vont envoyer des données à l'avion en question. Les antennes fonctionnent comme pour le Wi-Fi que vous connaissez déjà sur Terre. Ces antennes sont placées sur l'itinéraire du vol. Ainsi, l'avion passe par un chemin qui est couvert par Internet, une méthode qui ne demande pas trop d'investissement. Le seul inconvénient de cette solution est que l'accès à Internet n'est possible que pour des liaisons internes. Il est difficile d'installer des antennes en pleine mer. Pour les vols long-courriers, il existe une deuxième méthode qui consiste à utiliser des satellites de télécommunications [63].

L'avion doit être équipé d'une antenne et des modems pour permettre aux passagers de pouvoir accéder à Internet. Sur les avions, cette antenne se trouve sur le dessus. La position géographique de l'avion n'a aucune influence puisque ce sont les satellites de télécommunication qui se chargent d'apporter un réseau local dans l'avion.

IV.2: principe du wifi a bord des avions

Le réseau Wifi fonctionne grâce à une borne ou un modem principal qui émet des ondes électriques à un adaptateur Wifi, qui lui est généralement déjà intégré dans les appareils quotidiens comme les ordinateurs, tablettes ou smartphones [64].

En pratique, une connexion satellite alimente une « box » Wifi qui offre à bord la connectivité attendue par l'utilisateur. La box capte le signal satellite grâce à une antenne satellitaire moulée sur le fuselage de l'avion, fixée dans les superstructures. Ces équipements sont désignés par le vocabulaire réglementaire ESIM (Earth Station In Motion), experts satellites. La qualité et les débits offerts à l'utilisateur ne cessent de s'améliorer : de quelques kbit/s des années 90 via des satellites en bande L, la navigation sur internet et la messagerie connectée sont devenues possibles dans les années 2000 via des satellites en bande Ku. Aujourd'hui, grâce à des satellites en bande Ka à 28 GHz, les passagers peuvent disposer de plusieurs Mbits/s. C'est en effet dans cette bande dite « 28 GHz » (en réalité, de 27,5 à 30 GHz) que mails, données ou vidéos des passagers sont transmis de l'avion ou du navire vers le satellite [65].

IV.3: Le coût du wifi a bord des avions

Le prix d'une connexion varie selon les transporteurs, mais aussi parfois d'un vol à l'autre. Lorsqu'un avion survole un continent, les données web peuvent être transmises par des antennes – une solution relativement économique. En revanche, lorsque l'appareil survole un océan, les données web doivent être acheminées par l'intermédiaire d'un satellite, une solution technologique onéreuse qui empêchait de proposer le vol Wifi [66]. La plupart des entreprises proposeront probablement un tarif en fonction de l'utilisation, que ce soit en limitant la vitesse offerte ou en faisant payer plus cher pour certains usages, comme l'accès au contenu vidéo. Il est fort probable qu'un accès permettant de regarder du contenu vidéo sera plus cher qu'actuellement, mais une connexion limitée pourrait en revanche être plus abordable. L'utilisation du Wi-Fi peut être facturée de plusieurs

manières. Pour équiper un avion d'un système Wi-Fi, il y a un coût non négligeable qui peut aller de 100 000 dollars pour un réseau terrestre à plus de 500 000 dollars pour les satellites. S'ajoute le temps d'installation qui nécessite une immobilisation de l'appareil qui ne vole pas et donc, ne rapporte rien [66]. Ainsi les spécialistes estiment que la rentabilité d'un tel équipement implique un taux d'utilisation de 20 % au minimum, or, pour l'heure, il se situe généralement (pour les avions équipés) autour des 5 % [67].

IV.4 : Les fournisseurs de services wifi à bord

United Airlines utilise quatre fournisseurs de couverture WiFi différents (**Gogo Wireless, Panasonic, Thales, Viasat**), chacun ayant ses propres aspects.

- 1) **SITAONAIR** : c'est une entreprise qui permet aux passagers aériens d'utiliser leurs appareils intelligents pour les appels et la navigation sur Internet. Elle a été la première société à fournir des services intégrés GSM et le wifi à bord. La société OnAir est une filiale à part entière de SITA, créée sous la forme d'une coentreprise avec Airbus, OnAir. La société a son siège à Genève, en Suisse, des bureaux de vente à Londres, à Singapour et à Dubaï [68].
- 2) **Gogo Inc**: est un fournisseur de services Internet haut débit en vol et d'autres services de connectivité destinés aux avions commerciaux et aux entreprises. Son siège social est situé à Chicago, dans l'Illinois. 16 compagnies aériennes ont conclu un partenariat avec Gogo pour fournir des connexions Wi-Fi en vol, notamment British Airways, Aer Lingus, Iberia, Gol Airlines, Aeromexico, American Airlines, Air Canada, Alaska Airlines, Delta Air Lines, Japan Airlines, JTA, United Airlines et Hainan Airlines, Vietnam Airlines et Virgin Atlantic [69].

La carte suivante reflète la couverture Wi-Fi pour les vols exploités par Gogo. La couverture avec Gogo inclut les États-Unis continentaux, et certaines parties de l'Alaska et du Canada [70].

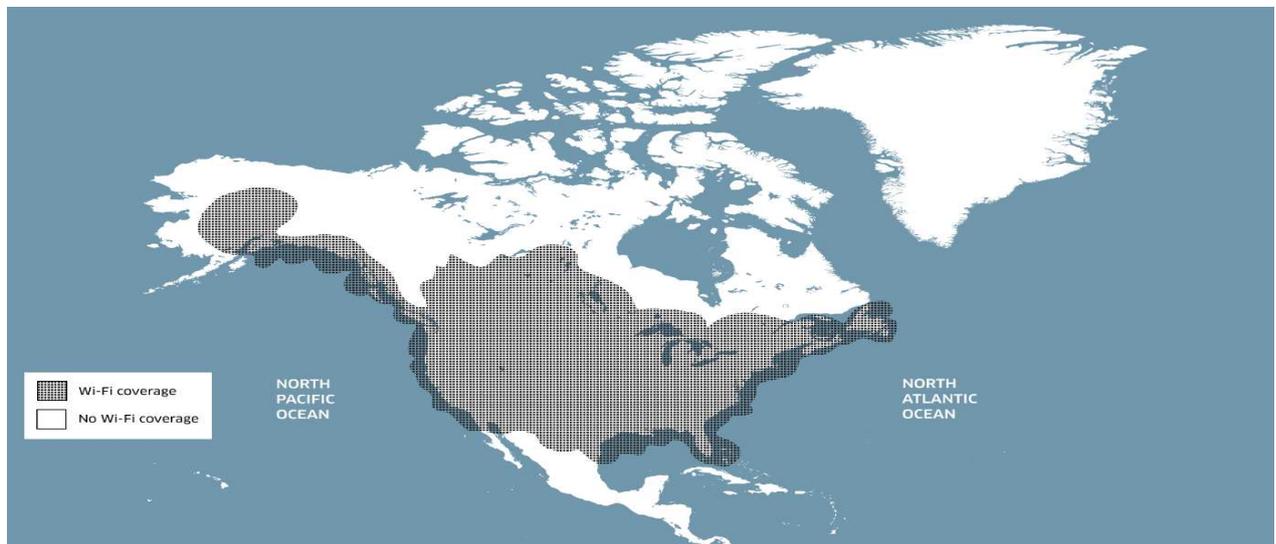


Figure (IV.1) : La couverture Wi-Fi pour les vols exploités par Gogo [70].

- 3) **Viasat:** est un fournisseur de services par satellite à haut débit et de systèmes de réseau sécurisés couvrant les marchés militaire et commercial. Cette société américaine de communication est basée à Carlsbad, en Californie, avec des opérations aux États-Unis et dans le monde [71]. La carte suivante reflète la couverture satellite Wi-Fi pour les vols exploités par ViaSat. Le service ViaSat est disponible au sein des États contigus des États-Unis, au Canada, au Mexique, en Amérique centrale, dans les Caraïbes et en Europe [70].

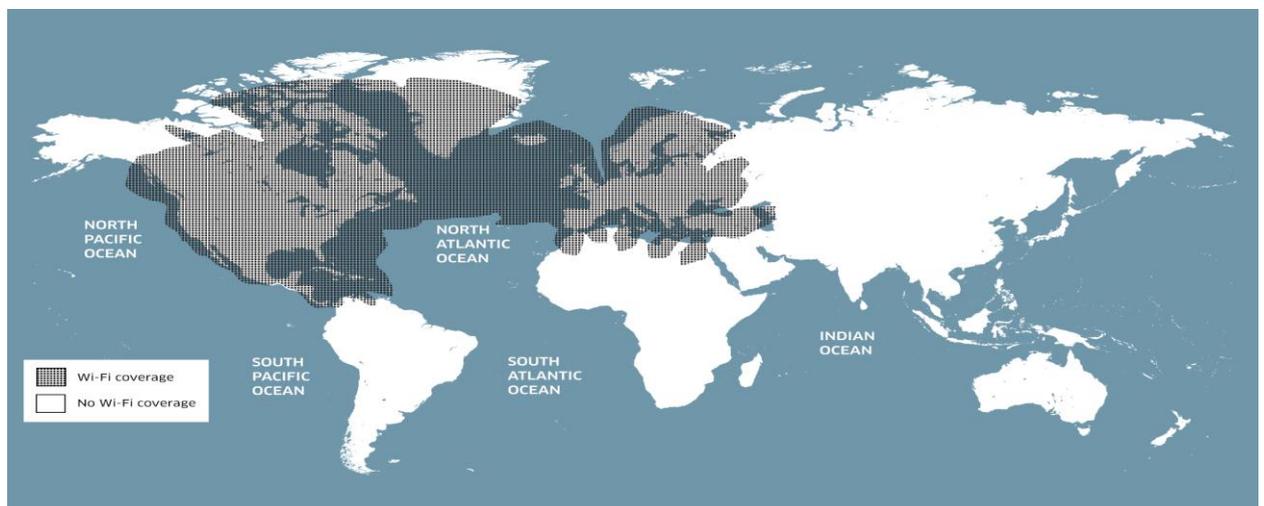


Figure (IV.2) : La couverture Wi-Fi pour les vols exploités par VIASAT [70].

- 4) **AeroMobile Communications Limited:** est un opérateur de réseau mobile enregistré pour le secteur de l'aviation. Il est basé au Royaume-Uni. Il fournit une technologie et des services permettant d'utiliser en toute sécurité les téléphones portables des passagers en vol. Filiale de Panasonic Avionics Corporation, ses services sont souvent installés à côté du réseau Wi-Fi de Panasonic et peuvent être installés soit au stade de la fabrication de l'avion, soit installés ultérieurement sur Airbus et Boeing . Le réseau Wi-

Fi de Panasonic Avionic et le réseau de téléphonie mobile d'AeroMobile sont des services complémentaires qui offrent aux passagers un choix d'options de connectivité en vol. Les compagnies aériennes partenaires sont : Emirates , Etihad , KLM , Lufthansa, SAS , Virgin Atlantic , Singapore Airlines , Cathay Pacific et Turkish Airlines. AeroMobile a lancé le premier réseau mobile en vol 3,5G au monde avec Air Berlin en décembre 2015. Ce réseau offre aux passagers une augmentation substantielle de la vitesse des données, une navigation plus rapide et des messages plus rapides [72].

- 5) **Deutsche Telekom** : En collaboration avec Inmarsat et Nokia, Deutsche Telekom développe un réseau hybride pour un accès Internet plus rapide à bord des avions en Europe [73].

La société exploite plusieurs filiales dans le monde dont la plupart ont le nom qui commence par T-, y compris la marque de communications mobiles T-Mobile et T-Online qui est un fournisseur de services Internet [74].



Figure (IV.3) : Deutsche telekom dans le monde [73].

- 6) **T-Mobile:** est un groupe de sociétés de téléphonie mobile basé à Bonn, en Allemagne (fait partie de Deutsche Telekom); exploitant des réseaux GSM et UMTS en Europe et aux États-Unis. Le "T" signifie "Telekom". T-Mobile possède également des parts d'opérateurs de téléphonie mobile en Europe de l'Est. Il fait le sixième fournisseur mondial de services de téléphonie mobile par abonnés et la troisième multinationale après les sociétés britannique Vodafone et espagnole Telefonica.

