

Maintenance Avionique

✈ ATA 100 – 34

Test Automatique Bus Avionique Langage C



MASTER 1 IUP3 Mesures & Essais

Denis Michaud

2005-2006

V1.9.

<http://meteosat.pessac.free.fr/IMA/>

SOMMAIRE

A. Introduction – généralités.....	3
_A.1. Plan du cours	3
_A.2. La documentaion ATA 100:	3
_A.3. Niveaux de maintenance.....	6
_A.3.1. NTI1	7
_A.3.2. NTI2	7
_A.3.3. NTI3	7
_A.3.4. Influence de La technologie de montage en surface CMS	7
_A.4. La maintenance sur aéronef : évolution technologique :	9
_A.4.1. EFB Electronic Flight Bag	9
_A.4.2. Les interventions sur avions	11
_A.5. Les testeurs avioniques : NT2 et NT3.....	12
_A.5.1. Exemple EADS T&S:	12
_A.5.2. Exemple de constitution d'un banc de test automatique:	13
_A.5.3. Exemple d'options :	13
_A.5.4. Langage ATLAS	14
_A.5.5. Autre langage	14
B. BUS.....	15
_B.1. Les bus fond de panier pour testeur.....	15
_B.1.1. Bus VME.....	15
_B.1.2. Bus VXI	16
_B.1.3. Bus PCI	17
_B.1.4. Bus PXI.....	18
_B.2. Bus avioniques	18
_B.2.1. Définition:	18
_B.2.2. EXEMPL EASy FALCON :	18
_B.3. Bus CAN	20
_B.4. BUS vidéo et multimédia pour IFE (In Fligh Entertainment)	24
_B.4.1. Réseau IFE de THALES:	24
_B.4.2. Le bus MDSB (Multi-Drop Serial Bus) par Rockwell Collins.....	24
_B.5. RS232C, RS422	24
_B.6. Bus LAN - Protocole TCP-IP	25
_B.7. Bus AFDX	32
_B.8. BUS ARINC:	38
_B.8.1. description ARINC :	38
_B.8.2. Support physique ARINC 429	38
_B.9. Les autres protocoles ARInc	48
_B.9.1. ARInc 561/568.....	48
_B.9.2. ARInc 575	49
_B.9.3. ARInc 582	49
_B.9.4. ARInc 629	49
_B.9.5. ARInc 708.....	49
_B.9.6. Les bus avionique sur le Mercure.....	50
C. ETUDE DU FLUX ARINC DANS LES INSTRUMENTS D'AIDE A L'ATTERRISSAGE	50
_C.1. Rappels	50
_C.2. L'Arinc pour le VOR	51
_C.3. L'ARINC pour le DME	52
_C.4. L'ARINC pour l'ILS	53
D. ANNEXES	55
_D.1. ANNEXE A : le Bus ARINC 429 en résumé.....	55
_D.2. ANNEXE B Glossaire	55
_D.3. Unités:	57
_D.4. Bibliographie	57

Merci à F Cazaurang...

→ Ce document est un support de formation pour les étudiants de MASTER 1 ISI Maintenance Aéronautique.



Ce document à destination des étudiants de l'IMA, Université Bordeaux 1, n'est qu'un support de cours non exhaustif.



Dans TOUS les cas d'intervention sur un aéronef ou ses équipements, il faut se référer à la documentation de cet aéronef !

A. Introduction – généralités

A.1. Plan du cours

- Généralités, non exhaustive, du test automatique d'équipement d'aéronef en relation avec la réglementation EASA et la documentation.
- Le langage C-ANSI.
- L'architecture des systèmes micro-processeur et micro-contrôleurs.
- Bus sur banc de test automatique
- Bus avionique
- L'ARINC429

A.2. La documentaion ATA 100:

A.2.1.a. Exemple d'organisation de l'ATA 100 pour Airbus A300-600 :

LIST OF CHAPTERS

00 – INTRODUCTION
 05 – TIME LIMITS-MAINTENANCE CHECKS
 12 – SERVICING
 21 – AIR CONDITIONING
 22 – AUTO FLIGHT
 23 – COMMUNICATIONS
 24 – ELECTRICAL POWER
 25 – EQUIPMENT/FURNISHINGS
 26 – FIRE PROTECTION
 27 – FLIGHT CONTROLS
 28 – FUEL
 29 – HYDRAULIC POWER
 30 – ICE AND RAIN PROTECTION
 31 – INDICATING/RECORDING SYSTEMS
 32 – LANDING GEAR
 33 – LIGHTS
 34 – NAVIGATION
 35 – OXYGEN
 36 – PNEUMATIC
 38 – WATER/WASTE
 49 – AIRBORNE AUXILIARY POWER
 52 – DOORS
 71 – POWER PLANT
 72 – ENGINE
 73 – ENGINE FUEL AND CONTROL
 74 – IGNITION
 75 – AIR
 76 – ENGINE CONTROLS
 77 – ENGINE INDICATING
 78 – EXHAUST
 79 – OIL
 80 – STARTING

A300-600

LIST OF CHAPTERS

00 INTRODUCTION
 Alphabetical Index
 20 STANDARD PRACTICES-AIRFRAME
 21 AIR CONDITIONING
 22 AUTO FLIGHT
 23 COMMUNICATIONS
 24 ELECTRICAL POWER
 25 EQUIPMENT/FURNISHINGS
 26 FIRE PROTECTION
 27 FLIGHT CONTROLS
 28 FUEL
 29 HYDRAULIC POWER
 30 ICE AND RAIN PROTECTION
 31 INDICATING/RECORDING SYSTEMS
 32 LANDING GEAR
 33 LIGHTS
 34 NAVIGATION
 35 OXYGEN
 36 PNEUMATIC
 38 WATER/WASTE
 49 AIRBORNE AUXILIARY POWER
 52 DOORS
 73 ENGINE FUEL AND CONTROL
 74 IGNITION
 75 AIR
 76 ENGINE CONTROLS
 77 ENGINE INDICATING
 78 EXHAUST
 79 OIL
 80 STARTING

ASM

45 dans les nouveaux avions

→ Communication : chapitre 23.
 → Navigation : chapitre 34.
 Contents extrait Chap 34

Contents Chap 23

TITLE	ATA REF
OUTPUT BUSES MEASUREMENT POINTS	23-00-00
<u>HF SYSTEM</u>	
HF TRANSMISSION/RECEPTION	23-11
HF SYSTEM - BITE PROCEDURE	23-11-00
<u>VHF SYSTEM</u>	
VHF TRANSMISSION/RECEPTION	23-12
VHF SYSTEM - BITE PROCEDURE	23-12-00
SELECTIVE CALLING SYSTEM	23-22
<u>PASSENGER ADDRESS SYSTEM</u>	
PASSENGER ADDRESS SYSTEM - BITE PROCEDURE	23-31-00
ANNOUNCEMENT - MUSIC TAPE REPRODUCER SYSTEM	23-32
FLIGHT INTERPHONE	23-41
GROUND CREW CALL SYSTEM	23-42
CABIN AND FLIGHT CREW CALL SYSTEM	23-43
CABIN AND SERVICE INTERPHONE	23-44
<u>AUDIO INTEGRATING</u>	
AUDIO INTEGRATING : RECEIVE MODES	23-51
AUDIO INTEGRATING : TRANSMIT MODES	23-51
COCKPIT VOICE RECORDER	23-71

COMMUNICATIONS - CONTENTS

EFFECTIVITY 601-650,

A300-600 TROUBLE SHOOTING MANUAL

TITLE	ATA REF
OUTPUT BUSES MEASUREMENT POINTS	34-00-00
NAVIGATION-ELECTRICAL POWER SUPPLY DISTRIBUTION	34-00-01
<u>FLIGHT ENVIRONMENT DATA</u>	
AIR DATA SYSTEM - BITE PROCEDURE	34-10-00
UNUSED	34-10-01
ADS INPUTS	34-10-02
ADS FAILURE DETECTED/ENGINE CONTROL	34-10-03
ADS FAILURE DETECTED/FLIGHT CONTROL	34-10-04
ADS FAILURE DETECTED/NAVIGATION	34-10-05
ADS FAILURE DETECTED/INSTRUMENT	34-10-06
ADS FAILURE DETECTED/AUTOFLIGHT SYSTEM	34-10-07
ADS FAILURE DETECTED/DISPLAY	34-10-08
OVERSPEED WARNING PROCESSING	34-10-09
AOA PROCESSING	34-10-10
ALTITUDE DISCREPANCIES	34-10-12
VERTICAL SPEED INDICATORS	34-14-01
<u>ATTITUDE AND DIRECTION</u>	
INERTIAL REFERENCE SYSTEM - BITE PROCEDURE	34-25-00
IRS OPERATION	34-25-01
IRS 1 DETECTED FAILURE	34-25-02
IRS 2 DETECTED FAILURE	34-25-03
IRS 3 DETECTED FAILURE	34-25-04
IRS FAILURE DETECTED BY COMPARISON	34-25-05
INERTIAL REFERENCE SYSTEM - REMOVAL CRITERIA	34-25-06
<u>LANDING AND TAXIING AIDS</u>	
MARKER - BITE PROCEDURE	34-33-00
MARKER BEACON	34-33-01
UNUSED	34-34-00
UNUSED	34-34-01
ILS - BITE PROCEDURE	34-36-00
ILS	34-36-01

NAVIGATION - CONTENTS

EFFECTIVITY ALL

CONTENTS

A.2.1.b. Documentation Constructeur : pour maintenance niveau 1

AMM : Aircraft Maintenance Manual

ACRT : Additional Cross Reference Tables

This document which supplements the IPC is supplied together with each revision of the IPC. It is intended to:

- supply the list of Optional PNs (Part number) and Vendors.
- facilitate cross-reference of data contained in the IPC and the other A/C manufacturer manuals such as the WDM and AMM.
- list raw materials required for local manufacture of items.
- provide informations related to the interchangeability condition of the PNs.

(ICD: Interchangeability Condition Document)

