

SOMMAIRE

SOMMAIRE

Introduction générale

Chapitre I : La communication aéronautique.

1.1	Introduction.....	1
1.1.1	Représentation de l'avion Airbus A340.....	1
1.1.2	Les systèmes avionique.....	2
1.2	La communication.....	2
1.2.1	Définition.....	2
1.2.2	Le Rôle de la Communication.....	2
1.3	Communication aéronautique.....	3
1.3.1	Description des systèmes de télécommunication avion.....	5
1.3.1.1	Système de communication très haute fréquence.....	5
1.3.1.2	Système de communication haute fréquence.....	5
1.3.1.3	Panneaux radio.....	5
1.3.1.4	Panneaux de sélection-écoute.....	5
1.3.1.5	Interphone vol.....	6
1.3.1.6	Interphone service/système d'appel.....	6
1.3.1.7	Système de sonorisation cabine.....	6
1.3.1.8	Système d'appel sélectif.....	6
1.3.1.9	Système d'enregistrement de la parole dans le poste de pilotage.....	6
1.3.1.10	Système d'échange de données techniques avion-sol en temps réel.....	7
1.3.1.11	Système de télécommunication par satellite.....	7
1.3.2	Bande aéronautique VHF.....	8
1.4	Les Antennes.....	9
1.4.1	Antenne du VOR (Visual Omni Range).....	9
1.4.2	Antenne ILS (Instrument Landing System).....	11
1-	Antennes Localiser.....	11
2-	Antennes glide.....	11
1.4.3	Antenne d'assiette.....	12
1.4.4	Antenne horizontale.....	12
1.4.5	Antenne cadre.....	12

1.4.6 Antenne omnidirectionnelle (radar secondaire).....	13
1.4.7 Ensemble d'antenne (radar doppler).....	13
1.4.8 Antenne (radar météorologie).....	14
1.4.9 Émetteur /Récepteur VHF.....	14
1.5 Les Réseaux Aéronautiques.....	14
1.5.1 Historique de l'ATN.....	15
3.5.1.1 Les trois liaisons de données air-sol.....	15
1.5.1.2 Le processor commun de Data Link.....	16
1.5.1.3 Le Modèle ISO-OSI.....	16
1.5.1.4 Le routeur du DLP commun.....	17
1.5.2 Le modèle de l'ATN.....	17
1.5.2.1 L'adressage.....	17
1.5.2.2 Les routeurs.....	18
1.5.3 Les sous-réseaux.....	19
1.6 Conclusion.....	20

Chapitre II : Description du système ACARS.

2.1 Généralités.....	21
2.2 Historique de l'ACARS.	22
2.3 OBJECTIF de l'ACARS.....	22
2.4 Principe de fonctionnement de système ACARS.....	25
2.4.1 Introduction	25
2.4.1.1 Liaisons descendantes.....	25
2.4.1.2 Liaisons Montantes.....	26
2.4.2 Constitution du système ACARS.....	26
2.4.2.1 Le segment sol.....	27
1- Le Sous-réseau VHF.....	29
2- Gamme de fréquence de l'ACARS.....	30
3- Les stations HF	31
2.4.2.2 Le segment Air.....	31
1- L'architecture du l'ACARS.....	31
2- Fonctionnement de la partie avion.....	32
3- Les systèmes de commande de l'ACARS sur l'Airbus A340.....	33
4- Le cœur du système ACARS.....	34

4-1	But de l'unité MU.....	34
4-2	Modes de fonctionnement du MU.....	34
4-3	Positionnement du MU.....	35
2.5	Amélioration du système ACARS.....	36
2.5.1	La dernière génération du MU.....	36
	Présentation du CMU.....	36
2.5.2	Le système de gestion de vol FMS.....	36
1-	Interface de l'ACARS avec le Système de gestion de vol (FMS).....	38
2.5.3	Introduction des systèmes FDAMS / ACMS.....	38
2.6	Conclusion.	39

Chapitre III : Interfaçage de l'ACARS avec les systèmes avioniques.

3.1	Introduction.....	40
3.2	Les Unités multifonction de commande et de visualisation MCDU.....	41
3.2.1	L'affichage sur l'écran du MCDU.....	42
3.2.1.1	Les clés sélectives de ligne LSK.....	43
3.2.1.2	Code de couleurs.....	43
3.2.2	Les alarme.....	44
3.2.3	Dialogue des MCDUs avec l'ACARS.....	45
3.2.4	Le MENU MCDU.....	45
3.3	L'ordinateur de maintenance centralisée (CMC).....	45
3.3.1	Les interface du CMC.....	47
3.3.2	Dialogue de l'ordinateur CMC avec l'ACARS.....	48
3.4	Le Système de surveillance d'état des équipements de bord ACMS.....	50
3.4.1	Objectif de l'ACMS.....	50
3.4.1.1	L'ordinateur DMU.....	50
3.4.1.2	Les Systèmes A/C.....	51
3.4.1.3	Le module DAR.....	51
3.4.1.4	Le module GSE.....	51
3.4.2	Le dialogue de l'ACMS avec le système ACARS.....	51
3.5	Rôle de l'ordinateur FMGEC	52
3.5.1	Objectif de l'ordinateur FMGEC	52
3.5.2	Dialogue de l'ordinateur FMGEC avec l'ACARS.....	52
3.6	L'imprimante.	53

3.6.1	Objectif de l'imprimante.....	53
3.6.2	Relation de l'imprimante avec le système ACARS.....	53
3.7	Les Calculateurs centraux d'alarme FWC / SDAC.....	54
3.7.1	Connexion des Calculateurs FWC / SDAC avec le système ACARS.....	54
3.8	Les Drive Unités multiples disque MDDU.....	54
3.8.1	Connexion de l'MDDU avec le système ACARS.....	55
3.9	Les boîtes de commande radio (RMPs).....	55
3.9.1	Dialogue de l'RMP avec l'ACARS.....	55
3.10	Les systèmes de transmission des données.....	56
3.10.1	L'Émetteur /Récepteur VHF.....	56
3.10.1.1	Objectif de système VHF.....	56
3.10.1.2	Principe de fonctionnement du système VHF.	57
3.10.1.3	Relation de l'émetteur-récepteur VHF3 avec l'ACARS.....	58
1-	La sélection des fréquences de VHF3.....	58
2-	La sélection de VHF3 audio.....	58
3.10.2	La communication par satellites « système SATCOM ».....	58
3.10.2.1	Dialogue de l'ACARS avec le système SATCOM.....	60
3.11	Conclusion.....	61

Chapitre IV : Les messages ACARS à travers l'ARINC.

4.1	Introduction.....	62
4.1.1	L'architecture du réseaux.....	62
4.1.1.1	Le réseau linéaire.....	63
4.1.1.2	Topologie en anneau.....	63
4.1.1.3	Topologies en étoile.....	64
4.1.1.4	Le réseau Maille.....	64
4.1.1.5	Le réseau en Arbre.....	65
4.1.1.6	Réseau en Bus.	65
4.1.2	Les protocoles réseau.....	66
4.2	Les Bus Avioniques.....	67
4.2.1	Les Bus ARINC.....	67
4.2.2	Historique de l'ARINC.....	68
4.2.4	Catégorie des normes.....	68
4.2.5	Les Normes ARINC.....	69

4.2.5.2 Les protocoles de série 400.....	69
4.2.5.2 Les protocoles de série 500.....	69
4.2.5.3 Les protocoles de série 600.....	69
4.2.5.4 Les protocoles de séries 700.....	71
4.2.5.5 Les protocoles de séries 800.....	71
4.2.6 ARINC 429.	71
4.2.6.1 Description.....	71
4.2.6.2 Le Support physique.....	72
4.2.6.3 Principe de base.....	73
4.2.6.2 Format du Mot ARINC 429.....	73
4.2.6.2.1 L'étiquette « LABEL ».....	74
4.2.6.2.2 Source et destination SDI.....	75
1- Identification de la source.....	76
2- Identification de destination.....	76
4.2.6.2.3 La donnée.....	77
4.2.6.2.4 Le champ SSM (Sign/Status Matrix).....	78
4.2.6.2.5 Le champ P.....	78
4.3 L'échange des messages ACARS.....	79
4.3.1 Les messages ACARS.....	79
4.3.2 Types de messages ACARS.....	79
4.3.2.1 Événements OOOI.	80
4.3.2.2 Le message Délai de départ.	80
4.3.2.3 Le message Rapport de Temps.....	81
4.3.2.4 Message de FDAMS.	82
4.3.3 Codification des Signaux.	82
4.4 Description des messages du système ACARS.....	84
4.4.1 L'essai de liaison Q0.....	84
4.4.1.1 La zone adresse.	84
4.4.1.2 Étiquette de Message.....	85
4.4.1.3 Bloc d'identification de la liaison descendant.....	85
4.4.1.4 Numéro de séquence du message.....	85
4.4.1.5 Porteur Et Numéro de Vol.....	85
4.4.2 L'information Aller/Retour QG.	86
4.4.3 Rapport de DÉPART / ARRIVÉE RPT « Q1 ».	86

4.4.4 Des formes de messages.	87
4.5 Conclusion.....	88

Conclusion générale.

Bibliographie.

Annexe.

Glossaire.

Liste des figures

Liste des figures

Chapitre I.

Figure 1.1 : L'Airbus A340 version A340-600.....	1
Figure 1.2 : Les systèmes avionique à bord d'un avion.....	2
Figure 1.3: Schéma synoptique sur l'échange de données par l'ACARS.....	7
Figure 1.4: L'antenne du VOR.....	10
Figure 1.5 : Les antennes de l'A 340.....	10
Figure 1.6: Le doublet repliée du VOR.....	11
Figure 1.7: La forme d'un Antennes Localiser.....	11
Figure 1.8: L'emplacement d'Antennes Localiser sur le fuselage d'avion.....	11
Figure 1.9: L'emplacement d'antenne Glide sur le fuselage de l'avion.....	12
Figure 1.10 : Forme d'antenne Cadre.....	13
Figure 1.11: Emplacement du l'Émetteur /Récepteur VHF 3.....	14

Chapitre II.

Figure 2.1 : Communication à travers un réseau ATN.....	21
Figure 2.2 : Le système ACARS.....	23
Figure 2.3: Synoptique du système ACARS.....	24
Figure 2.4: Affichage de la page initiale du MCDU (données FMS).....	25
Figure 2.5: L'environnement de l'ACARS.....	27
Figure 2.6: Une station ACARS.....	28
Figure 2.7: Synoptique de la station sol ASP de type ACARS.....	28
Figure 2.8: Les stations au sol (RGS) et le sous-réseau VHF.....	29
Figure 2.9 La couverture mondiale par l'ACARS.....	30
Figure 2.10 : L'architecture de l'avionique de l'ACARS dans un avion.....	32
Figure 2.11: Localisation des organes de commande ACARS dans le poste de pilotage de L'Airbus A 340-600.....	33
Figure 2.12: Positionnement du MU sur la soute électronique.....	35
Figure 2.13: Face avant du L'unité MU.....	35
Figure 2.14: L'équipement CMU-900.....	36
Figure 2.15 : L'organisation d'un vol entré dans le FMS.....	37
Figure 2.16: L'environnement de l'FMS et CDU.....	37
Figure 2.17 : L'équipement MCDU.....	38

Chapitre III.

Figure 3.1: L'interfaçage du MU avec les différents équipements avioniques.....	40
Figure 3.2: L'équipement MCDU.....	42
Figure 3.3: L'écriture des données sur l'écran MCDU et par les LSK.....	43
Figure 3.4: Représentation d'un exemple du code de couleurs.....	43
Figure 3.5: La sélection de l'ACARS sur le MENU MCDU.....	45
Figure 3.6: L'environnement de l'ordinateur CMC.....	46
Figure 3.7: La relation entre Les ordinateurs CMC _s et l'ACARS.....	46
Figure 3.8 : L'architecture de la transmission air/sol CMC – ACARS.....	49
Figures 3.9: L'environnement du système ACMS DMU.....	50
Figure 3.10 : Le système FMGEC.....	52
Figure 3.11: Échange des données entre l'imprimante et les systèmes reliés.	53
Figure 3.12: La boîte de commande radio (RMP).....	55
Figure 3.13 : L'emplacement des antennes de l'émetteurs /récepteurs VHF sur l'airbus A340.....	56
Figure 3.14: Synoptique du système VHF.....	57
Figure 3.15 : Synoptique de système SATCOM.....	59
Figure 3.16 : Constitution du SATCOM et leur environnement.....	60
Figure 3.17: La relation de l'ACARS avec le système SATCOM.....	60

Chapitre IV.

Figure 4.1 : L'architecture d'un réseau linéaire.....	63
Figure 4.2: Topologie en anneau.....	63
Figure 4.3 : L'architecture du réseau en étoile.....	64
Figure 4.4: Topologie en Maille	64
Figure 4.5 : Topologie d'un réseau en arbre.....	65
Figure 4.6 : Topologie en bus.....	65
Figure 4.7: Architecture du bus ARINC 429.....	72
Figure 4.8: File de raccordement de Bus ARINC 429.....	72
Figure 4.9 : Format des mots ARINC.....	73
Figure 4.10 : Diagramme d'identification de la source.....	76
Figure 4.11 : Diagramme d'identification de destination.....	76
Figure 4.12: La Données codée en Binaire.....	77
Figure 4.13: La donnée codée en BCD (binaire codé décimale).....	77

Figure 4.14 : Conversion de la donnée « r » échangée dans l'ACARS.....	83
Figure 4.15: les différents champs de l'essai de liaison Q0.....	84
Figure 4.16: Les champs de message Aller/Retour QG.....	86
Figure 4.17: Les champs de message DÉPART / ARRIVÉE RPT « Q1 ».....	87

Liste des Tableaux

Chapitre I.

Tableau 1.1 : Utilisation des Bandes VHF.....	8
---	---

Chapitre II.

Tableau 2.1 : Fréquence des Station VHF	30
---	----

Tableau 2.2 : Fréquence des Station HF	30
--	----

Chapitre IV.

Tableau 4.1 : Les normes de série 400.....	69
--	----

Tableau 4.2 : Les normes de série 600.....	71
--	----

Tableau 4.3 : Les normes de série 700.....	71
--	----

Tableau 4.4 : Les normes de série 900.....	71
--	----

Tableau 4.5: Le binaire des étiquettes.....	75
---	----

Tableau 4.6: Tableau de vérité d'identification de la source.....	76
---	----

Tableau 4.7: Tableau de vérité d'identification de destination.....	77
---	----

Tableau 4.8 : Tableau de vérité de champ SSM.....	78
---	----

Tableau 4.9 : Tableau de vérité de Signe de SSM.....	78
--	----

Tableau 4.10 : Codes en binaires des messages ACARS.....	83
--	----

Tableau 4.11: Les caractères utilisé dans les messages.....	88
---	----



Chapitre I

La Communication aéronautique

1.1 Introduction.

La gestion du trafic aérien joue un rôle important dans l'aéronautique, donc il est important dans l'écoulement du transport aérien. Il permet la vérification des paramètres d'avion en toute sécurité d'un nombre de vols en forte croissance ces dernières années. Au tournant du millénaire, revient avec force la question récurrente : comment repousser à moyen et long terme les limites du système en matière de capacité ?, comment effectuer le suivi du vol dans des différents cas ?... etc. Tout en renforçant encore la sécurité et en préservant l'environnement. Au-delà d'une meilleure gestion de l'espace aérien et de l'augmentation du nombre des contrôleurs, plusieurs sujets font l'objet de recherches, notamment la gestion et la télésurveillance en utilisant la télécommunication moderne pour assurer une maintenance à distances des aéronefs et autres objectifs plus nécessaires.

Les futurs concepts sont basés sur une gestion globale de l'information et de nouveaux moyens de communication, navigation et surveillance. La représentation rapide de cette question s'insère par ailleurs dans des évolutions récentes et à venir du cadre réglementaire. Pour cela nous avons essayé de résumer dans notre étude une partie des moyens employés dans la communication et la télésurveillance aéronautique.

1.1.1 Représentation de l'avion Airbus A340.

L'Airbus A340 comme le montre la figure 1.1, est un avion de ligne quadriréacteur long courrier de grande capacité fabriqué par Airbus Industrie. Il est décliné en plusieurs versions suivant la capacité ou le rayon d'action désiré.

Cette famille d'appareil fut conçue avec un design semblable à celui de l'Airbus A330 mais utilise 4 réacteurs au lieu de 2.



Figure 1.1 : L'Airbus A340 version A340-600.

1.1.2 Les systèmes avionique.

Les systèmes avioniques sont un ensemble des moyens informatiques et électroniques embarqués à bord d'un avion, comme le montre la figure 1.2 au niveau d'un avion. On peut définir le cœur avionique comme étant les systèmes de gestion du vol pour la navigation et le pilotage.

- Les logiciels d'applications (pilote automatique...).
- Calculateur, bus, passerelles...
- Les logiciels exécutifs (BITE...).

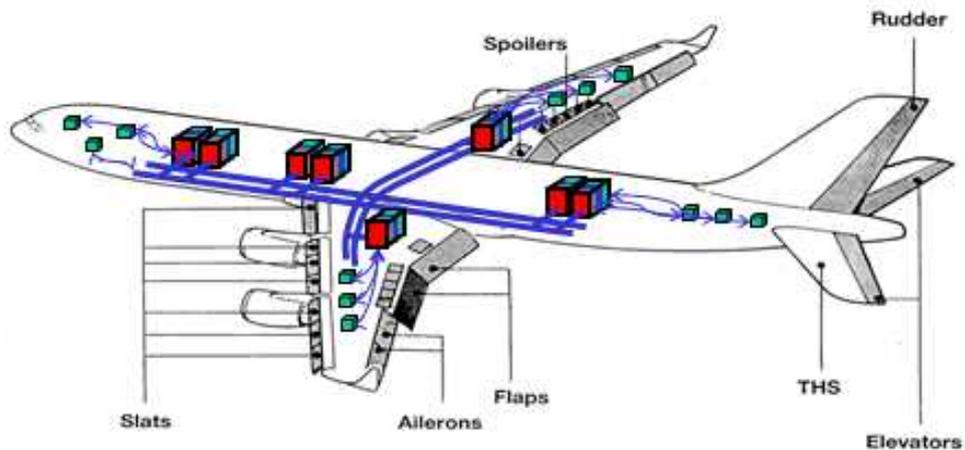


Figure 1.2 : Les systèmes avionique à bord d'un avion.

1.2 La communication.

1.2.1 Définition.

On peut définir la communication comme étant l'action, le fait de communiquer, d'établir une relation avec autrui, de transmettre quelque chose à quelqu'un, l'ensemble des moyens et des techniques permettant la diffusion d'un message auprès une audience plus ou moins vaste et hétérogène et l'action pour quelqu'un, une entreprise d'informer et de promouvoir son activité auprès du public, d'entretenir son image, par tout procédé médiatique.

1.2.2 Le Rôle de la Communication.

On peut résumer le rôle de la communication dans trois buts, généralement sont :

- Une meilleure dissémination de l'information des experts (décideurs, scientifiques) vers le public.
- Une amélioration des connaissances mises à la disposition des experts.

- Une meilleure convivialité entre citoyens comme fondement intersubjectif et politique de la démocratie.

Les deux premières justifications peuvent être de type purement instrumental, l'idée étant qu'une meilleure information permet une meilleure décision, un meilleur résultat. Ce caractère instrumental ne serait pas forcément rompu si l'information circule dans les deux sens simultanément.

C'est en fait, une science partagée par plusieurs disciplines qui ne répond pas à une définition unique. Et d'après notre domaine on a choisi uniquement la communication aéronautique qui assure la communication entre les personnels, entre les personnels et différents systèmes, et aussi entre les différents équipements, avec tous ces formes.

1.3 Communication aéronautique.

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.

Il existe sept langues aéronautiques officielles (anglais, français, chinois, russe, arabe, espagnol et indien). L'anglais reste la langue « internationale » officielle utilisée quand aucun membre d'équipage ne parle l'une des autres langues.

De manière générale, on distingue deux types de messages :

Les messages préenregistrés ATIS (Automatic Terminal Information Service) de service automatique d'information de région terminale qui sont diffusés en continu sur une fréquence particulière. Ils concernent la plupart du temps la météo et donnent les informations nécessaires au pilote (numéro de la piste à utiliser, etc.).

Les messages de communication entre un organisme de contrôle et un aéronef, s'agit en général d'instructions données à l'aéronef et appelées clairances (de l'anglais « to clear », autoriser).

Les communications directes entre aéronefs ne sont autorisées qu'après accord de l'organisme au sol gérant la fréquence de transmission ou doivent utiliser la fréquence dédiée de 123,45 MHz.

Chaque station est identifiée par un indicatif. Pour un aéronef, il correspond à l'un des types suivants :

- Les caractères de son immatriculation (ex D-GNNX).
- L'indicatif de l'exploitant suivi des quatre derniers caractères de son immatriculation (ex Lufthansa GNNX).
- L'indicatif de l'exploitant suivi de l'identifiant du vol (ex Air France 001).

Pour une station au sol, il correspond au nom de l'emplacement suivi d'un suffixe indiquant le service rendu parmi les suivants : opérations, délivrance, trafic, sol, tour, approche, contrôle, radar, arrivée, départ, précision, information (exemple : Orly radar).

Les messages ont une priorité en fonction de leur catégorie parmi les suivantes :

1. message de détresse (signal mayday).
2. messages d'urgence (signal panne).
3. messages de radiogoniométrie.
4. messages intéressant la sécurité.
5. messages météorologiques.
6. messages intéressant la régularité des vols.

Ils doivent être le plus précis et concis possible (ex : "Orly tour bonjour, Air France 562, établi ILS 26").

La fréquence de détresse internationale est 121,500 MHz de la bande aéronautique VHF.

L'augmentation du trafic aérien entraîne celle du nombre des messages échangés entre les avions et le sol. La saturation ne pourra être évitée que par un changement de technologie : le transport aérien commercial utilise un système de transmission de messages écrits beaucoup plus rapide et fiable.

1.3.1 Description des systèmes de télécommunication avion.

1.3.1.1 Système de communication très haute fréquence.

Le système de communication VHF comprend trois circuits distincts identiques. Ces circuits assurent les communications en ligne directe à courte portée entre l'avion et le sol ou un autre avion. En général, la radio numéro un est utilisée pour les communications avec le contrôle de la circulation aérienne (ATC), la radio numéro deux sert aux services automatiques d'information de région terminale (ATIS), aux communications avec la compagnie, aux autorisations océaniques, et ainsi de suite. Enfin, la radio numéro trois est normalement utilisée pour le système d'échange de données techniques avion-sol en temps réel (ACARS).

1.3.1.2 Système de communication haute fréquence.

Le système de communication HF comprend deux circuits distincts identiques. Ces circuits assurent les communications à grande portée entre l'avion et le sol ou un autre avion.

1.3.1.3 Panneaux radio.

Trois panneaux radio (CRP) sont montés sur le pylône arrière pour permettre à l'équipage de conduite d'utiliser les systèmes de télécommunication. La sélection de l'un des cinq interrupteurs radios fait s'allumer cet interrupteur et affiche les fréquences active et de relève. On place les nouvelles fréquences dans la mémoire de relève en tournant le bouton sélecteur de fréquences et on les transfère en mode actif au moyen du bouton de transfert.

1.3.1.4 Panneaux de sélection-écoute.

Il y a trois panneaux de sélection-écoute : deux sur le pylône arrière et un au poste de l'observateur. Ces panneaux comprennent la commande d'émission et de volume des radios de communication, des interphones et du système de sonorisation cabine (PA), ainsi que la commande de volume des récepteurs de navigation. Un commutateur INT/RADIO remplit la même fonction que le poussoir d'émission sur le volant. Lorsque ce commutateur est tenu enfoncé sur la position INT, on peut utiliser l'interphone vol. Lorsque le commutateur est tenu enfoncé sur la position RADIO, on peut communiquer par radio.

1.3.1.5 Interphone vol.

L'interphone vol permet aux membres de l'équipage de conduite de communiquer entre eux dans le poste de pilotage, et il est commandé par les trois panneaux de sélection-écoute. Lorsque les portes du compartiment de rangement des masques à oxygène sont ouvertes, le micro-rail passe automatiquement au microphone du masque. On communique par l'interphone vol au moyen du poussoir d'émission qui se trouve sur chaque volant, du commutateur INT sur le panneau de sélection-écoute, ou de n'importe quel poussoir d'émission si le bouton MIC INT est enfoncé sur le panneau de sélection-écoute. Lorsqu'on émet sur l'interphone, la pratique courante chez Swissair consiste à utiliser le commutateur INT du panneau de sélection-écoute.

1.3.1.6 Interphone service/système d'appel.

L'interphone service/système d'appel permet de communiquer entre le poste de pilotage et les postes de l'équipage de cabine ainsi que les aires de maintenance. Le système d'appel sert à avertir l'équipage de conduite ou l'équipage de cabine qu'un autre poste appelle.

1.3.1.7 Système de sonorisation cabine.

Le système de sonorisation cabine permet à l'équipage de conduite et à l'équipage de cabine de s'adresser à tous les passagers se trouvant dans la cabine et les toilettes.

1.3.1.8 Système d'appel sélectif.

Le système d'appel sélectif (SELCAL) fonctionne de pair avec les systèmes VHF et HF pour offrir des indications visuelles et sonores que l'avion est appelé par une station au sol.

1.3.1.9 Système d'enregistrement de la parole dans le poste de pilotage.

Le système d'enregistrement de la parole dans le poste de pilotage enregistre automatiquement les 30 dernières minutes de toutes les communications radio, de l'interphone service et les communications du vol émises et reçues par l'équipage de conduite. Un microphone de poste de pilotage, situé sur le tableau de l'enregistreur du panneau supérieur, envoie tous les sons ambiants au CVR (Cockpit Voice Recorder) pour qu'il les enregistre. Les micros-rails envoient aussi les sons ambiants et le son de la voix au CVR comme « microphones actifs » pour être enregistrés, quelle que soit la position des poussoirs

d'émission respectifs. De plus, lorsque le masque à oxygène intégral du commandant de bord ou du copilote est sorti de son compartiment de rangement et que la porte de ce compartiment est ouverte, le micro-rail correspondant est coupé, et c'est le microphone dans le masque qui est enregistré comme microphone actif, peu importe si les poussoirs d'émission sont utilisés.

1.3.1.10 Système d'échange de données techniques avion-sol en temps réel.

Le système ACARS assure la communication bilatérale des données (Datalink) par la radio VHF 3 ou par le système SATCOM au moyen du module de gestion de l'ACARS, leur objectif est représenté sur la figure 1.3. Ce système sera bien détaillé dans la suite de notre travail.

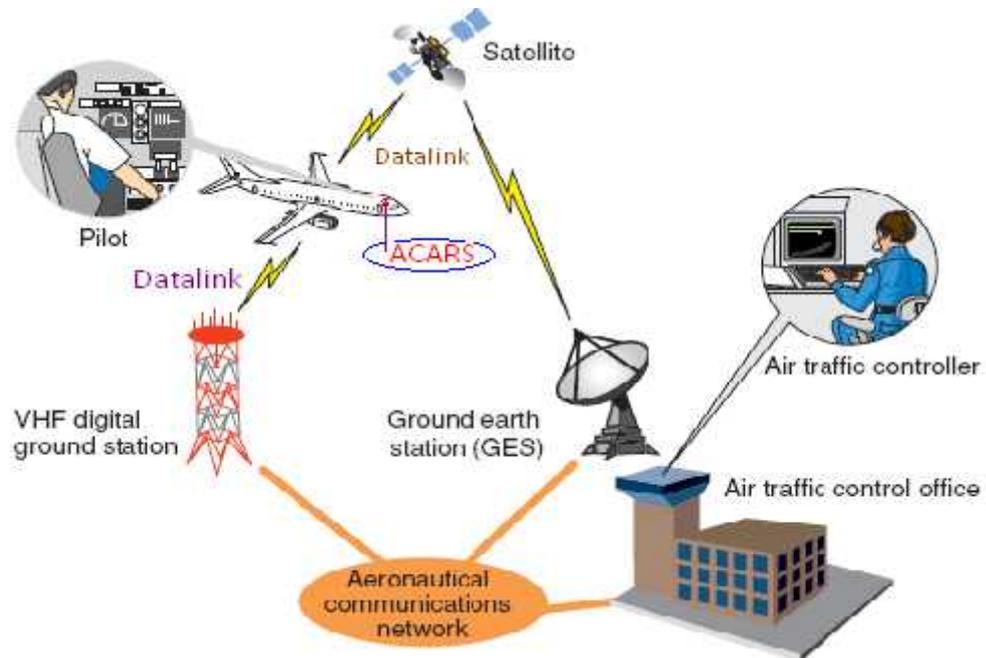


Figure 1.3: Schéma synoptique sur l'échange de données par l'ACARS.