T-Mobile International est largement présent dans onze pays européens : Autriche , Croatie , République tchèque , Allemagne , Hongrie , Macédoine , Monténégro , Pays - Bas , Pologne , Slovaquie et Royaume-Uni , ainsi qu'aux États-Unis [75].

T-Mobile a étendu son partenariat avec GoGo pour offrir aux utilisateurs de T-Mobile une heure de WiFi gratuit sur les téléphones des clients, tandis que les utilisateurs de T-Mobile One Plus et One Plus International bénéficient également d'une connexion Wi-Fi gratuite tout au long du vol. T-Mobile a également inclus d'autres applications de messagerie (iMessage, Google Hangouts, WhatsApp et Viber) en plus du SMS envoyé depuis septembre 2014 [76].

- 7) **AsiaSat-6:** est un satellite de communication commercial construit par Space Systems / Loral pour être exploité par la société Asia Satellite Télécommunications Company basée à Hong Kong. Afin de fournir des services de communication à environ 50 pays de la région Asie-Pacifique. La charge utile couvre l'Asie, l'Australasie, l'Asie centrale et les îles du Pacifique. Les services fournis par le satellite comprennent la distribution vidéo et les services de réseau à large bande [77].

IV.5: Les compagnies aériennes qui proposent le Wi-Fi a bord des avions

Un nombre croissant de compagnies aériennes équipent leurs avions de spots WiFi, ce qui permet de rester connecté à la terre entière même au milieu des cieux. Mais il y'a des compagnies qui proposent le WiFi à bord de leurs avions gratuitement qui sont au nombre de 9 contrairement aux autres compagnies qui propose du wifi avion payant ; le tableau résume les différentes offres :

-Actuellement, 9 compagnies aériennes proposent déjà (une connexion) un service WiFi gratuit à bord de certains de leurs avions [66]:

Compagnies aériennes	conditions d'accès
Air China	Gratuit, mais la connexion est interdite depuis un smartphone
Emirates	10 Mb offert / 1 \$ pour 500 Mb supplémentaires sur l'A380
Hong-Kong Airlines	Gratuit
JetBlue	Gratuit pour du surf / \$9/heure pour du streaming
Nok Air	Gratuit
SAS	Gratuit, présent uniquement sur certains Boeing
Norwegian	Gratuit
Philippines Airlines	Gratuit
Turkish Airlines	Gratuit pour les voyageurs d'affaires

Tableau (IV.1) : Les compagnies qui proposent le Wi-Fi gratuitement à bord des avions [66].

- Les compagnies aériennes qui proposent un service Wi-Fi totalement payant à bord des avions sont présentées dans le tableau suivant [66] [78]:

Compagnies aériennes	Prix et conditions d'accès	Fournisseur (opérateur)	Avion
Aeroflot	\$5 (≈5€) : 10 Mo / \$15 (≈14€) : 30 Mo / \$40 (≈37€) : 100 Mo / \$50 (≈47€) : 150 Mo	Sitaonair	airbus 330 et Boeing 777
Air Asia	9 RM (≈2€) pour 3 Mo (Chat plan) / 18 RM (≈4€) pour 10 Mo (Internet plan) de surf Internet excluant YouTube et le téléchargement d'applications.	Wi-Fi roKKi	33 avions proposent à ce jour un service wifi de chat et le nombre est en augmentation

Air Berlin	4,90€, 30 minutes, 20 Mo / 8,90€, 60 minutes, 50 Mo / 13,90€, vols moyen-courriers, 90 Mo / 18,90€ vols long-courriers, 120 Mo 18,90€, Vols long-courriers, 120 Mo	Panasonic Avionics	2 A320s de Vienne et Stuttgart vers Abu Dhabi
Air Canada	propose plusieurs forfaits de wifi à bord : Gogo Unlimited 49,95 €/mois (accès illimité à Internet sur toutes les compagnies équipées du service Gogo); Pass Gogo All Day 14 € (24 heures d'accès Internet sur la même compagnie aérienne); Pass 1 heure 5€; The Traveler Pass 39,95€/mois (accès illimité à Internet sur une seule compagnie).	Gogo	129 avions (différents modèles) ont déjà le wifi à bord et la compagnie a annoncé l'expansion aux vols internationaux
Alaska Airlines	Alaska Airlines propose les différents forfaits Gogo à savoir : Gogo Unlimited 49,95 €/mois (accès illimité à Internet sur toutes les compagnies équipées du service Gogo); Pass Gogo All Day 14 € (24 heures d'accès Internet sur la même compagnie aérienne); Pass 1 heure 5€; The Traveler Pass 39,95€/mois (accès illimité à Internet sur une seule compagnie).	Gogo	Boeing 737 et jets Embraer 175
Air France	5€, 20 Mo / 10€, 50 Mo / 30€, 200 Mo	Gogo / Panasonic Avionics.	Boeing 777, 787 Dreamliner, Airbus A330 – expansion prévue sur les moyen-courriers
American Airlines	Forfait Gogo air : \$7 (≈5,7€) l'heure, / \$19 (≈15€) la journée / \$49,95 (≈47€) par mois	Gogo	le Wi-Fi est disponible sur presque tous les vols domestiques aux États-Unis. Sur les vols internationaux : 777-300ER, 787 Dreamliner et certains 777-200.
British Airways	£8 (≈9€) l'heure / £18 (≈20€) 4 heures / £24	On Air	Boeing 787 et Airbus A380

	(≈27€) vol complet		
British Airlines	Si sur certains vols la première heure est gratuite, les tarifs standards du wifi à bord des vols British Airways sont de £8 pour une heure; £18 pour 4 heures et £24 pour le vol complet.	On Air	Boeing 787 et Airbus A380
China Eastern Airlines	La compagnie chinoise offre la possibilité de se connecter au wifi à bord mais ne précise pas les tarifs de ce service.	AsiaSat-6 satellite	Airbus 330 et Boeing 777-300ER
Etihad	\$4,95 (≈4€) 30 Mo, / \$11,95 (≈10€) 90 Mo / \$19,95 (≈16€) 180 Mo / Gratuit pour la Première Etihad's Diamond	Global Communication Suite	Airbus A330-200
Iberia	8,99€ (80 Mo max) : 1h / 24,99€ (200 Mo max) : 4h / 29,99€ (400 Mo max) : Vol complet	OnAir	Airbus A330-200
Iceland Air	Le wifi est disponible sur tous les vols Icelandair. Le service est gratuit pour les passagers Saga Class et Saga Gold et payant pour les passagers en classe Éco (à partir de 6 €).	Row44	tous les avions
Lufthansa	3€ à 12€ par segment de vol avec Flynet : Vols courts et moyen-courriers / 9€ l'heure, 14€ les 4 h, 17€ pour la durée du vol : Vols long-courriers.	FlyNet	tous les trajets long-courriers et certains domestiques et moyen-courriers sur les A320
Oman Air	de 5 à 15\$ sur smartphone et de 15 à 40\$ sur PC portables et écrans à bord.	OnAir	Airbus A330 et Boeing 787

Qatar Airways	Le wifi est disponible sur certains vols Qatar Airways mais le tarif du service dépend de l'avion et de l'appareil utilisé (voir directement dans l'avion) ainsi que des frais d'itinérance de l'opérateur téléphonique.	OnAir	A380, A350, B787, A319 et certains A320, A321 et A330-200
United	La navigation illimitée sur les vols United est proposée à 17\$. Les forfaits Gogo classiques sont également disponibles sur les vols de la compagnie : Gogo Unlimited 49,95 €/mois (accès illimité à Internet sur toutes les compagnies équipées du service Gogo); Pass Gogo All Day 14 € (24 heures d'accès Internet sur la même compagnie aérienne); Pass 1 heure \$5; The Traveler Pass \$39,95/mois (accès illimité à Internet sur une seule compagnie).	Gogo et United Wi-Fi	tous les avions sauf ceux basés au Guam
Emirates	Emirates offre 20Mo gratuits pour toutes les classes de l'A380. Ensuite, les passagers souhaitant continuer à utiliser le wifi devront choisir un forfait : 150Mo pour 9,99\$ et 500Mo pour 15,99\$. Les membres Emirates Skywards en Première et Business peuvent, eux, se connecter gratuitement au wifi pendant toute la durée du vol sans restriction.	OnAir	environ 60% des avions – tous les A380 et certains B777
Egyptair	Egyptair propose deux offres pour pouvoir se connecter au wifi pendant le vol mais les	OnAir	<ul style="list-style-type: none"> sur certains A330-300

	tarifs ne sont pas spécifiés.		
Virgin America	Le wifi à bord des vols de Virgin America est disponible sur les vols domestiques selon les forfaits Gogo standards : Session de 30 minutes : 2\$; Gogo Unlimited 49,95 €/mois (accès illimité à Internet sur toutes les compagnies équipées du service Gogo); Pass Gogo All Day 14 € (24 heures d'accès Internet sur la même compagnie aérienne); Pass 1 heure 5\$; The Traveler Pass 39,95\$/mois (accès illimité à Internet sur une seule compagnie).	Gogo	tous les vols domestiques aux États-Unis

Tableau (IV.2) : Les compagnies qui proposent le Wi-Fi payant à bord des avions [78].

IV.6 : Différentes offres wifi sur avion

Les clients pourront accéder à trois Pass Wifi depuis leurs propres appareils, Pass Surf, message et Stream grâce à différents moyens de paiement dont Visa, Mastercard, American Express, PayPal, etc.

- **Le Pass Message gratuit :** pour rester en contact avec leurs proches et envoyer gratuitement des messages textes en utilisant leurs applications de messagerie instantanée (ex. : WhatsApp, iMessage et WeChat).
- **Le Pass Surf :** pour naviguer sur internet et consulter leurs e-mails, pendant une heure ou toute la durée de votre vol.
- **Le Pass Stream :** pour bénéficier d'une connexion plus rapide permettant de regarder leurs séries et films préférés. en bénéficiant d'un plus haut débit.

L'utilisation du service « Internet à bord » n'est possible qu'après la prise d'altitude. Pour connecter au service « Internet à bord », pour des raisons de sécurité, pendant le

roulage, le décollage et l'atterrissage de l'avion tous les dispositifs électroniques à bord de l'aéronef doivent être mis en mode avion ou éteints [79].

IV.7: Le cas de la compagnie national AIR ALGERIE

Concernent l'équipement des appareils A330 JA, JB, JC de la compagnie AH du système de programme de divertissement en vol pour les longs et moyens courriers.

Une présentation d'un nouvel équipement pour une installation de box internet wifi a eu lieu le mois de février 2019 par un prestataire français INFLIGHT DUBLIN a eu lieu à KOUBA. Wifi à bord avec mode d'utilisation d'un smart en mode avion, la box est équipée de 3 batteries d'une autonomie de 4heures chacune, réseau de diffusion limité à 50 passagers maximum par chacune des box ce qui fait 9 box au minimum pour avoir une bonne connectivité sur (couvrir) les trois (3) A330 de la Cie. Le prestataire ne garantit aucune installation encore moins une assistance de ces appareils. Le cout de chaque box est évalué à 6000 dollars l'unité avec un abonnement / droit de diffusion de 1500 dollars par avion et le système de rechargement s'effectue au sol et qu'il dure 56h.

AVANTAGES : connexion individuelle en vol et choix du programme.

INCONVENIENTS: maintenance non assurée, et 3 batteries en lithium, absence de prise de recharge à bord de l'avion, rayon d'action et champ de connexion limité, installation non répertoriée.

Une autre présentation s'est tenue par ATS Algérie télécom satellite le mois de mars 2019 de 3 prestataires américains DISPLAY, S.E.S et ASTRONICS. Ils assurent l'installation du box, le fonctionnement et la programmation. Sa connexion à un débit continu d'un profit intégrale 3G et 4G qui couvre les 98/100 des passagers. Il serait donc souhaitable d'avoir la possibilité de modifier le programme pour une grande diversité qui toucherait toutes les tranches d'âge afin de satisfaire notre clientèle et Veiller à la bonne image de marque de la compagnie. Mais malheureusement nous révèle que la problématique de la connectivité à bord des avions de la Cie AH est encore loin d'avoir été résolue. Tant par la compagnie que par leurs fournisseurs d'accès...