AWM : Aircraft Wiring Manual

ASM : Aircraft Schematic Manual

WDM: Wiring Diagram Manual

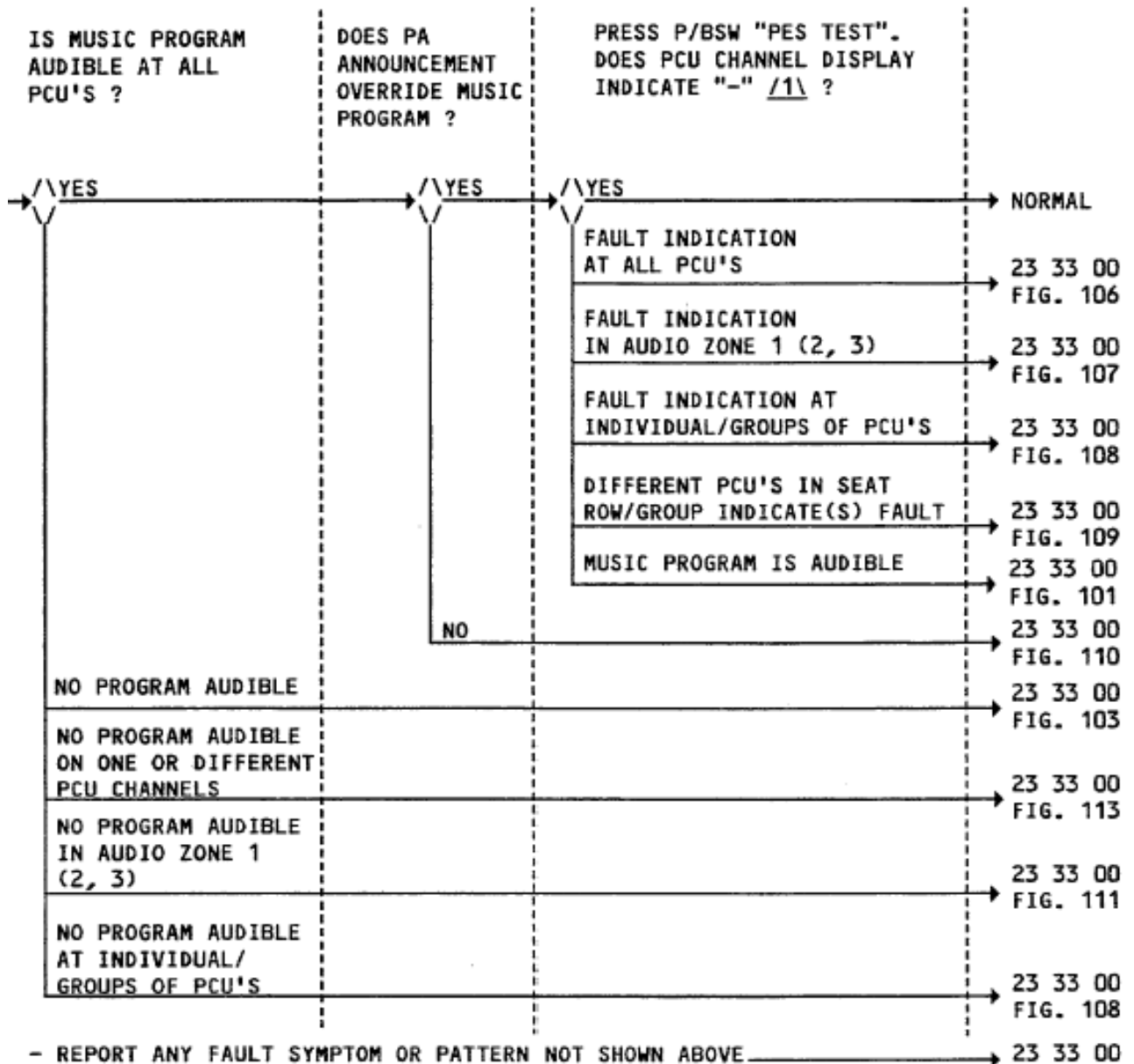
TSM : Trouble Shooting Manual



IPC : Illustrated Parts Catalog
 SRM:
 NTM:

Exemple chapitre 23-33 TSM A300-600


AUDIO REPRODUCER (10MK) LOADED WITH CASSETTES (AMM 23-33-00, P. BLOCK 1).



A.2.1.c. Equipementier : (Thalès, Honeywell, Rockwell-Collins, ...)

CMMM : Component Maintenance Manual Manufacturer:
 CMM : Component Maintenance Manual
 pour maintenance niveau 2 et 3





Rockwell International

Collins ILS-720

ILS Receiver

Component Maintenance Manual

This manual includes coverage of the following equipment:

	Model No	Collins Part No
ILS Receiver	ILS-720	622-9738-020
		622-9738-040
		622-9738-041
		622-9738-220
		622-9738-420

**Collins Air Transport Division
Rockwell International Corporation**
Cedar Rapids, Iowa 52498

Printed in the United States of America

34-36-76 Aug 1'90
2nd Revision, Aug 1'93

**COLLINS AIR TRANSPORT DIVISION
COMPONENT MAINTENANCE MANUAL**

**ILS-720 ILS Receiver
PART NO 622-9738-020**

Figure 2 is a list of associated equipment. Figure 3 is a list of related publications.

EQUIPMENT	FUNCTION
Indicator	The indicator will display lateral (localizer) and vertical (glideslope) deviation with respect to the aircraft's course. Inputs will be compatible with ARINC 429 and the ILS-720 serial digital output bus.
Localizer antenna	A horizontally polarized, 50-Ω impedance, omnidirectional antenna receives localizer navigation signals in the 108- to 112-MHz range.
Glideslope antenna	A folded dipole 50-Ω impedance antenna capable of receiving AM signals in the 329- to 335-MHz range.
Control panel	A frequency select control capable of selecting each of 40 localizer channels. Selecting a localizer channel automatically selects its paired glideslope frequency. The output will be compatible with ARINC 429 and the ILS-720 serial digital input control bus.

Associated Equipment
Figure 2

PUBLICATION	ATA NUMBER	COLLINS PART NUMBER
ILS-720 ILS Receiver Illustrated Parts Catalog	34-36-77	523-0776045
ILS-720 ILS Receiver Software Manual	34-36-78	523-0776159
37P-2/3/4/5 Glideslope Antenna General Aviation Antennas Instruction Book	34-37-00	523-0755810
837B-1/1A VOR/LOC Antenna General Aviation Antennas Instruction Book		523-0761435
Collins Avionics Standard Shop Practices Manual		523-0768039
Collins Integrated Circuit Descriptions Reference Manual		523-0768039
479S-6A VOR/ILS Signal Generator Instruction Book		523-0768881

Related Publications
Figure 3

34-36-76 Page 2
Aug 1'93

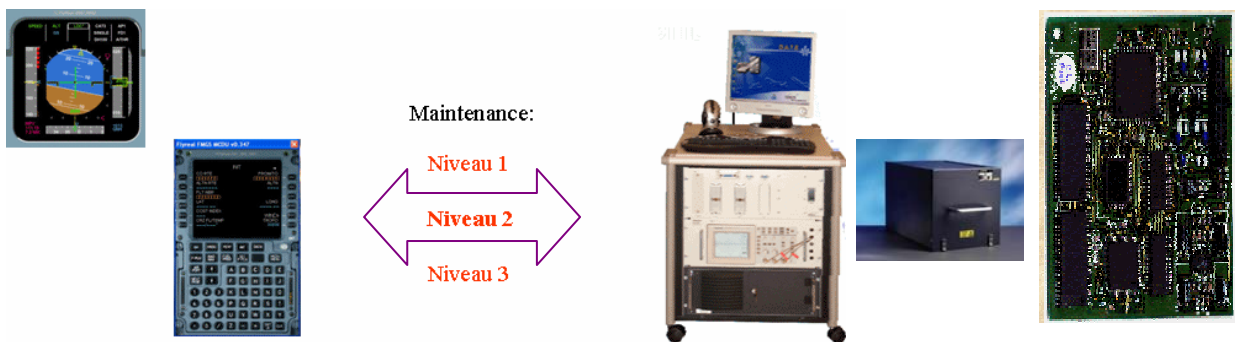
Vocabulaire : **FUNCTIONAL ITEM NUMBERS = F.I.N**

A.3. Niveaux de maintenance

Dans les concepts actuels de maintenance, repris par les études de Soutien Logistique Intégré (SLI), on considère différents niveaux de maintenance.

Ces niveaux, qui sont au nombre de **trois**, prennent notamment en compte la localisation de la panne, les moyens disponibles ainsi que la « taille » de l'unité à remplacer.

A chacun de ces niveaux élémentaires est associé un niveau de test (BITE « **Build In Test Equipment** », test extérieurs, ...) et un niveau d'intervention pour la réparation.



A.3.1. NTI1

Le niveau 1 - appelé NTI1, OLM, line ou level 1 - est le niveau de maintenance élémentaire. La réparation est faite sur le « terrain » c'est-à-dire en piste ou sur un théâtre d'opérations et elle consiste à remplacer une unité remplaçable en lignes appelée LRU, opération qui représente l'échange standard d'un boîtier.

Ex : Remplacement du calculateur d'un calculateur SEC du pilote automatique sur A320

A.3.2. NTI2

Le niveau 2 - appelé NTI2, ILM, shop ou level 2 - est le niveau de maintenance intermédiaire. La réparation est faite en hangar ou en atelier et elle consiste à changer une unité remplaçable en atelier appelée URA, sous composant d'une URL

Ex : Remplacement d'une carte d'acquisition sur un Air data Computeur

A.3.3. NTI3

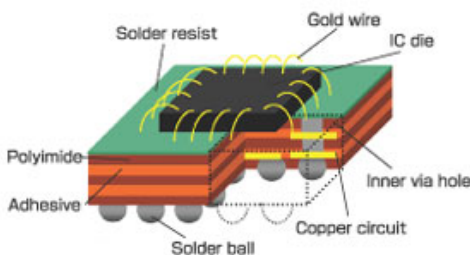
Le niveau 3 - appelé NTI3, DLM, level 3 ou manufacturer - est le niveau de maintenance le plus approfondit. La réparation est faite chez un intervenant agréé qui est souvent le constructeur de l'organe en panne et consiste en la réparation de l'URA en panne par échange de composant.

Ex : Changement d'un condensateur de la carte de calcul d'un HUD sur Mirage 2000.

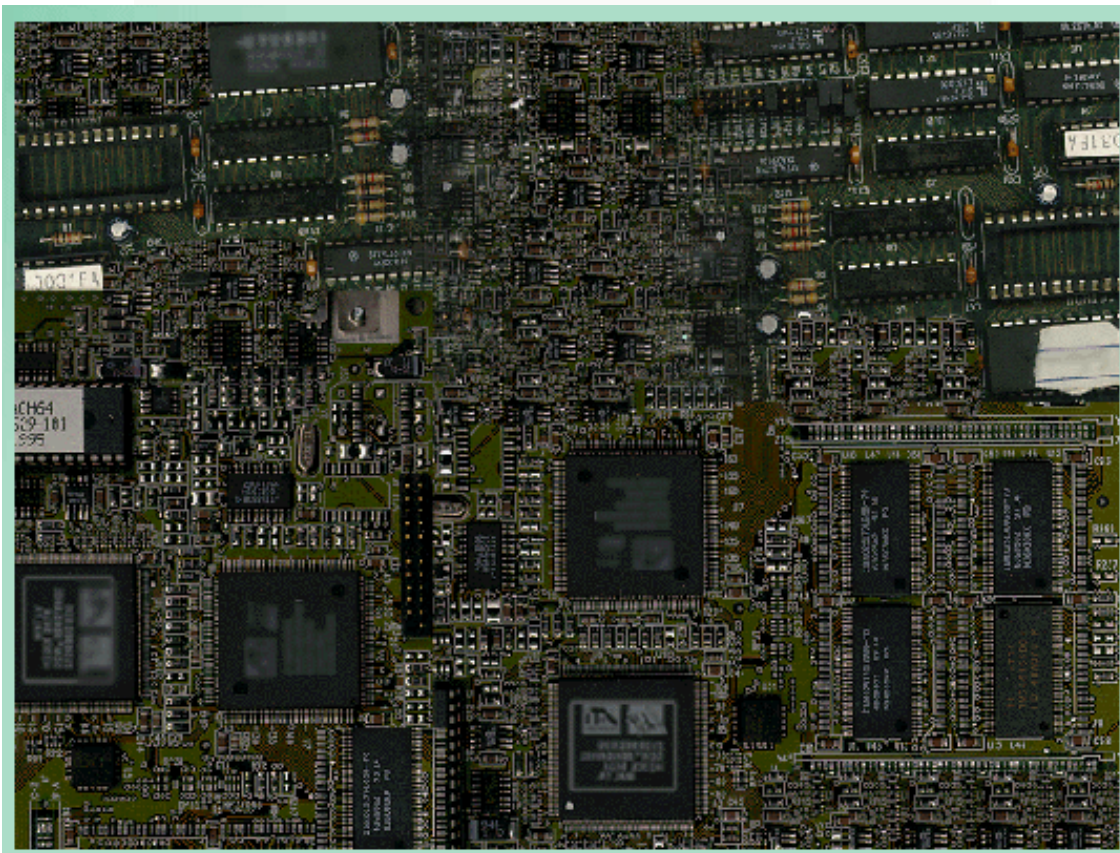
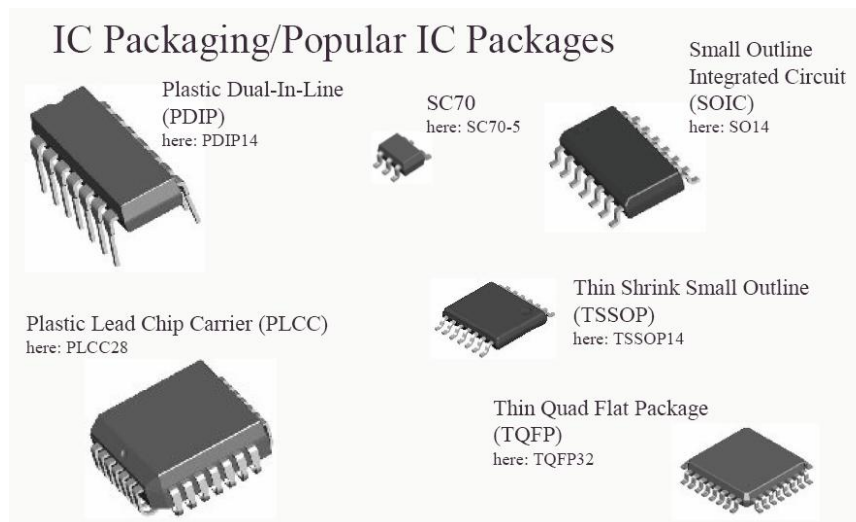
➤ A retenir