1.3.1.11 Système de télécommunication par satellite.

Le système de télécommunication par satellite (SATCOM) a une relation à des stations satellites et à des stations au sol (GES) pour transmettre les messages de l'ACARS ou d'autres utilités à destination et en provenance de l'avion, comme le montre la figure 1.3.

SATCOM peut se rapporter :

- De communications par satellite.
- SATCOM est un des communications par satellites géostationnaires les plus tôt.
- Employé par quelques compagnies aériennes pour transmettre des messages ACARS.

Un terme générique pour la téléphonie mobile par satellite. Etc.

1.3.2 Bande aéronautique VHF.

La radiotéléphonie dans la bande aéronautique est un moyen qui permet aux pilotes et au personnel des stations au sol de communiquer entre eux. Elle permet de transmettre des clairances et des informations importantes pour la sécurité de la circulation aérienne et l'efficacité de la gestion du trafic aérien. Il y a plusieurs bandes de fréquence VHF, chacune son utilisation, le tableau 1.1 représente quelque exemples.

Fréquences en MHz	Utilisations. Mode : en AM ; canaux aux pas de 8,333 kHz.
108,000 à 111,975	ILS, Radiophare omnidirectionnel (VOR).
111,975 à 117,950	Radiophare omnidirectionnel (VOR).
117,975 à 119,675	Services mobiles aéronautiques nationaux et internationaux.
119,700	Fréquence internationale auxiliaire : aérodrome, contrôle espace aérien, porte-avions.
119,725 à 121,3666	Services mobiles aéronautiques nationaux et internationaux.
121,375	Simulations des détresses aéronautiques.
121,3833 à 121,400	Services mobiles aéronautiques nationaux et internationaux.
121,500	Fréquence internationale d'urgence de détresse, de balise de détresse de sauvetage.
121,600 à 121,750	Communication de surface des aérodromes.
121,750 à 121,9916	Communication de surface des aérodromes.
122,000 à 122,2416	Services mobiles aéronautiques nationaux.
123,100	Fréquence internationale auxiliaire des secours (air, terre, mer), interconnexion entre aéronefs et navires.
123,450	Inter-pilotes, communications entre les aéronefs.
123,5083 à 123,5916	Clubs, services des essais aéronautiques, services mobiles aéronautiques nationaux.
123,600 à 123,6916	Services mobiles aéronautiques nationaux.
129,700 à 129,9916	Compagnies aéronautiques, services mobiles aéronautiques nationaux.
130,000	Fréquence vol de montagne ; communications entre les aéronefs et navire à aéronef.
130,0083 à 130,1583	Compagnies aéronautiques, services mobiles aéronautiques nationaux.
130,1666	Fréquences spatiales (station spatiale internationale ISS) en AM/numériques/FM.
130,175 à 130,5916	Compagnies aéronautiques, services mobiles aéronautiques nationaux

130,600 à 130,8916	Compagnies aéronautiques, services maintenances et des essais aéronautiques
130,900 à 131,3916	Contrôle espace aérien, services mobiles aéronautiques nationaux et internationaux.
131,400 à 131,7166	Compagnies aéronautiques, services maintenances et des essais aéronautiques en digimodes/AM.
131,725	ACARS informations et données en Digimodes.
131,7333 à 131,9916	Compagnies aéronautiques, services maintenances et des essais aéronautiques en digimodes/AM
132,000 à 135,9916	Contrôle espace aérien supérieur, services mobiles aéronautiques nationaux et internationaux.
136,000 à 136,875	Compagnies et services maintenances aéronautiques, contrôle espace aérien supérieur.
136,900 à 137,000	Compagnies et services mobiles aéronautiques en Numériques/Digimodes
143,9875	Clubs : auto-informations engins volants, delta-plane, parapente, ULM en FM

Tableau 1.1 : Utilisation des Bandes VHF.

1.4 Les Antennes.

Une antenne fait partie des systèmes de télécommunication servant à rayonner ou recevoir des ondes électromagnétiques. On peut aussi le définir comme un dispositif d'adaptation des ondes guidées par des conducteurs aux ondes propageant dans l'espace libre.

Ainsi que les antennes en aéronautique est une vaste spécialité et nécessaire dans ce domaine, il contient plusieurs types d'antennes, tels que au niveau de l'avion les antennes généralement sont : antenne VOR, HF1/2, VHF3, ADF1, ADF2, ATC1(s)/ATC2(s), VHF1, TCAS, RADIO ALMETR 2, VHF2, RADIO ALMETR 1, MARKER, DME1, DME2, ATC1/ATC2, GLIDE SLOPE, LOC, WEATHER RADAR...etc.

1.4.1 Antenne du VOR (Visual Omni Range).

Le VOR est un radiophare. A partir des signaux qu'il émet, tout avion peut déduire son gisement par rapport à la station émettrice.

L'antenne sol émet ces signaux suivant deux diagrammes différents réalisés à partir de la superposition des diagrammes en cardioïde de quatre fentes identiques, taillées dans un même cylindre et alimentées de deux manières distinctes (Figure 1.4).

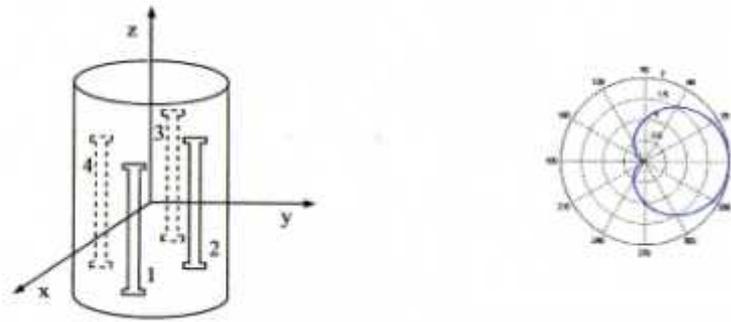


Diagramme de rayonnement de la fente

Figure 1.4: L'antenne du VOR.

L'antenne avion est un doublet déplié comme elle est représentée sur la figure 1.6, a la forme d'un dipôle replié en deux, de longueur petite et de dimension petite de l'ordre de centimètre. Il est utilisé pour la fonction VOR qui a pour but de fournir une information de QDR grâce a une station d'émission au sol et ceci dans toute les directions. Et pour leur emplacement, il se trouve dans la dérive comme l'indique la figure1.5.

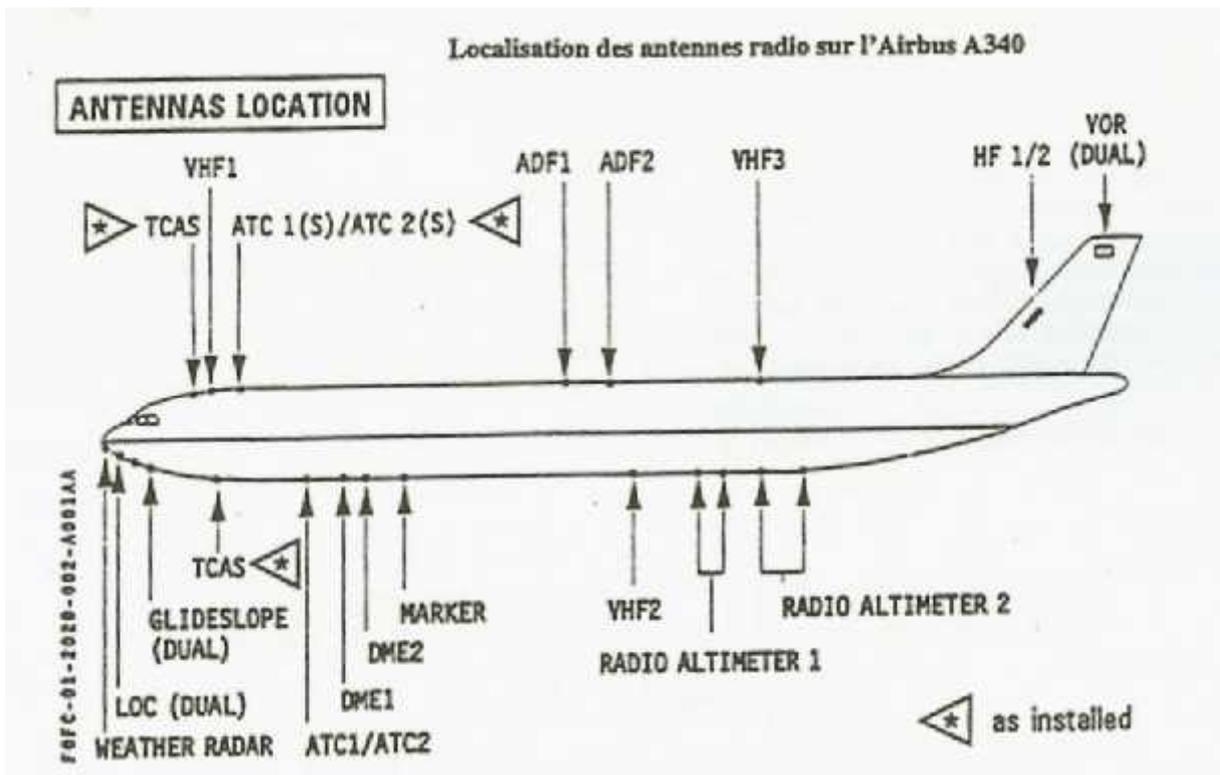


Figure 1.5 : Les antennes de l'A 340.

Il utilise la fréquence dans la gamme VHF de 108 à 112 MHz décimale paires et de 112 à 117.99 MHz.

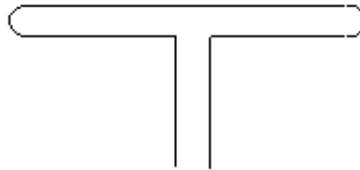


Figure 1.5: Le doublet repliée du VOR.

1.4.2 Antenne ILS (Instrument Landing System).

1- Antennes Localiser.

Il utilise un réseau constitué de 13 sources disposées devant un plan réflecteur. Les (2x6) antennes latérales sont équidistantes et espacés de $2d=2,20m$. Une antenne centrale est située au centre du réseau. Le plan réflecteur est situé à $0,68m$ de l'alignement. Les antennes élémentaires sont des antennes cadres.

Leur forme est comme le montre la figure 1.7.

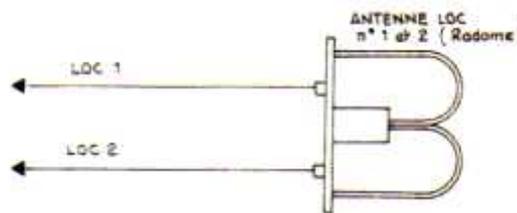


Figure 1.7: La forme d'un Antennes Localiser.

Le but de ce type d'antenne est de recevoir les émissions de radioalignement de la piste (localiser). Il est bien placé sur l'empennage arrière, comme le montre la figure 1.8.

Les fréquences utilisées se situent dans la gamme VHF de 108 à 112 MHz par 1/10 MHz impaire.

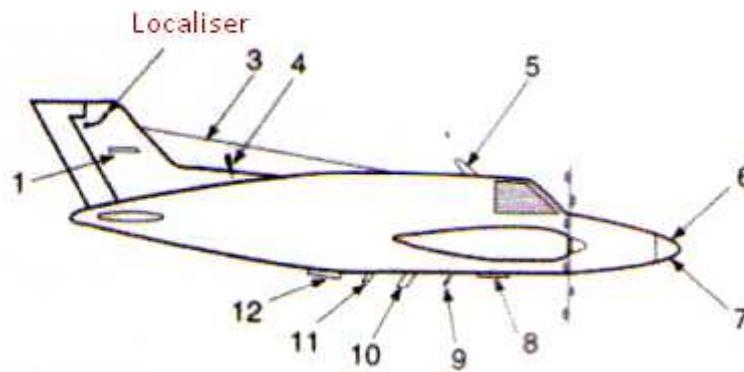


Figure 1.8: L'emplacement d'antennes Localiser sur l'avion.

2- Antennes glide.

Antennes glide constitué de deux réseaux d'antennes formés de dipôles horizontaux placés au-dessus d'un plan réfléchissant. Il est utilisé pour capter les ondes électromagnétiques pour avoir l'écart à un plan oblique matérialisant le plan de descente après traitement, les fréquences utilisées sont situées dans la gamme UHF de 329 à 335 MHz.

D'après la figure 1.9, il se trouve au dessous du nez de l'avion.

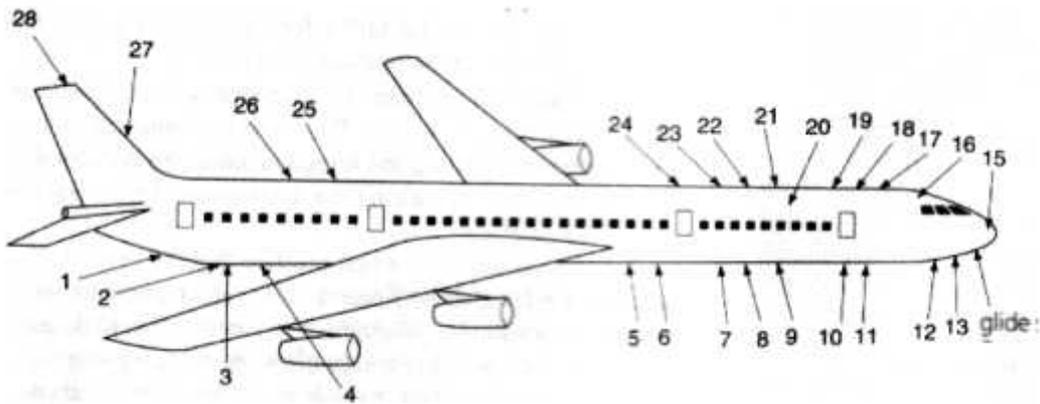


Figure 1.9: L'emplacement d'antenne Glide sur le fuselage

1.4.3 Antenne d'assiette.

Les antennes d'assiette (ADF1 et ADF2) assurée l'émission et la réception des ondes électromagnétiques pour calculer la distance oblique entre l'avion et la station au sol. Elle est de dimension très petite placée dans la partie inferieur du fuselage en avant (voir figure 1.5)

Elle utilise la fréquence de 962 à 1213 MHz, les fréquences de l'émission et de la réception sont décalées de 63 MHz.

1.4.4 Antenne horizontale.

Le but de l'antenne horizontale est de travailler dans un récepteur à bord qu'il permet d'une indication exacte mais temporaire de la position lors du survol(MARKER). Il a la forme d'une antenne rectiligne polarisée horizontalement.

L'antenne Maker se place dans la partie inferieur du fuselage en avant comme le montre la figure 1.5.

Leur gamme de fréquences se trouve toujours en VHF sur une fréquence de 75 MHz.

1.4.5 Antenne cadre.

L'antenne cadre travail dans le récepteur de la radio compas automatique (ADF) qui est conçu pour effectuer la mesure radioélectrique de la direction de propagation d'une onde d'un émetteur (station) au sol par rapport a l'avion cet angle est appelée gisement.

Un cadre de réception s'utilise toujours en radiogoniométrie à l'extinction et s'utilise toujours avec une antenne omnidirectionnelle pour le problème de l'extinction et pour changer son diagramme de réception.

Pour les ondes longues et moyennes, les antennes filaires sont difficiles d'emploi. On leur préfère souvent les antennes cadres. Comme son nom l'indique elles ont la forme d'un cadre (voir figure1.10).

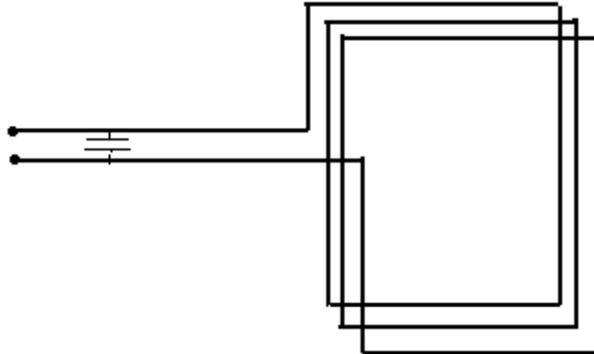


Figure1.10 : Forme d'antenne Cadre.

Il y a deux cadres de réceptions (ADF1, ADF2) l'un qui fonctionne et l'autre en attente, ils se trouvent dans la partie arrière supérieure du fuselage comme le montre la figure1.5.

La gamme de fréquence utilisée est dans la gamme LF et MF compris entre (200 et 1750) KHz.

1.4.6 Antenne omnidirectionnelle (radar secondaire).

Il est utilisé dans le radar secondaire (aide à la circulation aérienne), utilise la gamme des fréquences UHF.

1.4.7 Ensemble d'antenne (radar doppler).

L'ensemble d'antennes travaillent en émission et réception. Elles ont pour but d'être utilisé dans le système de radar doppler qui fournit les informations en permanence de vitesse sol et de dérive.

Elles sont disposées aux dessous du fuselage.

Une antenne d'émission produit deux faisceaux émis en permanence (avant et arrière). Les faisceaux sont minces dans le sens de la marche et très ouvert sur la perpendiculaire.

Une antenne de réception rotative avec réflecteur tourne brusquement de 180° tout les 3/4 de seconde ceci permet une réception avant droit et arrière gauche ou l'inverse.

Elles utilisent essentiellement une émission continue dans la gamme SHF (8800 MHz).

1.4.8 Antenne (radar météorologie).

Antenne travail en émission et réception. Elle pour but d'être utilisé dans le système de radar météorologie qui présente à bord des informations d'azimut, distance et forme de

perturbations atmosphériques importantes. D'après la figure 1.9, elle est disposée au nez de l'avion (Antennes N° 15).

Elles utilisent essentiellement une émission dans la gamme de fréquence SHF, elle peut être 5400 ou 9375 MHz.

1.4.9 Émetteur /Récepteur VHF.

Le système VHF est employé pour des transmissions de voix de courte distance entre différents avions (en vol ou sur la terre) ou entre l'avion et une station sol ; ainsi qu'il permet de transmettre ou de recevoir les données de système ACARS. D'après la figure 3.14, il est composé de:

- Unité de Gestion audio AMU (Audio Management Unit).
- Les Panneaux de Commande Audio ACP (Audio Control Panels).
- Les Panneaux de Gestion Radio RMP (Radio Management Panels).
- Trois Émetteur /Récepteur VHF, ce qui montrée sur la figure 1.11 qui est bien définie dans le troisième chapitre.

Le VHF3 est consacré au système ACARS, mais peut être employé pour la radio transmissions de voix. D'après la figure 1.11 on voit que cette Émetteur /Récepteur est placer sur le coté supérieur du fuselage.

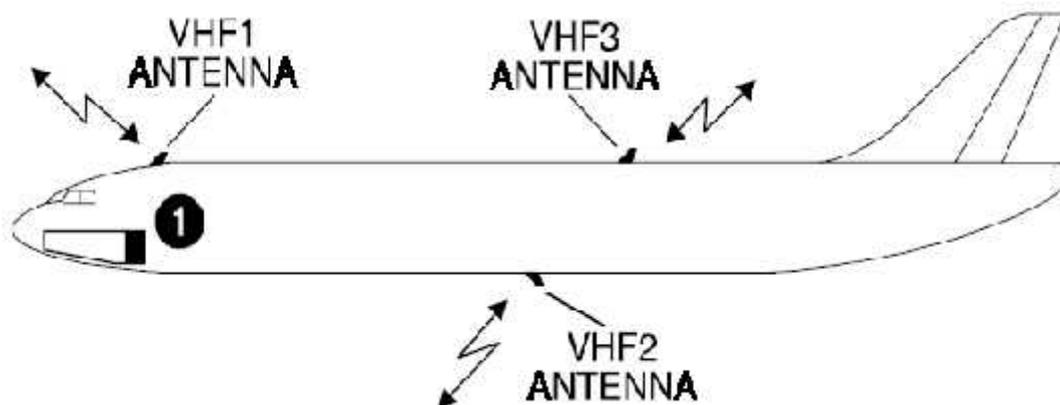


Figure 1.11: Emplacement du l'Émetteur /Récepteur VHF 3.

1.5 Les Réseaux Aéronautiques.

Il existe plusieurs réseaux aéronautiques qui sont utilisés pour la communication avion-sol et d'autre opérations, tels que : CNS (Communication Navigation System), ATN (Aeronautical Telecommunication Network), réseau embarqué sur l'avion pour la

communication interne, réseau local entre les stations sol...etc on s'intéresse dans notre travail au réseau ATN qui est utilisé par le système ACARS.

1.5.1 Historique de l'ATN.

1.5.1.1 Les trois liaisons de données air-sol.

L'expression ATN semble avoir été employée pour la première fois vers avril-mai 1988 dans le cadre du SICASP (on la retrouve aussi en mai 88 dans des papiers de travail du comité FANS). L'idée de base, elle, remontait à quelques années plus tôt et provenait de réflexions portant surtout sur le matériel embarqué qui serait nécessaire aux liaisons de données numériques. Il était en effet apparu au milieu des années 80 que l'avion pouvait - ou pourrait - être contacté en Datalink par au moins 3 moyens différents : la VHF, le radar Mode S et les transmissions par satellite.

A cette époque, les compagnies aériennes utilisaient déjà la VHF sous forme numérique grâce au système développé par la société ARInc (Aeronautical Radio Incorporated) : l'ACARS (ARInc Communication And Reporting System) qui permettait entre autres de reporter au cours d'un vol les anomalies d'équipements embarqués par messages vers le sol. La SITA (Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques) avait étendu ce service américain au reste du monde sous le nom d'AIRCOM. ACARS/AIRCOM utilisait un protocole spécifique orienté caractère et nécessitait l'installation à bord de l'avion d'une M.U. (Management Unit) gérant la communication en amont de la VHF et reliée à différents équipements (FMS, CDU...).

A la même époque, le Mode S commençait à être expérimenté en Europe et les Etats Unis passaient leur commande de 137 stations. L'utilisation de la liaison de données correspondante apparaissait orientée "contrôle du trafic aérien" grâce au recueil de données de bord. Le data Link Mode S nécessitait à bord de l'avion la présence d'un processeur de liaison de données embarqué (ADLP) en amont du transpondeur Mode S.

Enfin, l'utilisation des satellites était envisagée pour l'ADS (Automatique Dépendent Surveillance [note 1]) et les communications à haut débit. La liaison de données correspondante nécessitait l'installation d'une boîte appelée Satellite Data Unit ou SDU.

1.5.1.2 Le processor commun de Data Link.

Vu côté avion, il apparaissait que trois matériels différents allaient être installés pour utiliser de manière indépendante trois liaisons de données dédiées chacune à un certain type de communication. Malgré l'aspect spécifique de chacun de ces media, une certaine propension à leur emploi d'une manière qui fût interoperable en vint à se manifester. Toujours côté bord, l'idée vint en 1987 de regrouper les trois accès aux différents data links sous la gestion d'un même élément appelé Common Data Link Processor. Ce dernier était une sorte de nœud de communication par lequel devaient transiter tous les messages air-sol. Dans un sens, il recueillait les données provenant du sol par l'un des 3 data links et les aiguillait vers le bon correspondant à bord. Dans l'autre sens, il choisissait par quel Datalink un message destiné au sol et issu d'une application bord devait être transmis.

Ceci ne pouvait se réaliser que s'il existait un découpage fonctionnel hiérarchique et une entrée/sortie relativement normalisée dans les trois types de liaison de données puisque le Common Data Link Processor était censé faire l'interface entre MU, ADLP et SDU d'un côté et les applications bord de l'autre. En 1987, le seul système qui fût déjà normalisé et en fonctionnement opérationnel, l'ACARS, ne répondait pas du tout à ces principes; en effet, la MU était directement connectée aux applications et dialoguait avec eux d'une manière spécifique.

1.5.1.3 Le Modèle ISO-OSI.

Ce fut en 1987 que le SICASP adopta l'idée d'utiliser le modèle d'Interconnexion des Systèmes Ouverts (ISO ou OSI selon la langue) issu des travaux sur les communications numériques de l'International Standardization Office (ISO) pour les communications aéronautiques. Le modèle ISO-OSI répartissait les fonctions de télématique en 7 niveaux (ou couches) de responsabilité fonctionnelle et offrait un excellent canevas pour la normalisation des différents data links, et leur emploi complémentaire. Il permettait de fixer les limites des différents systèmes de bord en termes de couches ou sous-couche. L'avantage du modèle ISO-OSI était aussi d'être déjà validé. L'ARInc décidait alors de faire évoluer l'ACARS vers l'OSI (la MU perdant son niveau quasi-applicatif).

Dans cette optique, le Common Data Link Processor se retrouvait juste au dessus des trois data links VHF, Mode S et satellite. La MU, l'ADLP et le SDU devaient dès lors se comporter comme des points d'accès à des réseaux à commutation par paquets. La liaison RF

était cachée par une interface standard avec le Common DLP qui lui-même cachait à l'utilisateur bord quel moyen de communication air-sol était utilisé en définitive. Dans ce cadre, le Common DLP se situait au niveau inter-réseaux (sous-couche 3c).

1.5.1.4 Le routeur du DLP commun.

Côté sol, cela avait des implications : un message transmis par le Common DLP à l'un des 3 data links à bord - par exemple le Mode S - se retrouvait au sol en sortie du "monde" Mode S - en l'occurrence le Ground Data Link Processor (GDLP) - et devait alors être transmis à son destinataire sol via un réseau sol par exemple. Là encore, cette sortie du "monde" Mode S - ou de la VHF, ou des satellites - devait présenter la façade normalisée d'un nœud d'un réseau à commutation par paquets.

En fait, une communication aéronautique devenait le transfert de données via différents réseaux - dont l'un devait cacher une liaison air-sol - jusqu'à atteindre l'utilisateur final. Tous ces réseaux - ou sous-réseaux - étaient interconnectés par des passerelles qui se comportaient pour eux comme de simples abonnés mais qui avaient en fait une vue globale des utilisateurs des communications aéronautiques. Ils se transmettaient donc des données de l'un à l'autre "par dessus les sous-réseaux" jusqu'au destinataire. Ces passerelles prirent le nom de routeurs. En particulier, le Common DLP devenait un routeur, effectuant la passerelle entre les 3 sous-réseaux air_sol et le réseau avionique bord (il perdait donc lui aussi la possibilité de dialoguer directement avec les applications bord). Avec les routeurs, l'ATN était né.

1.5.2 Le modèle de l'ATN.

1.5.2.1 L'adressage.

Initialement, le problème était de permettre les communications entre deux utilisateurs dont l'un était au sol et l'autre à bord d'un avion, en utilisant au passage des réseaux sol, air-sol et bord reliés entre eux (interconnectés) par des passerelles appelées "routeurs". En fait, rien n'empêche deux utilisateurs sol de communiquer par l'ATN.

Le fonctionnement de l'ATN se base sur un plan d'adressage universel, c'est à dire de correspondance utilisateur/adresse qui soit non ambigu. Dans le modèle ISO, les applications terminales (end-users) sont situées dans des appareils possédant les sept couches de l'OSI et appelées "hôtes". La difficulté majeure de l'ATN est de savoir à quel hôte - c'est à dire quelle machine physique - il faut apporter les données transportées. En fait, celui-ci est identifié par

le point d'accès au service réseau ou NSAP (Network Service Access Point) qui est le point par lequel la couche transport (niveau 4) accède aux services de la couche réseau (niveau 3). Le NSAP n'est présent que dans les hôtes parce que les passerelles intermédiaires ne possèdent pas la couche transport (du moins dans la logique de l'ATN parce que l'OSI le permet).

Le NSAP est donc l'adresse universelle dans le plan d'adressage de l'ATN. Elle se compose d'une dizaine de champs rangés dans un ordre hiérarchique (on peut faire la comparaison avec un numéro de téléphone qui comprend l'indicatif du pays, puis de la région et enfin le numéro local).

Cette adresse est comprise par les routeurs mais pas par les sous-réseaux intermédiaires qui gardent leur propre plan d'adressage interne. Quand un routeur envoie un paquet de données à un autre routeur connecté au même sous-réseau que lui, il doit fournir au noeud auquel il est raccordé l'adresse de l'autre routeur en tant qu'abonné au sous-réseau. C'est ce qu'on appelle le point d'attachement au sous-réseau ou SNPA (Sub Network Point of Attachment).

1.5.2.2 Les routeurs.

Comme leur nom l'indique, les routeurs font du routage. Comme les nœuds d'un réseau effectuent du routage interne entre eux, les routeurs le font au niveau inter-réseaux, c'est à dire qu'ils déterminent pour un paquet de données à quel routeur - voire hôte si l'on est arrivé au bout - il faut le transmettre pour l'envoyer dans la direction du destinataire, et quel est le sous-réseau à employer pour joindre cet autre routeur. Un routeur connaît donc la direction à emprunter pour joindre n'importe quel abonné de l'ATN. En quelque sorte, les routeurs sont les bornes de l'ATN.