IV.8 : EAN (European Aviation Network)

En avril 2018 SITA (La **Société internationale de télécommunication aéronautique**) a lancé son nouveau système EAN d'Internet à bord des avions en partenariat avec l'opérateur allemand Deutsche Telekom, destiné à proposer un service à haut débit dans les avions. « Nous pourrions maintenant associer l'internet en vol via satellite avec un réseau terrestre et faire du haut débit dans les avions une réalité pour les appareils de transport régional », indiquent Inmarsat et Deutsche Telekom dans un communiqué publié en avril 2018. Le réseau européen de l'aviation EAN (European Aviation Network) est un réseau hybride construit par Deutsche Telekom et Inmarsat spécialiste des satellites en coopération avec leur partenaire technologique et industriels Nokia et le français Thales. Il est utilisé comme liaison terrestre pour le WiFi en vol pour les vols domestiques en Europe et contient un réseau terrestre LTE (long Term Evolution) supporté par une connexion par satellite. Grâce à la technologie LTE, le réseau peut atteindre des débits allant jusqu'à 75 Mbit / s en aval et 20 Mbit / s en amont par avion, avec une capacité totale de 50 Gbps [80]. A l'instar des opérateurs Inmarsat ou Deutsche Telekom qui travaillent ensemble sur le projet EAN (European Aviation Network), visant à développer la connectivité en vol dans le ciel européen en ouvrant un réseau Wi-Fi paneuropéen pour les clients à bord des avions des compagnies aériennes. Selon Deutsche Telekom, EAN permettra aux passagers de disposer d'une connexion en haut débit avec une largeur de bande de plus de 75 Mbit/s pour une latence inférieure à 100 ms [81]. EAN offre aux compagnies aériennes une technologie "spécialement adaptée aux besoins de couverture de l'espace aérien européen, aux dimensions des avions court et moyen-courriers", Airbus a signé un accord visant à faciliter l'installation de EAN sur tous ses avions de type A320. International Airlines Group (IAG) la maison-mère de ces compagnies aériennes, et une nouvelle source de revenus pour les compagnies aériennes, propriétaire des compagnies aériennes British Airways, Iberia, Vueling et Aer Lingus, devrait constituer le premier client du consortium [82]. Les passagers des compagnies British Airways, d'Aer Lingus, d'Iberia et de Vueling, devront bientôt bénéficier de l'Internet haut débit à bord. International Airlines Group, a en effet signé un contrat en mars 2017 pour être le client de lancement du système EAN de la société Inmarsat, en partenariat avec Deutsche Telekom. Les deux partenaires ont obtenu le feu vert de l'Autorité de Régulation des Communications Electroniques et des Postes (Arcep) pour

l'utilisation de stations terrestres sur le territoire français qui permettront d'augmenter la capacité du satellite Inmarsat S-Band lancé en juin 2017 [82].

Opérationnel, EAN fonctionne à la fois avec un satellite, lancé durant l'été 2017, et un réseau dédié de 300 antennes radio 4G au sol dans 30 pays européens, distinct des infrastructures d'opérateurs mobiles. Dans l'avion, le système EAN choisira automatiquement le satellite ou le réseau terrestre 4G avec des liaisons air-sol utilisant des fréquences dédiées (2/4 GHz), une première mondiale selon le consortium [83].

Le groupe Airbus, fleuron de l'industrie spatiale et aéronautique, lance « Onosat », afin de révolutionner le marché des satellites et de permettre rapide aux consommateurs de pouvoir téléphoner en avion ou en bateau [84].

OneSat offre un excellent rapport qualité/prix, réduisant les coûts et les délais de mise en orbite grâce à une approche extrêmement innovante. Nicolas Chamussy, responsable des systèmes spatiaux chez Airbus, a déclaré: « Nous lançons la gamme de produits OneSat pour notre client Inmarsat, à la suite des succès remportés par le satellite Inmarsat-4 construit par Airbus, Alphasat, et les satellites Inmarsat-6 actuellement en construction. » Selon lui, ce contrat s'inscrit dans la continuité d'une relation de longue date entre Airbus et Inmarsat, privilégiant toujours l'innovation. Le groupe Airbus, fleuron de l'industrie spatiale et aéronautique, lance « Onosat », afin de révolutionner le marché des satellites et de permettre rapide aux consommateurs de pouvoir téléphoner en avion [84]. Londres / Toulouse, le 30 mai 2019 Airbus a ainsi signé avec Inmarsat, sorte d'Eutelsat anglais, leader mondial de services de télécommunications mobiles (télévision, téléphone, et internet) par satellite, un contrat portant sur la conception et la réalisation des premiers appareils de leur nouvelle génération de satellites géostationnaires en bande Ka, appelés « Inmarsat GX7, 8 & 9. Ces trois satellites sont les premiers à utiliser la nouvelle ligne de produits OneSat d'Airbus, entièrement reconfigurable en orbite. Équipés d'un système de traitement embarqué et d'antennes actives, les trois satellites en bande Ka seront en mesure d'ajuster leur zone de couverture, leur capacité et leur fréquence. Ils fourniront puissance et bande passante de manière dynamique en temps réel afin de répondre aux besoins d'Inmarsat et de fournir une connectivité à très haut débit HTS (High Throughput) pour le marché de la mobilité [85].

Les investissements réalisés par Airbus et ses partenaires dans le développement novateur d'OneSat sont soutenus par l'Agence spatiale européenne et des agences nationales, notamment britannique et française [85].

IV.9 : L'avenir de la connectivité en vol

Au sol ou dans les airs, la connectivité est perçue comme une priorité, comme en témoigne l'étude publiée par Inmarsat et GfK en 2016 (9 000 passagers interrogés dans 27 pays): plus de 90% des passagers souhaitent aujourd'hui bénéficier de l'internet haut-débit à bord des avions et 70% voyagent avec au moins deux appareils électroniques personnels (smartphone, tablette et ordinateur portable). Par ailleurs, 54% indiquent même préférer le wifi à un repas durant le vol. Le marché mondial du wifi dans les avions se chiffre à environ 4 à 5 milliards dont un milliard pour les opérateurs satellite. Les explications à ce besoin se trouvent dans le comportement des possesseurs de mobiles et l'usage qu'ils en font, la consultation des sites est plutôt faite dorénavant sur un smartphone que sur un ordinateur. Regarder un film, répondre à ses mails ou surfer sur le net à bord d'un avion paraît normal [86]. Euroconsult estime que plus de 17.000 avions commerciaux dans le monde offriront de la connectivité en vol d'ici à 2021, contre 6500 en 2016 (Dont la majorité aux Etats-Unis) [87]. D'ici à 2035, le marché de l'Internet à haut débit à bord des avions devrait représenter 130 milliards de dollars, selon une étude inédite réalisée par la London School of Economics & Political Science en association avec l'opérateur de satellites Inmarsat. l'étude baptisée «Sky High Economics» précise que le Wi-Fi à bord des avions devrait générer un chiffre d'affaires supplémentaire de 30 milliards de dollars pour les seules compagnies aériennes d'ici à vingt ans, contre 1 milliard de dollars en 2018. Le marché de l'Internet aéronautique est encore balbutiant. Entre 53, selon la London School of Economics, et 72 compagnies dans le monde, selon le cabinet Euroconsult, proposent à leurs passagers une connexion à haut débit. Avec de grande disparité par zones géographiques. Aux États-Unis par exemple, 90% des avions offrent le Wi-Fi. En Europe, seuls 20% des longs-courriers sont équipés. En janvier 2017, plus de 80 compagnies aériennes avaient installés ou s'étaient engagées à déployer une solution de connectivité en vol pour leurs passagers. En Amérique du Nord, plus de 5 000 avions sont déjà équipés de tels systèmes. En Europe, le marché apparaît en forte croissance (28 % par an), avec plus de 500 avions déjà équipés. Les opérateurs satellitaires y trouvent en effet un relais de croissance à fort potentiel à côté du marché traditionnel de la diffusion TV par satellite [88].

Les compagnies aériennes ont progressivement pris conscience que la qualité du wifi offert à leurs passagers avait un impact direct sur leur marque. Certaines d'entre elles ayant pu pâtir au cours des deux dernières années d'une qualité de service médiocre, elles requièrent dorénavant de la part de leurs fournisseurs des Service Level Agreements (SLAs- engagements de service) plus stricts, et veulent s'assurer que la bande passante livrée à l'avion puisse satisfaire la demande croissante des passagers. Ce que veulent surtout les passagers (75%, d'après l'étude d'Inmarsat/GfK) c'est la fiabilité de la connexion (pas d'interruption de service notamment) davantage que la vitesse du débit (19%) ou le prix (6%) [86].

Le marché de la connectivité en vol devrait bénéficier d'une croissance structurelle avec un quasi triplement du nombre d'avions connectés d'ici 2021. En termes de dynamiques régionales, l'Amérique du Nord étant aujourd'hui de loin le marché le plus mature, c'est le reste du monde qui sera le moteur de cette croissance. L'augmentation du nombre d'avions connectés et l'accroissement attendu de la consommation en bande passante par passager militent pour un développement soutenu du marché de la connectivité en vol [86].

Conclusion

Être en permanence connecté est devenu une habitude pour la majorité des individus. Ainsi au sol ou dans les airs, la connectivité est perçue comme une priorité. La plupart des grandes compagnies aériennes proposent de se connecter à Internet en vol, mais ce service, généralement payant, n'est pas encore généralisé à tous leurs appareils.

CHAPITRE VI :
TRATEMENT DE SONDAGE

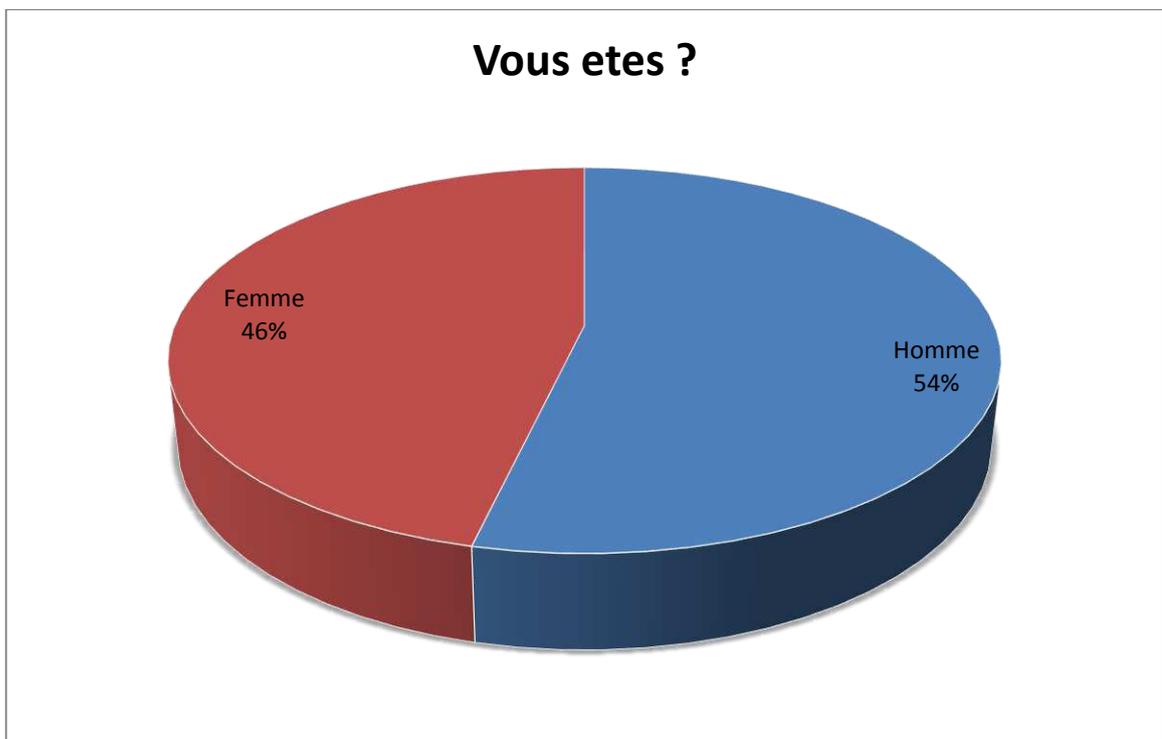
Introduction :

Nous avons abordé un sondage au niveau de l'aéroport d'Alger Houari Boumediene ; voici les résultats statistiques de ce travail de recherche.

Les diagrammes ci-dessous représentent le regroupement des réponses pour plus de 400 passagers de différentes destinations.