Niveau	Unité remplacée	Lieu d'intervention
NTI1	LRU (URL)	En piste (dans l'avion)
NTI2	SRU (URA)	En atelier au hangar
NTI3	Composant	Atelier agréé (équipementier)

A.3.4. Influence de La technologie de montage en surface CMS



L'utilisation de Component Mount Surface, **CMS**, notamment l'utilisation de boîtiers de **BGA** ou « fine pitch », tout comme la technologie de circuits imprimés multicouches compliquent sérieusement les réparations.



D'autre part, l'avènement du PLOMB, va progressivement tendre à l'utilisation des technologies d'assemblage des cartes électroniques « sans plomb », **RoHS**. Avec les nouvelles contraintes pour le test et les réparations...

Le terme soudure est utilisé pour désigner le brasage de même que le terme “sans plomb” est utilisé pour désigner la compatibilité à la directive RoHS.

Brasure avec Sn63PbAg2 (procédé de REFUSION) ou Sn65Pb (procédé à la vague) jusqu'en juillet 2006 (dérogation pour l'aéronautique, le spatial, le médical et militaire....)

SAC : S comme étain, A comme Argent, C comme Cuivre (ex : SAC 305 = étain, 3% d'argent, 0.5% de cuivre)

A.4. La maintenance sur aéronef : évolution technologique :

A.4.1. EFB *Electronic Flight Bag*

Thales Avionics a été sélectionné par l'avionneur russe Sukhoi pour fournir la suite avionique complète de son nouvel avion régional (signature au salon du Bourget 2005), le Russian Regional Jet, biréacteur de 70-80 sièges.



Figure 1 : Vue d'artiste du Sukhoi Russian Regional Jet (RRJ)

Il est prévu d'y implémenter un outil dédié à la maintenance des équipements avioniques. Cet équipement sera utilisé principalement en maintenance en ligne et devra principalement :

- **Fournir une liste des actions à mener** en cas de panne avionique (changement de LRU, mise à jour de bases de données.....) afin de pouvoir remettre l'avion en **condition opérationnelle** (dispatch) le plus rapidement possible.
- **Fournir une aide au diagnostic** dans le cas de **pannes complexes** par corrélation des messages de pannes envoyés par les LRU et les messages cockpits.

L'objectif étant d'éviter que les matériels sains ne soient retournés à l'équipementier et par là même, diminuer le nombre de NFF (**No Fault Found**) et donc le **coût** de possession (maintenance).

➤ Présentation de l'outil EFB

Un avion est composé d'une centaine de calculateurs (LRU) plus ou moins complexes. La majorité de ces calculateurs possède un BITE (Built-In Test Equipment). Il s'agit d'un petit programme implémenté dans le calculateur lui-même et destiné à en tester le bon fonctionnement.

Dans le RRJ, chaque calculateur sera relié au calculateur de maintenance centralisée hébergeant une fonction de maintenance centralisée : la CMF (**Centralized Maintenance Function**).

L'objectif de la CMF est de recueillir les messages de panne, résultats de test, et messages de santé envoyés par les différents LRU.

La CMF transmet ensuite ces informations à la CMI (**Centralized Maintenance Interface**), hébergeant l'interface utilisateur ainsi qu'un algorithme de corrélation des messages de pannes afin de fournir un message de maintenance clair à l'opérateur.

Il s'agit donc d'un outil destiné à assister les opérateurs de maintenance en ligne en leur présentant non pas un message de panne (ex : TCAS fault) mais une action à mener (Ex : changer le capteur X relié au TCAS)

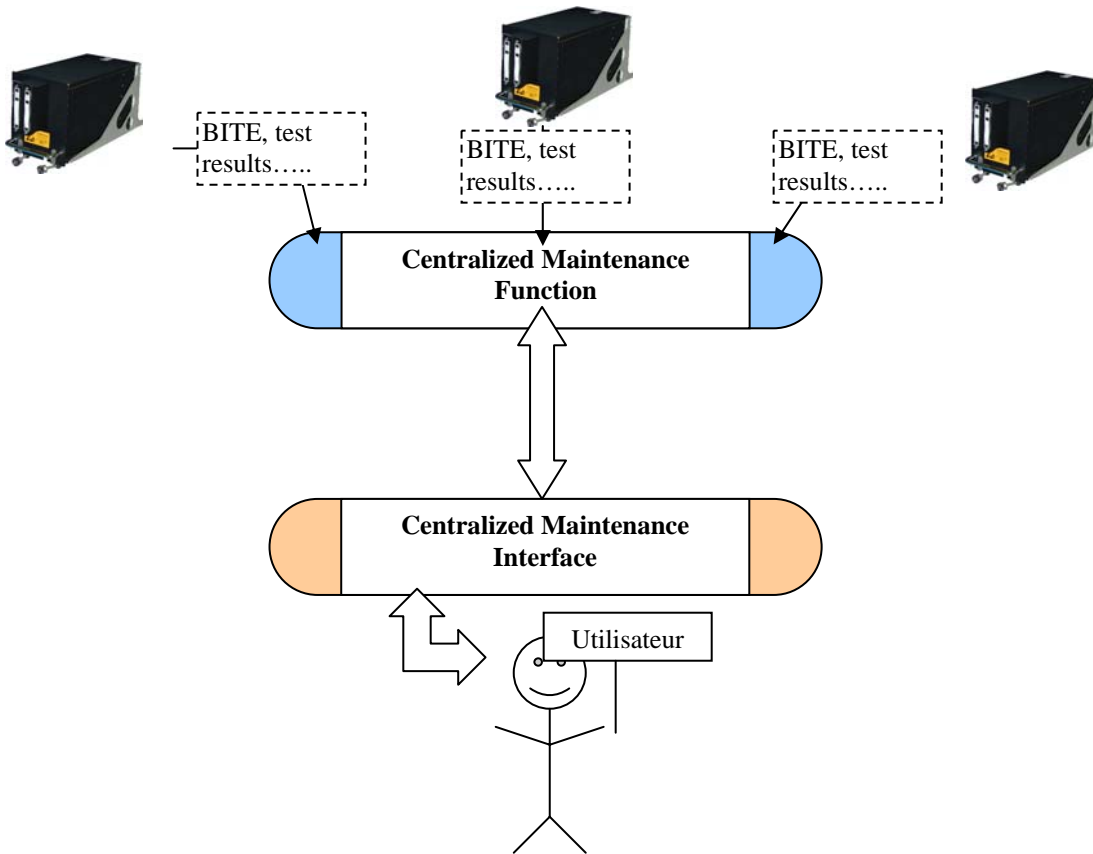


Figure 2 : Architecture simplifiée de l'outil de maintenance centralisée

➤ L'Electronic Flight Bag

L'objectif est d'intégrer l'interface de maintenance à un terminal de type Electronic Flight Bag (EFB). Ce type de support est actuellement utilisé pour héberger les documents nécessaires aux pilotes (Cartes d'aéroports, procédures d'approches, check list de départ...). Il se place habituellement sur les panneaux latéraux du cockpit ou directement sur le manche.



Figure 3: Exemple d'EFB

A.4.2. Les interventions sur avions

Les « incidents de vols » sont inscrits manuellement par le pilote sur le « LogBook » : Il sert, avec le système **FMS** (Flight Management System) à la maintenance pour le maintien en condition opérationnel de l'aéronef...

L'intervention consiste à essayer d'« innocenter » l'équipement impliqué dans une panne et s'il est réellement fautif, à récupérer le maximum d'informations pour aider à la future réparation et à le remplacer via un échange standard.

Pour cela, les équipes ont à leur disposition plusieurs techniques de **TroubleShooting*** :

A.4.2.a. La maintenance embarquée



Accessible grâce au MCDU* (ci-contre), le système de maintenance centralisée permet d'établir le diagnostic d'un système. L'opérateur peut accéder à différentes informations selon l'équipement. Par exemple, il peut simuler le fonctionnement du système grâce à un System Test. Il peut accéder aux TSD* en consultant les codes BITE* associés à chaque panne. Il peut aussi imprimer le PFR* pour connaître les dernières pannes rencontrés leur contexte et les codes pannes associés.



A.4.2.b. Le croisement

Cela consiste à intervertir physiquement 2 calculateurs identiques assurant la même fonction (redondance) et à observer si la panne "suit" le calculateur ou non. Dans le cas où la panne suit, on dépose.

A.4.2.c. La reconfiguration

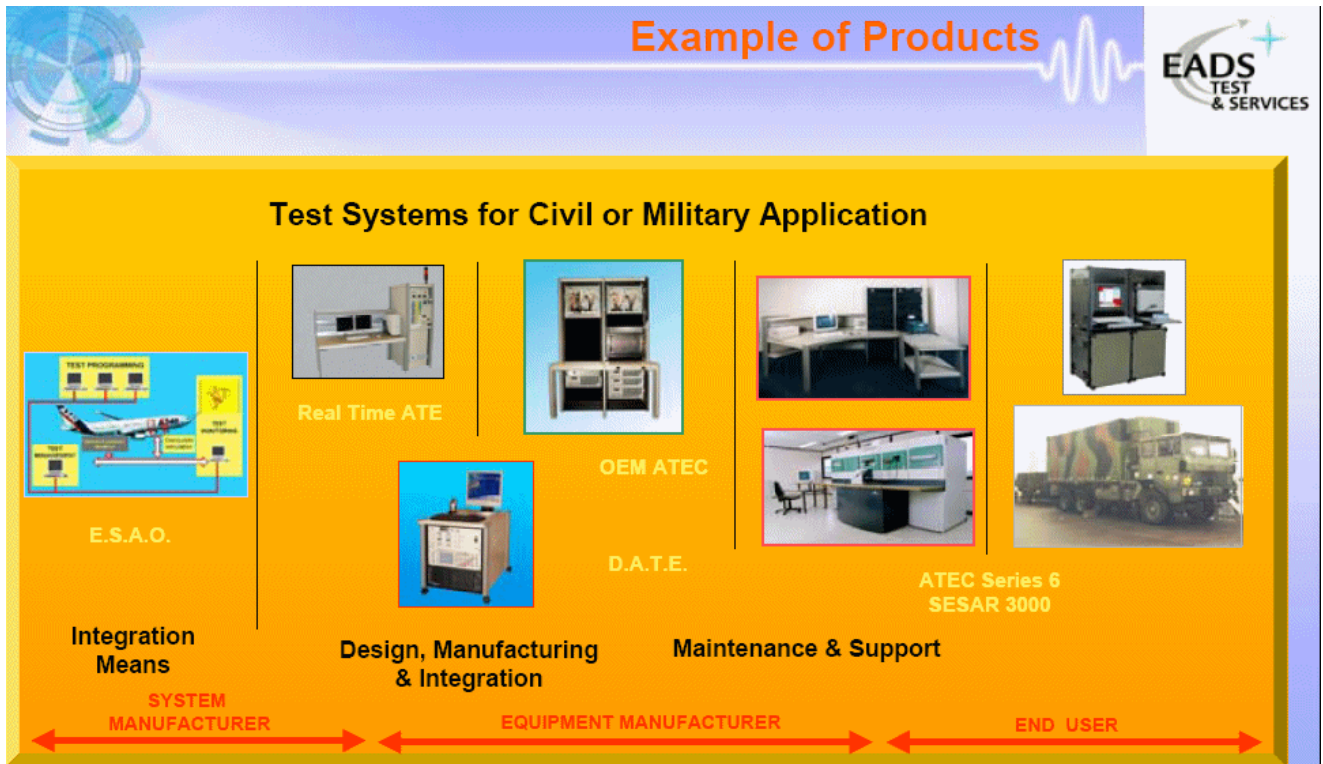
Comme précédemment, on peut intervertir non pas les boîtes elles-mêmes mais les fonctions qu'elles assurent. Là aussi, si la panne reste sur le même calculateur, on le dépose.