Lorsqu'il a déterminé à quel autre routeur envoyer un paquet (à partir du NSAP du destinataire), le routeur effectue le transfert, opération qui porte le nom de *relais* (quelquefois confondu - à tort - avec le routage, lequel ne concerne que la détermination du bon chemin).

Enfin, les routeurs communiquent de l'un à l'autre par un protocole normalisé de l'OSI: l'Internet Protocol (IP). Ce protocole est orienté sans connexion de bout en bout, c'est à dire qu'au niveau couche réseau (3), il n'y a pas de connexion entre utilisateurs terminaux. C'est au niveau transport (4) qu'il doit y en avoir une.

1.5.3 Les sous-réseaux.

Si les routeurs sont les nœuds de l'ATN, les sous-réseaux en sont en quelque sorte les lignes. Ils sont en effet utilisés par les routeurs adjacents pour se relayer les paquets de données.

Le protocole de commutation interne utilisé par le sous-réseau n'importe pas : ce qu'il faut, c'est que le protocole de raccordement soit normalisé OSI, au niveau accès sous-réseau (sous-couche 3a). De même, il peut y avoir ou pas de " circuit virtuel " (notion CCITT pour les connexions de niveau réseau) établi entre abonnés (mode connecté ou datagrammes), la cohérence entre le protocole d'accès et celui de l'inter-réseaux étant assurée par la fonction de convergence (sous-couche 3b).

Il existe trois types de sous-réseaux : ceux qui sont au sol, ceux qui sont à bord et ceux qui ont une double composante air-sol. Les deux premiers ne posent aucun problème en ce qu'ils sont constamment reliés aux mêmes routeurs, et leurs abonnés ATN directs sont toujours les mêmes. En revanche, les sous-réseaux air-sol présentent cette particularité de se déformer, voire de s'éclater totalement au fur et à mesure que les avions bougent. Un sous-réseau air-sol est une entité éphémère créée par la mise en contact opportune d'éléments sol et bord ne composant chacun que la moitié de la chaîne de transmission.

Par exemple, un sous-réseau Mode S comprend côté sol un GDLP et les stations qui lui sont reliées et, côté bord, les transpondeurs en contact avec l'une de ces stations-là, et les ADLPs correspondants. GDLP et ADLPs sont les points d'entrée dans le sous-réseau.

Quand un avion quitte la zone de responsabilité data link des stations reliées au GDLP d'un sous-réseau, son transpondeur et son ADLP se "raccrochent" à un autre sous-réseau, tandis que le précédent perd un point d'entrée bord (c'est comme si l'on avait coupé une ligne dans un réseau sol et isolé l'un des commutateurs).

Cette mobilité non seulement des abonnés mais également des parties de sous-réseaux a une répercussion non négligeable sur le routage inter-réseaux qui doit être dynamique. En effet, les routeurs bord ne sont pas accessibles par le même sous-réseau air-sol tout au long du vol, et donc les utilisateurs bord non plus. Il en résulte que les routeurs, bord ou sol s'échangent en permanence des informations de routage qui les renseignent sur la topologie globale de l'ATN (par quel routeur puis-je accéder à tel abonné ?). Selon le degré de connaissance sur l'état de l'ATN à un moment donné, les routeurs peuvent être classés en deux

catégories, qui correspondent au cloisonnement de l'ATN en domaines. Certains routeurs ne voient pas au-delà de leur domaine (qui peut correspondre au "monde" de l'aviation civile par exemple), tandis que les autres peuvent relayer au-delà.

1.6 Conclusion.

Dans ce chapitre nous présentés les différents techniques de télécommunication en aéronautique, comme la subdivision de la plage de fréquence, l'espacement de ces fréquences, les différents modèles d'antennes et enfin les réseaux aéronautiques.

Jusqu'au présent, les systèmes avioniques d'Airbus sont composés d'un ensemble d'équipements numériques reliés par des bus mono émetteur. Chacun de ces équipements est dédié à la fonction qu'il implante, c'est-à-dire il a tout un dispositif (antenne, afficheur,..) pour fournir les informations utiles à l'équipage et donc au personnel sol.



Chapitre II

Description du système ACARS

2.1 Généralités.

L'A.C.A.R.S étant un système de communication par ordinateur qui permet l'échange direct, facile et en temps réel des données entre les avions commerciaux et un réseau de stations au sol vers la tour de contrôle a travers un lien VHF ou par satellite (système SATCOM) voire figure 2.1.

Le système sert avant tout comme un service (courrier ou communication électronique) entre les stations de contrôle de la navigation aérienne et l'équipage.

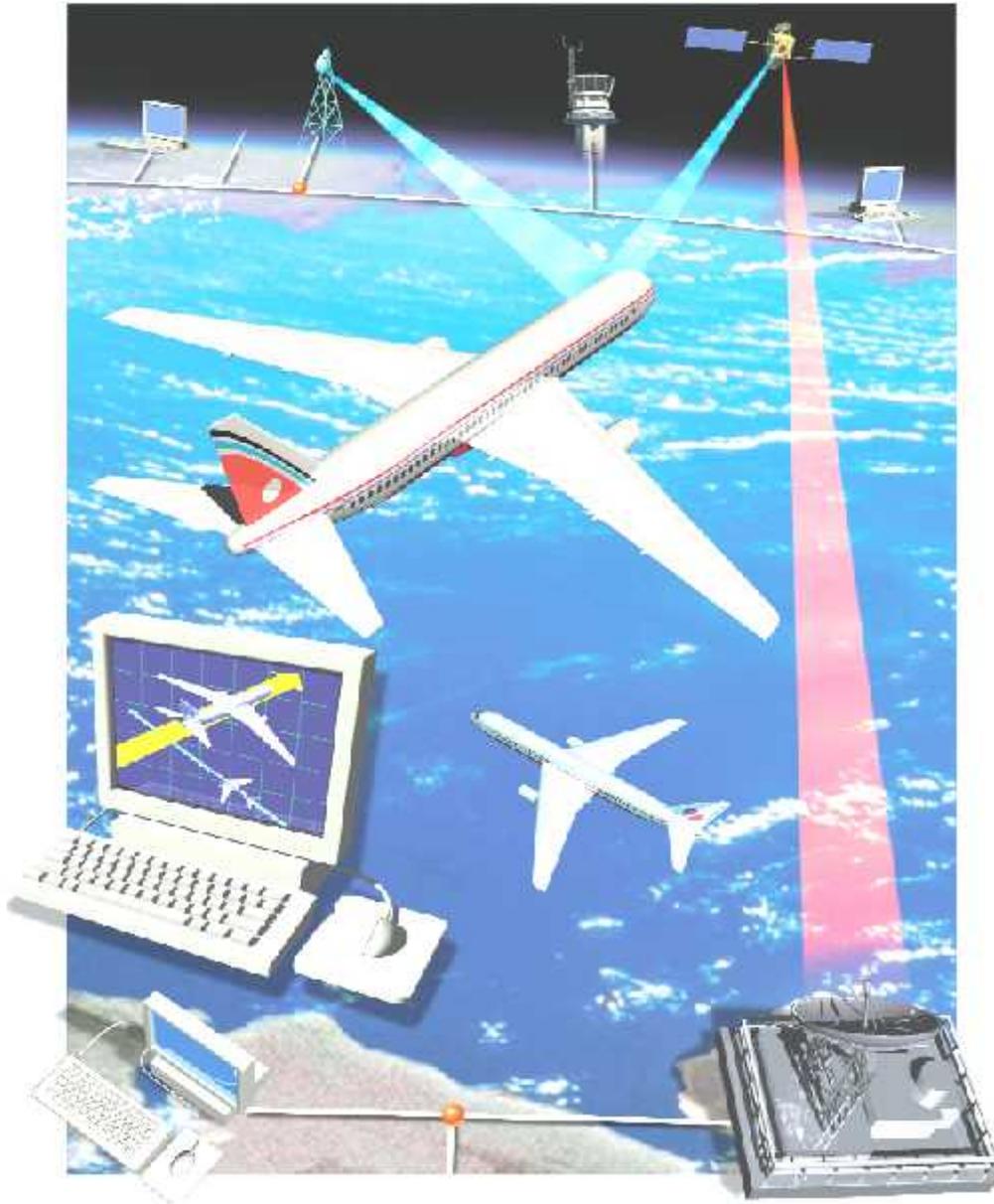


Figure 2.1 : Communication à travers un réseau ATN.

Le protocole de communication a été conçu par la société ARINC (Aeronautical Radio INCorprited), qui utilisait au début des formats de télex puis il a été remplacé par le protocole de réseau de télécommunication aéronautique nommée ATN (Aeronautical Telecommunications Network).

2.2 Historique de l'ACARS.

Avant l'apparition du système, toutes les communications entre l'avion (C'est à dire, l'équipage de conduite) et le personnel au sol étaient réalisées par l'utilisation des communications vocales. En 1978, la société ARINC a présenté ACARS qui est un système de liaison de données (datalink) qui permet aux stations au sol (aéroports, bases d'entretien des avions, etc...) et les avions commerciaux de communiquer sans voix, mais en utilisent les données.

Dans de nombreux cas, l'information de communication demande une information vocale ce qui implique des opérateurs radio, et une information des messages de type numériques. Avec le développement des techniques digitales on a pu concevoir un système qui améliore l'ancien système et cela à travers un réseau ATN. Ainsi dans le souci de réduire l'effort de charge de travail de l'équipage et d'améliorer l'intégrité des données. Dans les années 80s, les compagnies aériennes utilisent de plus en plus le système ACARS qui n'a commencé à obtenir une utilisation généralisée par les grandes compagnies aériennes qu'après la fin des années 80s. Comme le montre la figure 2.1, le système ACARS établit une liaison permanente entre le personnel navigant, et le personnel sol à travers une station sol.

Cette communication utilise des postes radio de type VHF ou HF, puis au début des années 90s, elle été renforcée par la communication par satellite (SATCOM).

Enfin, ce système connu sous le nom de ACARS peut également porter un autre nom en fonction de la région du monde et on pourra entendre ainsi parler de AIRCOM en Europe.

2.3 OBJECTIF de l'ACARS.

Le système ACARS est un système de transmission aéroporté permettant de dialoguer entre les services de contrôle de la navigation aérienne et l'équipage en utilisant un réseau de communication Air /Sol (ATN), Le système assurant une transmission automatique de certains rapports pour des divers utilités. Cependant, cet instrument peut avoir d'autres utilités.

En effet, il peut être employé pour :

✚ Les opérations de maintenance: l'ACARS est surtout consacré à la maintenance par ce qu'il assure la surveillance des paramètres moteurs et prévision de la maintenance à effectuer avant que l'appareil atterrisse, et cela a partir d'un ordinateur situé au laboratoire sol, voire figure 2.3.

✚ Les opérations de suivie de vol : notre système assure la réception des bulletins météo sur demande, de compte rendu de position, d'informations de régulation de trafic et de clairance du contrôle, et tous sa nommée les opérations de suivie de vol.

✚ Le suivi commercial : les avertissements des passagers en cas de retard prévu, de changement de destination ou de tous autres problèmes plus précis.

✚ Les opérations de gestion : de même il peut effectuer le contrôle et la gestion des systèmes avioniques.

Comme nous l'avons dit, ces informations sont envoyées sous forme de télégramme dont nous pouvons voir un extrait ci-dessous, voire figure 2.2.



Figure.2.2 : Affichage des informations de l'ACARS.

Le choix des applications de l'ACARS et la définition des programmes opérationnelles est sous la responsabilité des compagnies aériennes car il demande une forte qualification du personnel au système. La liaison utilisée ressemble à un courrier électronique des données entre l'avion et les opérateurs sol à travers les stations au sol.

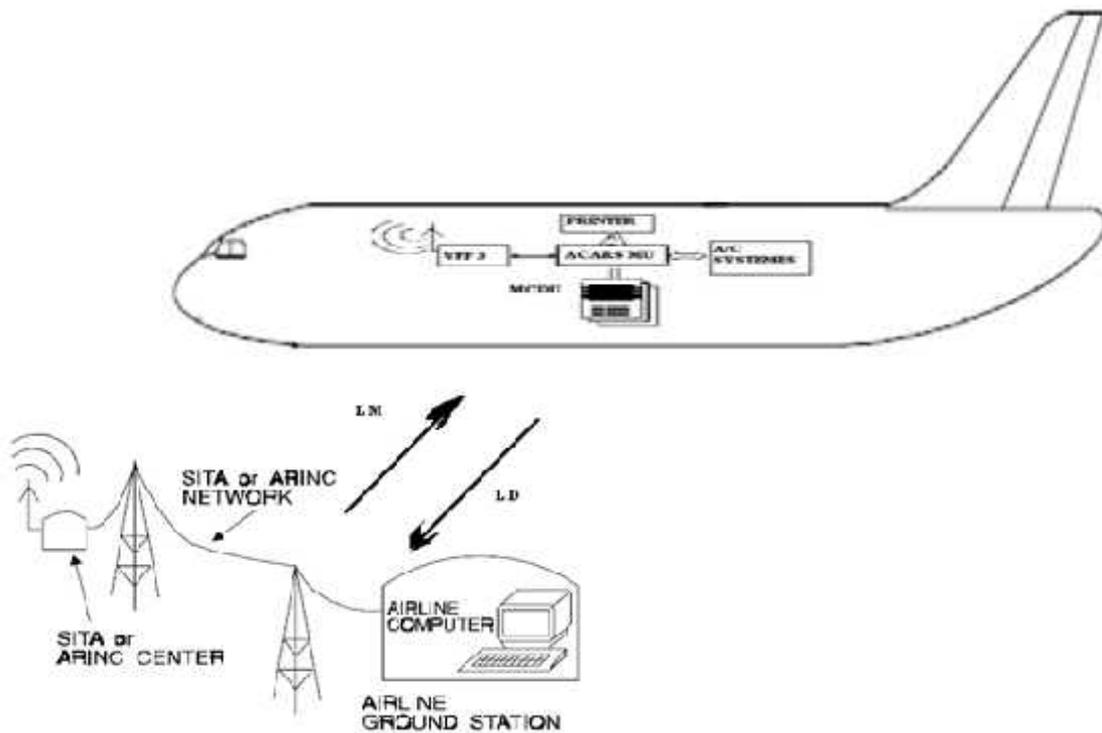


Figure.2.3: Synoptique du système ACARS.

L'avion communique avec les tours de contrôle aériens, via les réseaux au sol comme le montre la figure 2.3. Jusqu'à présent il existe dans le monde quatre types de réseaux qui permettent d'effectuer une communication entre l'avion et le personnel sol. Ces quatre réseaux sont :

- ARINC aux Etats-Unis.
- CANADIEN au Canada.
- JAPONAIS au Japon.
- SITA dans les autres régions.

Ainsi tous les stations sol sont compatibles entre eux, et pouvant inter changer les données.

2.4. Principe de fonctionnement de système ACARS.

2.4.1 Introduction

Comme nous l'avons vu précédemment, cet équipement relativement récent permet d'alléger la charge de travail de l'équipage en assurant une transmission automatique de certaines informations sur la situation de l'appareil à des moments prédéterminés du vol entre l'appareil en vol et les équipes de contrôles au sol.

Ces messages prennent la forme des rapports qui jouent un rôle important dans l'aéronautique.

Ils existent deux types de liaisons dans cette communication :

- Liaisons Descendantes (LD).
- Liaisons Montantes (LM).

2.4.1.1 Liaisons descendantes.

Tous les messages envoyés par l'avion aux stations, sont appelés liaisons descendantes (LD) ou « downlink ». Si le système estime nécessaire de transmettre un message concernant un de ces systèmes, il le fera automatiquement sans passer par l'intermédiaire des pilotes et du MCDU.

Les messages « downlink » présentent généralement des :

- Rappports de départ et d'arrivée (aéroport de départ et aéroport de destination).
- Rappports de Carburant /la position (niveau de carburent c.-à-d.carburant nécessaire pour effectuer le voyage, ...).
- Rappports d'incident de moteur ou d'unité de puissance auxiliaire (APU).
- Messages en temps réel d'échec et avertissements d'ECAM.
- Paramètres de vérification des systèmes avionique (données de BITE).
- Rappports de résultats de surveillant en vol.
- Rappports d'entretien automatiques (ex : de système OMS,...).
- Rappports de modification en vol de F-PLN au niveau du MCDU,
- Etc.

Par exemple, et d'après la figure 2.4, la page « F-PLN » est une page riche en information, car si on appuie sur le bouton correspond: **F-PLN** Il apparaît : Page INIT

Qui est une page qui nous renseigne sur la gestion du vol, on y trouve :

- Les codes des aéroports de départ.
- Les codes de l'aéroport de destination.
- Les paramètres horizontaux représentent le cap.
- Les paramètres verticaux correspondent à l'altitude et à la vitesse.



Figure 2.4: Affichage de la page initiale du MCDU (données FMS).

2.4.1.2 Liaisons Montantes.

Tous les messages envoyés par les stations ARINC, SITA ou INMARSAT à l'avion sont appelés liaisons montantes ou « uplink ». Dans ce cas, un périphérique va réceptionner le message et le transmettre à un écran de visualisation ou d'une imprimante. Si l'équipage décide d'envoyer un message au contrôle, il pourra le faire à l'aide du clavier alphanumérique du MCDU.

Et les messages transmis en « uplink » sont généralement:

- 📄 Rapport de temps, (le temps nécessaire pour effectué le vol entre l'aéroport A et l'aéroport B).
- 📄 Messages opérationnels (texte libre / composé) affichés au niveau de l'MCDU.
- 📄 Rapport contienne les données d'initialisation de décollage et données de vent, etc.
- 📄 Rapports des informations météorologiques.

2.4.2 Constitution du système ACARS.

Le dispositif ACARS étant basé sur une communication bilatérale est donc constitué de deux segments appelés « segment Sol » qui représenté les systèmes aux sol ou l'infrastructure sol et le sous-ensemble à bord de l'avion nommé « segment Air ». Bien évidemment, ce système nécessite des installations embarquées et des réseaux au sol particulièrement complexes dont nous allons ici énumérer.

D'prés la figure 2.5, on voir que notre système ACARS est reliée à :

- L'avion.
- Les Station Satellite.
- Les antennes VHF ou HF.
- L'établissement de contrôle de la circulation aérienne (ATC).
- La tour de contrôle.

Cette architecture permet aussi au personnel sol de commander, de surveiller le comportement de l'avion en vol.

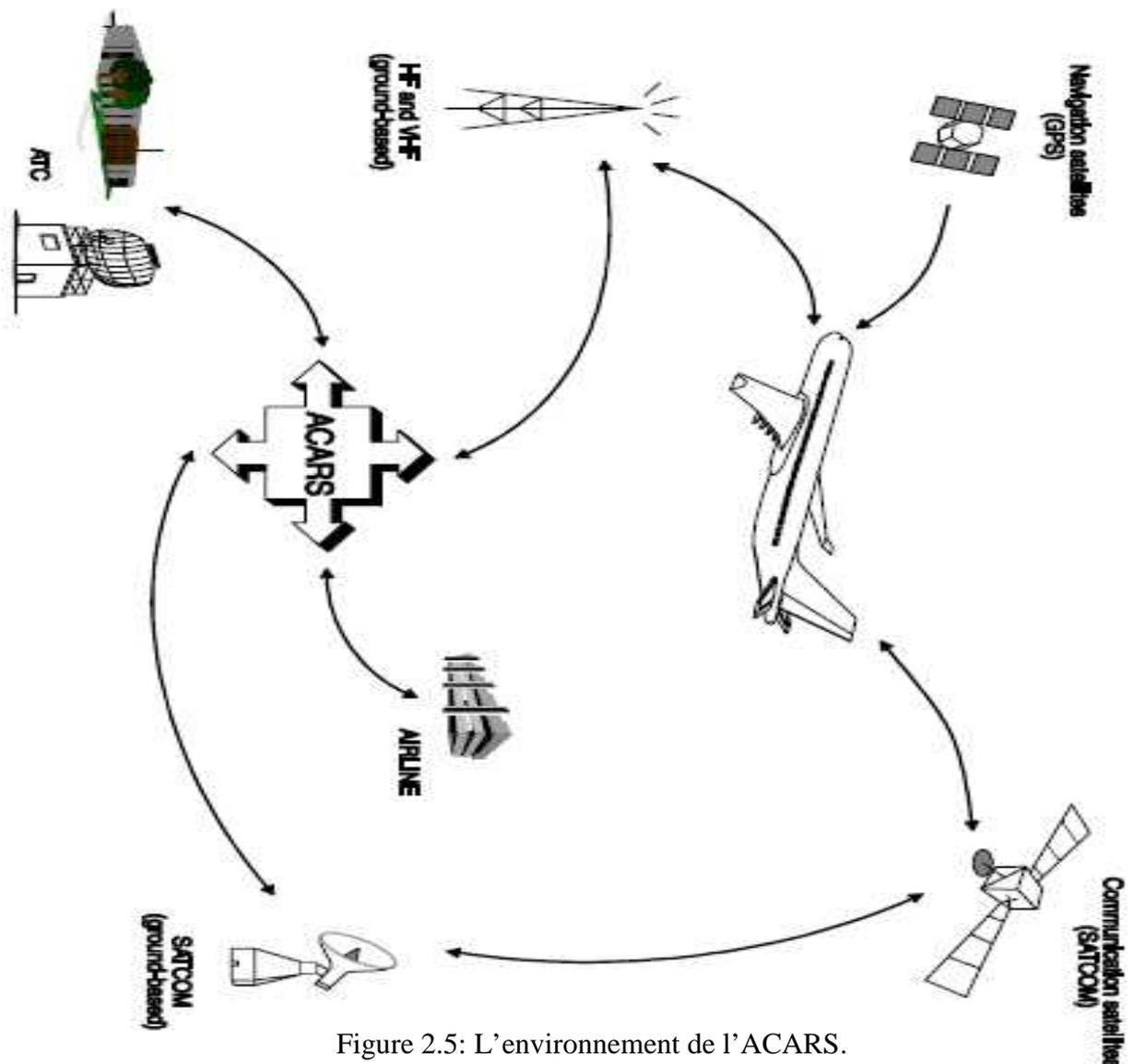


Figure 2.5: L'environnement de l'ACARS.

2.4.2.1 Le segment sol.

En ce qui concerne le segment sol, il s'agit d'un réseau de transmission télégraphique. Donc sur le terrain et d'après la figure 2.5, le réseau sol est constitué des stations satellite GES et des stations VHF connues sous le nom de RGS pour (Remote Ground Station) comme le montre sur la figure 2.6, qui reçoit ou transmet les messages de données, ainsi que leur itinéraire à diverses compagnies aériennes sur le réseau. Ces stations sont reliées à une station centrale appelée ASP (Aircom Service Processeur).

La figure 2.6 représente une image d'une station ACARS (RGS) utilisée dans la communication pour recevoir les données de l'avion (les liaisons descendante), et émettre les liaisons montant).

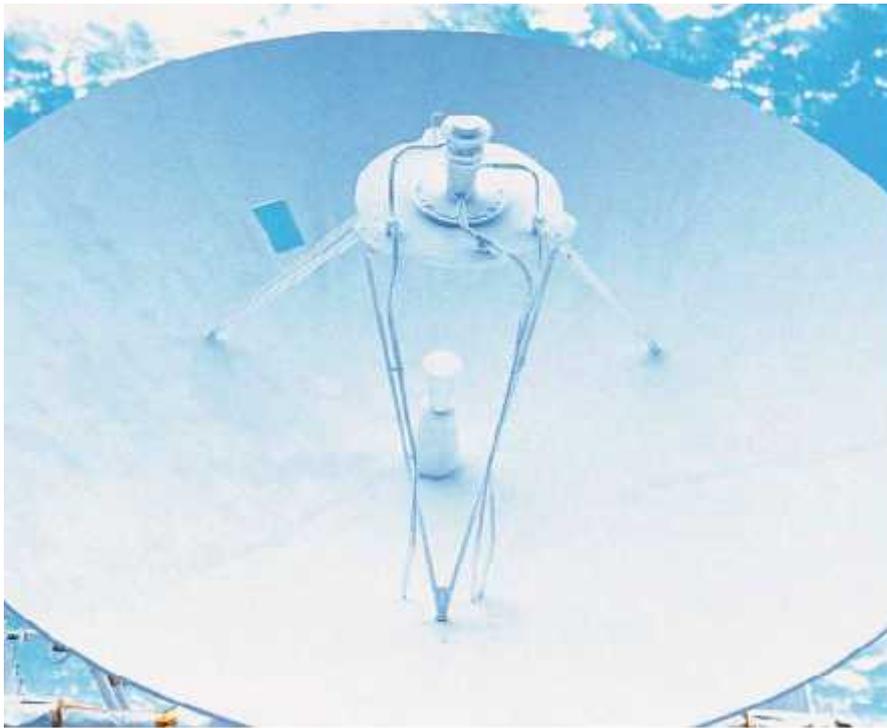


Figure 2.6: Une station ACARS.

Ainsi, lors de la transmission d'un message vers le sol, l'unité de gestion de l'ACARS va sélectionner la fréquence appropriée de la station RGS en fonction de sa position et va lui transmettre le message. Donc la RGS qui reçoit le signal le plus fort envoie un accusé de réception sous la forme d'une liaison montante.

Cette dernière va convertir l'information en données télégraphiques et les envoyer au calculateur central (1) qui va à son tour les communiquer à la compagnie, cela les services de contrôle de la navigation aérienne utilisent ces messages lisibles pour les différentes opérations.

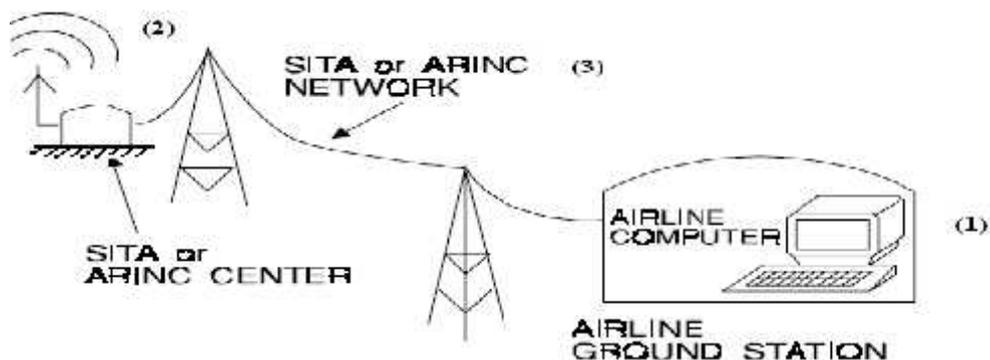


Figure 2.7: Synoptique de la station sol de type ACARS.

Enfin, comme nous l'avons dit précédemment, certains appareils peuvent utiliser la liaison satellite afin de communiquer avec les stations sol. Dans ce cas, une station appelée GES pour (Ground Earth Station) réceptionne les informations et les transmet à la station principale ASP, figure 2.7.

Donc la station principale ASP peut recevoir des messages en (LD) viennent de station RGS ou de GES, et de même pour l'émission.

De la figure 2.8, les stations au sol transmettent de partie (2) à l'avion un code sélectif d'appel, par l'intermédiaire des stations RGS en utilisant le système SELCAL qui fournit des indications auditives et visuelles des appels reçus des stations au sol équipées d'un dispositif de codage. Les systèmes de communication utilisés pour la réception de SELCAL, sont: VHF1, VHF2, VHF3, HF1 et HF2. Le panneau de code de SELCAL est employé pour fournir à l'AMU (1) le code de SELCAL consacré à l'avion.