1-

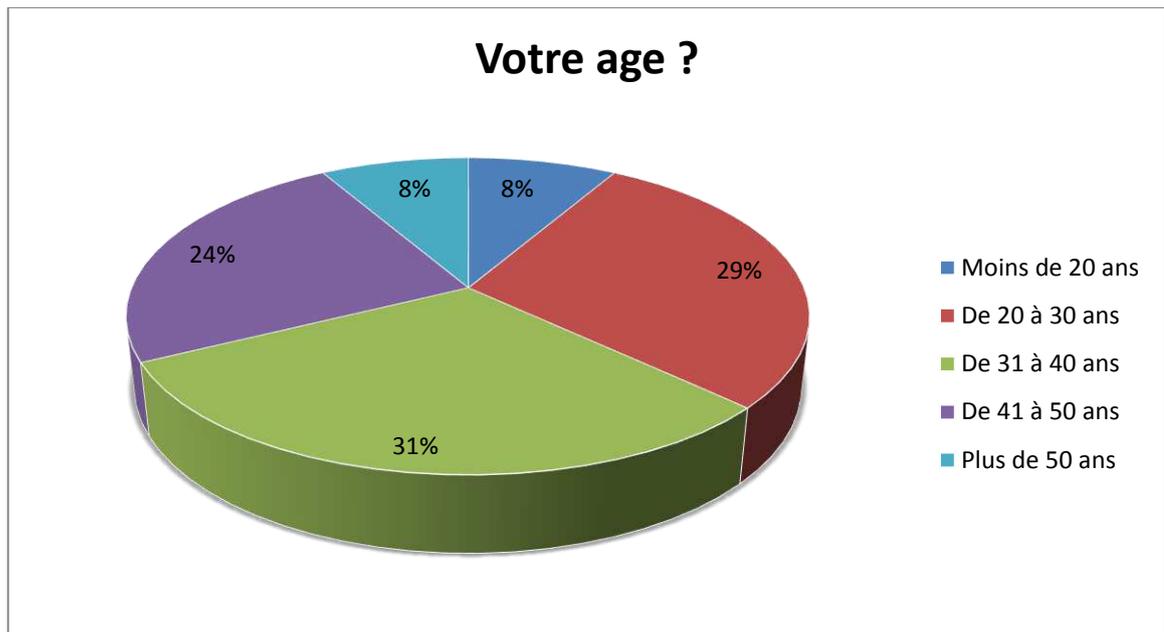
1-1) Vous êtes :



➔ Répartition en % Homme et Femme interrogés.

La majorité des interrogés qui ont répondu à notre questionnaire sont des hommes.

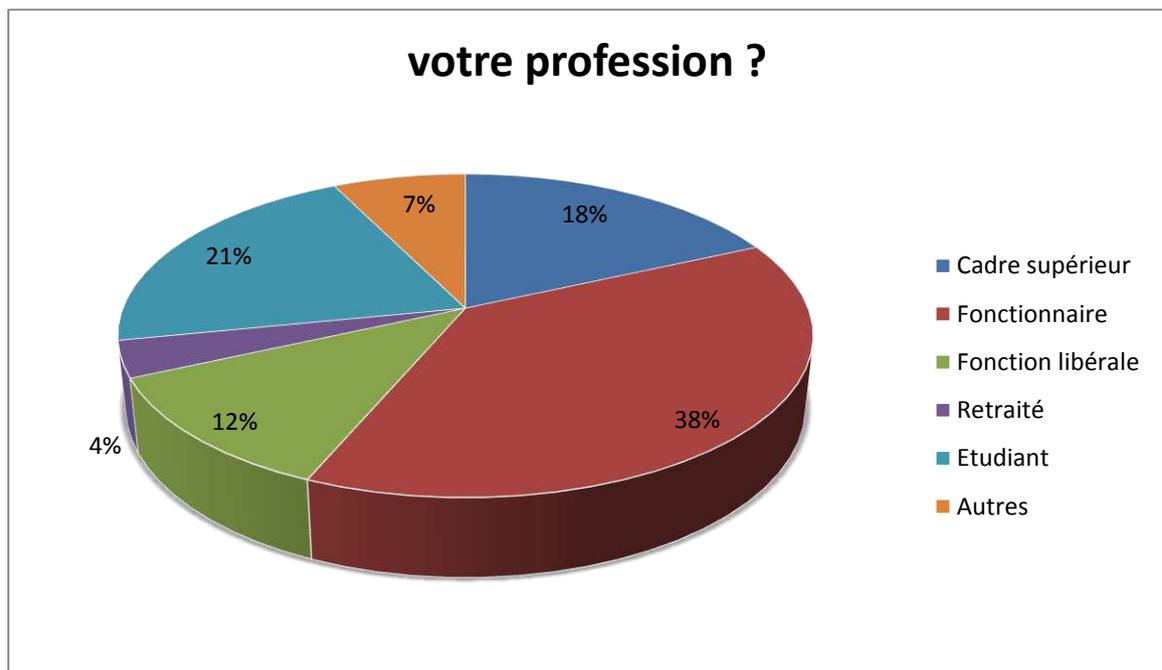
1-2) Votre âge :



→ Répartition des interrogés en fonction des tranches d'âge.

Sur les gens interrogés trois catégories d'âge se distinguent entre 20 à 30 ans, 31 à 40 ans et 41 à 50 ans.

1-3) Votre profession :

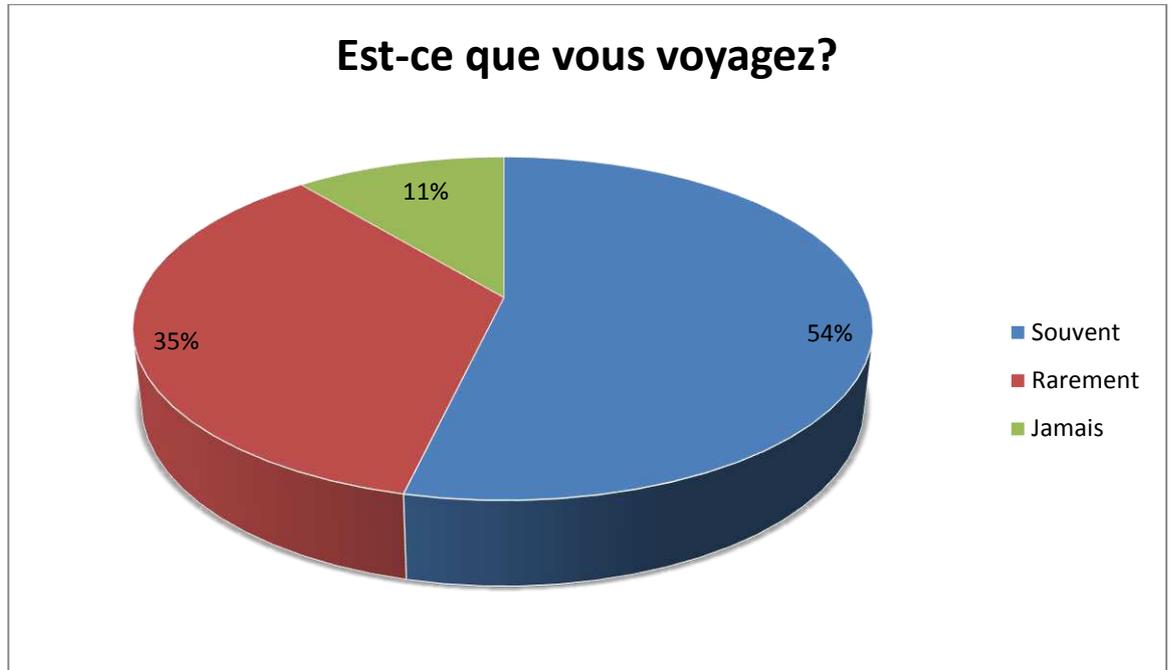


→ Répartition des interrogés en fonction de leur profession.

→ Dans cette répartition des interrogés on constate une majorité sont fonctionnaires suivis des étudiants et cadres supérieurs.

2-

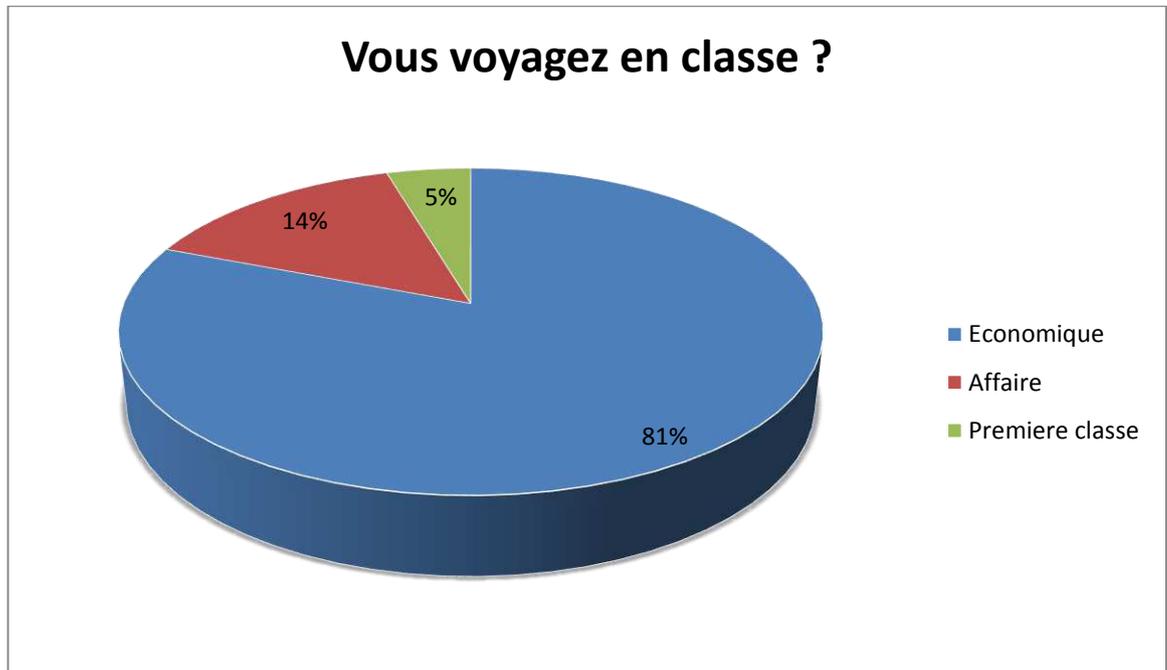
2-1) Est-ce que vous voyagez :



→ Répartition des interrogés en fonction des voyages effectués

Une net majorité des interrogés voyagent souvent.

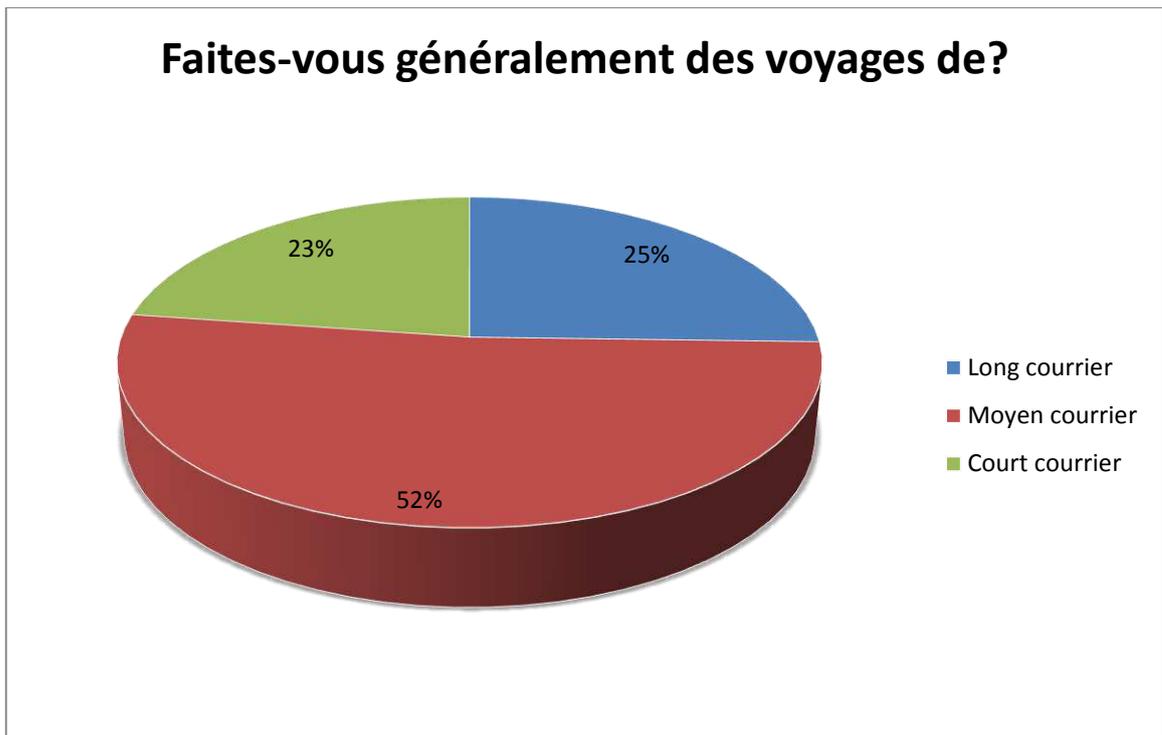
2-2) Vous voyagez en classe :



→ Répartition des interrogés en fonction des classes.