Ces 3 méthodes sont des techniques de TroubleShooting simples qui peuvent servir à confirmer les résultats obtenus via la maintenance centralisée.

Dans certains cas, les croisements sont impossibles (cas d'un calculateur non redondé tel le CFDIU*), dans d'autres les reconfigurations sont impossibles (cas des FMGEC* par exemple).

A.5. Les testeurs avioniques : NT2 et NT3

A.5.1. Exemple EADS T&S:

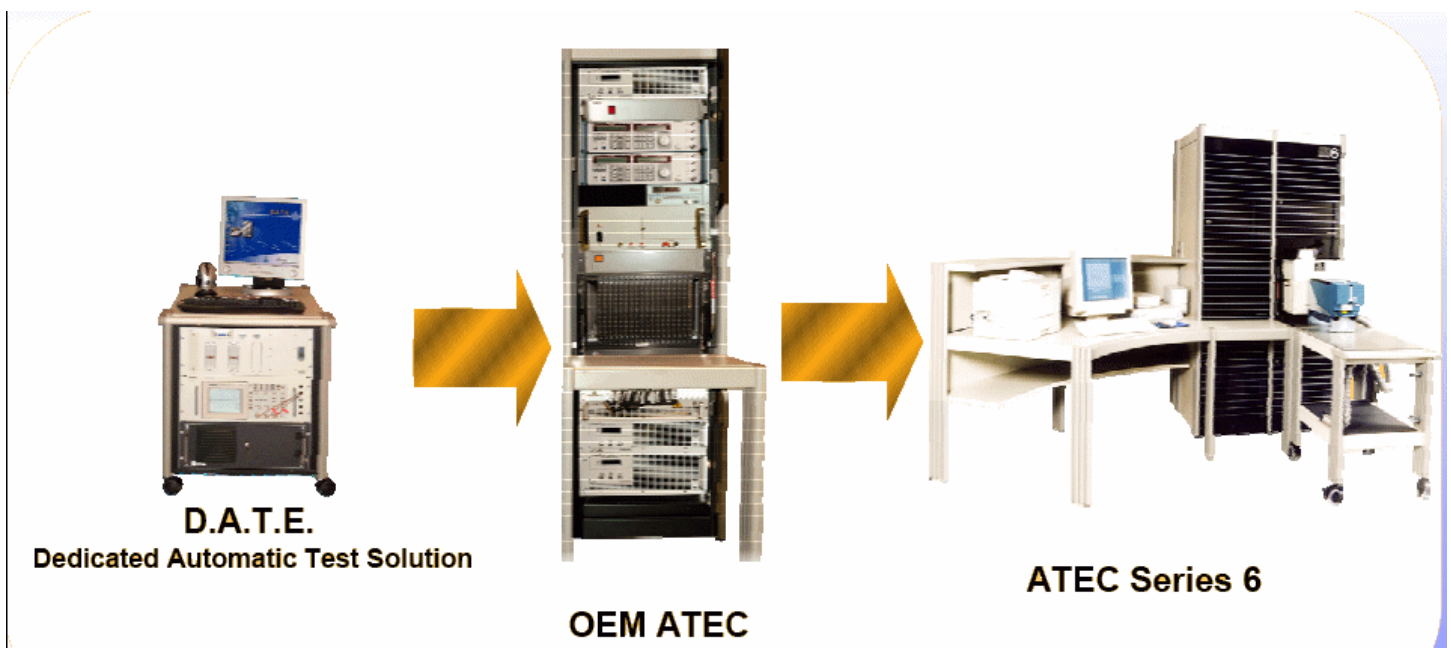


➤ *ATEC : Automatic Test Equipment*

Mise en oeuvre depuis le “ Concorde” , **Multi- purpose tester**

➤ *DATE: Dedicated Automatic Test Equipment*

Testeur “ Low Cost” , **Dedicated tester**

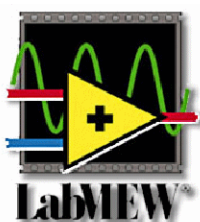
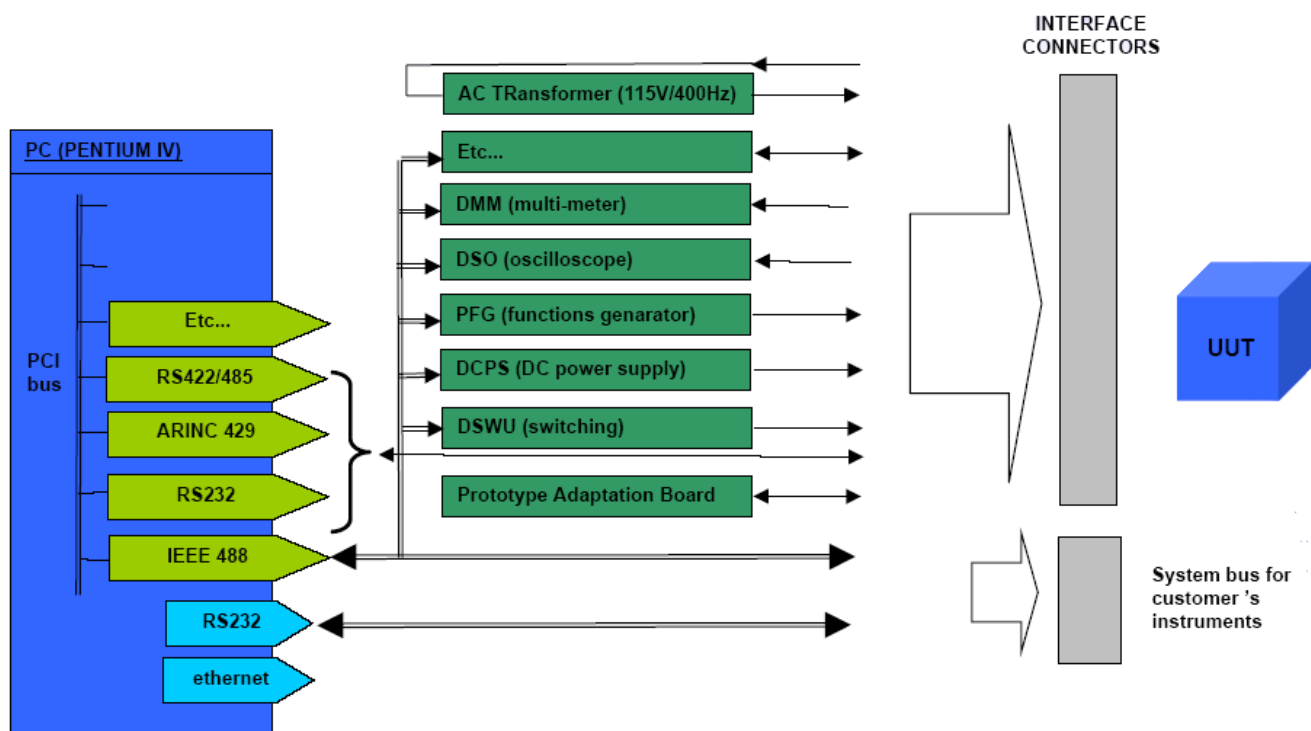


A.5.2. Exemple de constitution d'un banc de test automatique:

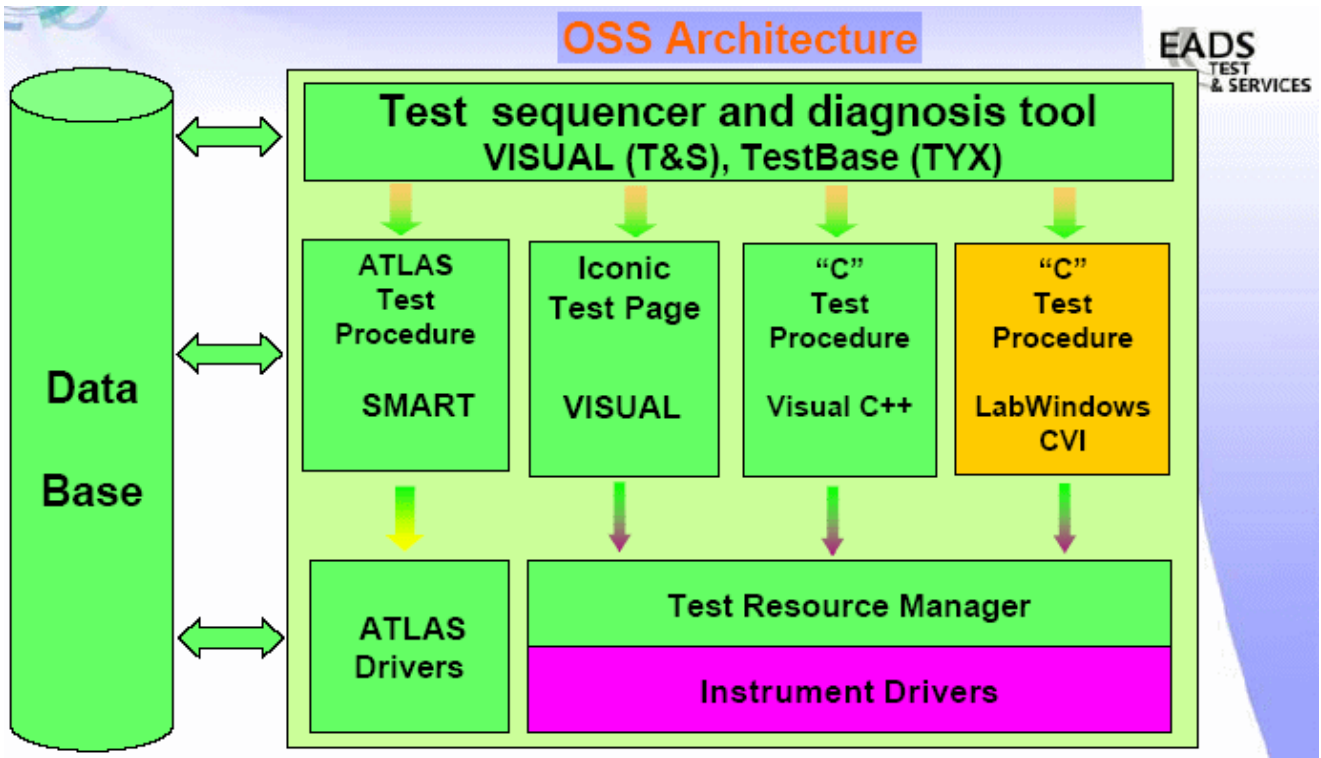
<p>= Self-Test:</p> <ul style="list-style-type: none"> S Resources and Switching Self-Test S/W and H/W <p>= Power Supply:</p> <ul style="list-style-type: none"> S 115V 400Hz Isolated AC Line <p>= Switching and distribution</p> <ul style="list-style-type: none"> S 80 additional Signal Relays S User Configurable Adaptation Board S 1 additional Interface Connector up to 290 pins 	<p>= Measurement and signal generation:</p> <ul style="list-style-type: none"> S Digital Sampling Oscilloscope S Programmable Function Generator <p>= Digital:</p> <ul style="list-style-type: none"> S ARINC 429, 4 channels TX or RX S RS 422/485, 4 asynchronous channels S Digital Inputs Outputs module ,96 I/O S AFDX , 1 bus S Mil 1553B, 1 BC or RT or BM simulator S I2C, 1 channel
--	--