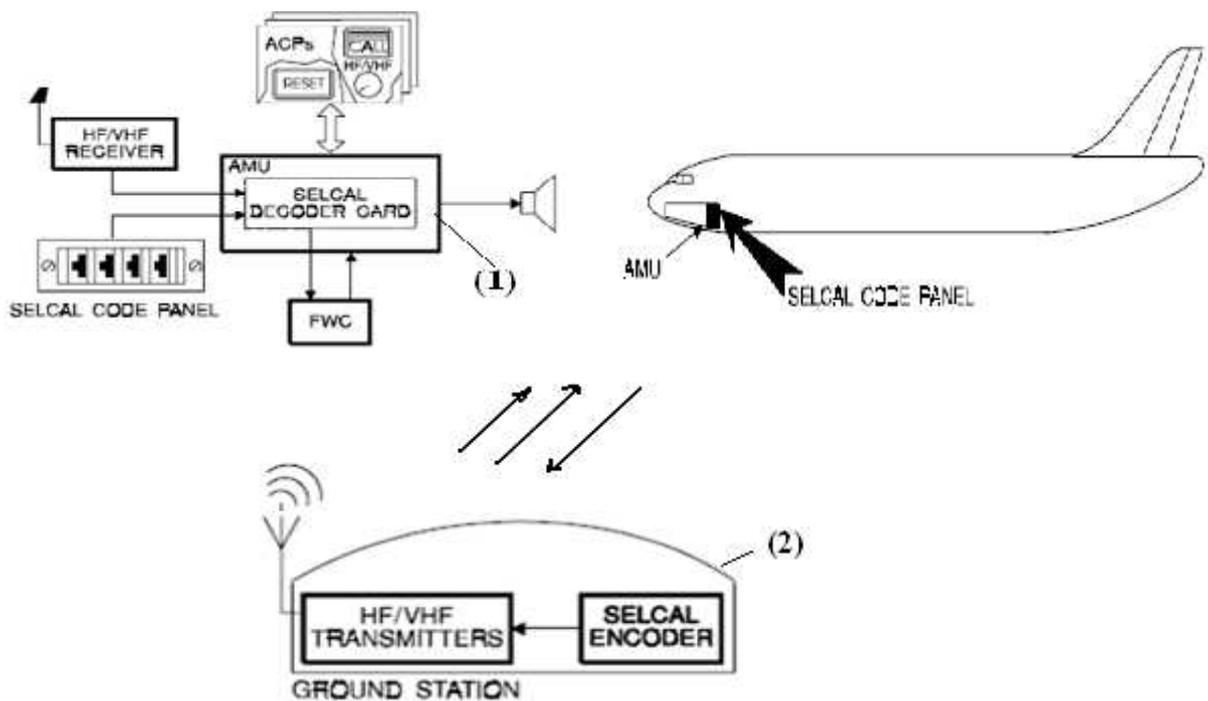


Figure 2.8: Les stations au sol (RGS) et le sous-réseau VHF.

1- Le Sous-réseau VHF.

Un réseau de radio VHF aux stations sol comme le montre la figure 2.8, la zone (2) assure que les aéronefs peuvent communiquer avec les systèmes au sol en temps réel pratiquement à partir de n'importe où dans le monde. La communication VHF est une ligne de visée, et prévoit la communication avec les émetteurs au sol (souvent dénommé des stations à distance au sol ou RGS). La gamme typique dépend de l'altitude, avec une gamme de transmission de 200 milles commune aux des altitudes élevées. Ainsi, de communication VHF est applicable uniquement sur les régions qui ont un réseau terrestre VHF installé.

2- Gamme de fréquence de l'ACARS.

Le système ACARS fonctionne en VHF (118, 136 MHz : modulation d'amplitude AM), donc pour surveiller les transmissions de l'ACARS, en a besoin d'un module de balayage ou du récepteur de VHF capable d'accorder les fréquences de VHF de bande 118 à 136 MHz. de l'avion, sur les fréquences de base selon la région du monde où il se trouve.

En a des exemples définis sur le tableau :

Fréquence (MHz)	Pays
131.725	Channel Europe
131.525	secondaire Channel Europe
136.900	chaîne auxiliaire Europe
131.550	chaîne États-Unis + Canada
131.450	Channel principale Japon

Tableau 2.1: Fréquences des Stations VHF.

La figure suivant définit la couverture mondiale par l'ACARS.



Figure 2.9: La couverture mondiale par l'ACARS.

Tous les aéroports ont la possibilité d'opérer sur ces fréquences jusqu'à 300 km, puis passer en HF.

3- Les stations HF : Certaines stations terriennes HF avec leurs fréquences :

Station	Pays	fréquence (kHz) en mode USI	
S. Francisco	Californie	8.927	6.559
RAEYKJAVICK *	ISLANDE	8.977 6.	712 5.720
RIVERHEAD	NEW YORK	11.315	5.523
AUCKLAND	NEW ZÉLANDE	13.351	10.084
SHANNON E *	IRLAND	11.384	8.942
JOHANNESBURG	AFRIQUE DU SUD	21.949	8.834
MOSCOU	RUSSIE	13.321	10.087
Muharraq	Bahreïn	21.982	17.967

Tableau 2.2: Fréquences des Stations HF.

(*) Sont les stations terriennes au pôle nord.

2.4.2.2 Le segment Air.

1- L'architecture de l'ACARS.

L'installation de bord du système ACARS est constitué d'une avionique ordinateur appelée unité de gestion de l'ACARS (MU) et une CDU (control display unit) ou l'MCDU, le système fonction en utilisent l'émetteur / récepteur VHF qui relié via la technique de codage/décodage à un ordinateur qui est lui-même en liaison avec le FMS (Flight Management System), et la figure 2.10 représente une architecture typique pour l'avionique de l'ACARS connecté dans un avion.

Le segment Air est basé sur le principe de la propagation d'onde radioélectrique sur la gamme de fréquence VHF ou HF en cas de liaison directe et sur la bande de fréquence SHF dans le cas d'une liaison satellite.

D'après la figure 2.10, les organes qui reliée au l'unité MU sont:

- FWC: Flight Warning Computers (Calculateur de vol).
- RMP : Radio Management Panel (boîte de commande radio).
- SDAC : System Data Analog Computer (concentrateur de données).
- DMU : Data Management Unit (dispositif de traitement des données de vol).
- CMC : Central Maintenance Computer (calculateur de maintenance centralisée).

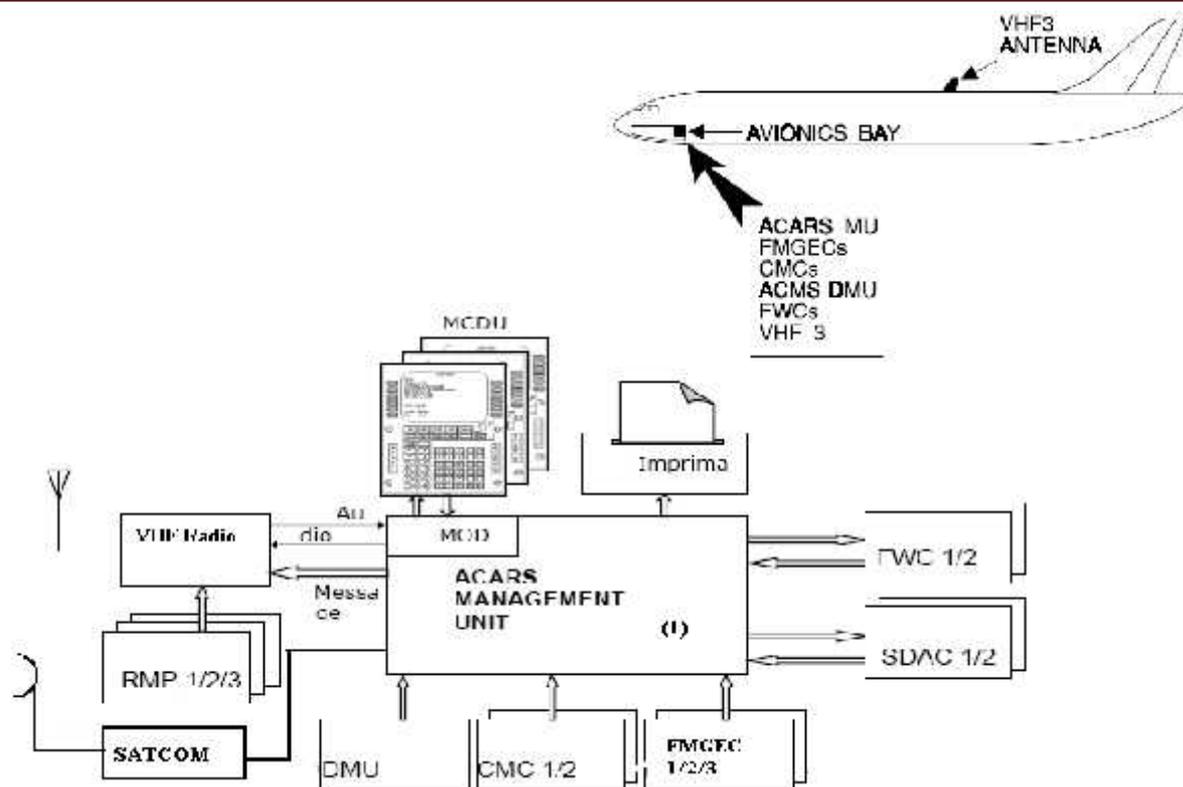


Figure. 2.10: L'architecture de l'avionique de l'ACARS dans un avion.

2- Fonctionnement de la partie avion.

Les informations de l'ACARS peuvent être affichées ou insérées au moyen du MCDU, organe de dialogue de l'équipage avec le FMS, ou par le terminal de cabine (un écran spécial consacré au DATA LINK sur lequel peut apparaître des messages écrits, des schémas ou des cartes, figure 2.2). Elles peuvent être mémorisées ou effacées et éventuellement imprimées.

D'après la figure 2.10, le principal composant du système d'échange de données techniques avion-sol en temps réel (ACARS) est le module de gestion des communications (1) ACARS MU (ou CMU). L'ACARS MU constitue, par l'intermédiaire de l'émetteur-récepteur VHF et du système SATCOM, l'interface d'émission et de réception des messages en liaisons montantes et descendantes. Le mode de transmission principal est le mode VHF. L'ACARS MU assure le contrôle du système de communication VHF en mode données ainsi que de la liaison des données du type SATCOM. L'ACARS MU passe automatiquement en mode SATCOM lorsque le mode VHF n'est plus disponible en raison de la saturation des stations au sol ou d'une couverture VHF insuffisante, puis revient automatiquement en VHF lorsque ce service est de nouveau disponible.

En l'absence de communication entre l'avion et une RGS pendant 10 minutes, L'ACARS MU envoie automatiquement en liaison descendante un message étiqueté « Q0 » appelé message de poursuite, permettant d'assurer le suivi du vol, qui n'est pas visible pour l'équipage.

3- Les systèmes de commande de l'ACARS sur l'Airbus A340.

D'après la figure 2.11, Les MCDUs gauches et droits sont situés sur la partie avant du boîtier de communication de l'A 340, de même pour l'avion A 330-200. Et l'imprimante est située dans le bon coin arrière du boîtier de la communication (pupitre).

On peut cependant rajouter que pour les appareils équipés de systèmes de transmission de satellite, il existe une unité appelée SDU pour "Satellite Data Unit" permettant d'assurer le transfert des informations. La portée limitée des liaisons VHF nécessite un système de relais au moyen de stations sol ou de satellites de télécommunications. Pour leurs besoins propres, les compagnies aériennes ont développé un réseau mondial (ATN) géré par la SITA (Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques), regroupant actuellement plus de 300 compagnies aériennes dans 170 pays.

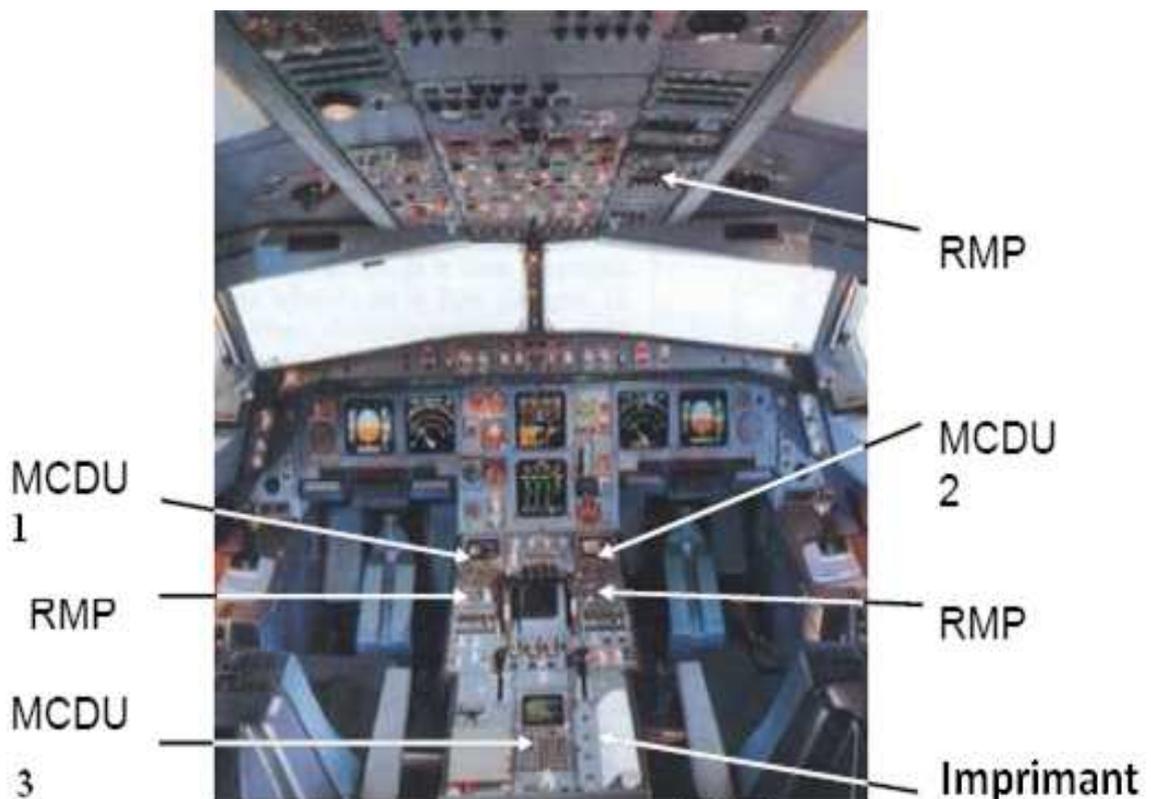


Figure 2.11: Localisation des organes de commande ACARS dans le poste de pilotage de l'Airbus A 340-600.

4- Le Cœur du système ACARS.

4-1 But de l'unité MU.

L'unité de gestion d'ACARS (MU) est le cœur du système de données ACARS. Elle prend le rôle de gérer toutes les tâches liées à l'ACARS, et peut gérer et contrôler à la fois l'émission et la réception des données par l'émetteur / récepteur VHF. Ces toutes les fonctions de l'ACARS peuvent être modifiées par la compagnie aérienne, par l'intermédiaire de leur unité de gestion de programmation MU.

La MU transmet des données sur les différents systèmes de l'avion par l'intermédiaire de ses deux bus de sortie (BUS 1, BUS 2), comme le montre sur la figure 3.1. Il reçoit les données des systèmes avioniques par leurs entrées générales des bus. L'ACARS MU est alimenté avec 115 VAC (Volt Alternatif Courant).

Les sélections de données à transmettre sont effectuées sur le MCDU, et les transferts de données sont faits par la MU. Les données, structurées selon des règles précises (les normes ARINC (Aeronautical Radio INCorporated)), sont transmises sur des fréquences VHF modulées en amplitude à 1200 Hz (l'alternance positive représente le bit "1", l'alternance négative représente le bit "0", le non changement de bit est signalé par une fréquence double, à 2400 Hz). Un modulateur convertit les états logiques en signaux audio pour la transmission.

4-2 Modes de fonctionnement du MU.

L'unité de gestion (MU) peut fonctionner selon deux modes, on distingue ainsi le mode « demande » et le mode « interrogatif ».

Le premier représente le mode normal d'utilisation. En effet, au moment où l'appareil décide d'envoyer un message, il va se mettre en écoute sur la fréquence et ne transmettre le message qu'à la condition que cette fréquence soit libre. Lorsque le message est envoyé, la station sol va envoyer un accusé de réception sous forme de liaison montante et le système embarqué va alors effacer ce message qu'il avait préalablement enregistré.

Le mode « interrogatif » représente le mode autonome du système. En effet, dans cette configuration, le système télégraphique sol va autoriser ou non la transmission des informations provenant des appareils afin d'éviter les interférences et les pertes de transmissions.

Le basculement du mode demande au mode interrogatif se fera de manière automatique lorsque l'appareil recevra un message en provenance du réseau sol.

4-3 Positionnement du MU.

En cas de défaillance de l'unité de gestion de l'ACARS, le constructeur définit pour les personnels de maintenance la position de la MU sur la soute électronique avec des références (FIN / ZONE), comme le montre sur la figure 2.12.

- Référence FIN / ZONE.

-FIN: 1RB1

- ZONE: 110

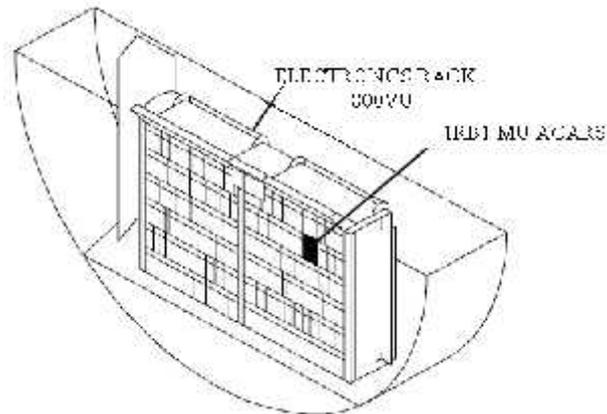


Figure 2.12: Positionnement du MU sur la soute électronique.

- Description du composant sur la MU :

D'après la figure 2.13 (même pour la figure 2.14), on voit les caractéristiques de face avant de l'unité MU.

- Et un bouton-poussoir (1) de réinitialisation.
- Une indication plaque (3).
- Une poignée.
- Deux Leeds de panne (2).

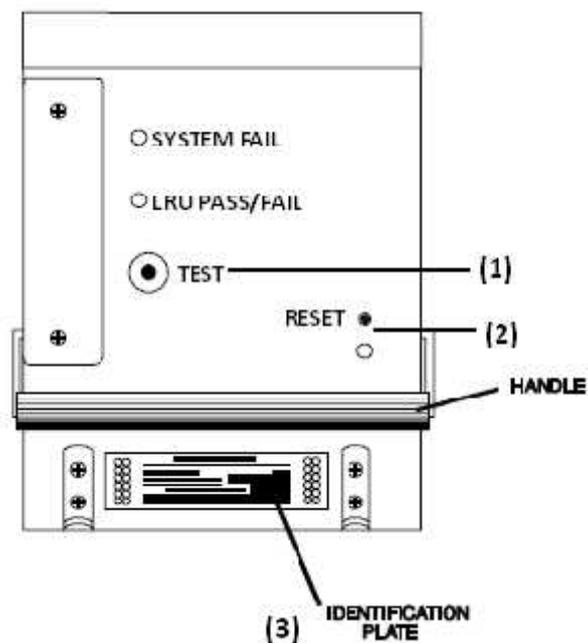


Figure 2.13: Face avant de l'unité MU.

2.5 Amélioration du système ACARS.

2.5.1 La dernière génération du MU.

La dernière génération de l'avionique de l'unité du système ACARS s'appelle l'unité de gestion de communication (CMU) et offre des possibilités additionnelles par rapport au MU.

Présentation du CMU.

Pour l'environnement de demain, la société Rockwell Collins a développé le dernier cri de l'unité de gestion de communication pour les opérations du système ACARS. En tant que plus nouveau membre de la ligne de la série 900 de Collins de l'avionique, le CMU-900 est le système le plus sophistiqué de système de transmission de données dans l'industrie. Sa nouvelle technologie numérique offre la gestion la plus rapidement intégrée de communication et la flexibilité et la croissance sans précédent.

La CMU-900 est la version d'ARINC 758 du couteau de système de transmission de données. Conforme avec ARINC 758, il a une ENTRÉE-Sortie: ARINC 429, fonction avec la fréquence VHF (mode audio: MSK).



Figure 2.14: L'équipement CMU-900.

2.5.2 Le système de gestion de vol FMS.

Le système de gestion de vol FMS (Flight Management System) est un ordinateur de bord. Il permet grâce notamment à une centrale inertielle couplée à un calculateur d'assister le pilote pendant le vol. Il lui fournit des renseignements sur le pilotage, la navigation, les estimées de, la consommation, etc.

Donc on peut dire qu'il permet de gérer un vol, on y rentre les aéroports de départ et d'arrivée, les pistes, les SID'S (Sudden Inospheric Distrubance), les STAR, les VIA ainsi que les compagnies aériennes.



Figure 2.15: L'organisation d'un vol entré dans le FMS.

Légende :

— : SID.

— : Croisière

— : Transition STAR, STAR, VIA, Approche (ordre des procédures correspondant au schéma).

Définitions : Transition SID : représenté le départe.

SID : STAR qui est l'aéroport de DE'PARTE et APPROCHE pour l'aéroport d'atterrissage.

VIA : représenté les routes de vol.

Le FMC (Flight Management Computer) est le principal composant du FMS, il traite les données captées par l'avion et celles entrées par le pilote.

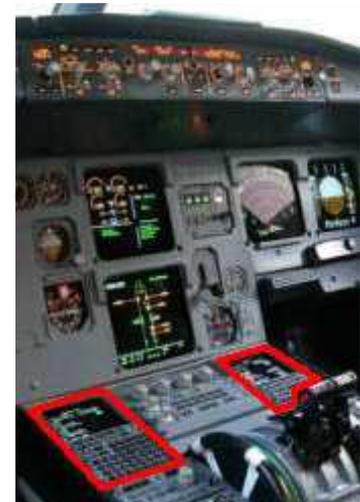
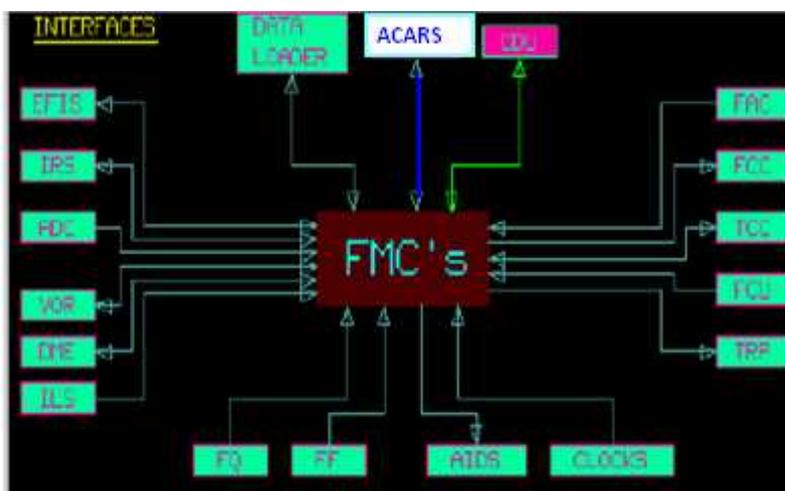


Figure 2.16: L'environnement de l'FMS et CDU.

Et d'après cette figure 2.16, on voit l'interfaçage du FMC avec l'ACARS et les différents systèmes avionique; ainsi que le positionnement de l'écran CDU qui est nommé aussi le MCDU (figure 2.17).

CDU (Control Display Unit)



Figure 2.17: L'équipement MCDU.

1- Interface de l'ACARS avec le Système de gestion de vol (FMS).

Au début des années 90s, une interface de données entre les MUs et les systèmes de gestion de vol (FMS) a été mise en place (figure 2.16).

Cette interface a permis à améliorer les plans de vol en liant les renseignements météorologiques envoyés à partir du sol à la MU. Cette caractéristique de compagnie aérienne a donné la capacité de mettre à jour le FMS en vol, et a permis à l'équipage d'évaluer de nouvelles conditions météorologiques, ou d'autres plans de vol.

2.5.3 Introduction des systèmes FDAMS / ACMS.

Il a été introduit au début des années 90s, c'est une interface entre les systèmes FDAMS / ACMS et l'unité de gestion de l'ACARS qui a abouti à gagner de données en plus ce qui fait une large acceptation par les compagnies aériennes.

Les systèmes FDAMS / ACMS qui analysent le moteur, les aéronefs et les conditions de performance opérationnelle, sont maintenant en mesure de fournir les données de performance pour les compagnies aériennes en temps réel en utilisant le réseau ACARS. Cela

a réduit la nécessité pour le personnel des compagnies aériennes pour aller à l'avion pour décharger les données de ces systèmes. Ces systèmes sont capables d'identifier les conditions de vol anormales de maintenance et l'envoi automatique des messages en temps réel à une compagnie aérienne. Des rapports détaillés de moteur pourraient également être transmise au sol par l'intermédiaire de l'ACARS. Les compagnies aériennes utilisent ces rapports à automatiser les activités de tendances du moteur. Cette capacité des compagnies aériennes a permis de mieux contrôler les performances du moteur et d'identifier les activités d'un plan de réparation et d'entretien.

En plus des interfaces de la FMS et de FDAMS, l'industrie a commencé à améliorer la maintenance informatique de bord (comme les avions A 340, A 330 et d'autre génération moderne) dans les années 90s pour assurer la transmission des informations relatives à l'entretien en temps réel par le système ACARS. Cela a permis aux personnels de maintenance de la compagnie aérienne de recevoir en temps réel les données associées à des défauts d'entretien sur l'appareil. Une fois couplé aux données de FDAMS, le personnel de maintenance d'avion peut maintenant commencer à planifier la réparation et la maintenance alors que l'avion est en vol.

2.6 Conclusion.

D'après ce chapitre, on voit l'importance du système ACARS pour alléger la charge de travail de l'équipage de bord ou de sol sur les opérations de maintenance, le suivie de vol, les suivies commerciaux et les transmissions de données, ainsi notre dispositif est basé sur une communication bilatérale est donc constitué de deux parties: «Segment Sol » qui contient les stations sol (RGS) de VHF ou de HF, les stations satellite (GES) et la station principale ASP qui permet de dirigée la réception ou l'émission à travers la GES ou la RGS, et le « Segment Air » représente la partie avion du système et leur cœur (MU) ; lorsque le message sera transmis du sol vers l'avion, il sera nommé « uplink » ou liaison montant (LM) et sera nommé « downlink » ou liaison descendant (LD) dans le cas d'un trajet avion sol.

Ceci a poussé les chercheurs à développer et améliorer la technologie de l'ACARS qui en introduisant la nouvelle génération nommée CMU et les interfaces avec les systèmes FMS et FDAMS / ACMS qui ont connu une amélioration à travers le système ACARS.



Chapitre III

**Interfaçage de l'ACARS avec les
systèmes avioniques**

3.1 Introduction

D'après leur nécessité sur les avions moderne, le système ACARS est obligé de connaître toutes les données aériennes afin de les transmettre au sol, donc il faut que ce système puisse réunir les données nécessaires des différents équipements. A cet effet on a résumé cet échange des informations à travers le schéma synoptique de la figure 3.1, et qui montre que l'ACARS joue un rôle de Moteur dans l'interfaçage. Ce dialogue est effectué par le bus ARINC 429 que nous allons détailler ultérieurement.

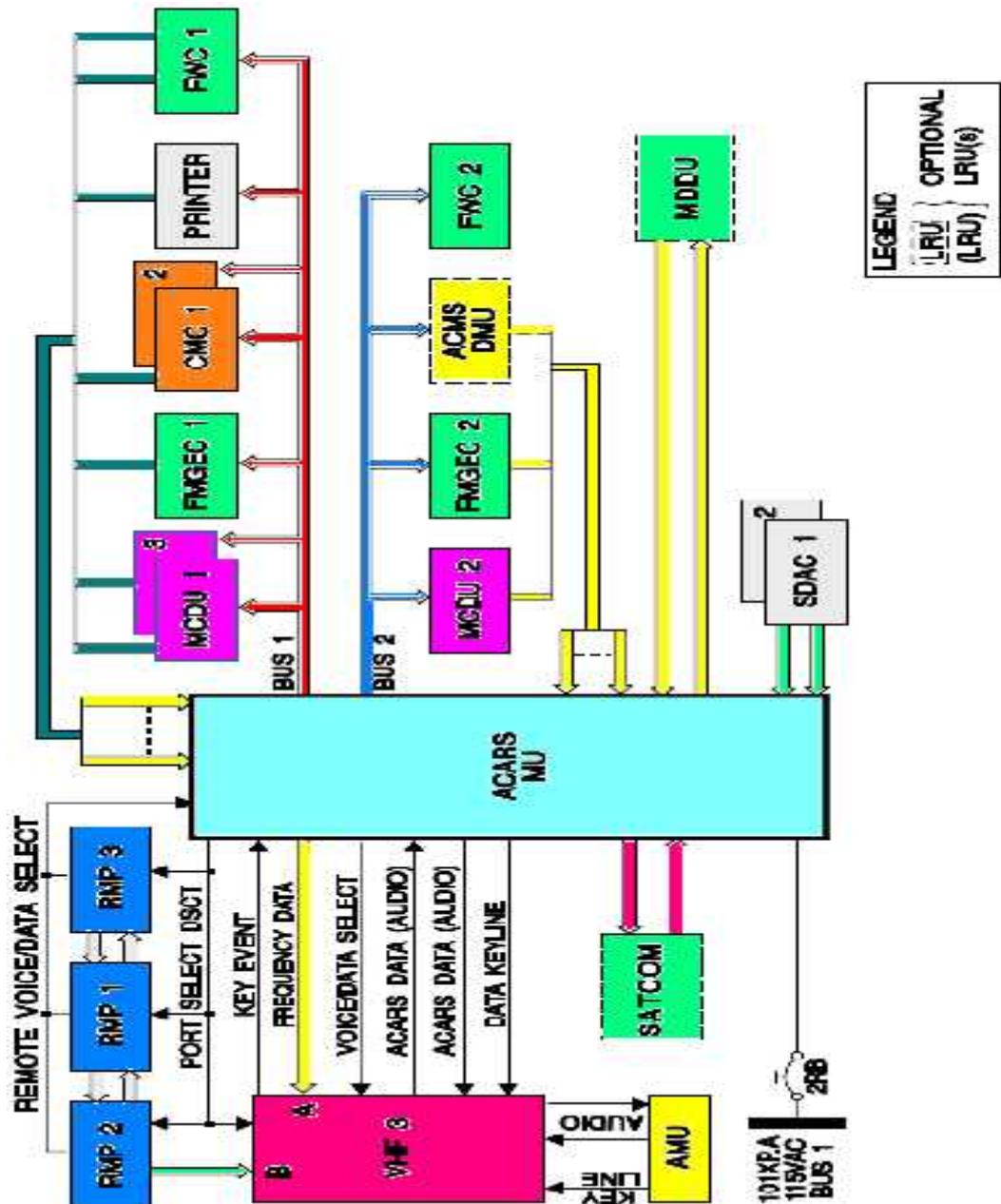


Figure 3.1: L'interfaçage du MU avec les différents équipements avioniques.