La majorité des interrogés voyagent en classe économique.

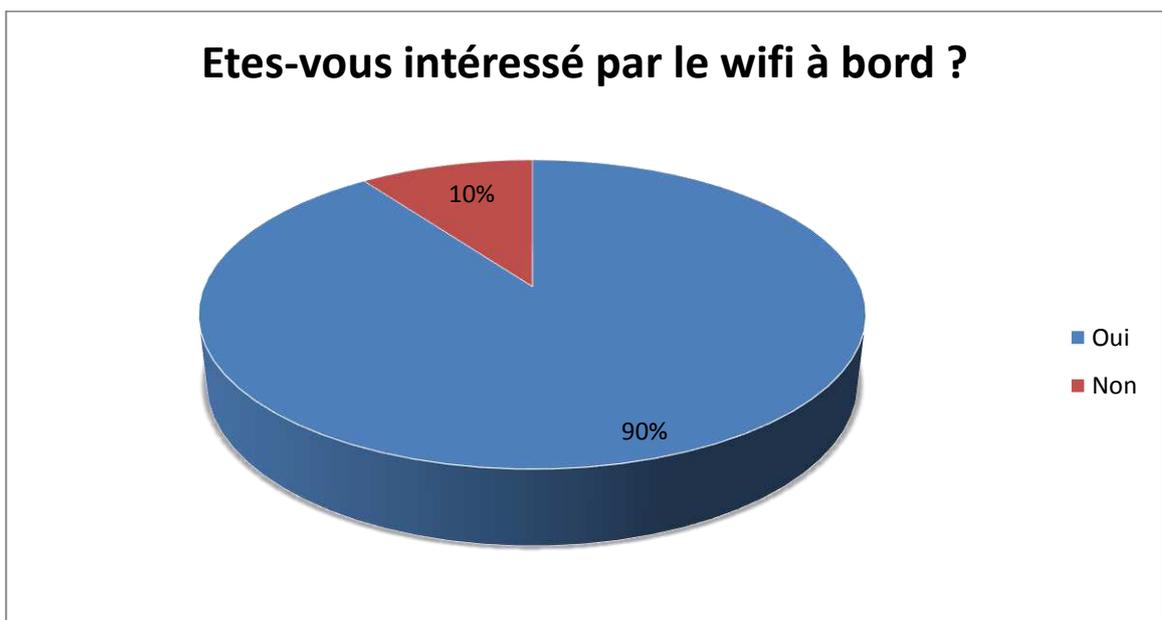
2-3) Faites-vous généralement des voyages de :



→ Répartition des interrogés en fonction des courriers de voyage effectués
Une large moyenne majorité des interrogés voyagent en moyen-courrier.

3-

3-1) Etes-vous intéressé (e) par le wifi à bord :

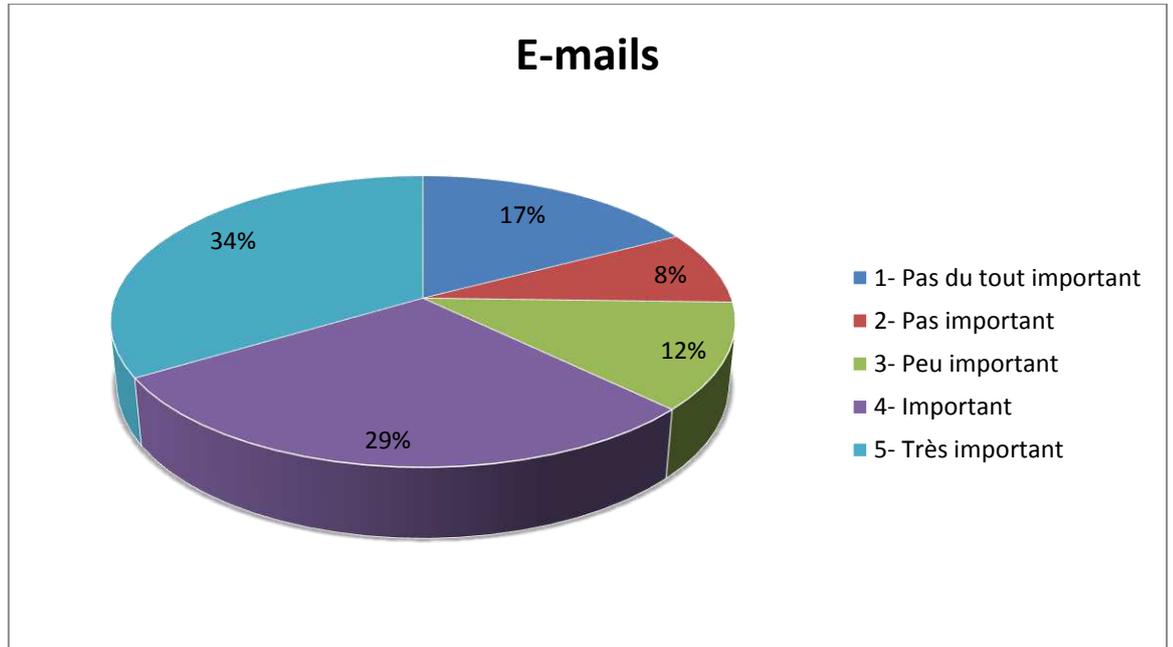


→ Dans ce diagramme on constate une majorité écrasante des interrogés sont intéressés par le Wifi à bord.

3-1-1) Si oui ; en quoi l'utiliserait vous le plus :

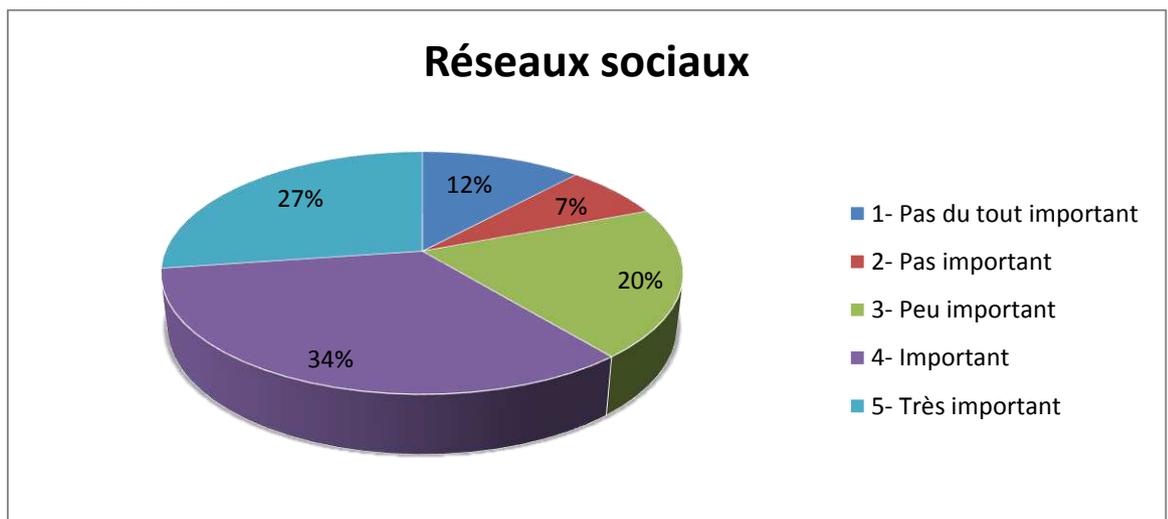
- 1- Pas du tout important
- 2- Pas important
- 3- Peu important
- 4- Important
- 5- Très important

1) E-mail :



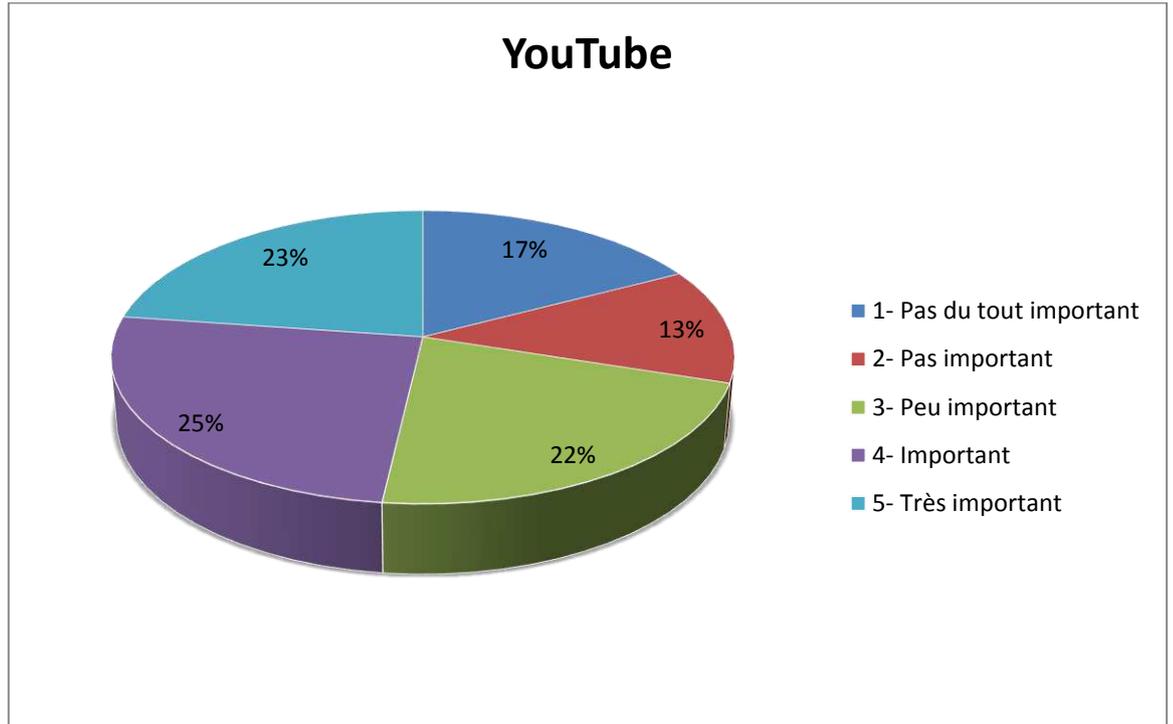
→ Répartition des interrogés en fonction de l'importance de consulter leurs mails à bord
63% des interrogés jugent important et très important la consultation de leurs mails à bord.