A.5.3. Exemple d'options :

<ul style="list-style-type: none"> S Switching extensions S ACPS S DCPS S DCLOAD S SRM S PGA 	<ul style="list-style-type: none"> S PRGRES S ISM/LA S RS 422 Isochronous S ARINC 629 S CAN S ETC...
--	--



Labview, Labwindows CVi , Visual OSS, → **Languge C**



A.5.4. Langage ATLAS

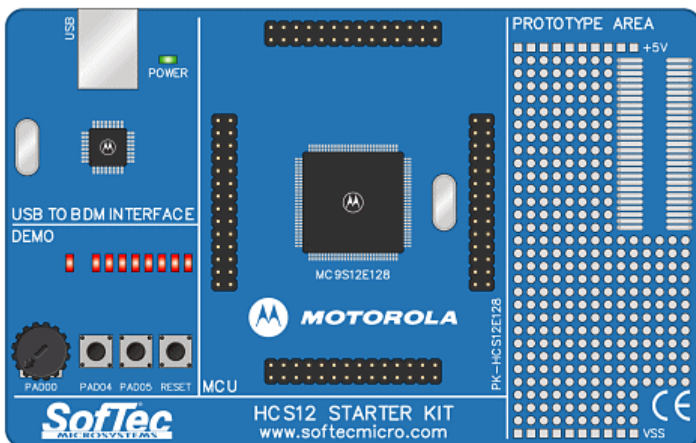
(Abbreviated Test Language for All Systems).

From UK’s ATLAS Language Working Group (ALWG)

A.5.5. Autre langage

La technologie **FPGA** (Field Programmable Gate Array)
 et le langage **VHDL** de description comportementale (Verilog Hardware Description Language)

➔ Cours & TP : Labview ...+ Langage C et µC



B. BUS

B.1. Les bus fond de panier pour testeur

http://www.enseirb.fr/~kadionik/formation/bus_industriels/busindustriels_enseirb.html

B.1.1. Bus VME

Les spécifications **VME** (Versa Module Eurocard) révision A ont été présentées pour la première fois à Munich en octobre 1981 par les constructeurs Motorola, Mostek et Philips. Elles ont fait l'objet d'une norme par l'organisme IEEE : la norme IEEE P1014.

Les spécifications définissent une interface de connexions (bus) entre différents systèmes informatiques (unités de traitements, de stockage de données ou de contrôle de périphériques).

Elles précisent:

- la façon dont dialoguent les deux unités sans perturbation de fonctionnement des autres unités connectées au bus VME.
- les caractéristiques mécaniques et électriques du bus
- les protocoles d'échanges entre les deux unités.

B.1.1.a. Présentation physique du bus VME

Le bus VME est un ensemble de lignes électriques adaptées. Il se présente sous la forme d'un ou de deux circuits imprimés multicouches fixés au fond d'un châssis (châssis VME) formant ainsi le *fond de panier* (backplane); sur lesquels sont soudés des connecteurs. Ceux-ci possèdent **3 rangées de 32 broches, soit 96** lignes électriques. Le châssis VME possède des emplacements (slots) permettant d'enficher les cartes à connecteurs sur le bus.

Ce bus a été conçu pour des systèmes 8, 16 ou 32 bits. Il apparaît cependant aujourd'hui une extension 64 bits dénommée VME 64. Le bus VME est un bus asynchrone et multiprocesseur facilitant l'utilisation de plusieurs cartes à microprocesseur, cartes mémoires ou cartes entrées/sorties ayant des caractéristiques de vitesses différentes.

Le bus VME, par son grand nombre d'options est devenu un standard industriel au fil des années et a permis au concepteur de matériel informatique d'avoir une grande souplesse dans la conception de ses produits.

On utilise les connecteurs de la série DIN41612

B.1.1.b. Les principales caractéristiques du bus VME :

- bus asynchrone , non multipléxé.
- capacité d'adressage de 4Go.
- gestion de l'accès au bus de transfert de données par niveaux de priorité (quatre niveaux) ; la hiérarchie des niveaux étant fixe ou tournante.
- gestion des interruptions par niveaux de priorités (sept niveaux) par un système centralisé (un seul contrôleur) ou par un système distribué (plusieurs contrôleurs d'interruptions dans le même châssis VME).
- vitesse maximale de transfert de données de 40 Mo/s.
- nombre maximum de 21 cartes par châssis VME.

B.1.2. Bus VXI

Les spécifications **VXI** (VMEbus eXtension for Instrumentation) ont été présentée pour la première fois en juillet 1987 par 5 compagnies américaines (Colorado Data System, Hewlett-Packard, Racal, Tektronix et Wavetek). A cette époque, le bus VME est largement accepté comme standard industriel, mais n'est pas tout à fait adapté pour les fabricants de matériel d'instrumentation :

- la taille des cartes VME est trop petite
- l'espacement entre les cartes est trop faible
- la puissance des alimentations est trop faible
- les spécifications électromagnétiques sont peu précises

D'autre part, le bus d'instrumentation **GPIB** ("General Purpose Interface Bus" , norme **IEEE 488**) est couramment utilisé par ces fabricants mais possède aussi des lacunes :

- Les transferts sont limités aux données de 8 bits avec un débit d'au plus 1 Mo/s et ne peuvent aller au delà de 7Mo/s avec le bus HS488..

Les spécifications VXI ont regroupé ces deux standards de façon à profiter des avantages de chacun d'entre eux et en apportant en plus des fonctionnalités qui lui permettent d'être considéré comme le bus d'instrumentation à part entière. **Un point important à signaler** est que sont spécifiés les modules **logiciels** à mettre en place en plus des spécifications électriques , mécaniques et logiques.

La révision 1.1 est apparue en octobre 1987 et précise :

- l'implémentation du bus VME
- les caractéristiques mécaniques et électriques
- les caractéristiques électromagnétiques
- la distribution en puissance des alimentations
- les protocoles de communication
- le fonctionnement général du système VXI
- l'interface IEEE 488/VXI
- le refroidissement des équipements

En juin 1988 est annoncée la révision 1.2 , et en juillet 1989 la révision 1.3 présentée ici.

B.1.2.a. La terminologie VXI

On appelle **appareil VXI** (VXI device) un élément du système VXI qui réalise une fonction précise (microprocesseur, convertisseur analogique/numérique, interface IEEE 488...). Une carte VXI regroupe généralement un seul appareil. Néanmoins, la norme VXI autorise à avoir plusieurs appareils par carte avec au plus **256 appareils par système VXI** qui peut comporter plusieurs châssis.

On appelle *module VXI*, une carte VXI occupant un slot dans le châssis. On a au maximum 13 modules VXI numérotés de 0 à 12 en partant de la carte la plus à gauche (le module VXI 0 se trouve dans le slot numéro 0) grâce à l'interface MXI (8 châssis maximum).

B.1.2.b. Présentation physique du VXI

Caractéristiques mécaniques :

Différents formats de cartes sont définis. On retrouve les formats simple (taille A) et double (taille B) EUROPE de la norme VME. On a aussi introduit 2 dimensions de cartes plus grandes (taille C et D). Ainsi, suivant sa taille, une carte VXI possédera 1, 2 ou 3 connecteurs (connecteurs P1, P2 ou P3).

B.1.2.c. Performances du VXI

On retrouve les performances du VME puisque le VXI est une extension pour l'instrumentation du bus VME, auquel on a rajouté des lignes de synchronisation.

B.1.2.d. VXIplug and play

Sous l'impulsion de l'alliance *VXIplug and play*, de nombreux fournisseurs d'instruments livrent à présent un **driver d'instrument** avec chacun de leurs instruments. L'alliance *VXIplug and play* s'appuie sur les spécifications VXI. Les standards *VXIplug and play* considèrent le système de façon globale avec pour objectif un utilisateur final **opérationnel en moins de cinq minutes**.

Les standards *VXIplug and play* résolvent bon nombre des problèmes dues au manque de standardisation au niveau système. Grâce à ces standards, les fournisseurs de VXI peuvent garantir que leurs produits seront compatibles avec d'autres composants dans un environnement système particulier. Ils fournissent un mécanisme simple permettant aux concepteurs de systèmes VXI de sélectionner des produits compatibles et de les intégrer dans leurs systèmes plus facilement.

B.1.3. Bus PCI

Introduit par Intel en 1992 comme un bus interne rapide (Peripheral Component Interconnect), ce bus est orienté pour le transfert de fichiers importants : il permet un débit théorique maximal de 132 Mo (/6U). Il est le remplaçant du bus ISA avec lequel il cohabite dans les PC de la génération actuelle. Il devrait à terme le remplacer dans les PC traditionnels. Bien que ses performances soient supérieures au bus ISA, le problème de la connectique n'est pas résolu. On enfiche des cartes sur une carte mère qui porte le processeur. Il s'adapte mal à des applications de type industriel. La limitation à 4 slots due principalement aux connecteurs utilisés dans les PC de bureau a conduit le groupe PICMG à introduire une nouvelle amélioration appelée CompactPCI en 1994.

Cette amélioration est basée sur l'utilisation de connecteurs de haute qualité, blindés, à faibles capacités entre lignes. Elle permet au bus CompactPCI de réunir 8 slots sans circuit de polarisation complexe, directement via les circuits dédiés. Des circuits d'expansions (bridge PCI/PCI) permettent d'étendre à 15 ou davantage les capacités de connections d'une carte mère (création de sous-bus). **Le point faible du bus PCI** est encore sa sensibilité aux **parasites électriques**. Il semble préférable de protéger son environnement par des filtrages et blindages performants.

La déclinaison PCI/64 bits présente une consommation importante. Ce bus fonctionne à 33MHz.



B.1.4. Bus PXI

National Instruments a annoncé à son congrès annuel à Austin en août 1997 sa nouvelle architecture PXI pour PCI extension for instrumentation. Cela répond aux besoins de modularité et du besoin de plus en plus marqué des **PC dans l'industrie**. Il bénéficie des performances élevées du **PCI** en terme de débit et de bande passante. Du côté mécanique le PXI reprend très exactement les spécifications du **compactPCI** (3U et 6U) et les connecteurs **IEC 1076** (pas de 2mm entre les broches). L'emplacement de la carte processeur sur le PXI est **impérativement à gauche** avec deux emplacements d'extension dépourvus de connecteurs alors que c'est libre pour le CompactPCI. Un châssis ne contient alors que 7 emplacements pour des cartes contre 10 au compactPCI. Les spécifications PXI plus rigoureuses que CompactPCI : aération forcée, test en température. Les systèmes PXI sont dotés de systèmes de déclenchements particuliers :

- horloge de référence "système" pour la synchronisation des cartes
- bus de déclenchement classique (huit lignes)
- bus de déclenchement en étoile pour des besoins de synchronisation très précis
- bus local qui permet aux cartes de communiquer directement entre elles sans passer par le bus PCI pour des échanges de données analogiques par exemple.