D'après la figure 3.1, les équipements les plus sollicités sont :

- Le système de gestion du vol le MCDU (Multipurpose Control and Display Units).
- L'ordinateur central de maintenance CMC (Central Maintenance Computer).
- L'ordinateur FMGEC : (Flight Management Guidance and Envelope Computers), et l'unité de gestion des données (DMU).
- Le Système de surveillance de l'état des équipements de bord ACMS (Aircraft Condition Monitoring System).
- L'imprimant.
- Les Calculateurs centraux d'alarme FWC/SDAC (System Data Acquisition Concentrators / sur les vols d'alerte: le Calculateur de vol FWC pour Flight Warning Computers).
- Le module MDDU (Multipurpose Disk Drive Unit).
- L'émetteur /récepteur VHF.
- Le système SATCOM.
- La boîte de commande radio RMP pour (Radio Management Panel).

Cela en peut donner une étude générale pour chacune des ces systèmes après en voir leur relation avec l'ACARS.

3.2 Les Unités multifonction de commande et de visualisation MCDU.

Le MCDU est un dispositif électronique, et d'après la figure 3.2 il se compose d'un écran cathodique (1) pour l'affichage des données, un clavier alphanumérique (2) et des touches de lignes (3) employées pour envoyer des commandes aux systèmes reliés (pour faire entrer les rapports composé par le pilote).

Si l'opérateur n'effectue aucune action pendant 10mn, l'ordinateur CMC, au lieu d'afficher l'écran courant, il affichera l'écran correspondant au niveau précédent.

L'utilisation de MCDU dépend en circuit:

- Les systèmes reliés.
- La priorité de chaque système (opération en vol ou entretien).

Pour notre étude qui concerne uniquement les avions Air bus A 340-600 ou A 330-200 de la compagnie Air Algérie on trouve trois MCDUs dans le cockpit, deux opposés utilisés en vol. D'après la figure 2.11, ils sont placés juste après le boîtier de télécommunication, et le troisième en dessous de ses derniers utilisés au sol.

Il est noté qu'on peut utiliser deux MCDUs seulement à la fois.



Figure 3.2: L'équipement MCDU.

3.2.1 L'affichage sur l'écran du MCDU.

Sur notre dispositif MCDU, le bouton de luminosité (BRT) permet l'ajustement de la luminosité de l'écran et le test d'alimentation et réinitialisation. Ainsi que l'état du page est le premier a présenté en alimentation, il est envoyé par le gestionnaire de vol (FM : Flight Management).

L'afficheur de l'MCDU contient 14 lignes, chacune possède 24 caractères. Permis ses 14 lignes, la ligne supérieure (ligne 01) est utilisée comme un titre de ligne ou à afficher les données pour la quelle l'utilisateur n'a pas accédé. Le bouton (scratch pad) ligne de brouillant, elle est utilisée pour changer les données dans la rubrique des données.

Les lignes 02 a13 sont des lignes de données arrangées en 06 pairs, chaque pair de ses lignes à une ligne d'étiquette (la ligne supérieur de ses deux lignes) et une ligne des données.

La ligne des données (3) est adjacente aux clés sélectives de ligne (les LSK), et la ligne d'étiquette (1) ou (2) est juste en dessus de la ligne des données. Les lignes paires sont référencées par les clés sélectives de ligne représentée sur la figure 3.3.

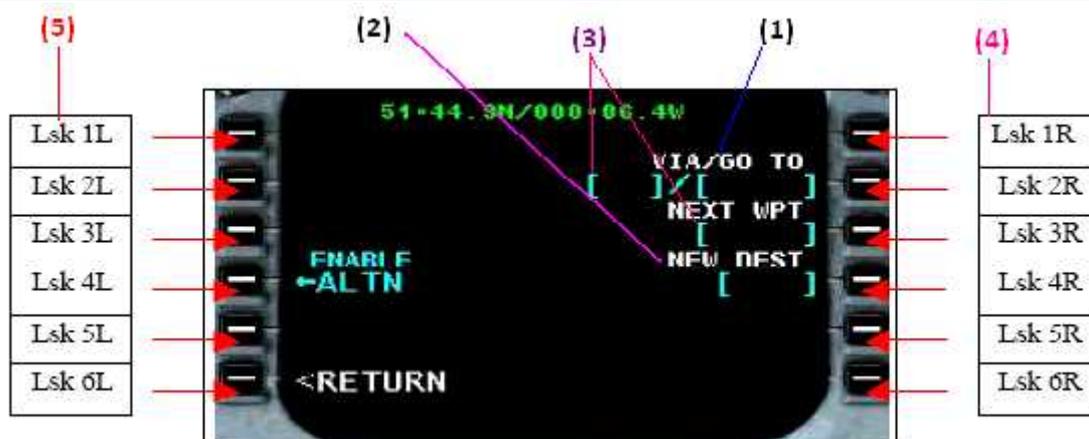


Figure 3.3: L'écriture des données sur l'écran MCDU et par les LSK.

3.2.1.1 Les clés sélectives de ligne LSK.

D'après la figure ce dessus, on peut définir que les LSK_s (clés sélectives de ligne) sont les petits boutons noirs (gauche et droite) permettant de saisir les données des rapports et de les inscrire à une ligne correspondant au LSK sélectionné. Il y en a en tout 12, les 6 de gauche (5) servant à remplir la partie gauche composée de 6 lignes, les 6 autres (4) de droite servant à remplir la partie droite affectée à son tour de 6 lignes.

Et par exemple si je souhaiterais inscrire un message qui contient l'information «A3/ELB» au niveau de ligne «VIA GO TO». Je vais alors me servir du clavier alphabétique et numérique afin d'écrire les données. Elles vont alors s'afficher au bas de l'écran à gauche, il me suffira alors de cliquer sur le LSK contigu à «VIA GO TO» (LSK 2 Right), afin que les données s'inscrivent à l'endroit désiré.

3.2.1.2 Code de couleurs.

Le code de couleurs permet de fournir l'information des données affichées sur l'écran pour être différencier pour faciliter la lecture des rapports par le pilote, ils sont spécifiés au mode (FM) : Flight Management.

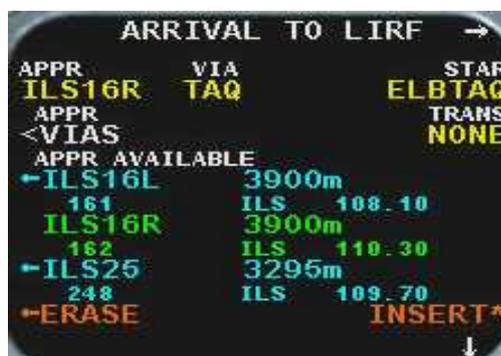


Figure 3.4: Représentation d'un exemple du code de couleurs.

🚦 D'après la figure 3.4, on voit que les titres, les commentaires, les tirets et les symboles sont en vert. mais dans un plan de vol temporaire, les mêmes données sont affichées en jaune jusqu'à ce qu'elles soient validées par une insertion.

🚦 Les données modifiables et les données sélectionnées sont affichées en BLUE CLAIR.

🚦 Obligatoirement, les boîtiers, les actions exigées du pilote et les messages importants sont affichés en orange.

🚦 Les données associées avec les contraintes du plan du vol sont indiquées en ROUGE BRIQUE.

3.2.2 Les alarmes.

Des différentes alarmes sont localisées, sur et devant le panneau supérieur.

Les alarmes du panneau supérieur sont :

- Les alarmes de pannes du FM (FM1 et FM2) [gestionnaire de vol] indiquent quand la panne du FM est acquise.
- L'alarme RDY (Ready) sera affichée quand le MCDU est en alimentation ou bien hors tension formée pour une longue durée ou le test de réinitialisation et le bouton BRT (Bright) est en position fermée.
- L'alarme IND (Indépendant) s'affiche quand le FM sélectionnée détecte une opération indépendante quand les deux FM (FM1 et FM2) sont valident.

Le MCDU permet le dialogue avec les composants des systèmes suivants :

- FMGEC (Flight Monitoring and Guidance Envelope Computer)
- ACARS (Aircraft Communication Addressing & reporting System).
- ACMS (Aircraft Conditioning Monitoring System).
- CMS (Central Maintenance System).

Le MCDU permet les fonctions suivantes :

- Affichage des données transmises par l'Assemblage financier, la station au sol ou par périphériques d'ordinateurs.
- Sélection des différentes fonctions de l'ACARS MU.
- Procéder à l'essai et l'entrée des données par l'équipage.

3.2.3 Dialogue des MCDUs avec l'ACARS.

Les interfaces principales du pilote avec l'ACARS sont les unités multifonction de commande et de visualisation (MCDUs) et l'imprimante de post de pilotage. Le MCDU offre tout un éventail d'options en menu sous forme de pages colorées. Le clavier permet au pilote de diriger le système ACARS, choisir des applications et de prendre des données.

Donc les sélections de données à transmettre sont effectuées sur le MCDU. Le dialogue entre un MCDU et le MU est lancé lorsque l'ACARS est sélectionné sur le menu MCDU.

Le bouton correspondant à la page sur le FMS :



Figure 3.5: La sélection de l'ACARS sur le MENU MCDU.

3.2.4 Le MENU MCDU.

Dans cette page sont répertoriés les ACARS, les CFDS, et les AIDS. Et pour contrôler l'ACARS(MU) en utilisant les unités multifonction de commande et de visualisation (MCDUs), une Imprimante de la radio et trois groupes de gestion (PGF), situés dans le poste de pilotage.

Les MCDU 1 et 3 sont connectées à l'ACARS MU qui dirige toutes les opérations par le bus de sortie 1 et le MCDU 2 est connecté à l'ACARS MU par le deuxième bus de sortie. Sur les trois MCDUs, normalement le MCDU 3 qui est utilisé pour l'exploitation de l'ACARS.

3.3 L'ordinateur de maintenance centralisée (CMC).

Dans cette partie on décrit les fonctions de l'ordinateur central de maintenance (CMC). Ainsi que le rôle principal du CMC est de centraliser et mémoriser toutes les données de maintenance. D'après les figures 3.6 et 3.7, l'ordinateur de maintenance à bord est le cerveau ou le Moteur du système de maintenance centralisée qui fait la gestion de tous les équipements du CMS et les systèmes reliés avec lui.

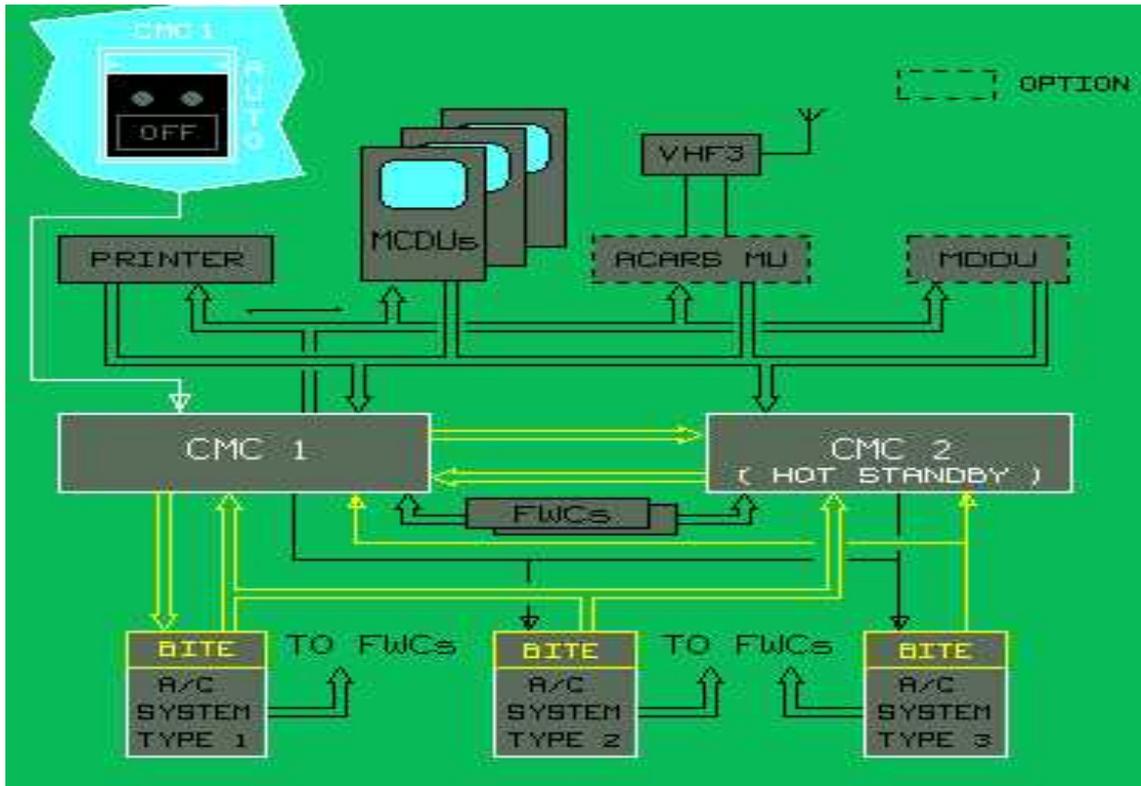


Figure 3.6: L'environnement de l'ordinateur CMC.

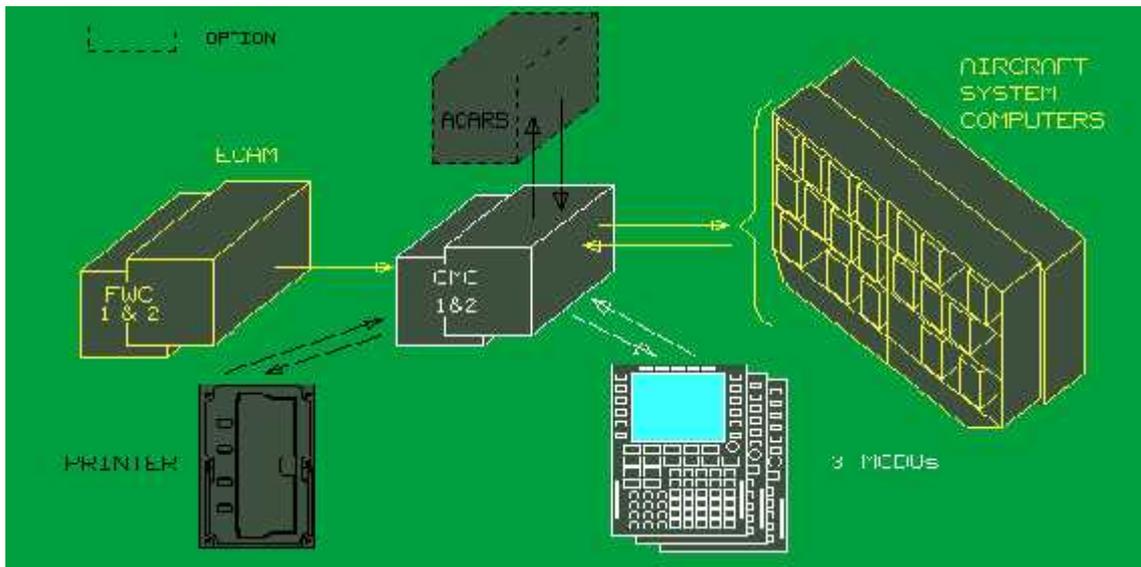


Figure 3.7: La relation entre Les ordinateurs CMCs et l'ACARS.

Chaque CMC comprend:

- Une unité du traitement centrale.
- Deux bus ARINC429.
- Un bus sur le module redondant.
- Un panneau de l'entrée/sortie.
- Une unité d'alimentation secteur.

La majorité des systèmes de l'aéronef communiquent avec les ordinateurs de maintenance centrale par les bus ARINC 429 à grande et faible vitesse et aussi par les bus du mode discret.

Les ordinateurs de maintenance centrale sont liés entre eux par des bus ARINC 429, les deux dialoguent avec l'utilisateur des interfaces à travers les bus ARINC 429.

En plus le rôle principal du CMC est d'assurer les fonctions suivantes:

🚦 La transmission des paramètres généraux :

Le CMC est lié aux divers systèmes qui fournissent des paramètres généraux de l'aéronef (à bord du temps, de l'identification de l'aéronef) s'ils doivent retransmettre à tous les circuits de bord.

🚦 Le traitement des paramètres généraux :

L'entrée-sortie est organisée de telle manière que les processus CMCs sont normaux et les modes dégradés de fonctionnement; par conséquent, seulement des données valides sont envoyées aux systèmes. Les phases d'entretien sont élaborées et transmises par le CMC au système BITE.

3.3.1 Les interface du CMC.

Chaque ordinateur de maintenance centrale (CMC) communique avec un autre à travers deux bus ARINC 429 à grande vitesse.

Cette conversation (X-TALK) permet aux deux CMCs d'échanger les paramètres généraux.

Pour chaque CMC, le CMC opposé est concéderait comme un système BITE complet, il transmet les messages de maintenance à travers les bus ARINC 429 qui font la liaison entre les deux CMCs :

Un dans chaque direction, dans le but de donner les STATUS d'un ordinateur en respectant l'autre (Maître/Esclave).

Les trois bus de communication et les six bus de maintenance liant CMC2 au CMC1 permettant le dialogue des systèmes avec CMC2 s'il devient actif.

D'après la figure 3.7, le CMC contrôle les protocoles de dialogue avec:

- Les systèmes MCDUs.
- L'imprimante.
- Le module MDDU.
- Le système d'échange des données (ACARS).

3.3.2 Dialogue de l'ordinateur CMC avec l'ACARS.

D'après les figures 3.1 et 3.7, l'unité de gestion de l'ACARS (MU) reçoit les données de l'ordinateur de maintenance centrale (CMC) à basse vitesse. Le CMC transmet automatiquement ou manuellement les messages suivants à la MU:

- Rapport de vol au sol ou en cours de vol.
- Rapport d'échec et alerte en temps réel pendant le vol.
- Des messages de données BITE et le rapport classe 3 au sol.

La MU transmet sa propre information sur l'entretien au CMC pour faire centraliser la maintenance sur le système CMS, cette dialogue est définie bien sur la figure 3.8. La MU fournit à partir du CMC avec le texte suivant:

- Identification d'avion.
- Numéro de vol et de phase de vol.
- L'identification de départ et de destination des aéroports.
- La date et l'heure.
- Systèmes installés en option.

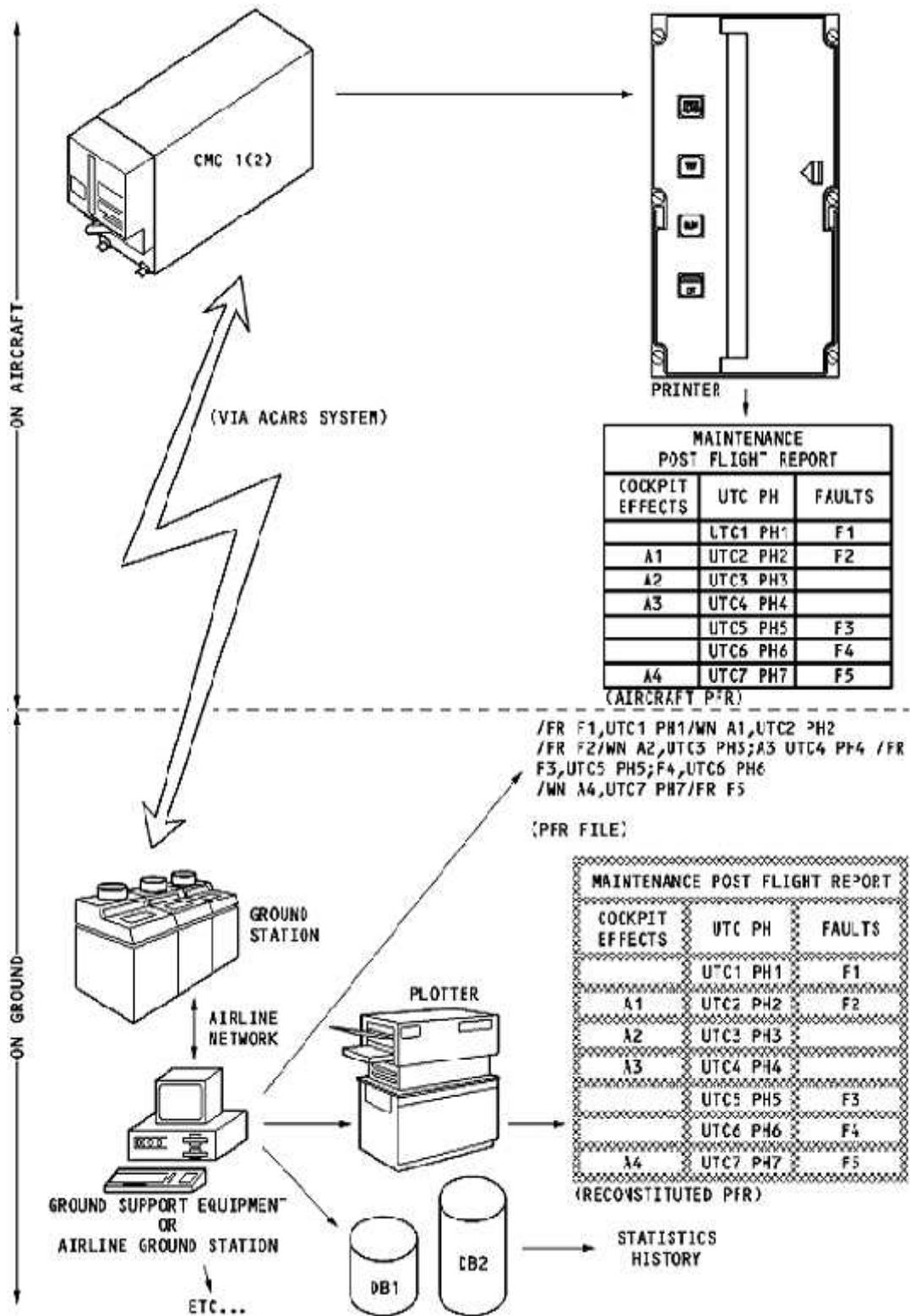


Figure 3.8 : L'architecture de la transmission air/sol CMC – ACARS.

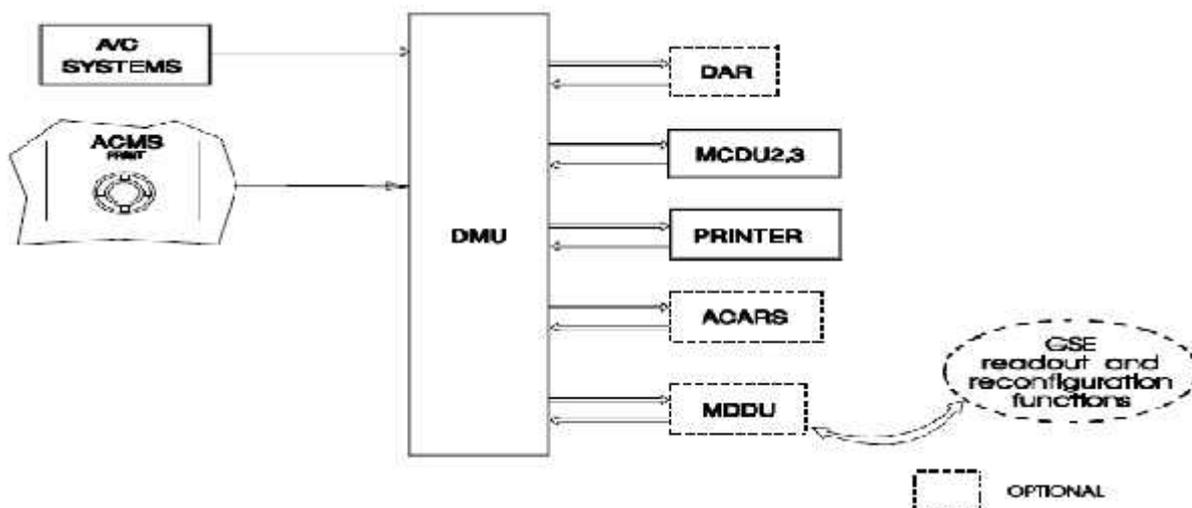
3.4 Le Système de surveillance d'état des équipements de bord ACMS.

3.4.1 Objectif de l'ACMS.

Les fonctions principales du système de Surveillance des Conditions d'avion qui est l'ACMS (Aircraft Condition Monitoring System) est de traiter l'exécution de surveillance d'avion, moteur et la surveillance d'état de l'APU et l'aide le dépannage.

D'après la figure 3.9, l'ACMS se compose de:

- Une unité de gestion des données (DMU).
- Une appareil de enregistrement numérique ACMS (DAR) s'installé.
- Une fonction d'afficheur à travers les équipements de station au sol (GSE).
- Une fonction de reconfiguration (à travers les GSE).
- Les unités multifonctions de commande et de visualisation (MCDUs) numéro 2 et 3, aussi un disque de commande de l'unité multifonction et l'imprimante s'installent, les deux sont reliées à l'ACMS.



Figures 3.9: L'environnement du système ACMS DMU.

3.4.1.1 L'ordinateur DMU.

Le DMU est un ordinateur situé dans la soute électronique qui se rassembler, stocker et transformer les diverses données de circuit de bord. Il est employé pour produire les divers rapports de condition.

L'Enregistreur Intelligent de l'ACMS qui est le SAR (The Smart ACMS Recorder) est une fonction de DMU. Cette fonction permet l'enregistrement des données comprimées, les données programmables à travers les équipements de station au sol (GSE), dans une mémoire à semi-conducteurs de DMU. Les données de SAR seront récupérer par le MDDU.

3.4.1.2 Les Systèmes A/C.

Ce système permet d'envoyer les paramètres de moteur, les paramètres de l'APU et les paramètres de l'avion à l'unité de gestion des données informatique.

3.4.1.3 Le module DAR.

Le but du DAR est de stocker les données de l'entretien ou les tâches de condition de surveillance sur une cassette remplaçable d'exécution au sol et de choisir la programmation des données programmables à travers le GSE qui peut être stocké sur le DAR.

On contrôle le système et on affiche aussi les données et les programmes à travers les MCDUs numéros 2 et 3 qui sont liés au DMU à travers le système ACARS.

Les rapports générés par le DMU et les affichages sur le MCDU sont imprimés dans l'imprimante.

3.4.1.4 Le module GSE.

Pour la fonction d'afficheur, il permet à l'utilisateur de regarder les données des rapports d'ACMS et des données de SAR à l'aide d'un ordinateur individuel.

On peut dire que Les opérations de base de notre système (ACMS) sont :

- Des opérations en temps réel sur les paramètres des données lecture, cette opération est assurée par l'ACARS.
- Commande des Rapports d'ACMS.
- Commandes de l'enregistreur numérique de l'ACMS (DAR).
- Commandes Futées de l'enregistreur d'ACMS (SAR).
- Examen d'unité.