2) Réseaux sociaux :



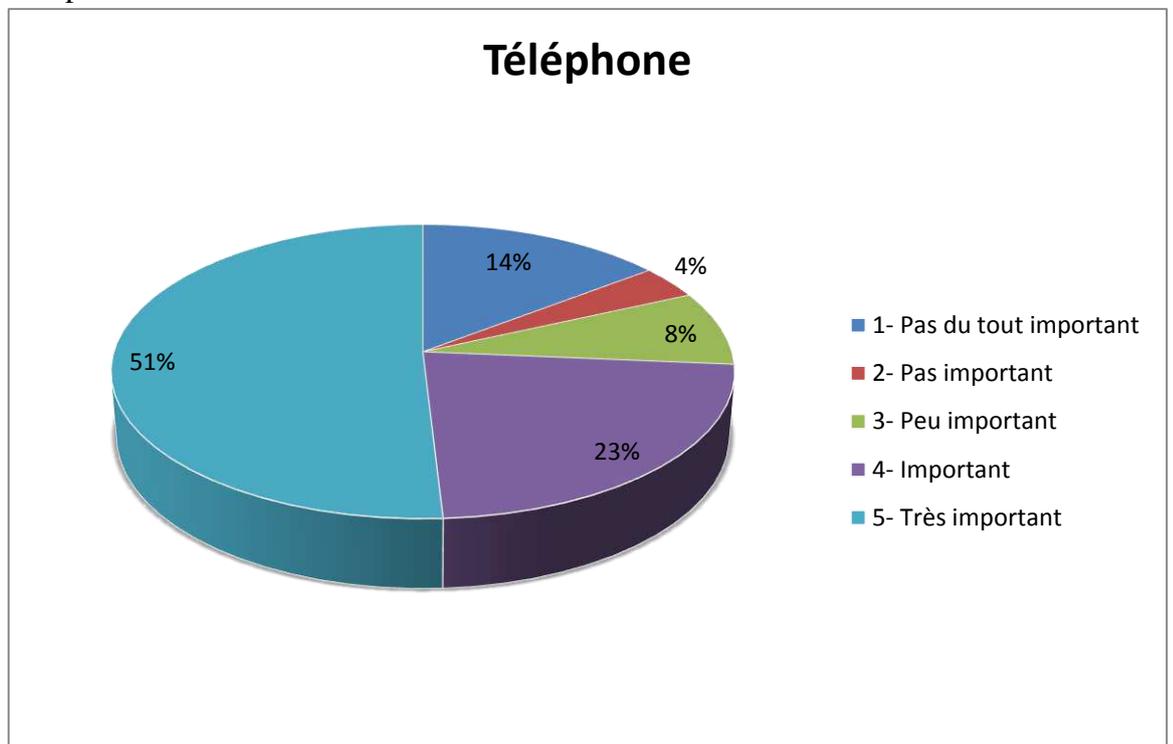
→ Répartition des interrogés en fonction de l'importance de consulter les réseaux sociaux à bord : 46% jugent important et 28% peu important.

3) YouTube :



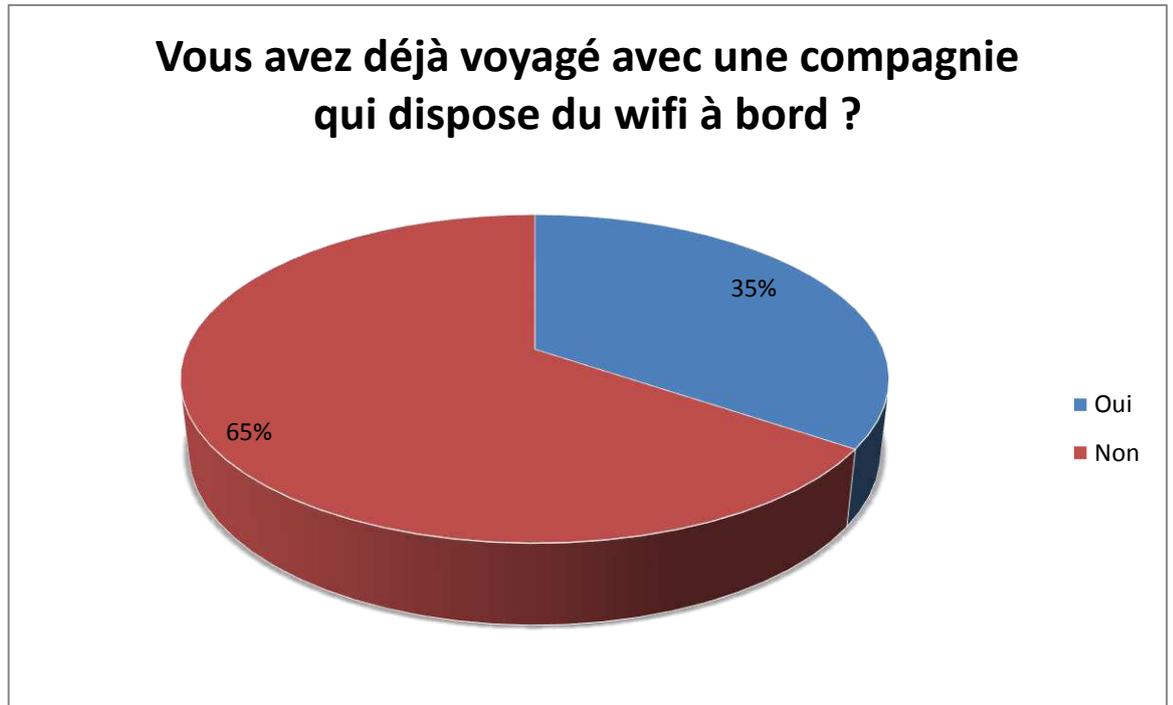
→ Répartition des interrogés en fonction de l'importance de consulter YouTube à bord
Dans ce diagramme on constate 52 % peu important ou pas important contre 48 % important et très important.

4) Téléphone :



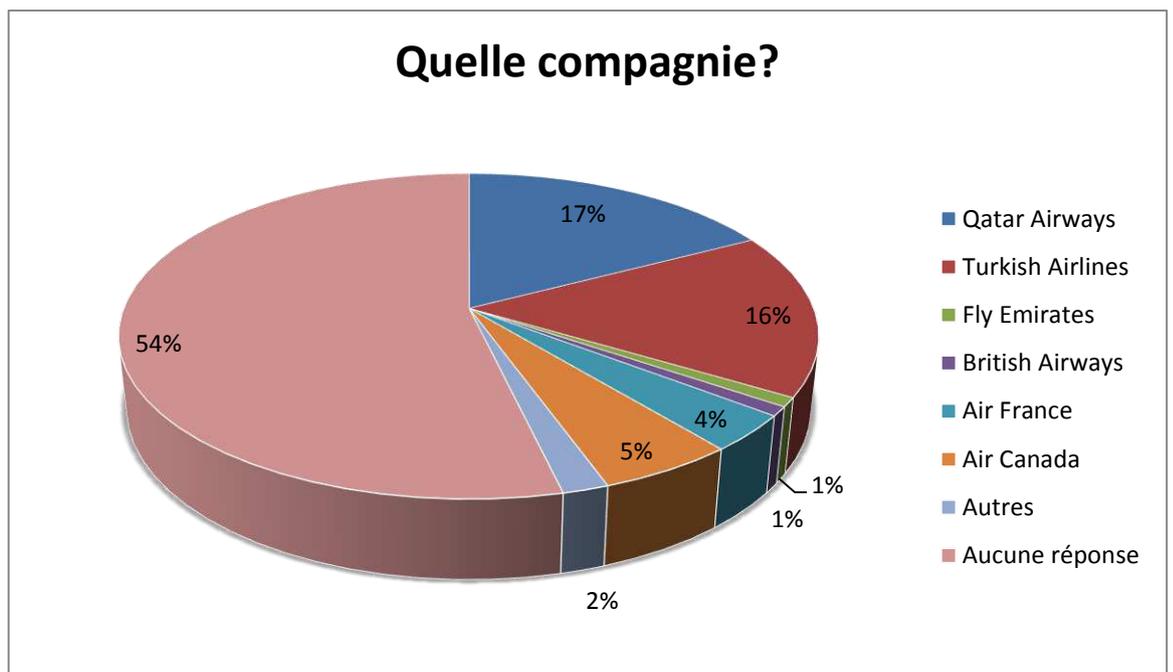
→ Répartition des interrogés en fonction de l'importance de téléphoner à bord
Dans ce diagramme on constate 74% des interrogés pense très important et important de téléphoner à bord.

3-2) Vous avez déjà voyagé avec une compagnie aérienne qui dispose du wifi à bord de ses avions :



→ Dans ce diagramme 65% des interrogés n'ont jamais voyagé avec du wifi à bord contre 35% seulement.

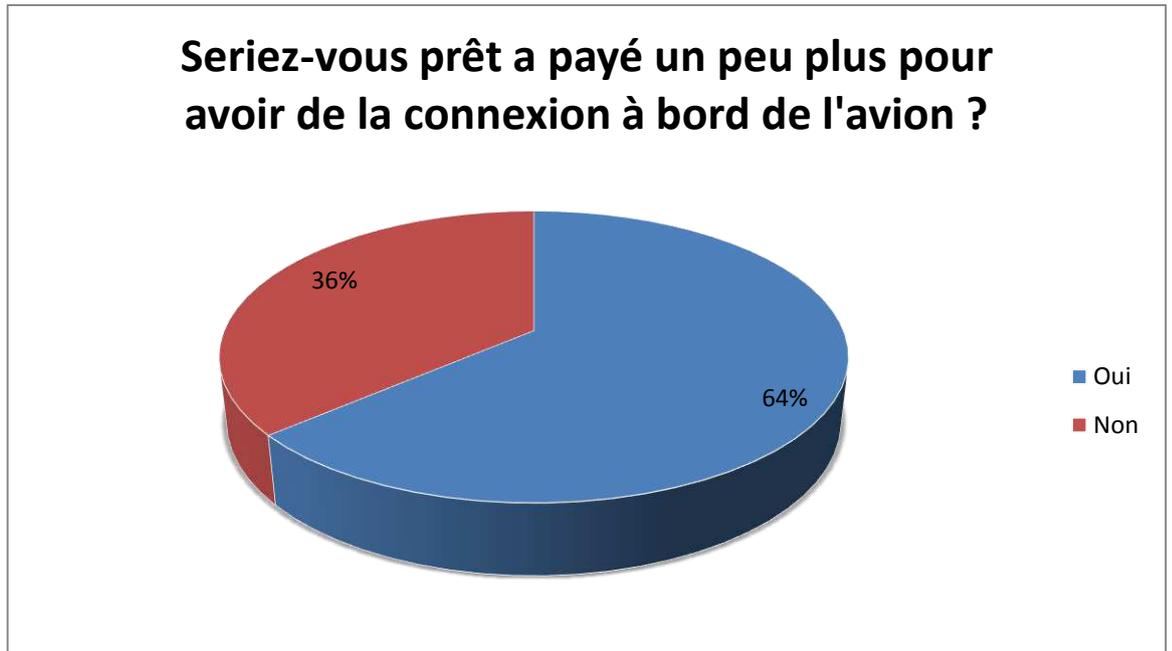
Si oui ; quelle compagnie :



→ Dans ce diagramme 54% des interrogés n'ont pas donné de réponse.

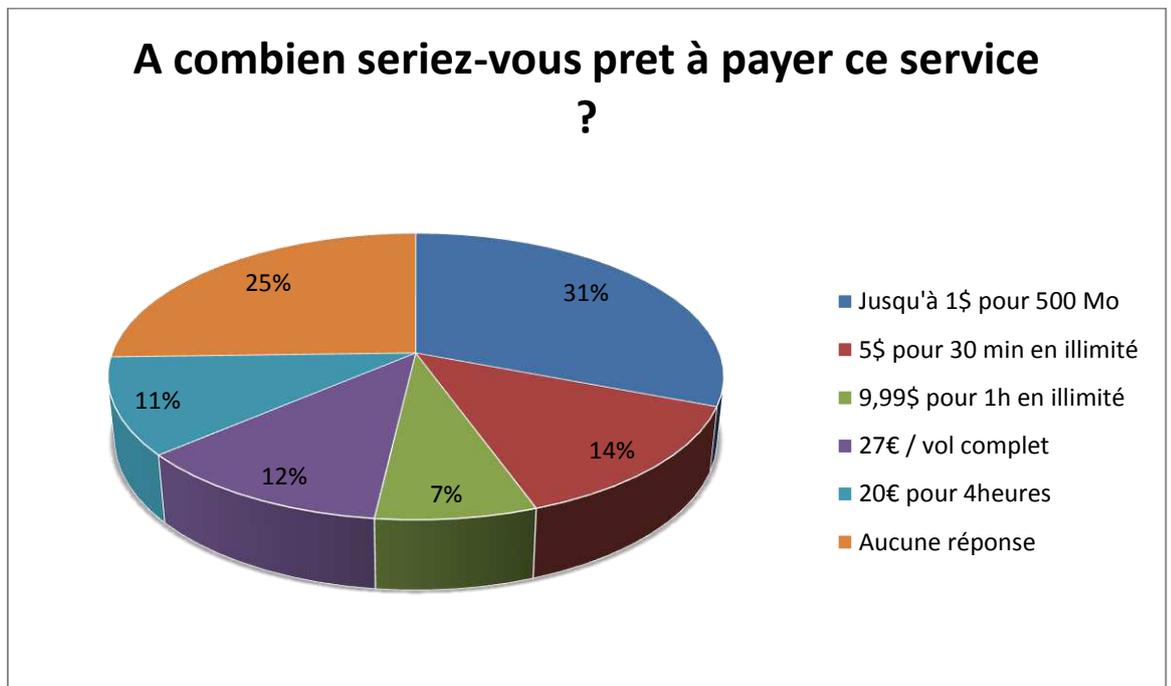
→ 17% et 16% avec Qatar Airways et Turkish Airlines respectives.