La nouveauté est l'apparition de spécifications logicielles qui stipulent que chaque module PXI doit supporter les **OS Windows 95 et Windows NT**. Avec le PXI, les utilisateurs vont bénéficier immédiatement d'un système **plug and play** puisque les pilotes des OS de chez Microsoft ainsi que les composants chargés de la gestion du bus PCI sont connus de tous le monde. Les spécifications du PXI sont ouvertes au domaine public et donc utilisables **sans licence d'exploitation**.

B.2. Bus avioniques

B.2.1. Définition:

L'avionique est l'électronique appliquée aux techniques aéronautiques et spatiales.

B.2.2. Architectures de type :

- ✓ avionique fédérée (AIRBUS A320/340)
- ✓ avionique modulaire (AIRBUS A380)

B.2.3. Différentes appellations de BUS Avionique :

BUS avioniques civils (ARINC 429, ARINC 664 708, 717, Dataloader 615-3, AFDX, CSDB) et des interfaces avioniques militaires (MIL-STD-1553, MIL STD 1760, STANAG 3910, MMSI).

IRIG-B , PANAVIA

B.2.4. EXEMPL EASY FALCON :



DASSAULT AVIATION a choisi l'architecture logicielle HONEYWELL PRIMUS EPIC comme base de son concept EASY (Enhanced Avionics System), lequel deviendra "la norme" pour les FALCON 900EX, 2000EX et 7X.

B.2.4.a. Plusieurs bus sont utilisés par EASy pour assurer ces fonctionnalités:

- Le Virtual **Backplane PCI**, propriété Honeywell, permet aux modules d'une voie de MAU de dialoguer entre eux..
- ASCB Version D, propriété Honeywell, est le bus avion principal.
- Local Area Network (LAN), type industrie, dédié à la maintenance (pour le DataLoading, pour le CMC ...).
- Remote Image Bus (RIB), propriété Honeywell, porte la vidéo du module optionnel et les informations venant du CMC vers les AGM.
- Fibre Channel Bus (FCB), propriété Honeywell, est le bus de liaison vidéo AGM vers LCD.
- Control Area Network (CAN), type industrie, spécifique au commandes de vol et transitant par le même câblage que le bus ASCB.
- Terrain Bus, propriété Honeywell, permet l'affichage du relief via les AGM.
- Weather Radar Picture Bus, type industrie, permet l'affichage de la météo via les AGM.
- Digital Audio Bus, propriété Honeywell, utilisé pour transmettre les données des MRC aux panneaux Audio.
- Digital Microphone Bus, propriété Honeywell, pour la liaison micro / MRC.



Figure 4 : cockpit EASy

B.2.4.b. Architecture du système EAsY

Le schéma suivant présente sommairement l'architecture du système. Les liaisons vertes correspondent au fonctionnement normal alors que les liaisons orange représentent les bus de backup.

La liaison en pointillé noir identifie le bus LAN.

Echange des données

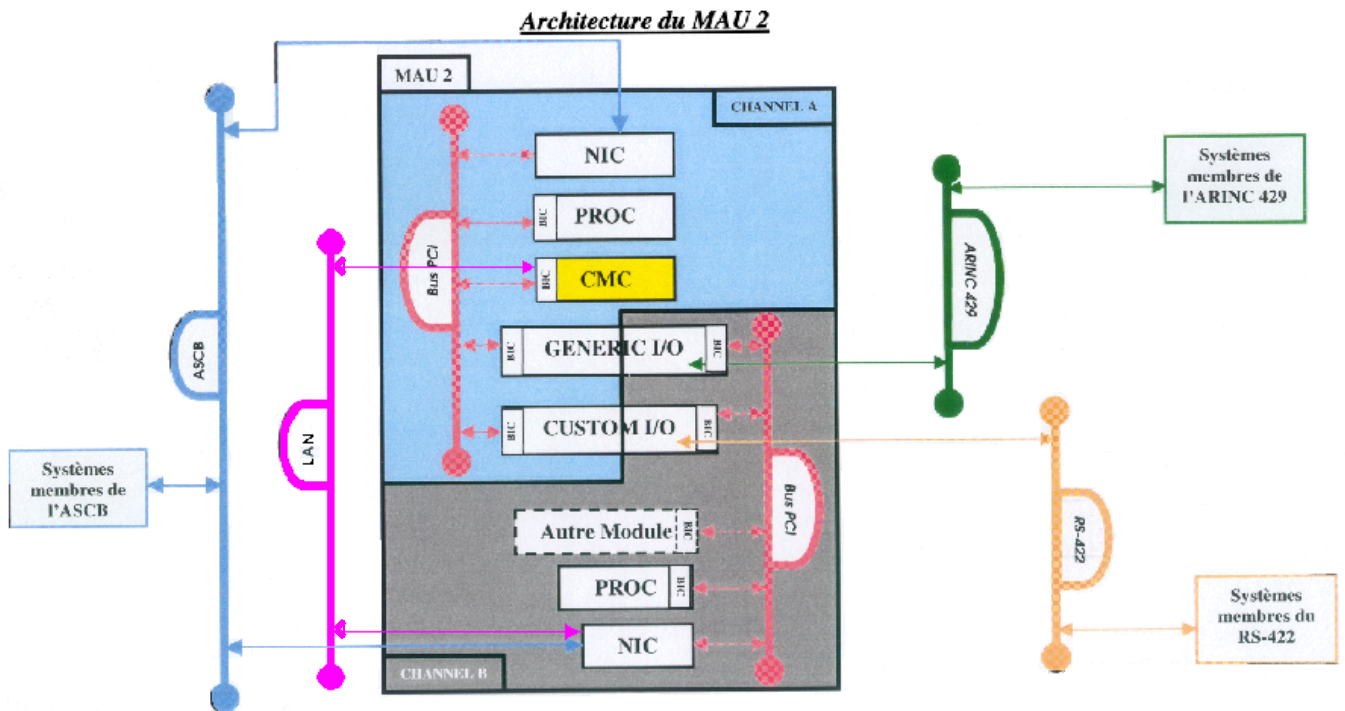


Figure 5 : Echange des données

Le schéma ci-dessus illustre sommairement les échanges de données.

Le bus **ASCB version D** est la colonne vertébrale du système EASy. Les équipements qui y sont abonnés sont présents uniquement dans les MAU et les MRC (systèmes avionique en général). Tous ces modules ont accès à l'ASCB par la carte NIC via le bus de backplane PCI.

Pour dialoguer avec les autres systèmes avions, le bus **ARINC 429** est utilisé via une carte Input/Output Générique.

D'autres données analogiques ou discrètes, venant du tableau supérieur, de potentiomètre, de fin de course ou autre, sont acquises via le même type de cartes.

Le protocole **RS-422** est utilisé pour la maintenance (récupération des codes de pannes).

Le bus **LAN** est utilisé pour la maintenance (dataloading, dialogue PC/CMC, impressions),

Nota : la perte d'une carte NIC engendre la perte de la voie puisqu'elle gère l'accès à l'ASCB et au LAN.

B.3. Bus CAN

Bus/réseau de terrain CAN (*Control Area Network*).

Bien plus qu'un bus au sens électrique, le bus CAN est un réseau à part entière respectant le modèle d'interconnexion des systèmes ouverts **OSI de l'ISO**.

C'est un réseau de terrain aussi car il *doit fonctionner dans un environnement limité et sévère* comme une usine, un atelier, une voiture... un avion (commande de vol)

Le bus/réseau CAN, standard de fait, est promu à un essor rapide.

→ voir : cour de Patrice KADIONIK, ENSEIRB Bordeaux
<http://www.enseirb.fr/~kadionik/formation/canbus/canbus.html>

Description :

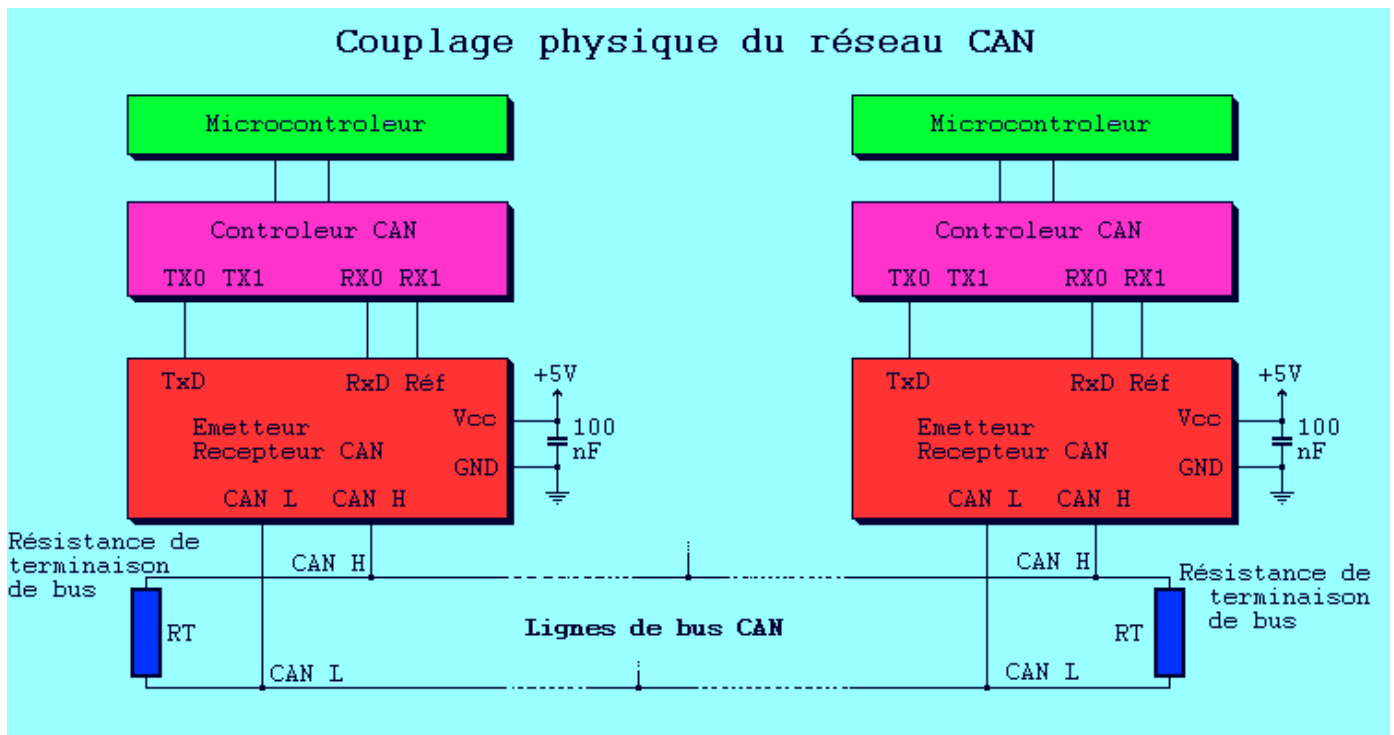
Le bus CAN (Controller Area Network) est né du besoin de trouver une solution de communication série dans les véhicules automobiles, qui ont tendance à intégrer de plus en plus de commandes électroniques. Jusqu'à maintenant, tous les organes de commandes des véhicules échangeaient les données par l'intermédiaire de lignes dédiées. L'augmentation du nombre d'organe embarqué a contraint les équipementiers automobiles à développer une nouvelle architecture à base de bus réseaux.

Le GIE Renault-PSA avec les partenaires comme Sagem, Valeo et autres ont développé le bus VAN (Vehicule Area Network), les puces contrôleurs sont fabriquées par MHS, SGS, TI

En Allemagne, Bosch a développé, au milieu des années 80, le bus CAN ou "Controller Area Network" qui a fait l'objet d'une normalisation Iso 11898.