3.4.2 Le dialogue de l'ACMS avec le système ACARS.

D'après la figure 3.1 ou la figure 3.9, l'unité de gestion de l'ACARS (MU) envoie des rapports et des annonces de paramètres (qui sont produits par le DMU) à une station au sol par l'intermédiaire de la transmission par radio, aussi il reçoit les demandes de la terre. L'ACMS donne 14 rapports de base et 3 rapports programmables à la MU. Chaque rapport généré par l'ACMS peut être programmés individuellement pour être transmise à la MU soit automatiquement ou manuellement.

3.5 Rôle de l'ordinateur FMGEC.

3.5.1 Objectif de l'ordinateur FMGEC.

L'ordinateur de gestion d'orientation et d'enveloppe de vol FMGEC (Flight Management, Guidance and Envelope Computer, figure 3.10) appartient au FMGES (Flight Management, Guidance and Envelope System), qui comprend également le Régulateur de débit FCU (Flow control unit) et les MCDUs.



Figure 3.10 : Le système FMGEC.

Le FMGEC est composé de 3 parties :

- La fonction Flight Management qui gère la navigation, les performances de vol, etc.
- La fonction Flight Guidance qui gère le pilote automatique, le directeur de vol et la poussé automatique.
- La fonction Flight Enveloppe qui calcule de l'enveloppe de vol.

3.5.2 Dialogue de l'ordinateur FMGEC avec l'ACARS.

Grâce à l'ACARS et comme le montre le schéma principal de la figure 3.1, les ordinateurs de gestion de l'orientation et d'enveloppe de vol FMGECs informe la compagnie aérienne de la configuration de l'avion.

La compagnie aérienne peut initialiser et mettre à jour le plan de vol dans le FMGECs à travers ACARS pour assurer les trois fonctions précédentes.

Les FMGECs 1 et 2 échangent les données avec le MU à travers le bus ARINC 429 à basse vitesse.

Le FMGECs envoyant un rapport pré-vol et un rapport après le vol par l'intermédiaire de l'unité de gestion de l'ACARS par une action manuelle à travers les MCDUs. Ils envoient également un rapport sur demande de sol par l'intermédiaire de MU. Les FMGECs envoient également automatiquement un rapport en vol à la MU après le décollage.

3.6 L'imprimante.

3.6.1 Objectif de l'imprimante.

L'imprimante permet d'imprimer la liste de tous les rapports (de l'ordinateur CMS et les rapports additionnels) venant à l'ACARS ou qui sont affichés sur le MCDU, donc on peut imprimer les différents rapports par l'imprimante du poste de pilotage.

Les rapports additionnels viennent de:

- Le système de surveillance d'état d'avion (ACMS) si DMU installé.
- Communications des Aéronefs, par le système d'adressage et de compte-rendu (ACARS)
- Les ordinateurs de gestion de l'orientation et d'enveloppe de vol FMGECs
- L'unité de surveillance de vibration d'interface de moteur (EIVMU).

L'imprimante comprend les sous-ensembles utilitaires suivants:

- Un tableau frontal avec les boutons-poussoirs et les indicateurs.
- Une partie de l'électronique qui comprend une Unité du Traitement Centrale, contrôleur de l'imprimante et les comités de l'alimentation en énergie.
- Un bloc mécanique.

L'imprimante est située dans le bon coin arrière du boîtier de commande (figure 2.11).

3.6.2 Relation de l'imprimante avec le système ACARS.

D'après les figures 2.10 et 3.11, l'ACARS MU est connecté à l'imprimante multifonction de poste pilotage à travers leur bus de sortie (1). La MU peut protéger l'impression des données, lorsque l'imprimante est occupée avec un autre système.

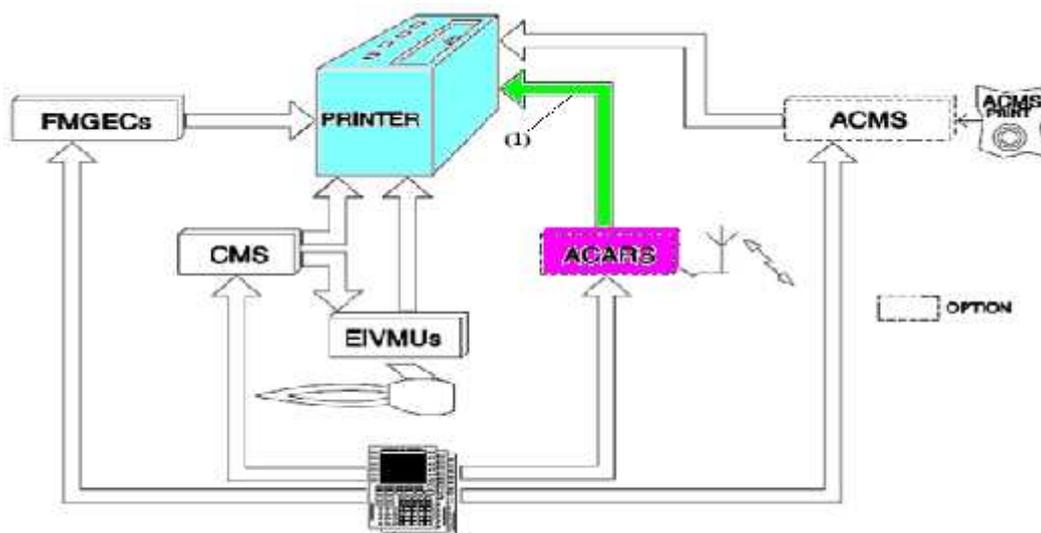


Figure 3.11: Échange des données entre l'imprimante et les systèmes reliés.

3.7 Les Calculateurs centraux d'alarme FWC / SDAC.

D'après la figure 2.10, les Calculateurs centraux d'alarme sont raccordés au système ACARS, qui sont :

- FWC: Calculateur de vol (Flight Warning Computers).
- SDAC : Concentrateur de données (System Data Acquisition Concentrators).

3.7.1 Connexion des Calculateurs FWC / SDAC avec le système ACARS.

Comme le montre la figure 3.1, la MU reçoit les paramètres envoyés par les systèmes d'acquisition de données concentrateurs ou SDACs 1 et 2 et les Calculateurs d'attention de Vol ou les FWCs 1 et 2 à haute vitesse.

La MU envoie un paramètre de code aux FWCs à basse vitesse. Les paramètres envoyés par SDAC 1, SDAC 2 et FWC 1 permettent au MU d'établir le temps d'événement « EVENT TIME »OOOI (pax porte fermée, train sorti et comprimé ...).

L'affichage de FWC1 et FWC2 est sur le système d'affichage d'alerte EWD (Engine Warning Display), l'un des quatre configurations ACARS prévues par la MU.

Les quatre configurations possibles sont les suivantes:

- ACARS MSG: lorsque un message de l'ACARS a été reçu par l'aéronef.
- ACARS STBY: représente la perte de communication entre les avions et le sol.
- VHF3 VOICE: lorsque le système VHF3 fonctionne en mode vocal.
- ACARS APPEL: qui désigne qu'un message demandant une conversation vocale a été reçue à partir du sol.

3.8 Les Drive Unités multiples disque MDDU.

Le MDDU contient:

- Une unité électronique a composé d'une alimentation en énergie, entrée/sortie et unité centrale de traitement / comités du Contrôle de l'Unité à disquette.
- Une unité de disques a installé sur les montagnes du choc.
- Une fenêtre avec exposition LDC alphanumérique de 16 caractères.
- Une porte qui protège l'accès à l'unité de disques.

Le support des données est un double visage de 3,5 pouces, haut disque de la densité (1,44 méga-octets). Ce disque est dans format du MS-DOS. Il peut être lu ou écrit sur terre par IBM-PC.

3.8.1 Connexion de l'MDDU avec le système ACARS.

Le MDDU (Multipurpose Disk Drive Unit) permet au MU d'être chargé de son logiciel opérationnel et stocké dans une disquette.

Le MDDU est relié à la MU au moyen des données commutateur A de sélecteur de chargeur placé sur le panneau supérieur.

3.9 Les boîtes de commande radio (RMPs).

Les boîtes de commande radio RMPs (Radio Management Panel, figure 3.12) permettent de choisir les fréquences de communication radio. Ils représentent aussi un dispositif de secours (Back-up) pour remplacer le FMGC (Flight Management and Guidance Computers) pour la commande des fréquences de radionavigation des systèmes VOR, DME, ILS et l'ADF.

Les avions airbus A340-600 sont équipés de 3 RMP qui sont identiques et interchangeables, c'est définie bien sur la figure 2.11.



Figure 3.12: La boîte de commande radio (RMP).

3.9.1 Dialogue de l'RMP avec l'ACARS.

Chaque RMP reçoit le discret du port sélectionné (PORT SELECT). Quand ce discret est mis à la terre, chaque RMP affiche le même type d'information en mode VHF3:

- ACARS dans la fenêtre active.
- Une fréquence dans la fenêtre stand-by de l'MCDU.

Note: VOICE DATA SELECT peut être mis à la terre ou ouvert.

Lorsque cette discret est en circuit ouvert, chaque RMP affiche le même type d'informations que dans le mode VHF3:

- La même fréquence sur l'affichage actif,
- ACARS dans l'écran de veille.

Note: VOICE DATA SELECT est en circuit ouvert.

Le discret PORT SELECT peut être modifié automatiquement ou manuellement par l'ACARS MU ou manuellement par une RMP, voir figure 3.1.

3.10 Les systèmes de transmission des données.

Après voir tous les systèmes avionique (les MCDUs, le CMS à travers les CMCs, le FMGEC par l'unité (DMU), les calculateurs centraux FWC/SDAC, le module MDDU et l'imprimant) et leur connexion avec l'ACARS.

L'ACARS peut transmettre les données de ces systèmes a la terre ou recevoir les rapports du sol, en utilisant soit l'émetteur /récepteur VHF pour les transmissions de courte portée ou la communication par satellites (système SATCOM) pour les transmissions à longue portée.

3.10.1 L'Émetteur /Récepteur VHF.

3.10.1.1 Objectif de système VHF.

Le système VHF est employé pour les transmissions vocales de courtes distances entre les différents avions (soit en vol ou sur la terre) ou entre l'avion et une station au sol. Et d'après la figure 3.13, en voire que les émetteurs /récepteurs VHF sont sur la soute électronique et l'emplacement des trois antennes VHF sur le fuselage de l'avion.

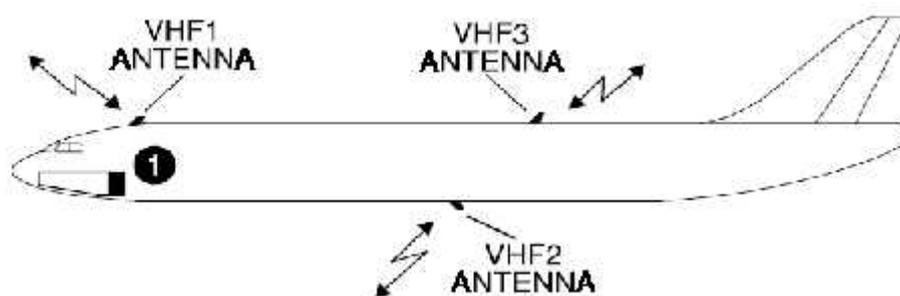


Figure 3.13 : L'emplacement des antennes de l'émetteurs /récepteurs VHF sur l'airbus A340.

3.10.1.2 Principe de fonctionnement du système VHF.

D'après la figure 3.14, les équipements acoustiques (5) sur le poste de pilotage, permettent à l'équipage de faire les transmissions vocales.

Les équipements acoustiques utilisés par l'équipage sont :

- Deux côté-bâton de sélecteurs radios.
- Deux haut-parleurs.
- Trios masques d'oxygène.
- Des équipements pour les groupes bourdonnés (boom sets), des écouteurs et des main-microphones.

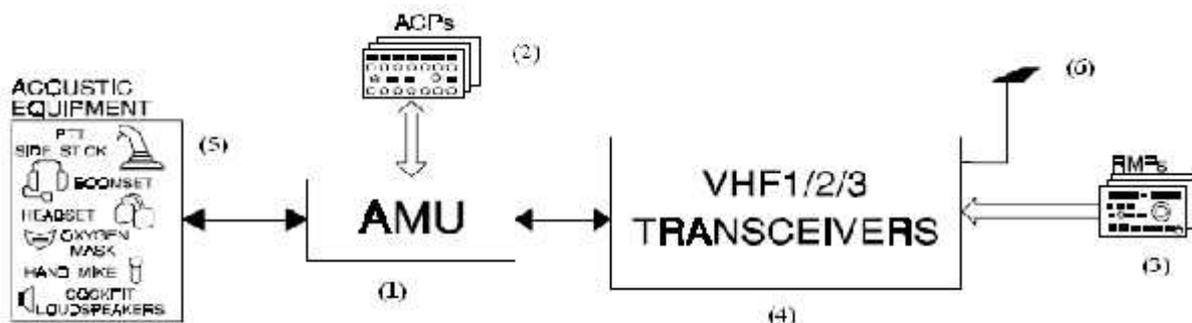


Figure 3.14: Synoptique du système VHF.

Ainsi pour l'organisation des tâches du système VHF, l'unité de gestion de l'audio (1) AMU agit comme une interface entre l'équipage et le système VHF, aussi les panneaux (2) de commande d'audio ACPs permettent le choix du système VHF1, 2 ou 3, en mode de transmission ou de réception.

Aussi les panneaux (3) de gestion de radio RMPs sont employés pour choisir les fréquences de système VHF. L'émetteur récepteur VHF(4), accordé sur la fréquence choisie par un des trios panneaux de la gestion radio RMPs, transforme les signaux audio en signaux de VHF (en mode de transmission) ou les signaux VHF audio (en mode de réception).

Les trois panneaux radio permettent de sélectionner soit l'ACARS, soit le mode vocal sur la radio VHF-3.

Remarque :

- L'émetteur-récepteur VHF3 est principalement consacré au système de liaison des données ACARS, mais peut être utilisé comme moyen de communication de secours (comme une sauvegarde pour les communications vocales).
- Les messages numériques sol-air et air-sol sont transmis ou reçus par l'intermédiaire de système VHF3.

3.10.1.3 Relation de l'émetteur-récepteur VHF3 avec l'ACARS.

Le système de liaison des données ACARS emploie aussi le mode AM dans la communication VHF, et peut dialoguer avec l'émetteur-récepteur VHF3 par deux opérations principales qui sont :

- 📶 La sélection des fréquences de VHF3.
- 📶 La sélection de VHF3 audio.

1- La sélection des fréquences de VHF3.

D'après la figure 3.1, l'émetteur-récepteur VHF3 peut être réglé soit par l'intermédiaire de l'unité MU (c.à.d. automatiquement par le système ACARS) ou manuellement en utilisant les MCDUs, ou par l'intermédiaire des panneaux radio de gestion (3) RMPs qui dépendent du statut discret choisi.

Le statut du port discret SELECT est contrôlé manuellement par la sélection effectuée sur le panneau RMP, ou automatiquement par l'ACARS (MU). Lorsque le port « SELECT DISCRETE » est à la terre, la MU accorde le VHF3 par son entrée A. Et lorsque le port « SELECT DISCRETE » est en circuit ouvert, le RMP accorde le VHF3 par son entrée B.

2- La sélection de VHF3 audio.

D'après la figure 3.1, le système VHF3 traitera les informations audio de l'ACARS ou de l'unité de gestion Audio (1) AMU en fonction de sélecteur voix / données « VOICE DATA SELECT » qui désigne l'état de VHF3.

Donc lorsque le sélecteur « VOICE DATA SELECT » est mise à la terre, le VHF3 manipule l'information audio à partir de l'unité MU de l'ACARS. Lorsque le sélecteur « VOICE DATA SELECT » est en circuit ouvert, le VHF3 manipule l'information audio à partir de l'AMU.

La fréquence du contrôle à partir des MCDUs est utilisée pour établir un téléphone de communication entre l'avion et le sol, ou à la force du MU pour travailler avec d'autres fréquences de données. Ces sélections peuvent être définies aux moyens d'un programme de goupille.

3.10.2 La communication par satellites « système SATCOM ».

D'après la figure 3.15, le système SATCOM utilise un réseau de satellites géostationnaires, un réseau mondial de stations terriennes au sol (GES) et des stations terriennes d'aéronef (AES) afin d'assurer un service de communications bidirectionnelles,

vocales et de données, à longue portée. Il communique avec les stations d'aéronef (AES) sur une gamme de fréquence de 1,5 à 1,6 GHz, et avec les stations au sol (GES) sur la gamme de fréquence de 4,6 GHz

Il a un support de consoles multiples de SATCOM à un taux de 600 bits par seconde à 21 Kbits par seconde.

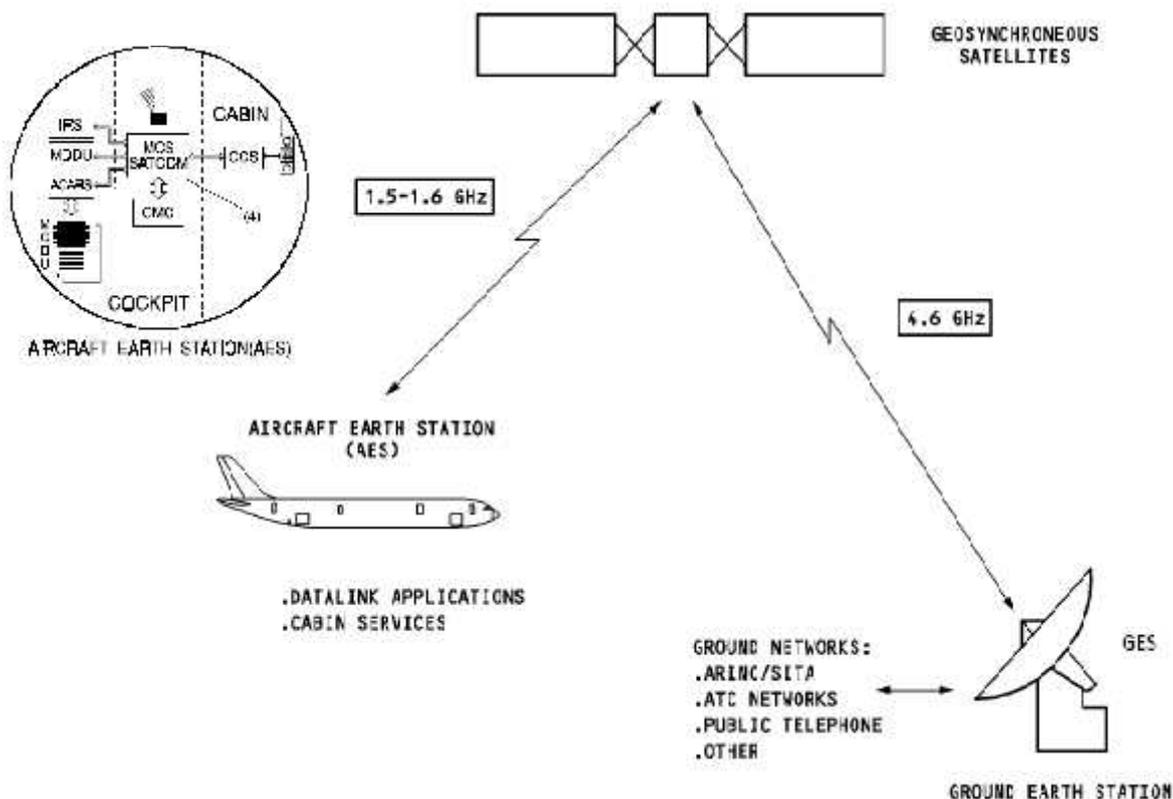


Figure 3.15 : Synoptique de système SATCOM.

Et d'après la figure 3.16, le support de consoles multiples de SATCOM comporte:

- L'unité de données satellite SDU (Satellite Data Unit).
- L'unité de fréquence par radio (RFU).
- L'amplificateur de puissance élevée (HPA).

Ainsi que le système SATCOM, et par l'intermédiaire du module de données par satellite SDU qui est intégré dans l'unité MCS (zone (4) de la figure 3.15), permet d'établir des liaisons de communication vocale et de données par satellite entre les stations au sol et l'avion, de pair avec le système de gestion audio, le système téléphonique pour la voix et l'ACARS pour les données. Le SDU utilise également les données du système inertiel de référence afin de déterminer la position et l'assiette de l'avion en vue d'orienter l'antenne.

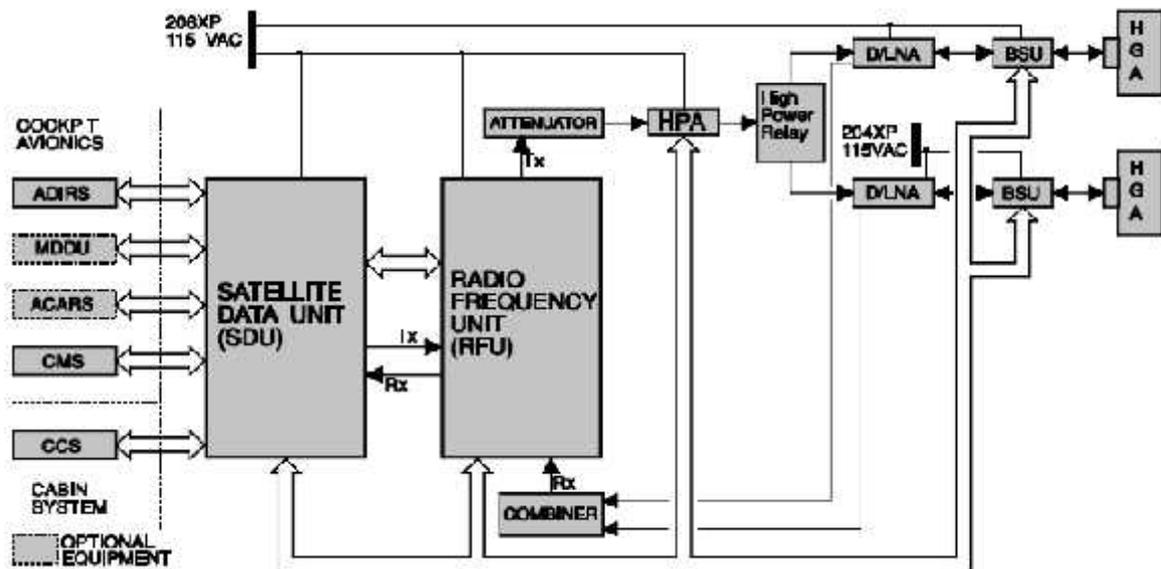


Figure 3.16 : Constitution du SATCOM et leur environnement.

Si les données de navigation et d'assiette du système inertiel de référence 1 ou 3 sont disponibles au moment de la mise sous tension du SDU, le système SATCOM se connecte automatiquement sur une GES choisie par la SDU.

3.10.2.1 Dialogue de l'ACARS avec le système SATCOM.

Le système SATCOM est disponible dans le monde entier, et en plus de leur fonctionnement à hautes altitudes (comme les vols au-dessus des pôles), lorsque la liaison de transmission des données VHF3 avec le sol ne peuvent être pas stabilisée, l'ACARS ou leur unité MU transmet et reçoit les données à travers le système SATCOM, comme le montre la figure 3.17.

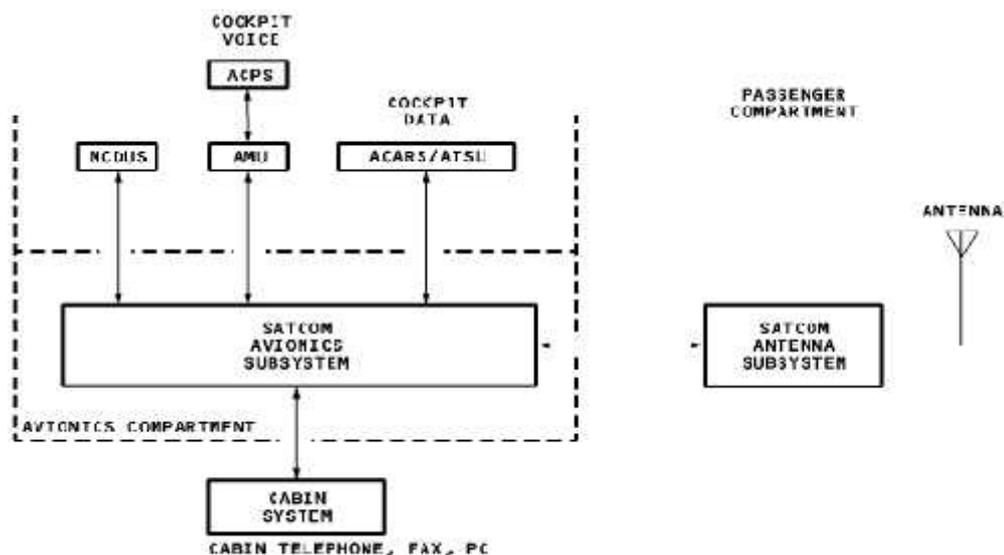


Figure 3.17: La relation de l'ACARS avec le système SATCOM.

L'étage VHF3 a toujours la priorité sur la SATCOM, le logiciel de MU gère cette priorité.

Une alternative ou un complément à SATCOM pour des communications à longue portée est la liaison de transmission de données à haute fréquence (HF DL). L'avantage de HF DL est qu'il offre l'assurance dans des régions polaires extrêmes qui n'est pas possible avec les systèmes géostationnaires courants de satellite de SATCOM. ARINC est le seul fournisseur de services de données HF.

3.11 Conclusion.

Dans ce chapitre, on a expliqué l'interfaçage de l'ACARS avec les différents systèmes avioniques. On a vu que beaucoup d'équipements sont reliés à travers l'ACARS MU, et ceci a pour rôle de collecter le maximum d'information pour être transmis au sol par l'équipage. Ces données effectuées à travers les bus de données en obéissant au protocole ARINC (Aeronautical Radio Incorporated).



Chapitre IV

**Les messages ACARS à travers
l'ARINC**

4.1. Introduction.

D'après le développement de la technologie, la communication entre deux machines via un réseau, est devenue une étape de importante dans le développement, le même ceci à diminuer la charge de l'homme et assurer un bon échange de données.

En peut dire que le réseau est l'ensemble des équipements informatiques reliés physiquement entre eux par un support de transmission (en générale des câbles) et qui peuvent communiquer. Ces relations informatiques sont appelées des nœuds ou des stations (ordinateurs).

Si on parle sur la classification des réseaux on trouve que en à plusieurs types des réseaux :

- 1) Réseaux local (LAN) : ceux sont les réseaux de taille réduite (certaines machines qui ne dépassent pas quelques kilomètres), ils assurent généralement les services suivants :
 - Transfert des fichiers.
 - Utilisation d'un serveur d'applications (tableau, texte...).
 - Communication micro – mainframe.
 - Utilisation d'un serveur de base de données.
- 2) Réseaux à grande distance (WAN): qui demandent la participation de sociétés nationales de télécommunication.
- 3) Réseaux d'entreprise (RLE) : ceux sont des réseaux de département auxquels s'ajoutent des services informatiques ou de télécommunication :
 - Transaction distribué.
 - Passage de la parole.
 - Applications multimédia et télématiques.
 - Accès à des serveurs d'archivage.
 - Etc.

4.1.1 L'architecture du réseaux.

Après avoir la nécessité des réseaux, on passe a la propagation des informations dans un réseau qui est sous le nom de l'architecture du réseau. Elle donne une certaine disposition des différents postes dans un réseau et une échelle de ces postes. Aussi les différentes manières de faire partager le même supporte de transmission à plusieurs machines sont appelées les topologies du réseau.

Les topologies de réseau logiques les plus fréquemment rencontrées sont :

- Linéaire
- L'anneau.
- L'étoile.
- Maille.
- En arbre.
- Le bus.

4.1.1.1 Le réseau linéaire.

Le réseau linéaire représenté sur la figure 4.1, utilisé pour son avantage de faible coût de déploiement, mais la défaillance d'un nœud (ordinateur) peut scinder le réseau en deux sous-réseaux.



Figure 4.1 : L'architecture d'un réseau linéaire.

4.1.1.2 Topologie en anneau.

Sur un réseau en anneau « à jeton » comme le montre la figure 4.2, les équipements sont reliés en boucle par un même support, sur lequel circule un terme particulière, le jeton

Si une station désire transmettre des données à un autre équipement, elle attend de recevoir le jeton, puis au lieu de le régénérer, envoi alors son message. Ce dernier parcourt ensuite l'anneau jusqu'à la station de destination qui l'accepte, tout en le renvoyant vers la station suivante. Lorsque le message renvient enfin à la station émettrice, celui-ci est supprimé et le jeton renouvelé.