3-3) Seriez-vous prêt à payé un peu plus pour avoir de la connexion à bord de l'avion :



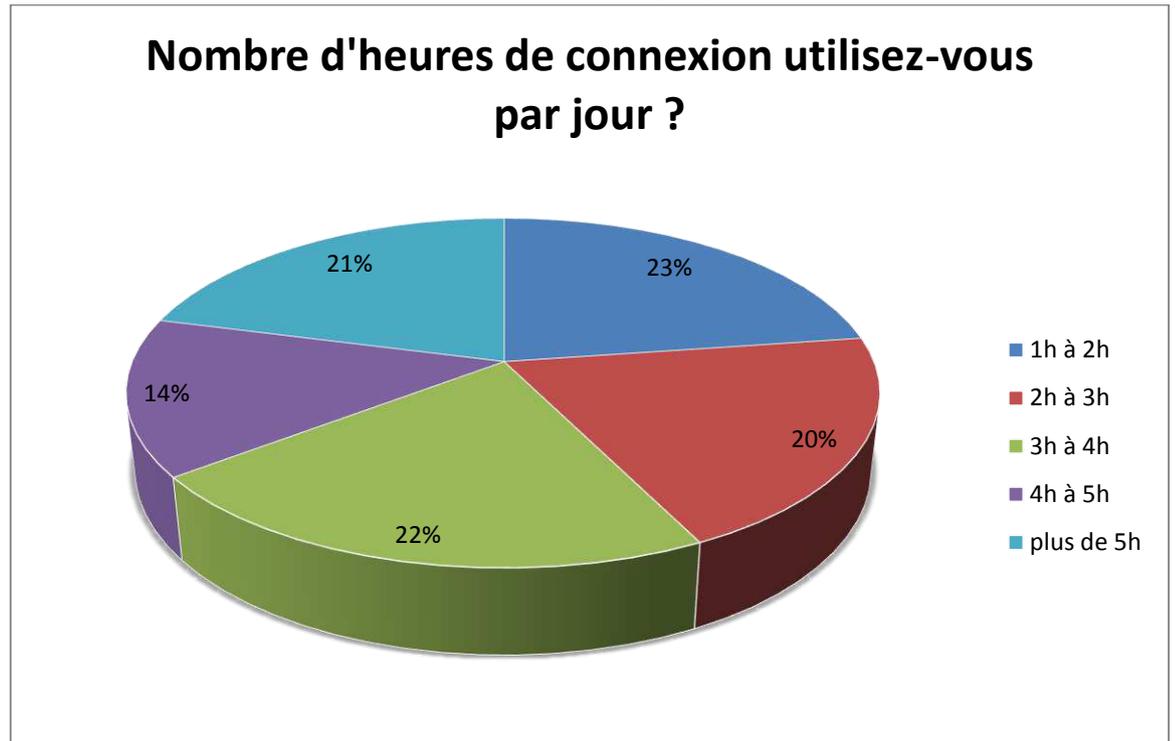
→ Dans cette répartition une nette majorité des interrogés sont prêts à payer plus pour avoir le wifi à bord

Si oui ; à combien seriez-vous prêt à payer ce service :



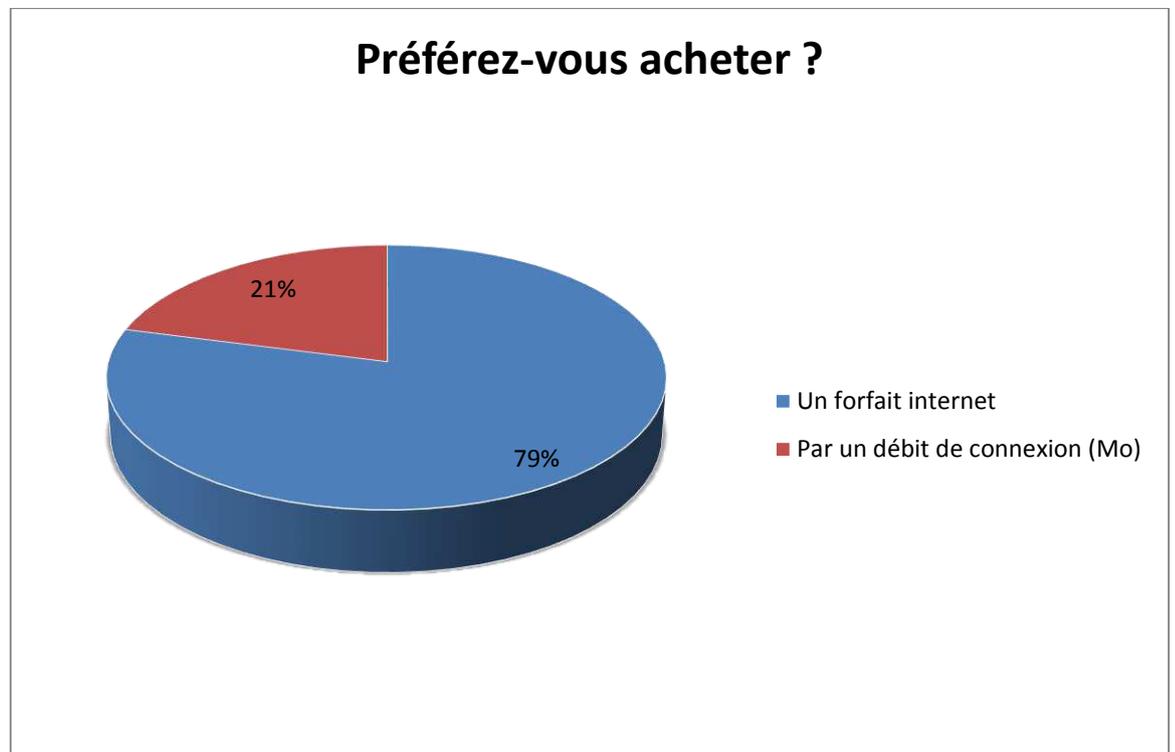
→ Dans cette répartition on constate 31% des interrogés payeront jusqu'à 1 dollar, 14% jusqu'à 5 dollars et 25% aucune réponse.

3-4) Nombre d'heures de connexion utilisez-vous par jour :



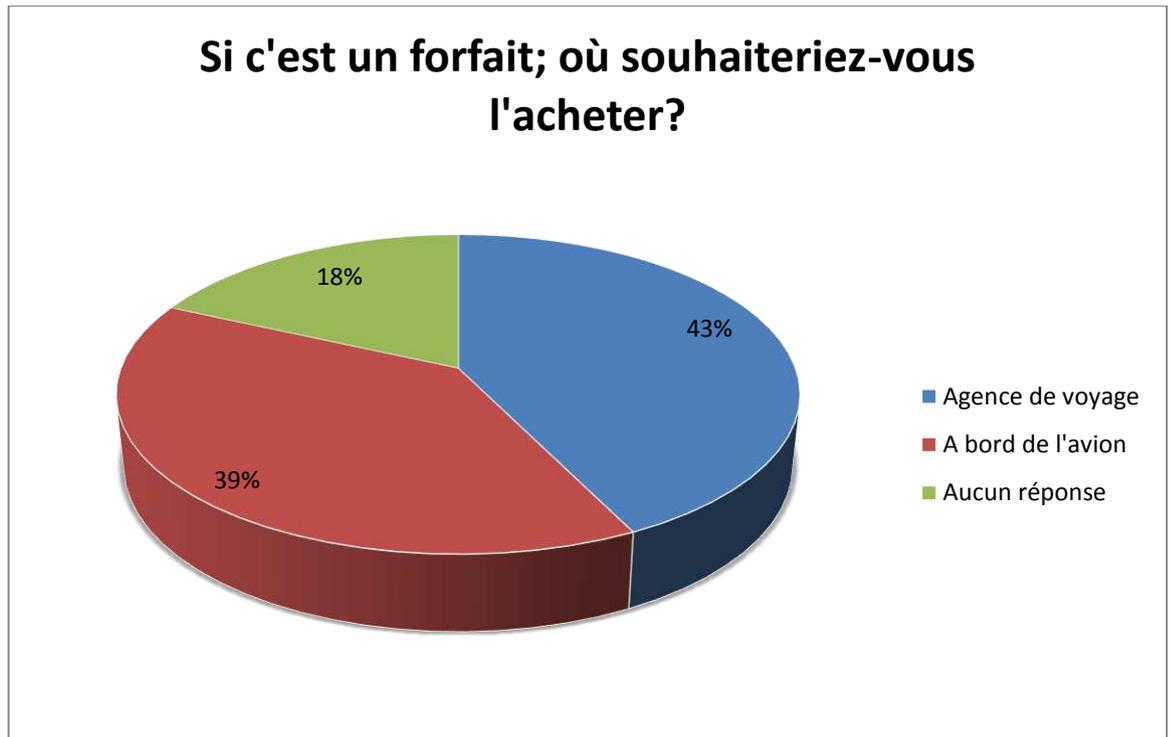
→ Le nombre d'heures de connexion des interrogés sont différentes et variantes.

3-5) Préférez-vous acheter :



→ 79% des interrogés préféraient acheter un forfait internet contre 21% par un débit de connexion.

3-6) Si c'est un forfait ; où souhaiteriez-vous l'acheter :



→ 43% des interrogés souhaitent acheter leur forfait en agence de voyage et 39% à bord de l'avion.

Conclusion :

Trois catégories d'âge se distinguent dans ce questionnaire (20 à 30 ans, 31 à 40 ans et 41 à 50 ans), la majorité d'entre eux sont fonctionnaires et voyagent en classe économique de moyen-courrier.

Ensuite d'après ce sondage on constate que la plupart des interrogés s'intéressent au wifi à bord et acceptent de payer un supplément pour avoir ce service.

On remarque aussi l'attachement des interrogés de téléphoner à bord à 74%, suivi de la consultation des emails 63% et enfin YouTube à 48% et les réseaux sociaux 46%.

Annexes

Sondage

Présentation du questionnaire :

Dans le cadre de l'amélioration de nos services nous envisageons d'intégrer la connexion wifi dans nos avions. Afin de mieux répondre à vos besoins nous vous prions de bien vouloir répondre à ce sondage.

1) Concernant votre profil :

1-1) Vous êtes ?

Homme

Femme

1-2) Votre âge :

Moins de 20ans

De 20à30ans

De 31à 40ans

De 41à50ans

Plus de 50ans

1-3) votre profession :

Cadre supérieur	Fonctionnaire	fonction libérale	Retraité(e)	Etudiant(e)	Autres
<input type="checkbox"/>					

2) Concernant vos voyages par avion :

2-1) Est-ce que vous voyagez :

Souvent

Rarement

Jamais

2-2) Vous voyager en classe :

Economique	Affaire	Première classe
------------	---------	-----------------

2-3) Faites-vous généralement des voyages de :

Long courrier

Moyen-courrier

Court courrier

3) Concernent le wifi à bord :

3-1) Etes-vous intéressé (e) par le wifi à bord :

Oui

Non

3-1-1) Si oui; en quoi l'utiliserait vous le plus :(plusieurs réponses possibles)

- Veuillez donner une note à chaque aspect selon son importance pour vous face aux propositions suivante:

- 1- pas du tout important
- 2- pas important
- 3- peu important
- 4- important
- 5- très important

	1	2	3	4	5
E-mails					
Réseaux sociaux					
YouTube					
Téléphone					

3-2) Vous avez déjà voyagé avec une compagnie aérienne qui dispose du Wifi à bord de ses avions :

Oui

Non

- Si oui; quelle compagnie ?