Avec le bus CAN, les stations ayant les mêmes droits (organes de commande, capteurs ou actionneurs) sont reliées par un bus série. Le protocole CAN de base leur permet d'échanger 2048 variables. Ce protocole, ainsi que les paramètres électriques de la ligne de transmission, sont fixés par la norme 11898.

→ La transmission physique s'effectue soit une paire torsadée ou par liaison infrarouge, hertzienne ou par fibre optique.



A la différence du faisceau de câbles, le réseau détecte et corrige, grâce à son protocole, les erreurs de transmissions induites par les radiations électromagnétiques. L'organisation en réseau apporte

aussi une « configurabilité » aisée du système et la possibilité d'établir un diagnostic central. Elle permet à chaque station de communiquer avec les autres sans charger le calculateur des organes de commande.

Principe de fonctionnement :

Du type **multi-maître**, orienté messages courts, le bus CAN est bien adapté à la scrutation de variables émises par des stations déportées. La norme Iso 11898 spécifie un débit maximum de 1Mbit/s. La longueur maximum du bus est déterminée par la charge capacitive et le débit. Les configurations recommandées sont les suivantes :

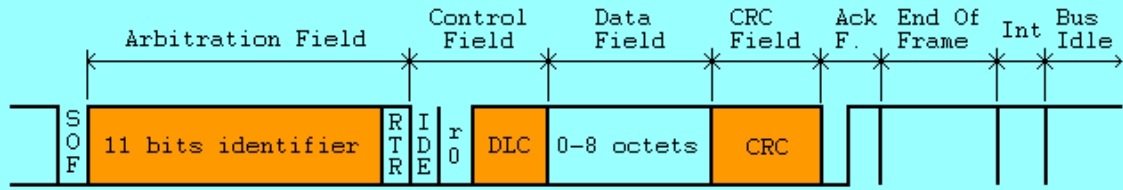
Débit	Longueur
1 Mbit/s	40 m
500 Kbit/s	100 m
100 Kbit/s	500 m
20 Kbit/s	1000 m

Le protocole est basé sur le principe de diffusion générale : lors de transmission, aucune station n'est adressée en particulier, mais le contenu de chaque message est explicité par une identification reçue de façon univoque par tous les abonnés. Grâce à cet identificateur, les stations, qui sont en permanence à l'écoute du réseau, reconnaissent et traitent les messages qui les concernent; elles ignorent simplement les autres.

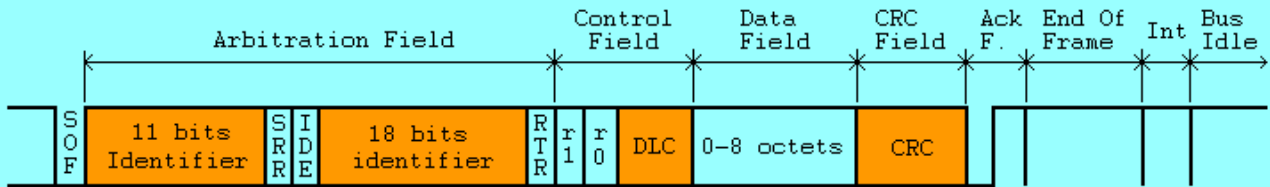
L'identificateur indique aussi la priorité du message, qui détermine l'assignation du bus lorsque plusieurs stations émettrices sont en concurrence. En version de base, c'est un nombre de 11 bits, ce qui permet de définir jusqu'à 2048 messages plus ou moins prioritaires sur le réseau. Chaque message peut contenir jusqu'à **8 octets** de données, ce qui correspond par exemple à l'état de **64 capteurs**. L'adressage par le contenu assure une grande flexibilité de configuration. Il est possible d'ajouter des stations réceptrices à un réseau CAN sans modifier la configuration des autres stations.

Formats de trames de messages :

La norme CAN définit deux format de protocole : Standard (Version2.0 A) et Extended (Version2.0 B). La différence résulte seulement dans la longueur de l'identificateur (ID) qui est de 11 bits de base et 18 bits supplémentaires en mode Extended. Cette extension permet l'augmentation du nombre de variables échangées, et le nombre de stations sur le réseau. Le nombre d'octets de données échangées à chaque trame reste inchangé.



Trame des messages au format standard (spécification CAN 2.0A)



Trame des messages au format étendu (spécification CAN 2.0B)

Détection des erreurs :

La trame du protocole CAN intègre des mécanismes de détection d'erreurs. De plus, comme tous les nœuds de réseau surveillent simultanément le bus, ils détectent des différences entre bits reçus et bits émis. Dès qu'une erreur est détectée, la transmission en cours est interrompue par l'émission d'un indicateur d'erreur ("error flag"). L'émetteur peut donc recommencer à émettre son message.

Tout ce système de gestion des erreurs est complètement transparent pour le développeur et l'utilisateur. Le système est capable de gérer automatiquement ses conflits et ses erreurs en émettant des trames d'erreurs pour renseigner l'émetteur du message sur le type de faute qu'il a commis. Une station est capable de faire la distinction entre les perturbations temporaires et les défauts permanents. Les stations en défaut permanent sont déconnectées automatiquement du réseau.

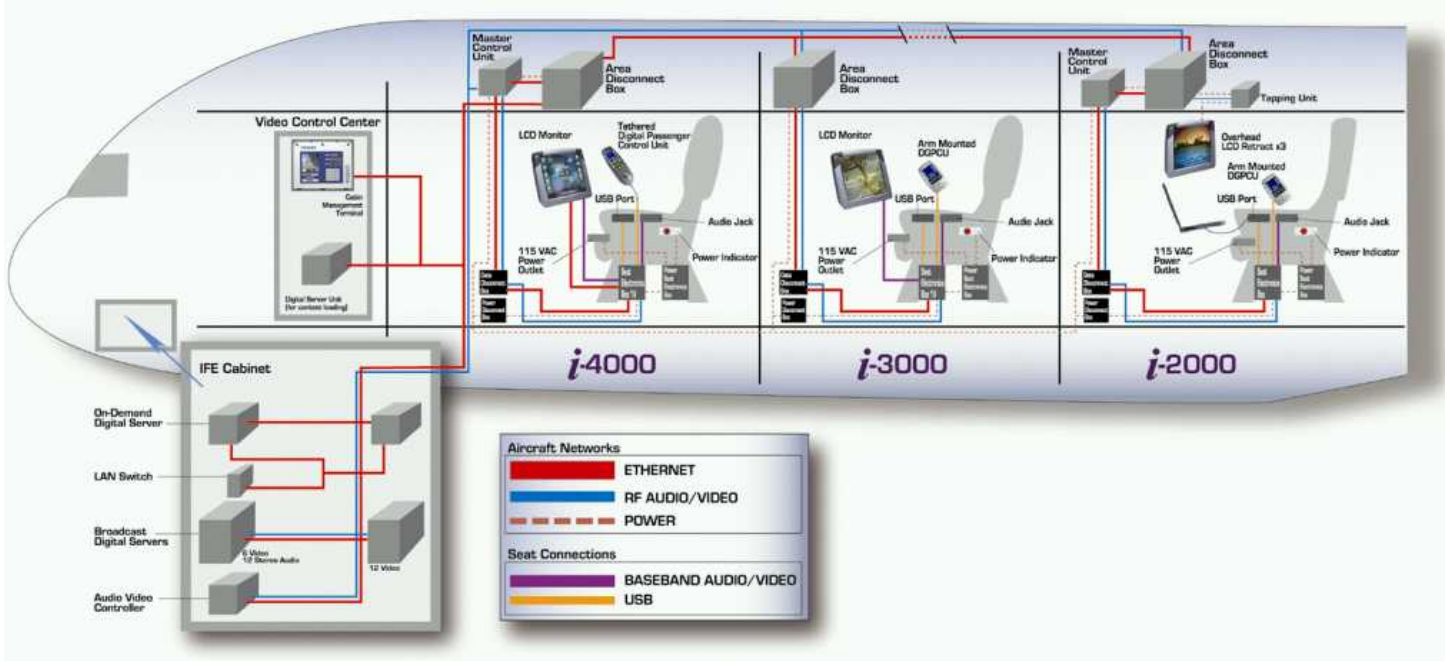
Ce système de gestion d'erreur fait toute la puissance du réseau CAN, certains constructeurs démontrent que la probabilité d'erreur résiduelle reste inférieur $4,6 \cdot 10^{-11}$.

B.4. BUS vidéo et multimédia pour IFE (In Flight Entertainment)

ATA 25 : Equipment/Furnishings

B.4.1. Réseau IFE de THALES:

La figure ci dessous représente le réseau IFE dans l'avion :



B.4.2. Le bus MDSB (Multi-Drop Serial Bus) par Rockwell Collins



Ce bus assure les communications entre les contrôleurs du système IFE de Rockwell Collins

Il s'agit d'un bus série constitué de deux câbles paires torsadées blindées utilisant des signaux différentiels (pour l'immunité aux bruits) : une paire est dédiée à la réception et la seconde à l'envoi.