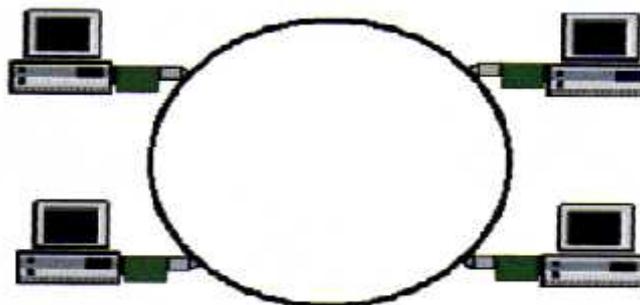


Figure 4.2: Topologie en anneau.

Ainsi que la défaillance d'un nœud casse la structure de l'anneau si la communication est unidirectionnelle.

4.1.1.3 Topologies en étoile.

D'après la figure 4.3, on voit que le réseau en étoile à un nœud central, ainsi que tous les équipements (imprimante, station de travail, PC personnels, etc.) sont reliés au nœud, il est utilisé comme unité principale qui joue le rôle de moteur. On appelle l'unité principale le serveur ou concentrateur, par lequel passent tous les informations. Si un nœud tombe en panne, il n'affecte pas les autres nœuds du réseau. Pour cela ce type de topologie est le plus courant actuellement.

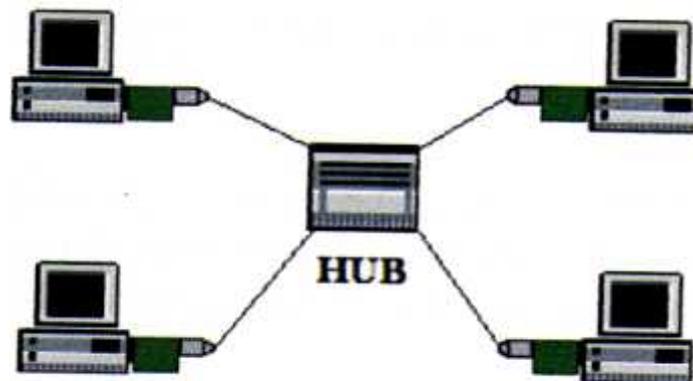


Figure 4.3 : L'architecture du réseau en étoile.

4.1.1.4 Le réseau Maille.

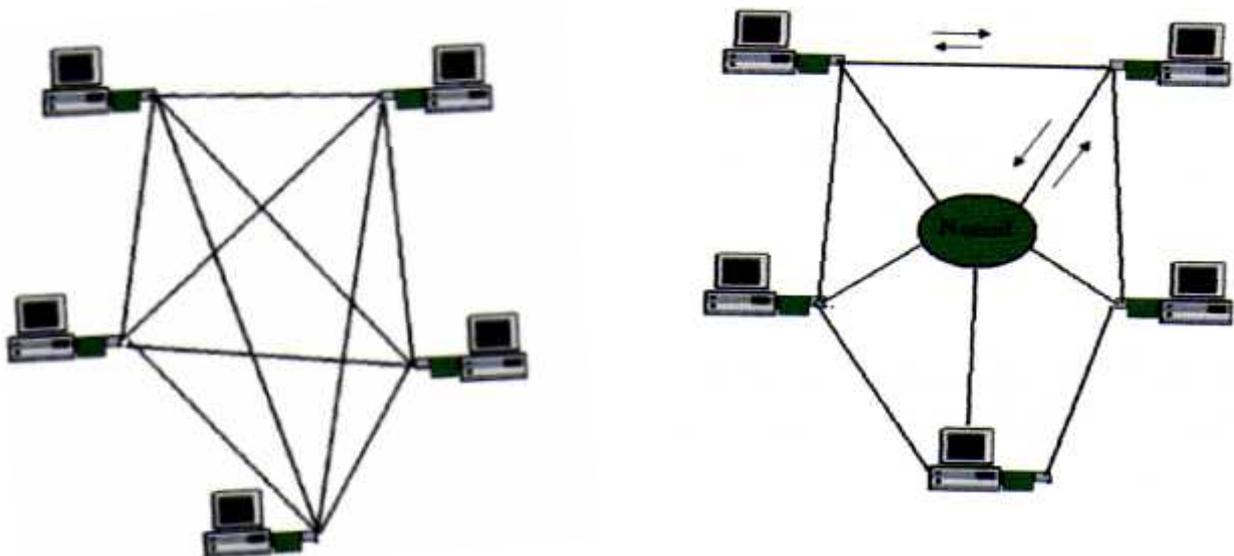


Figure 4.4: Topologie en Maille.

Une topologie maille correspond à plusieurs liaisons point à point. (Une unité réseau peut avoir (1, N) connexions point à point vers plusieurs autres unités). Chaque terminal est relié à tous les autres, voir figure 4.4.

4.1.1.5 Le réseau en Arbre.

Aussi connu sous le nom de hiérarchique, elle est divisée en niveaux. Le nœud central de haut niveau est connecté à plusieurs nœuds de niveaux inférieurs, appelés branches, dans la hiérarchie. Ces nœuds peuvent être eux-mêmes être connectés à plusieurs nœuds de niveau inférieurs, le tout dessine un arbre, comme le montre sur la figure 4.5.

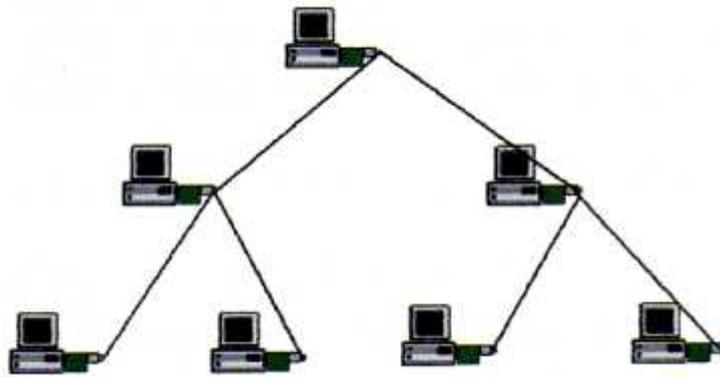


Figure 4.5 : topologie d'un réseau en arbre.

4.1.1.6 Réseau en Bus.

Un réseau en bus est une architecture réseau où la connexion des clients est assurée par un câble partagé.

Les réseaux en bus permettent de relier simplement de multiples clients, ils ont également un faible coût de déploiement. Mais posent des problèmes quand deux clients veulent transmettre des données au même moment sur le même bus. Les systèmes qui utilisent une topologie en bus, ont normalement un gestionnaire de collision qui gère l'accès au bus, et la défaillance d'un nœud (ordinateur, unité ou un calculateur) ne divise pas le réseau en deux sous-réseaux.

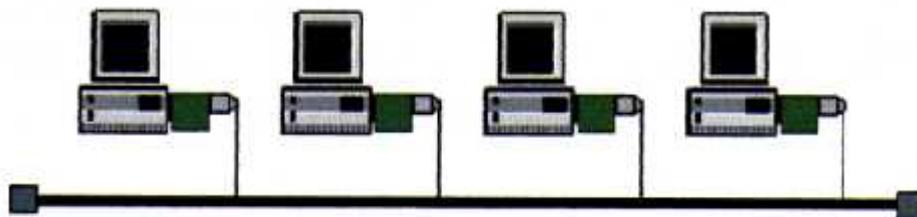


Figure 4.6 : Topologie en bus.

D'après la figure 4.6, la propagation est représentée par un câblage unique des unités réseaux. Ces unités sont reliées de façon passive par dérivation électrique ou optique. Pour cela en aéronautique ce réseau est utilisé sous le nom de Bus Avionique.

Les caractéristiques de cette topologie sont les suivantes :

- Lorsqu'une station est défectueuse et ne transmet plus sur le réseau, elle ne perturbe pas le réseau.
- Le signal émis par une station se propage dans un seul sens ou dans les deux sens.
- Si la transmission est bidirectionnelle : toutes les stations connectées reçoivent les signaux émis sur le bus en même temps (au délai de propagation près).
- Le bus est terminé à ses extrémités par des bouchons pour éliminer les réflexions possibles du signal.

Pour que des ordinateurs puissent communiquer entre eux, il est nécessaire qu'ils observent des règles communes de communications (en bref qu'ils parlent de même langage). Ces règles de communications sont appelés des protocoles.

4.1.2 Les protocoles réseau.

Un protocole est une série d'étapes à suivre pour permettre une communication harmonieuse entre plusieurs ordinateurs, ou c'est l'ensemble des règles et des procédures de communication utilisées de part et d'autre par toutes les stations qui échangent des données sur le réseau.

Il existe de nombreux protocoles réseaux, mais ils n'ont pas tous le même rôle, ou la même façon de procéder. Certains protocoles réseaux fonctionnent au niveau de plusieurs applications, d'autres peuvent être spécialisés dans des tâches correspondantes.

Si on parle du réseau Internet, on trouve un ensemble de protocoles regroupés sous le terme « TCP/IP » (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Une liste non exhaustive des différents protocoles qui peuvent être utilisés sont :

- HTTP (Hyper Texte Transfert Protocol) : c'est celui que l'on utilise pour consulter les pages web.
- FTP (Simple Mail Transfert Protocol): c'est le protocole utilisé pour envoyer des mails.
- POP : c'est le protocole utilisé pour recevoir des mails.

- Telnet : utilisé surtout pour commander des applications cotées serveur en lignes de commande.
- IP (Internet Protocol) : l'adresse IP vous attribue une adresse lors de votre connexion à un serveur.

Les protocoles sont classés en deux catégories :

- Les protocoles où les machines s'envoient des accusées de réception (pour permettre une gestion des erreurs). Ce sont les protocoles « Orientés Connexion ».
- Les autres protocoles qui n'avertissent pas la machine qui vont recevoir les données sont des protocoles « Non Orientés Connexion ».

4.2 Les Bus Avioniques.

D'après les développements digitaux sur notre domaine, la transmission de l'information ou des données numérique par des bus hautement fiable et sécurisés pour retirer et gérer la communication entre les différents systèmes.

Ces types de bus peuvent être définir par leur nature physique c.à.d. la nature du support de transmission, par la topologie du réseau ou encore par le débit supporté par celui-ci. Ils peuvent aussi se différencier au niveau des liaisons.

C'est à ce niveau qu'intervienne les protocoles d'arbitrages et de la façon dont ils sont gérés. Parmi ces Bus en va détailler le Bus ARINC qui joue un rôle important dans l'aéronautique.

4.2.1 Les Bus ARINC.

ARINC (Aeronautical Radio, Incorporated) est une organisation composée des compagnies aériennes principales et des fabricants des avions, elles s'occupent de l'étalonnage dans les équipements d'avion. Pour faciliter cette fonction, ARINC met en service des autobus de communications avec certains types de systèmes avionique.

ARINC a été établi en 1929, il est le principal fournisseur des communications de transport et solutions de technicien de systèmes pour les industries principales: (aviation, aéroports, défense, gouvernement, réseaux, sécurité et transport). Maintenant ARINC à plus de 3200 employés à plus de 120 endroits dans le monde entier.

Les spécifications d'ARINC définissent non seulement la nature physique et caractéristique électriques, mais aussi le format de données envoyées en utilisant l'AutoBus.

4.2.2 Historique de l'ARINC.

Comme nous s'allons vus, ARINC a été incorporé en 1929, il a été accordé à une charte par la Commission fédérale par radio afin de servir l'exploitant simple de l'industrie de compagnie aérienne et coordonnateur de communication par radio en dehors du gouvernement. Par la majeure partie de son histoire, elle a été créée par des compagnies aériennes. Dans les années 50, ARINC a développé la science de l'analyse de fiabilité.

ARINC a également développé des normes pour les plateaux et les lignes des unités remplaçables-standards dans l'avion. Ceux-ci ont permis aux équipements électroniques d'être rapidement remplacés sans attaches ou équipement d'essais complexes et de renvoyer l'avion au service en peu de temps.

En 1978 ARINC a présenté ACARS qui est un système de liaison de données (datalink) qui permet aux stations sol (aéroports, bases d'entretien des avions, etc...) et les avions commerciales à communiquer sans voix, mais en utilisent les données.

Les compagnies aériennes essaient de faire les recherches pour améliorer ces normes. Le siège de la société ARINC est à Annapolis, dans le Maryland et elle possède deux bureaux locaux, l'un à Londres (établi depuis 1999) pour gérer l'Europe, et l'Afrique, l'autre à Singapour (établi en 2003) pour l'Asie et le Pacifique.

4.2.4 Catégorie des normes.

Il existe plusieurs normes ARINC, elles sont classées dans des séries selon leurs références, par exemple : les ARINC de références 404, 429, ... sont classés sur la série 400 et de même pour les autres.

- 🚦 **La série 400** : sont consacrées pour fournir les éléments de conception pour les équipements définis par les standards ARINC 500 et 700, notamment les recommandations pour l'installation, le câblage, les bus de données et les bases de données.
- 🚦 **La série 500** : sont consacrées pour définir les équipements d'avionique analogiques (utilisés sur les B-727, DC-9 et DC-10 aussi bien que sur les nouveaux modèles du Boeing B-737, B-747 et A300).
- 🚦 **La Série 600** : les normes de cette série identifient les techniques de base des équipements spécifiés par les recommandations de la série 700. sur l'avionique numérique dont les liaisons de données.

- **La Série 700** : les normes de cette série définissent les équipements et les systèmes numériques installés sur les avions en production actuellement, dont les interfaces mécaniques, électriques et logiques des unités interchangeables (line replaceable units - LRUs).
- **La Série 800** : sont consacrées pour identifier les techniques de base recommandées pour les réseaux de bord des avions: fibre optique, réseaux locaux rapides.
- **La Série 900** : les normes de cette série consacrées pour définir les systèmes d'avionique modulaire, leurs fonctions et interfaces.

4.2.5 Les Normes ARINC :

En générale les normes les plus important et les plus connus sont :

4.2.5.1 Les protocoles de série 400.

Norme	Spécification de la norme
ARINC 404	est un facteur définissant la forme des lignes pour les unités électroniques dans l'avion ATR (même pour ARINC 600).
ARINC 424	est un format de fichier standard pour les données de navigation aérienne.
ARINC 429	L'ARINC 429 est le standard le plus courant. Il fournit la description des fonctions des interfaces du support physique et électrique du système de transmission de données numériques. Ce protocole fonctionne à des fréquences allant de 12.5 à 14.5 kHz, ou de 100 kHz, et avec des données 32 bits. ARINC 429, comme le standard ARINC 561 , est basé sur le format de données ARINC 575.

Tableau4.1 : Les normes ARINC de série 400.

4.2.5.2 Les protocoles de série 500.

Il existe plusieurs catégories des normes, si on prend la norme ARINC 573 qu'est le format standard des paramètres pour toutes les données d'appareil d'enregistrement sur bande magnétique DFDR (Digital Flight Data Recorder) et des appareils d'enregistrement sur bande magnétique FDR (Flight Data Recorder).

4.2.5.3 Les protocoles de série 600.

Il y a plusieurs catégories des normes généralement sont :

Norme	But de norme
ARINC 604	est un standard consacrée pour la conception et l'adaptation des équipements de test intégrés (BITE, Built-In Test Equipment), la description du système centralisé d'affichage les pannes (CFDS, Centralized Fault Display System) est incluse dans ce standard.
ARINC 618	Définit les protocoles air /sol pour communiquer entre l'ACARS / CMU et les systèmes de VHF au sol. Il définit en outre le format des messages d'ACARS envoyés par l'ACARS / CMU aussi bien que reçu par l'ACARS CMU. Le format de ce message est appelé un message du type A.
ARINC 624	est un standard consacré pour le système OMS de maintenance embarqué. Il utilise ARINC 429 pour les transmissions de données entre les équipements embarqués.
ARINC 653	est un standard de partitionnement temporel et spatial de ressources informatiques. Ce standard définit également des interfaces de programmation qui permettent d'assurer l'indépendance de l'application vis-à-vis du logiciel et du matériel sous-jacent.
ARINC 610B	est consacrée pour l'usage des équipements de l'avionique et du logiciel dans des simulateurs.
ARINC 615	est une famille des normes couvrant le chargement de données " data loading ", généralement utilisé pour transférer des logiciel et de données à / de dispositifs de l'avionique.
ARINC 629	est un protocole multi-émetteur où beaucoup d'unités partagent le même autobus. Est un développement ultérieur d'ARINC 429 et particulièrement conçu pour le Boeing 777.
ARINC 633	est consacrée pour l'échange des données air-sol de réseau ACARS entre l'avion et les personnelles sur la terre (ex : le Contrôle d'exploitation aéronautique (AOC)), et des réseaux IP.
ARINC 661	est consacrée pour la définition d'un système de visualisation d'habitacle (CDS), et la communication entre le CDS et les applications d'utilisateur UA (User Applications), la définition de GUI est complètement définie dans les dossiers binaires de définition (DF), etc.
ARINC 664	consacrée pour l'utilisation d'un réseau Ethernet déterministe comme DataBus, aéro-électronique dans les avions moderne (Airbus A380 et le

	Boeing 787).
--	--------------

Tableau4.2 : Les normes ARINC de série 600.

4.2.5.4 Les protocoles de séries 700.

Il y a plusieurs catégories des normes généralement sont :

Norme	But de norme
ARINC 708	est consacrée pour dialoguée avec le radar aéroporté. Il définit les caractéristiques aéroportées de radar pour l'avion civil et militaire. Cette norme définit également la manière de commander et obtenir l'information du radar.
ARINC 724B	est consacrée à l'installation électrique d'une unité moderne de l'ACARS qu'est la CMU.
ARINC 739	est consacrée pour la communication entre le MCDU et les systèmes attachés à lui.

Tableau4.3 : Les normes ARINC de série 700.

4.2.5.5 Les protocoles de séries 800.

Il y a plusieurs catégories des normes généralement sont :

Norme	But de norme
ARINC 825	est employée pour l'autobus de groupe pour l'usage aéroporté.
ARINC 828	est consacrée pour d'interface employée pour relier l'EFB par exemple computers à l'avion.

Tableau4.4 : Les normes ARINC de série 800.

Un des AutoBus le plus connus aujourd'hui est l'AutoBus ARINC 429, il est utilisés dans les avions commerciaux pour échanger les données entre le dispositif ACARS et les différents systèmes avioniques sur l'avion. Pour cela on va essayer de le détailler.

4.2.6 ARINC 429.

4.2.6.1 Description.

L'ARINC 429 est un des plus anciens bus avionique. Développé par la société ARINC en 1977, il est encore utilisé aujourd'hui sur des nouvelles plates-formes même si d'autres bus

plus récents sont plus fréquemment retenus. Ce bus est un bus de données simple utilisant un seul émetteur et de 1 à 20 récepteurs par bus, comme le montre la figure 4.7.

On le trouve dans des avions tels que les Airbus A310/A320 et A330/A340, dans les Boeing du 727 au 767 et dans de nombreux autres systèmes avioniques tels que les hélicoptères Bell.

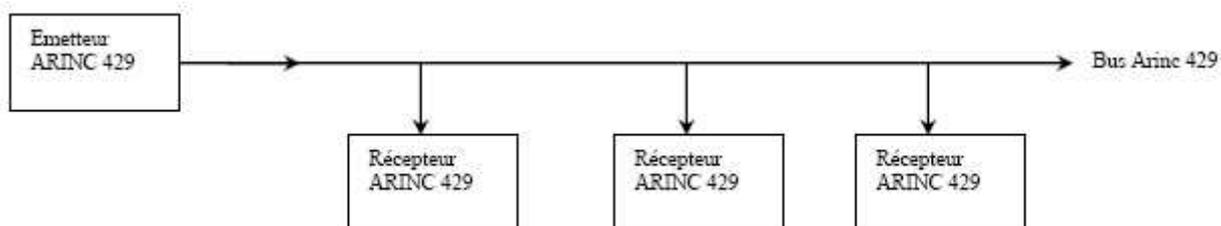


Figure 4.7: Architecture du bus ARINC 429.

4.2.6.2 Le Support physique.

Il s'agit d'une structure point à point. La communication est unidirectionnelle et pour une communication bidirectionnelle entre les systèmes, on utilise deux bus, un dans chaque direction. Un bus ARINC 429 utilise deux fils pour transmettre un encodage binaire avec retour à zéro, ainsi que les fils de raccordement sont des trames de fils, comme le montre sur la figure 4.8.



Figure 4.8: File de raccordement de Bus ARINC 429.

Ce protocole a un format de données bien spécifique qui inclue la description de base des fonctions et des interfaces électriques pour les systèmes d'information numérique, pour cela est le bus prédominant dans l'avionique.

Leur mot est de 32 bits, ils sont séparés par 4 bits-time NULL, il n'y a donc pas besoin d'un 3ème fil pour le signal d'horloge. Le bus unidirectionnel utilisé s'appelle DITS (Digital Information Transfert System). C'est une paire torsadée. Le bus ARINC 429 supporte deux types de débit : un haut débit de 100Kbps pour les « hautes données » (1% des données) et un faible débit variant entre 12Kbps et 14,5Kbps pour les « basses données ».

4.2.6.3 Principe de base.

Si on utilise les bus ARINC 429 comme liaison des données, on a des mots de 32 bits, chaque mot est séparé par un « trou inter-mots » de 4 bits (bit-time). Nous sommes ici dans le cas d'une liaison point à point, donc le système de contrôle est aussi point à point. Trois protocoles sont définis dans ARINC 429 pour les données numériques, discrètes ou fichiers.

- Les transferts de données numériques ou discrètes sont effectués en utilisant un champ SAL (System Address Label) unique pour identifier la donnée contenue dans chaque mot.
- Les transferts des fichiers de données sont effectués par le protocole Bit-Oriented ou Williamsburg. Dans ce protocole, la source initialise des communications en envoyant des codes Pré-Définis. Si un transfert Bit-Oriented est désiré, la source enverra le mot code « ALO ». Si le récepteur peut recevoir les données, il répond avec « ALR ».

De par la simplicité de sa topologie et des protocoles utilisés, ce bus est d'une très grande fiabilité. Et comme il n'y a qu'un seul émetteur par paire de fils, l'ARINC 429 est bien évidemment déterministe. Mais comme la transmission et la réception se font sur des ports séparés, le nombre de fils entre les différents systèmes de l'avion est très élevé.

4.2.6.2 Format du Mot ARINC 429.

Chaque mot qui contient des données ARINC contient 32 bits numérotés de 1 LSB à 32 MSB, qui contient cinq champs sous forme binaire. D'après la figure 4.9, les cinq champs sont:

- Le champ P : qui est le bit de parité (impaire).
- Le champ SSM : Sign/Status Matrix.
- Le champ des Données.
- Le champ SDI : Source/Destination Identifier.
- Le champ LABEL : ou l'étiquette qui identifie les données.

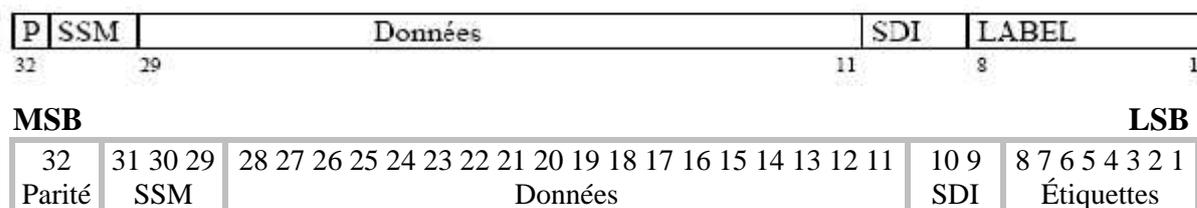


Figure 4.9 : Format des mots ARINC.

Dans la plupart des cas, un message consiste en un mot de donnée. Le label définit le type de donnée du mot.

- Le champ P : contient le Bit 32 qui est le bit de parité, il est employé pour vérifier que le mot n'a pas été endommagé ou n'a pas été déformé pendant la transmission.
- Le champ SSM : contient les Bits (30 à 31) qui est la Matrice De Signe / Statut, il indique souvent si les données dans le mot sont valides.

On a des codes qui représentent la validation des données du mot qui sont :

- OP (opérationnel) : indique que les données dans ce mot sont considérées comme des données correctes.
- TEST : indique que les données sont fournies par une source d'essai.
- FAIL : indique un échec de matériel qui produit la défaillance des données.
- NCD (No Computed Data) : indique que les données sont absentes ou imprécises pour quelque raison autre que l'échec de matériel. Par exemple, les commandes de pilote automatique montreront comme NCD quand le pilote automatique n'est pas mis en marche.
 - Le SSM peut également indiquer que le signe (+/-) des données ou de l'information liée à lui aiment une orientation (North/South/East/West).
- Le champ des Données : les bits (11 à 29) contiennent les données de Bit-domaine (ou Bit-field), le binaire codé en décimale (BCD), et codage de deux compléments binaire (BNR) et qui sont les formats de données communs d'ARINC 429. Des formats de données peuvent également être mélangés.
- Le champ SDI: les bits 9 et 10 sont des marques de source/destination SDI et indiquent pour quel récepteur les données sont prévu ou plus habituellement quelle sous-ensemble a transmis les données.
- Le champ LABEL: les bits (1 à 8) contiennent une étiquette ou mots d'étiquette (label words), exprimé en octal identifiant le type de données.

4.2.6.2.1 L'étiquette « LABEL ».

Les étiquettes directives fournissent une partie des spécifications d'ARINC 429 pour les différents types d'équipement. Chaque avion contiendra un certain nombre de systèmes, comme les calculateurs de gestion de vol (FMC), Centrales aérodynamiques, Radios, GPS et

d'autres équipements. Chaque type d'équipements est défini suivant des paramètres standards, ce qui est commun à travers tous les fabricants.

Comme nous avons vu, l'étiquette est une partie importante du message, elle identifie l'information contenue dans le mot ARINC 429, elle occupe les huit premiers bits de chaque mot, voir figure 4.9.

À partir de l'équation de base de l'électronique numérique, on peut avoir $2^8 = 256$ combinaisons possibles d'étiquette. Elle est codée en octal dans l'ordre (2 1), (4 2 1), (4 2 1) et elle se lit à partir du LSB (c.à.d. de droite vers la gauche). Et beaucoup de mots peuvent être transmis sur un AutoBus ARINC 429, et le receveur du message décode les étiquettes et choisit les mots nécessaires. Le tableau 4.5, représente des exemples d'étiquette.

2	1	4	2	1	4	2	1	Etiquette	Nom du paramètre
2^1	2^0	2^2	2^1	2^0	2^2	2^1	2^1		
0	0	0	1	0	1	0	1	025	Altitude
0	0	0	1	1	0	0	0	030	Fréquence VHF
0	0	0	1	1	0	1	0	032	Fréquence ADF
0	0	0	1	1	0	1	1	033	Fréquence ILS
0	0	0	1	1	1	0	0	034	Fréquence VOR
0	0	0	1	1	1	0	1	035	Fréquence DME
1	0	0	0	0	1	0	0	204	Altitude barométrique

Tableau 4.5: Le binaire des étiquettes.

Par exemple, pour l'étiquette 204, toutes centrales aérodynamiques fourniront l'altitude barométrique de l'avion, comme le montre le tableau 4.5. Ceci permet un certain degré d'interchangeabilité des données dans les systèmes.

Parce qu'il existe seulement un nombre limité d'étiquettes, beaucoup de paramètres très nécessaires de l'avion utilisent la même étiquette de sources indépendantes. L'étiquette 204 peut avoir une certaine signification complètement différente si elle est envoyée par exemple par le GPS.

4.2.6.2.2 Source et destination SDI.

Le SDI sert à identifier la source ou la destination de l'information.

1- Identification de la source.

Les bites 9 et 10 peuvent être employées pour identifier la source du mot, quant des mots de même étiquette sont envoyés de deux installations ou plus, la source de chaque mot est identifiée par le SDI, comme le montre le diagramme de la figure 4.10.

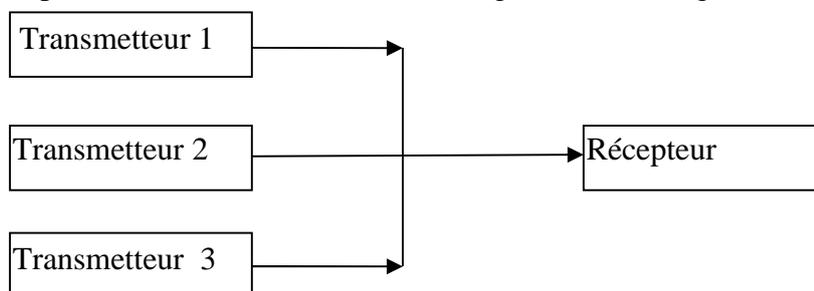


Figure 4.10 : Diagramme d'identification de la source.