QATAR Airways	Turkish Airlines	Fly Emirates	British Airways	Air France	Air Canada
---------------	------------------	--------------	-----------------	------------	------------

<input type="checkbox"/>								
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

3-3) Seriez-vous prêt à payer un peu plus pour avoir de la connexion à bord de l'avion :

Oui

Non

- **A combien seriez-vous prêt pour payer ce service :**

Jusqu'à 1\$ pour 500 MO.	<input type="checkbox"/>
5 \$ pour 30 min en illimité.	<input type="checkbox"/>
9.99 \$ pour 1h en illimité.	<input type="checkbox"/>
27 (€) pour le vol complet.	<input type="checkbox"/>
20 (€) pour 4h.	<input type="checkbox"/>

3-4) Nombre d'heure de connexion utilisez-vous par jour ?

1h à 2h 2h à 3h 3h à 4h 4h à 5h plus de 5h

3-5) Préférez-vous vous acheter :

Un forfait internet

Par un débit de connexion(MO)

3-6) Si c'est un forfait où souhaiteriez-vous l'acheter ?

Agence de voyage

A bord de l'avion

Conclusion général :

Cette thèse sur la connectivité à bord des avions basée sur les moyens et les applications de communications aéronautiques sol-bord. Les capacités offertes par les moyens existants ne permettront pas de répondre aux besoins et attentes des compagnies et des passagers qui souhaitent disposer de nouvelles applications communicantes avec le sol pendant les vols. De plus, ces nouveaux besoins s'inscrivent dans un contexte de forte croissance du trafic aérien. Ainsi, de nombreux travaux sont en cours pour étudier des nouveaux systèmes de communication. L'objectif de ces projets est de spécifier des systèmes innovants dans les domaines des communications, de la navigation et de la surveillance, pour satisfaire notamment les besoins du contrôle aérien et des passagers.

Dans le cadre des communications, les solutions envisagées sont généralement des systèmes cellulaires basés sur des communications directes avec des stations sol pour les zones continentales et des communications par satellite pour les zones océaniques (les seules solutions existantes à ce jour en zone océanique : la liaison de données HF et les communications par satellites).

Dans cette thèse, nous avons étudié le besoin des passagers en cette technologie en effectuant (réalisant) un sondage au niveau de l'aéroport d'Alger Houari Boumediene concernant l'intégration du wifi à bord des avions. Les résultats attendus par cette approche sont concluants ; plus de 400 personnes ont répondu au questionnaire, La majorité d'entre eux sont favorables à une connexion à bord à des prix abordables pour se servir de leurs smartphones, tablettes et ordinateurs pour consulter leurs boîtes de messagerie, leurs sites favoris ou travailler en ligne.

D'après ce sondage la possibilité de se connecter à internet pendant le vol est primordiale, ils attachent même une plus grande importance à ce critère en comparaison avec le confort de l'avion. Nous avons déjà un retour client très positif et cela correspondait à un véritable besoin pour les passagers. Et l'étape suivante sera sans doute la recherche d'une solution pour permettre aux passagers de bénéficier de ce service de connectivité à bord.

Bibliographie

- [1] Thèse, doctorat de l'université de Toulouse, délivré par Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace (ISAE) présenté et soutenue par **Frédéric BESSE le 22/02/2013 sous le titre Réseaux ad hoc aéronautiques.**
- [2] <http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/Communication%20a%C3%A9ronautique/fr-fr/> ; consulter le 19/04/2019.
- [3] Thèse de doctorat, Routage basé sur le contenu dans les réseaux ad-hoc aéronautiques Réseaux et télécommunications. Université de Toulouse 3 Paul / Français. <tel-01337568> / <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01337568>. Présentée et soutenue le 30/05/2016 par : Mickaël Royer) ; consulter le 27/04/2019.
- [4] https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/field_tabs/content/documents/communications/cocr-future-radio-system-v.2.pdf; consulter le 16/05/2019.
- [5] Cours CNS de MR. ZABOT Amar ; consulter le 06/06/2019.
- [6] <https://blogs.mediapart.fr/> ; consulter le 23/06/2019
- [7] <http://www.leparisien.fr/> ; consulter le 26/06/2019
- [8] https://commons.wikimedia.org/wiki/Commons:Wiki_Loves_Earth_2019_in_Algeria
Consulter le 20 mars 2019
- [9] OACI. Manual on VHF Digital Link (VDL) Mode 2. Doc 9776, 2001; consulter le 27/06/2019.
- [10] OACI. Manual on VHF Data Link (VDL) Mode 4. Doc 9816, 2004; consulter le 28/06/2019.
- [11] OACI. Manual on HF Data Link. Doc 9741, 2000; consulter le 30/06/2019.
- [12] ARINC. HF Data Link System Design Guidance Material. Specification 634, 1996; consulter le 01/07/2019.
- [13] ARINC. HF Data Link System. Specification 753, 2001; consulter le 03/07/2019.
- [14] ARINC. HF Data Link Protocols. Specification 635, 2003; consulter le 04/07/2019.
- [15] <https://www.banyanair.com/>; consulter le 07/07/2019.

- [16] <https://timeandnavigation.si.edu/>; consulter le 09/07/2019.
- [17] <http://tmcparland@bcisse.com/index.html>; consulter le 11/07/2019.
- [18] <http://boowiki.info/>; consulter le 12/07/2019.
- [19] <http://www.radartutorial.eu/index.fr.html>; consulter le 14/07/2019.
- [20] <https://www.techniques-ingenieur.fr/>; consulter le 15/07/2019.
- [21] <https://www.aerocontact.com/>; consulter le 16/07/2019.
- [22] <https://www.inmarsat.com/>; consulter le 17/07/2019.
- [23] Source, www.iridium.com; consulter le 19/07/2019.
- [24] FANS 1/A over Iridium and performance-based concept recommendations. Technical report, FAA (2010) ; consulter le 21/07/2019.
- [25] <https://rdps-aws-prd-cdn.roadpost.com/media/wysiwyg/rp-coverage-maps/iridium-coverage-globe-503x503.png>; consulter le 22/07/2019.
- [26] End-user multimedia QoS categories. Serie G: Transmission and media, digital systems and networks- quality of service and performance, recommendation g.1010. Technical report, ITU (2001); consulter le 23/07/2019.
- [27] <http://www.aircell.com>; consulter le 24/07/2019.
- [28] <http://www.wi-skyinflight.com>; consulter le 25/07/2019.
- [29] W. Jones and M. de La Chapelle. Connexion by Boeing - broadband satellite communication system for mobile platforms. In Military Communications Conference, 2001. MILCOM 2001. Communications for Network-Centric Operations : Creating the Information Force. IEEE (2001), volume 2, pp. 755–758 vol.2; consulter le 27/07/2019.
- [30] http://www.arinc.com/products/inflight_entertainment/oi-onboard_internet.html; consulter le 28/07/2019.
- [31] <http://www.mascorp.com>; consulter le 30/07/2019.
- [32] <http://www.onair.aero>; consulter le 02/08/2019.

- [33] <http://www.row44.com>; consulter le 04/08/2019.
- [34] <http://www.aeromobile.net>; consulter le 10/08/2019.
- [35] Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches Conception et Optimisation d'Architectures Réseaux pour les Systèmes de Communication Aéronautiques; Présentée par Alain PIROVANO ; Enseignant Chercheur à l'Ecole Nationale de l'Aviation Civile Laboratoire Telecom - Groupe de recherche ResCo ; présentée et soutenue publiquement le 10 avril 2015; consulter le 13/08/2019.
- [36] William H. Jones and Michael de La Chapelle. Connexion by Boeing - Broadband Satellite Communication System for Mobile Platforms. 2001; consulter le 14/08/2019.
- [37] <http://www.skybrary.aero/index.php/ICAO>; consulter le 16/08/2019.
- [38] <http://sonicboom.aero/>; consulter le 17/08/2019.
- [39] <http://www.sita.aero/file/3744/aircom>
- [40] <https://www.ats.dz/aeronautiques.html>; consulter le 18/08/2019.
- [41] laurent.teissier@aviation-civile.gouv.fr ; consulter le 19/08/2019.
- [42] <https://www.marsat.ru/en>; consulter le 20/08/2019.
- [43] <https://marlink.com/>; consulter le 21/08/2019.
- [44] <https://www.l2aviation.com/products/swiftbroadband> ; consulter le 17/07/2019
- [45] <https://www.inmarsat.com/aviation/complete-aviation-connectivity/swiftbroadband/> ; consulter le 22 /07/2019
- [46] <https://www.inmarsat.com/service-collection/swiftbroadband/> ; consulter le 22/07/2019
- [47] <https://www.rockwellcollins.com/Products-and-Services/Business-Aviation/Flight-Support-Services/Cabin-solutions/Broadband-Services/Inmarsat--SwiftBroadband.aspx> ; consulter le 23/07/2019
- [48] <http://www.iec-telecom.com/?lang=fr>; consulter le 23/08/2019.

- [49] Gunter Dirk Krebs, « Inmarsat-6 F1, 2 » [archive], sur Gunter's space page (consulter le 1^{er} mars 2016)
- [50] <https://www.aerospatium.info/>
- [51] http://space.skyrocket.de/doc_sdat/inmarsat-6.htm; consulter le 25/08/2019.
- [52] <https://www.aerospace-technology.com/>; consulter le 26/08/2019.
- [53] <https://www.airbus.com/>; consulter le 27/08/2019.
- [54] <https://www.breizh-info.com/>
- [55] <https://4aspace.fr/>; consulter le 28/08/2019.
- [56] <https://spacenews.com/>
- [57] <https://www.arincdirect.com/what-we-do/cabin-communications/inmarsat-jet-connex-jx-services/> le 22/07/2019
- [58] <https://www.satcomdirect.com/connectivity/networks/> consulter le 22/07/2019
- [59] <http://www.groundcontrol.com/>
- [60] https://www.arincdirect.com/wp-content/uploads/2018/11/Collins-Aerospace_Primary_Black_250.png; consulter le 29/08/2019.
- [61] <https://www.axe-net.fr/> ; consulter le 30/08/2019
- [62] <https://www.ariase.com/>
- [63] <https://www.commentcamarche.net/> ; consulter le 31/08/2019.
- [64] <https://www.noodo-wifi.com/> ; consulter le 02/09/2019.
- [65] <https://www.anfr.fr/accueil/>
- [66] <https://www.skyscanner.fr/> ; consulter le 22/07/2019.
- [67] <https://www.clubic.com/> ; consulter le /03/09/2019.
- [68] <https://en.wikipedia.org/wiki/SITAONAIR> consulter le 18/07/2019
- [69] <https://www.telecomreviewafrica.com> ; consulter le 18/07/2019

- [70] <https://www.united.com/ual/fr/be/fly/travel/inflight/wifi.html> consulter le 19/07/2019
- [71] https://en.wikipedia.org/wiki/Viasat,_Inc.consulter le 19/07/2019
- [72] <https://en.wikipedia.org/wiki/AeroMobile> consulter le 19/07/2019
- [73] https://en.wikipedia.org/wiki/Deutsche_Telekom ; consulter le 19/07/2019
- [74] https://it.wikipedia.org/wiki/Deutsche_Telekom; consulter le 19/07/2019
- [75] <https://simple.wikipedia.org/wiki/T-Mobile>; consulter le 19/07/2019
- [76] BELLEVUE; July 25, Wash-; 2019 -. "T-Mobile Sets More Records in Q2: Strongest Q2 Customer Growth in Years, Record-Low Churn and Record Financial Results". www.tmobile.com . Retrieved July 26, 2019.
- [77] <http://spaceflight101.com/spacecraft/asiasat-6/>; consulter le 19/07/2019
- [78] <https://www.edreams.fr/frontend-home/#>; consulter le 06/09/2019.
- [79] <https://img.static-af.com/images/media/9EA78256-515E-41EE84FA286BB3984CF0/source/af-connect-350x40/?extent=true&crop=false>
- [80] <http://www.europeanaviationnetwork.com/en/ean/introduction-to-ean.html>
- [81] <https://www.silicon.fr/> ; consulter le 08/09/2019.
- [82] <https://www.ouest-france.fr/> ; consulter le 06/09/2019
- [83] <https://bfmbusiness.bfmtv.com/>; consulter le 04/09/2019.
- [84] <https://www.breizh-info.com/>; consulter le 08/09/2019.
- [85] <https://www.airbus.com/>; consulter le 02/09/2019.
- [86] <https://blogs.mediapart.fr/>; consulter le 07/09/2019.
- [87] <http://www.lefigaro.fr/economie/>; consulter le 02/09/2019.
- [88] <https://www.anfr.fr/accueil/> ; consulter le 09/09/2019.