Bit N°		Installation
10	9	
0	0	ALL Call
0	1	Transmetteur 1
1	0	Transmetteur 2
1	1	Transmetteur 3

Tableau 4.6: Tableau de vérité d'identification de la source.

2- Identification de destination.

Quant un mot doit être transmis vers une ou plusieurs installations la destination du mot est identifiée par le SDI. Les bits 9 et 10 identifient 1, 2 ou (n) receveurs comme le montre le diagramme de la figure 4.11.

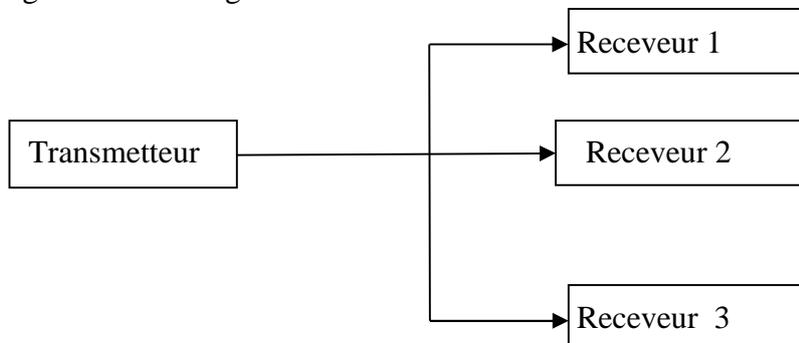


Figure 4.11 : Diagramme d'identification de destination.

Bit N°		Installation
10	9	
0	0	ALL Call
0	1	Receveur 1
1	0	Receveur 2
1	1	Receveur 3

Tableau 4.7: Tableau de vérité d'identification de destination.

4.2.6.2.3 La donnée.

La donnée est transmise en série des impulsions de voyant dans des bus digitaux. L'élément d'information de base est une donnée digitale de 32 bits, ce dernier est codé de deux façons :

- ✓ En code binaire.
- ✓ En code BCD.

La donnée codée en binaire occupe le champ de bits (11 à 28) comme le montre la figure 4.12, la bite 28 étant le plus fort, dans le cas où le nombre est négatif on utilise une notation compléments à deux

32	31 30 29	28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11	10 9	8 7 6 5 4 3 2 1
Parité	SSM	Données	SDI	Étiquettes
		0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 0 0		

Figure 4.12: La Données codée en Binaire.

La donnée codée en BCD, occupe le champ des bits de 11 à 29, le bit moins signifiant LSB et le bit le plus signifiant MSB de la donnée. Pour la donnée BCD, le champ est divisé en cinq groupes appelés (digits) et chaque digit représente un caractère (CH).

MSB

LSB

32	31 30 29	28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11	10 9	8 7 6 5 4 3 2 1				
Parité	SSM	Données					SDI	Étiquettes
	SSM	0 1 0	0 1 0 1	0 1 1 1	1 0 0 0	0 1 1 0	SDI	
	0 0	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5		

Figure 4.13:La donnée codée en BCD (binaire codé décimale).

2.6.2.4 Le champ SSM (Sign/Status Matrix).

Le SSM se compose des bits 29,30 et31 pour les mots binaires, et les bits 30et31 pour les mots en BCD. Ce champ contient l'état d'équipement du matériel, le mode opérationnel ou la validité du contenu de la donnée.

- ✓ Sign : le SSM d'une donnée numérique identifie le caractère du mot tel que la direction (nord, sud...).
- ✓ Status : le SSM identifie l'état matériel, la validité de la donnée ou bien le teste, comme montré sur les tableaux ci-dessous.

Bit N°		Installation
31	30	
0	0	Failure warning
0	1	No computed data
1	0	Functional test
1	1	Normal operation

Tableau 4.8 : Tableau de vérité de champ SSM.

- NCD (No Computed Data): donnée non calculée.
- FW (Failure warning): quand l'équipement détecte des pannes.
- FT (Fonctional Test) : permet de tester l'état de l'équipement.
- NO (Normal Operation) : fonctionnement correct de l'équipement.

Bit N° 29	Destination
0	Plus, nord, à droite, vers, au dessus.
1	Moins, sud, ouest, à gauche, venant de.

Tableau 4.9 : Tableau de vérité de Signe de SSM.

4.2.6.2.5 Le champ P.

Le MSB du mot est toujours le Bit de parité (P) pour ARINC429. Afin d'éviter tout erreur dans une transmission en informatique, on ajoute des bits de vérification aux données à transférer, la technique la plus simple consiste à ajouter un bit (P) à chaque donnée, le bit qui permet d'indiquer si la somme des bits du paquet est nombre pair ou impair.

Ce bit de (P) permet ainsi de détecter facilement si l'un des bits a été mal transmis, le type de parité devant être défini avant le début de toute transmission.

Donc ce mot de l'ARINC 429 avec tous ces champs permet l'échange des données ou des messages ACARS vers les systèmes avionique et vis versa, cette opération est nommée l'interfaçage le l'ACARS avec leur environnement, et que nous avons bien détaillé dans le troisième chapitre.

4.3 L'échange des messages ACARS.

Après que l'unité de gestion de système ACARS collecte les données des systèmes avioniques, elle complimente son travaille par la deuxième opération qui est plus connue par à port à la première, cette opération est connue sous le nom de l'échange des données AIR/SOL en temps réel, et cela en utilisent les bus avioniques ARINC 618, ARINC 623 et ACARS 633.

4.3 1 Les messages ACARS.

Les messages en liaison descendante sont envoyés manuellement par le pilote ou automatiquement par l'unité de gestion de l'ACARS (MU). Ils peuvent également provenir d'un autre extrémité-système par exemple le système de la surveillance d'état d'avion (ACMS), calculateur de gestion de vol (FMC), ou une borne de données de carlingue. Dans l'un ou l'autre cas la MU choisira automatiquement le lien d'air/sol le plus approprié.

La plupart des messages en liaison montant sont annoncés par le pilote et seront envoyés par le MU à l'imprimante de poste pilotage. Quelques messages en liaison montant sont envoyés seulement pour l'affichage sur le MCDU. Selon le type de message et de la phase du vol, un message d'alerte est envoyé sous forme de signale et une lumière peut être activées pour attirer l'attention du pilote au message.

4.3.2 Types de messages ACARS.

Les messages de l'ACARS sont souvent divisés en trois types:

- Contrôle de la circulation aérienne (ATC).
- Contrôle d'exploitation aéronautique (AOC).
- Compagnie aérienne de gestion et de contrôle (AAC).

Les messages ATC sont utilisés pour communiquer entre l'avion et le système de contrôle de circulation. Ces messages sont définis dans la norme ARINC 623. Ils sont utilisés

par l'équipage de l'avion pour demander des autorisations, ainsi que par les contrôleurs au sol pour fournir des autorisations.

Les messages AOC et AAC sont utilisés pour communiquer entre l'avion et le sol. Ces messages sont soit définis par les utilisateurs, mais doivent obéir aux directives de la norme ARINC 618, ou ils sont normalisés selon la norme ARINC 633.

Chaque type de ces messages contient plusieurs messages, par exemple l'événement OOOI et le délai de départ sont des messages d'ATC, et de même pour les autres types. On donne des exemples de messages en liaison montant et descendant ci-dessous.

4.3.2.1 Événements OOOI.

L'une des demandes initiales pour l'ACARS est de détecter automatiquement les rapports de changements à la majorité des phases de vol (à partir de passage, hors le passage, sur le sol et dans le passage), il est connu sous le nom "OOOI" (Out of the gate, Off the ground, On the ground and Into the Gate).

- Out : est que l'avion quitte la position de stationnement.
- Off (Off sol): est quand l'avion décolle (des capteurs spéciaux détecte son décollage).
- ON (ON sol) : c'est quand l'avion est sur terre.
- IN : Dans l'aire de stationnement.

Ces événements ont été déterminés par des algorithmes dans l'unité de l'ACARS (MU) qui a utilisé des capteurs d'avion (comme les portes, frein de stationnement...ect).

Au début de chaque phase de vol, le MU transmet un message numérique au sol contenant la phase de vol, au moment où elle s'est produite, et d'autres renseignements tels que le carburant à bord, l'origine et destination. Ces messages ont été principalement utilisés pour automatiser les fonctions de paie au sein d'une compagnie aérienne, où les équipages de conduite ont été payés des taux différents en fonction de la phase de vol.

- Les messages OOOI permettent aux contrôleurs de la circulation aérienne d'estimer les retards et générer des statistiques sur la durée des vols et leur ponctualité.

4.3.2.2 Le message Délai de départ.

C'est un message en liaison descendante. Un pilote peut vouloir informer son service des opérations aériennes que le départ a été retardé par le contrôle de la circulation aérienne (ATC). Le pilote faudrait d'abord mettre en place un écran CMU MCDU qui lui permet d'entrer l'heure prévue du retard et la raison de ce retard. Après avoir entré les informations

sur le MCDU, le pilote appuie sur le bouton " SEND " sur le MCDU. Le CMU va détecter que le bouton " SEND " étant poussée, et alors générer un message numérique contenant les informations de retard. Ce message peut contenir quelques informations comme le nombre d'immatriculation de l'avion, les origines et les codes d'aéroport de destination, l'ETA courant avant le retard et le temps de retard courant prévu.

La CMU alors envoie le message à l'une des radios (HF, VHF ou SATCOM, avec la sélection de la radio basé sur des logiques spéciales contenues dans le CMU).

Pour un message à être envoyé sur le réseau VHF, la radio VHF transmet les signaux contenant le message de retard. Ce message est alors reçu par une station à distance au sol de VHF (RGS).

4.3.2.3 Le message Rapport de Temps.

Pour un message à transmettre à l'avion (un message en liaison montante), le processus est presque une image miroir de la façon dont une descendante est envoyée de l'avion. Par exemple, en réponse à un message en liaison montante d'ACARS demandant des informations météorologiques, un bulletin météorologique est construit par la compagnie aérienne du système informatique. Le message contient le numéro d'immatriculation d'aéronefs dans l'en-tête du message, avec le corps du message contenant les renseignements météorologiques. Ce message est envoyé à la DSP de l'ordinateur principal.

Le DSP transmet le message sur leur réseau terrestre à une station sol à distance VHF à proximité de l'avion. La station sol à distance annonce le message sur fréquence de VHF. La radio de bord du VHF reçoit le signal VHF et passe le message à la CMU (avec le modem interne de transformant le signal en un message numérique). La CMU valide le numéro d'immatriculation de l'appareil, et traite le message.

Le traitement effectué sur le message en liaison montante par la CMU dépend des exigences spécifiques des compagnies aériennes. En général, une liaison montante est soit transmis à une autre ordinateur avionique, comme un FMS ou FDAMS, ou est générée par la CMU. Pour les messages qui la CMU est la destination, comme un bulletin météo en liaison montante, l'équipage de conduite peut accéder à un écran spécifique MCDU qui contient une liste de tous les messages en liaison montante reçus. L'équipage de conduite peut alors sélectionner le message de temps, et consulter le message sur le MCDU. L'unité de l'ACARS peut également imprimer le message sur l'imprimante du poste de pilotage (soit automatiquement dès la réception du message ou par l'équipage de conduite en appuyant sur un bouton « PRINT » d'impression rapide sur l'écran MCDU).

4.3.2.4 Message de FDAMS.

Un système de FDAMS peut avoir une série d'algorithmes actifs pour surveiller des états d'exceedance de moteur pendant le vol (tel que la vérification de la vibration du moteur ou la température d'huile excédant le fonctionnement normal). Le système FDAMS, lors de détection d'un tel événement, crée automatiquement un message d'état d'exceedance de moteur, avec des données applicables contenues dans le corps du message. Le message est expédié au CMU, en utilisant ce qui est désigné sous le nom des protocoles de données d'ARINC 619. Le CMU transmettrait alors le message à la terre. Dans ce cas-ci, la table de cheminement de fournisseur de service pour un message d'exceedance de moteur est typiquement définie pour avoir le message conduit directement au département de l'entretien d'une ligne aérienne. Ceci permet au personnel d'entretien de ligne aérienne d'être avisé d'un problème potentiel, en temps réel.

Il y a 3 composants principaux du système de liaison de donnée d'ACARS:

- Équipement d'avion
- Fournisseur de service
- Système de traitement au sol

4.3.3 Codification des Signaux.

Les données échangées entre l'ACARS MU et l'émetteur VHF3 (comme le montre la figure 3.1) sont codées par deux types de modulation de fréquences: 1200 et 2400 hertz sur la forme d'onde.

- Si la pente est positive alors le bit binaire est un « 1 ».
- La pente est négative alors le bit binaire est zéro « 0 ».

La vitesse de transmission est de 2400 bits par seconde à partir d'avion vers le sol et vice-versa. Cette vitesse est un peu faible par ce que la puissance de transmission des bus ARINC n'est pas élevée car ces données ne sont pas urgentes.

La figure 4.14 représente la conversion fréquence en digital (binaire) par front montant et descendant comme suit : Front montant : « 1 » et Front descendant : « 0 ».

D'après la figure 4.14, un bit zéro est codé par une demi-période positive (1) de 1200 hertz s'il est précédé par un bit un, et par une période de 2400 Hz à commencer par la demi-période négative (2) quand ce bit est précédé d'un bit zéro.

Un bit un est codé par une demi-période négative (3) de 1200 Hz s'il est précédé par un bit zéro, et par une période de 2400 Hz commencé par la demi-période positive (4) quand ce bit est précédé par un bit un.

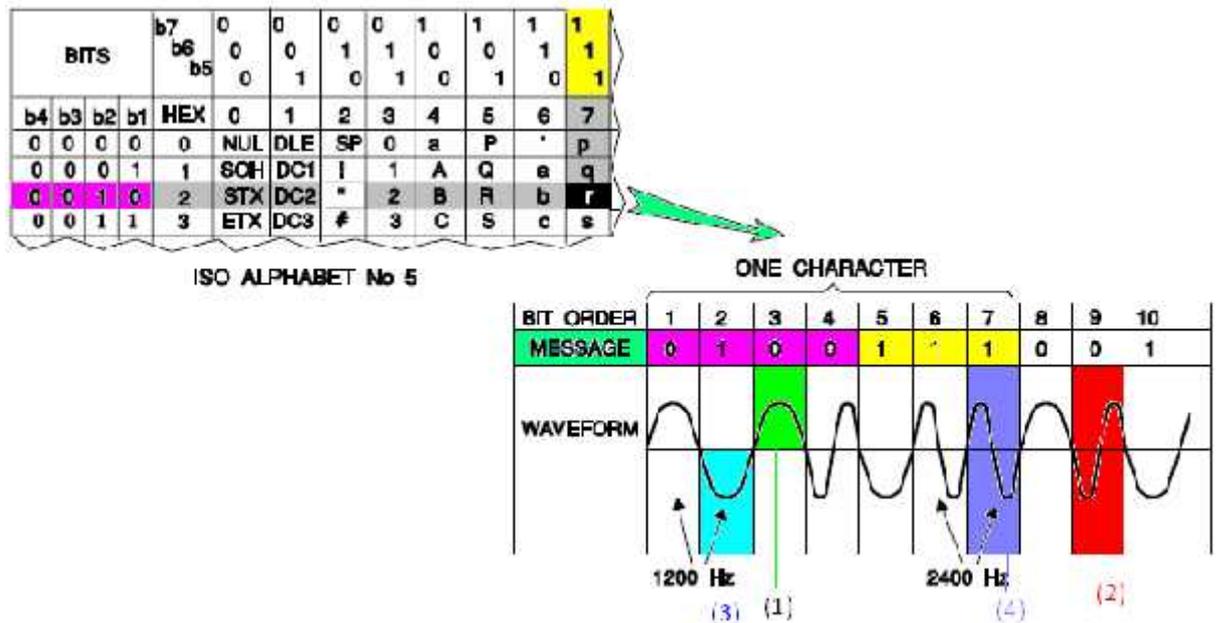


Figure 4.14 : Conversion de la donnée « r » échangée dans l'ACARS.

Le tableau suivant représente quelques exemples des codes en binaires des données échangés dans l'ACARS :

b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	Bits / Message
1	1	0	0	1	1	1	s
1	0	0	0	1	0	1	Q
0	0	0	0	0	0	0	NUL
1	1	0	0	0	1	0	DOC 1
1	1	0	0	0	1	0	#

Tableau 4.10 : Codes en binaires des messages ACARS.

4.4 Description des messages du système ACARS.

Les transmissions par paquets sont employées avec une limite de 220 caractères par un message. Les transmissions durent souvent moins d'une seconde.

Pour les messages de descendante qui sont plus longs que 220 caractères, l'unité d'ACARS coupera le message en blocs multiples avec une contrainte additionnelle qu'aucun message ne peut se composer de plus de 16 blocs.

Les messages ACARS sont très structurés. Chaque position du message a une fonction spécifique. Il y a presque cent formats standards typiques du message ACARS plus un nombre pratiquement illimité dans les compagnies aériennes. Les étiquettes Q0, QG et Q1 sont donnés comme exemple.

4.4.1 L'essai de liaison Q0.

Comme nous avons vu précédemment, lorsqu'on a une absence de communication entre l'avion et la station sol pendant 10 minutes, L'unité de gestion de l'ACARS envoie automatiquement en liaison descendante un message étiqueté « Q0 » appelé message de poursuite, permettant d'assurer le suivi du vol, qui n'est pas visible pour l'équipage, pour cela on nomme (Q0) l'essai de liaison.

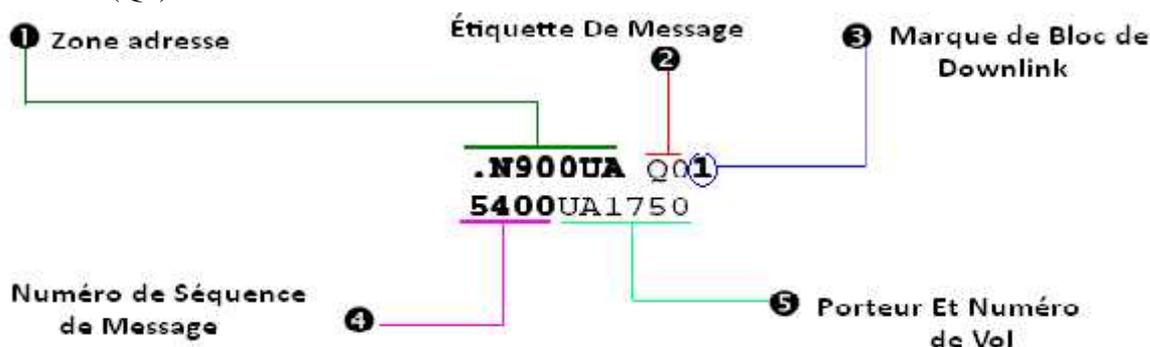


Figure 4.15 : les différents champs de l'essai de liaison Q0.

4.4.1.1 La zone adresse.

Elle est positionnée sur la première ligne du message, elle a une longueur de 7 caractères. La zone adresse identifie l'avion avec lequel la station au sol communique. Pour les messages en liaison montant (uplink) elle sera aussi la marque d'enregistrement officielle de l'avion ou le numéro de vol du service actionnant l'avion. Pour les messages en liaison descendant (downlinks) elle doit toujours être la marque d'enregistrement officielle de l'avion.

Par accord international, les marques d'enregistrement officielles sont codées selon un comté d'origine de un ou deux lettres de préfixe de l'ICAO. La lettre simple " N " est le préfixe pour tous les avions américain. D'autres préfixes incluent comme " C " pour le Canada, le " G " pour la Grande-Bretagne, le " F " pour la France, etc.

Pour les buts de l'ACARS, la zone adresse doit être de sept caractères de longueur. Si l'identification de l'avion est moins de sept caractères, elle doit être remplie par des points par la gauche.

On prend des exemples valides:

N1825TU	.C-FDCA	.D-ABXR
.N123UA	.F-GHGF	.D-ABIT
..N1901	.HB-IGC	.G-BNLG
...N409	.PH-BFP	.G-DOCV

4.4.1.2 Étiquette de Message.

Elle est positionnée sur la première ligne du message, elle a une longueur de deux caractères. ARINC a défini une série de deux caractères comme des étiquettes de message qui identifient le type de message. Beaucoup de compagnies aériennes ont également défini leurs propres ensembles d'étiquettes pour l'opération de compagnie.

4.4.1.3 Bloc d'identification de la liaison descendant.

Elle est positionnée dans le message sur la première ligne et elle contient un seul caractère, elle est notée BDI (Downlink Block Identifier) elle a aussi une fonction spécifique. Si le suffixe de DBI est présent, il sera toujours directement à côté de l'étiquette de message comme le montre la figure 4.15.

4.1.4 Numéro de séquence du message.

Le MSN (Message Sequence Number) est sur la deuxième ligne avec une capacité de quatre caractères. Pour les la plupart des messages en liaison descendant, le numéro MSN a une valeur de quatre chiffres, ils représentent le temps en minutes et secondes après que le message a été transmis (l'heure n'est pas indiquée).

4.4.1.5 Porteur Et Numéro de Vol.

Cette position est dans la deuxième ligne, le champ de numéro de vol a six caractères. Il est composé d'un code d'identité de compagnie aérienne de deux caractères suivi d'un numéro de vol alphanumérique de quatre caractères. Si le numéro de vol est moins de quatre caractères de longueur, il sera généralement rempli à gauche par des zéros, par exemple : AC1030 UA0038 AA0009.

Les porteurs programmés peuvent également conduire des vols loués. La lettre « F » est normalement opposée au code à deux lettres de compagnie aérienne pour indiquer que le vol est une location. Par exemple, un charter d'Air Canada: ACF095. Les avions d'affaires emploient fréquemment le réseau d'ACARS. Puisque ce ne sont pas des vols commerciaux réguliers, ils n'ont pas assigné des numéros de vol. Pour assurer la sécurité aérienne, les compagnies aériennes avec l'OACI ont choisi comme désignation générale le numéro GS0001.

4.4.2 L'information Aller/Retour QG.

L'information Aller/Retour QG dans les rapports, comme beaucoup d'autres liaisons descendantes de l'ACARS, est transmise automatiquement. Ce rapport est transmis par un avion qui laisse la porte, mais pour quelque raison doit retourner de nouveau à la porte.

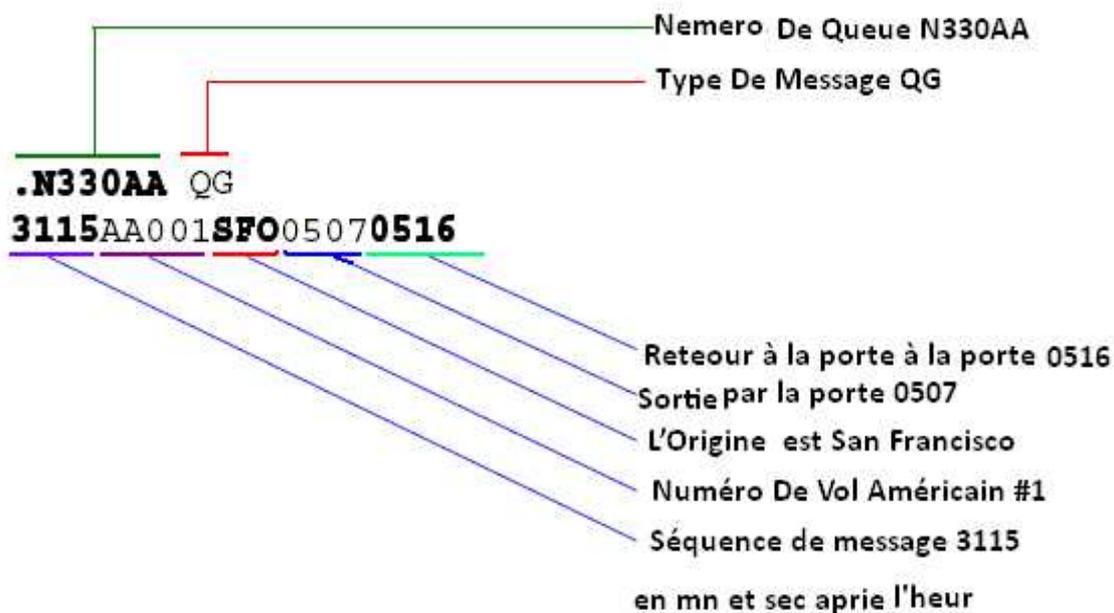


Figure 4.16 : Les champs de message Aller/Retour QG.

4.4.3 Rapport de DÉPART / ARRIVÉE RPT « Q1 ».

Ce rapport de figure 4.17 étiquetée « Q1 » est envoyé de l'avion informant la station au sol de : le retard, le temps de roulage, la destination, le carburant et d'autres données.

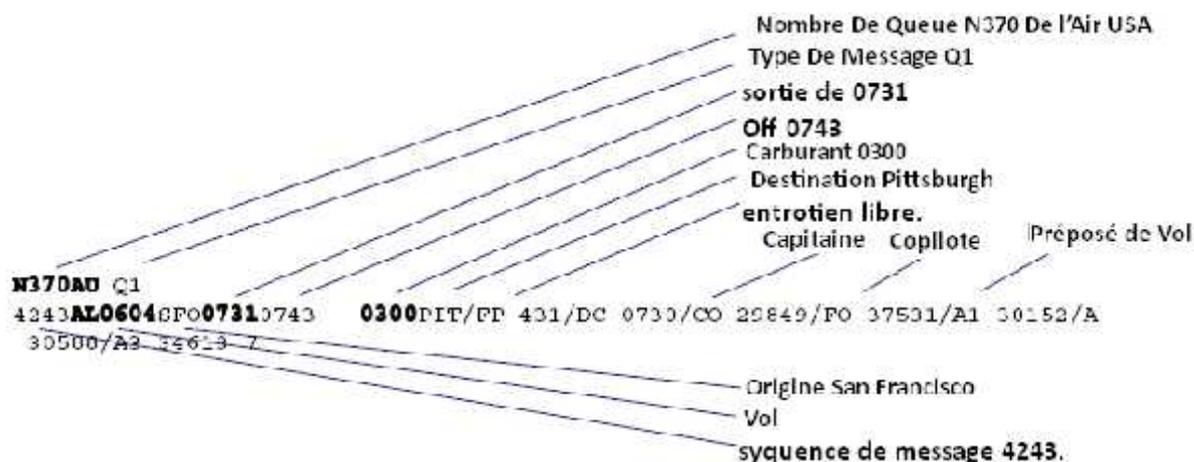


Figure 4.17 : Les champs de message DÉPART / ARRIVÉE RPT « Q1 ».

4.4.4 Des formes de messages.

Etiquette		SMI	Titre De Message
_j			Aucune information à transmettre. Mode choisi ¹
_DEL	⇕		response générale, Mode de demande ; Aucune information à transmettre ¹
00	↓	HJK	Rapport de situation de secours
2S			Demande de temps
2U			Temps
4M			L'information de cargaison
H1	⇕		Borne du message to/from
80-9	↓		Liaisons de données d'avion adressées
A2	↑	CLD	Fournisseur du dégagement de départ
57	↓	AEP	Position de l'équipage aérien alternatif initié.
5P	↓		Suspension provisoire d'ACARS
B3	↓	RCD	demande de dégagement de départ
C0	↑		Message de liaison montant à tous les imprimeurs d'habitacle
5U	↓	WXR	Demande de temps
CA			Etat d'imprimante = erreur
Q0			Liaison d'essai de l'ACARS
Q1	↓		Rapports départ/arrivée ETA
Q5	↔		Incapable de traiter les messages de liaison montant

QF	↓	DEP	Rapport de Off/destination
QG	↓	RTN	rapport d'aller/retour
RA	↑	RPR	Limite de commande d'avion. pour transmettre les données

Tableau 4.11: Les caractères utilisé dans les messages.

¹ caractères non imprimables, et non affichables.

Direction de Message :

↓ Liaison descendant

↑ Liaison montant

↕ Liaison montant ou descendant.

↔ Entre les stations sol.

4.5 Conclusion.

Dans ce chapitre on a expliqué les principes de bas du bus avionique ARINC 429 qui est utilisé pour l'interfaçage de l'ACARS avec les différents systèmes avioniques à bord de l'avion dans le but de collecter les informations des ces derniers.

Ces informations qui est étaient sous forme des signaux seront codé numériquement et représentée au niveau d'utilisateur sous forme des codes pour être transmises dans l'ACARS en utilisant d'autre bus avionique de l'avion vers le sol et vice-versa. En plus des buts de maintenance et le suivi de vol, ces messages sont utilisés principalement pour automatiser les fonctions de paie au sein d'une compagnie aérienne, où les équipages de conduite ont été payés des taux différents en fonction de la phase de vol.

Donc, on peut conclure que l'ACARS a un aspect économique important dans l'aéronautique.