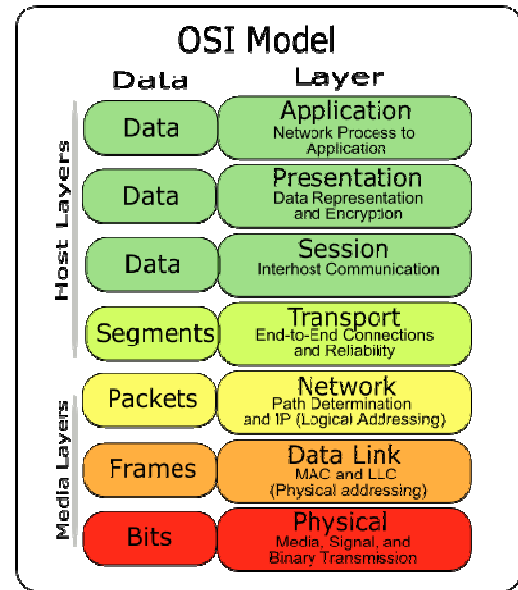
B.5. RS232C, RS422

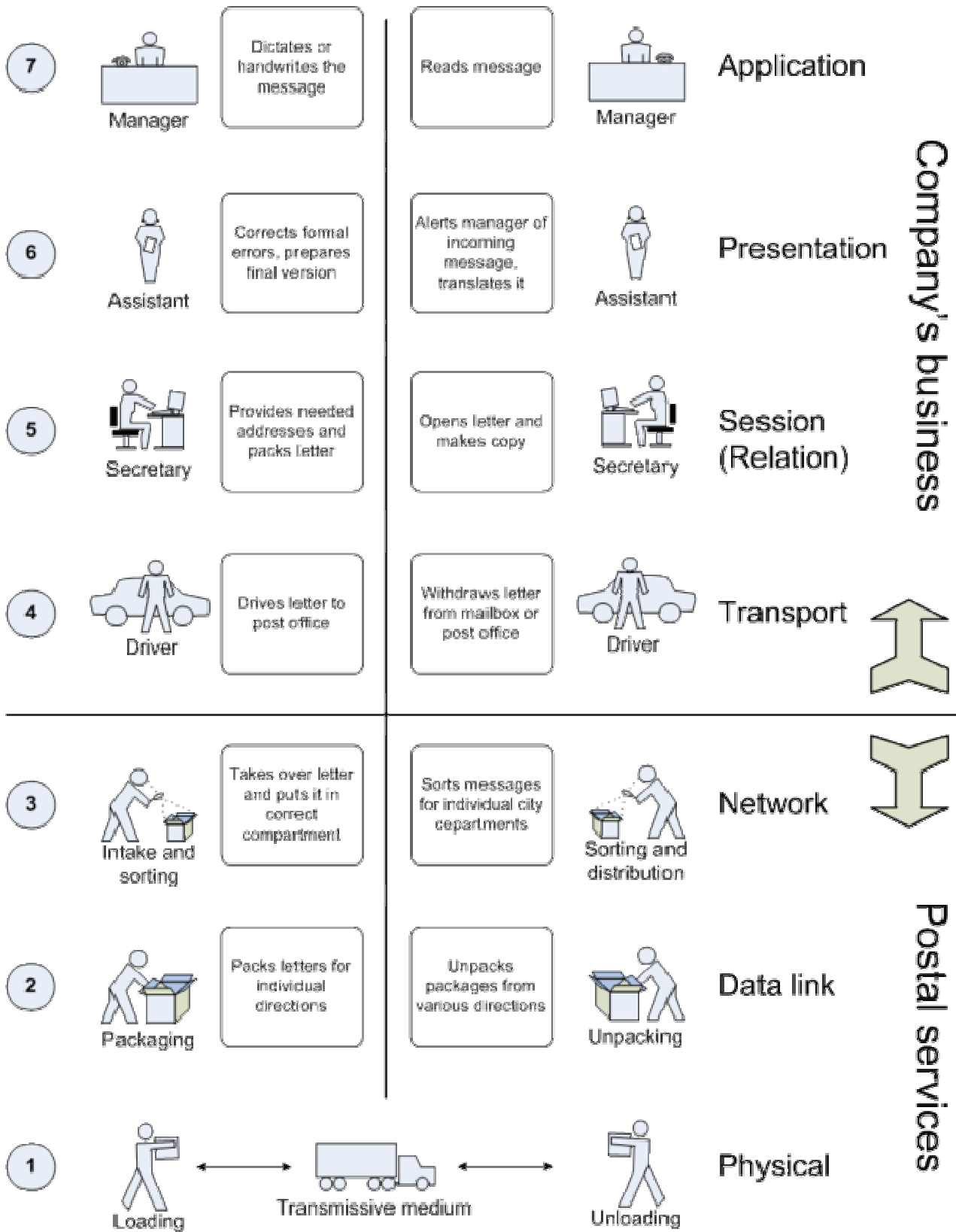


B.6. OSI model

The **Open Systems Interconnection Reference Model (OSI Model or OSI Reference Model** for short) is a layered abstract description for communications and computer [network protocol](#) design, developed as part of the [Open Systems Interconnect](#) initiative.

It is also called the **OSI seven layers model**.





RM – OSI and letter communication parallel

B.7. Bus LAN - Protocole TCP-IP – ETHERNET

B.7.1. Histoire d'Ethernet

C'est en **1980** que trois firmes, INTEL, DIGITAL et XEROX ont signé un accord finalisant le développement du réseau ETHERNET version 1.0, afin de tenter d'en finir avec les réseaux à basses vitesses traditionnels imposés par certains constructeurs, donc propriétaires et non interconnectables.

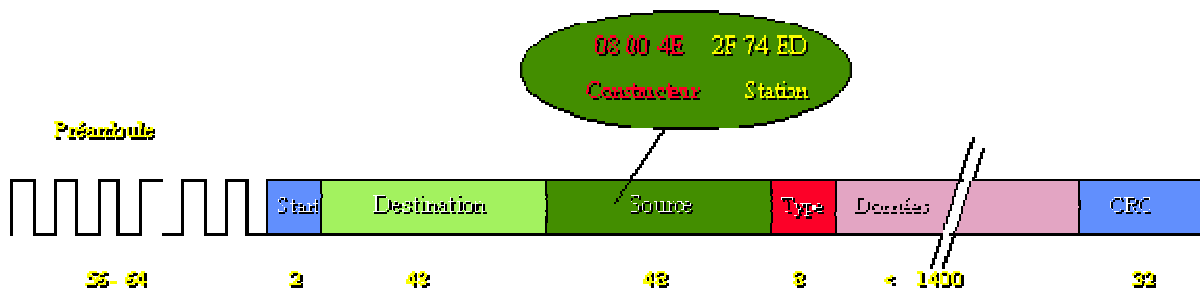
Ils produisirent un document définissant les caractéristiques de transport du signal et illustré par un schéma (voir ci-après) qui résume la manière de lier ensemble les différents composants.

Caractéristiques principales d'Ethernet V1.0:

Vitesse de transmission 10Mbits/s Pas de noeud prioritaire sur le réseau **Câble coaxial** passif d'une impédance de 50 Ohms Couplage physique des éléments au moyen de Transceivers Gestion des collisions par CSMA/CD Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

Par la suite, l'IEEE a finalisé Ethernet par la norme 802.3.

CSMA/CD Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection:



B.7.2. TCP / IP

A partir du 1er janvier 1983, seuls les paquets TCP/IP ont été transmis sur le réseau Arpanet (précurseur d'Internet). 1983 est donc en quelque sorte l'année de naissance d'Internet.

Il faut encore rajouter que TCP/IP se compose de deux protocoles distincts, IP et TCP.

B.7.2.a. L'adresse IP.

Une des choses les plus intéressantes du protocole TCP/IP est d'avoir attribué un numéro fixe, comme un numéro de téléphone, à chaque ordinateur connecté sur Internet; ce numéro est appelé *l'adresse IP*. Dans le cadre du standard actuel - IPV4 -, les adresses sont codés sur 32 bits. Ainsi, tout ordinateur sur Internet, par exemple le vôtre lorsque vous vous connectez par l'entremise de votre provider, se voit attribuer une adresse de type a.b.c.d (où a,b,c,d sont des nombres compris entre 0 et 255), par exemple 202.15.170.1. Dès ce moment, vous êtes le seul au monde à posséder ce numéro, et vous y êtes en principe directement atteignable.

Un rapide calcul vous montre qu'il y a, en théorie, un maximum de $256^4 = 4'294'967'296$ adresses possibles, ou, en d'autres termes, d'ordinateurs directement connectables, ce qui est plus que suffisant même à l'échelle mondiale (du moins à l'heure actuelle !). En fait, il y a *beaucoup* moins d'adresses que ce nombre impressionnant, car de nombreux numéros IP ne sont pas autorisés ou sont utilisés à des fins "techniques".

Pour l'ordinateur, cette adresse IP est codée en binaire (4 x 8 bits = 32 bits). Par exemple,

202	15	170	1
11001010	00001111	10101010	00000001

Il est clair que pour nous les humains, il est plus facile de retenir 202.15.170.1 que 11001010000011111010101000000001 !

255	255	150	0
11111111	11111111	10010100	00000000

* Exercice 1 :

La passerelle est à l'adresse 247.128.47.1

Le masque de sous réseau vaut 255.255.255.0 . Définir la plage d'adresse IP.

Le masque de sous réseau vaut 255.255.255.128 . Définir la plage d'adresse IP.

On souhaite accéder seulement aux adresses IP 247.128.47.192 à 247.128.47.200. déterminer le masque...

* Exercice 2 :

Déterminer le masque de sous réseau pour les adresses 192.168.2.150 à 192.168.2.165

Combien d'adresse minimum dans notre « groupe » d'adresse ?

Adresse haute ?

Adresse Basse ?

B.7.2.b. Le protocole IP

Le Protocole Internet ou **IP (Internet Protocol)** est la partie la plus fondamentale d'Internet. Si vous voulez envoyer des données sur internet, vous devez les "emballer" dans un *paquet IP*. Je parlerai plus loin de ces paquets IP. Il faut savoir pour l'instant que ces derniers ne doivent pas être trop gros; la plupart du temps, ils ne peuvent pas contenir toute l'information qu'on voudrait envoyer sur Internet, et cette dernière doit par conséquent être fractionnée en de nombreux paquets IP.

Les paquets IP, outre l'information, sont constitués d'un en-tête contenant l'adresse IP de l'expéditeur (votre ordinateur) et celle du destinataire (l'ordinateur que vous voulez atteindre), ainsi qu'un nombre de contrôle déterminé par l'information emballée dans le paquet : ce nombre de contrôle, communément appelé *en-tête de total de contrôle*, permet au destinataire de savoir si le paquet IP a été "abîmé" pendant son transport.

B.7.2.c. Protocole FTP.

Le protocole IP néglige un point crucial : il ne vérifie nullement le bon acheminement des paquets IP. En d'autres termes, l'ordinateur expéditeur, dans le protocole IP, ne fait qu'envoyer le paquet IP plus loin; il ne s'intéresse pas du tout de savoir si le paquet a bien été reçu ou s'il a été endommagé pendant le transfert !

TCP assure l'intégrité point à point, et non pas IP !

Le protocole de contrôle de transmission ou **TCP (Transmission Control Protocol)** vérifie donc le bon acheminement d'un paquet IP. Cela se fait de la façon suivante.

Admettons que A veuille transmettre un paquet IP à B. A envoie (un peu à l'aveugle) son paquet IP à B, un peu comme une bouteille à la mer. Tant que A ne recevra pas un accusé de réception de B lui indiquant que ce dernier a bien reçu le paquet IP dans son intégrité (grâce à l'en-tête de total de contrôle), il renverra à intervalles réguliers le même paquet IP à B. Il n'arrêtera d'envoyer ce paquet qu'à la confirmation de B. Ce dernier agira ensuite de même s'il doit transmettre le paquet plus loin. Si B constate que le paquet qu'il a reçu est abîmé, il n'enverra pas de confirmation, de manière à ce que A lui renvoie un paquet "neuf".

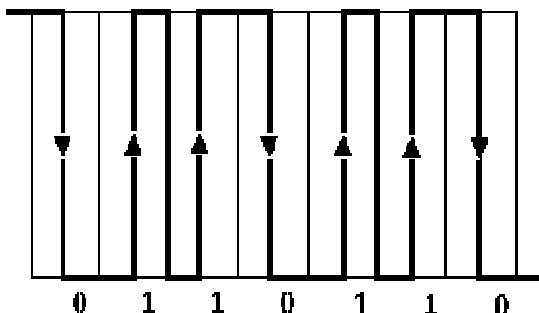
TCP fournit d'autres services sur lesquels je ne m'attarderai pas ici. On résumera rapidement les principales fonctionnalités du protocole TCP ainsi :

- l'établissement d'une liaison
- le séquençage des paquets
- le contrôle de flux
- la gestion d'erreurs
- le message d'établissement d'une liaison

On entend par "contrôle de flux" la capacité de TCP, entre autres, de reconstituer l'information originale à partir de paquets IP arrivés (souvent) dans le désordre le plus absolu.

B.7.3. Différents moyens de connexion:

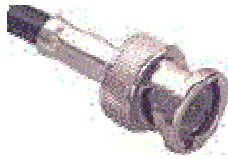
B.7.3.a. Codage du signal



Le signal Ethernet à 10 Mbits/s est codé "Manchester "

C'est le signe du flanc de transition qui donne l'état "1" ou "0"

B.7.3.b. Thin Ethernet - Câble coaxial – connecteur BNC



RG58 ou 10base2

Câble coaxial : Il peut transmettre les données à des vitesses de 10 Mb/s sur une distance de 185 à 500 mètres. Chaque machine est reliée à la suivante par un connecteur **BNC en T** et chaque extrémité de la ligne est terminée par un terminateur BNC dont l'impédance dépend du type de câble utilisé.

B.7.3.c. PAIRE TORSADÉE "Twisted Pair" - RJ45

Pour franchir la limite des 10 Mbits/s et pouvoir travailler en duplex intégral, on utilise de la fibre optique ou du câble à 4 paires torsadées *Twisted Pairs*.



Les câbles torsadés UTP sont utilisées dans beaucoup de topologies de réseaux (Ethernet, ARCNet, Token Ring). Leur limitation est de **100 mètres par segment**. (328 ft)

Les paires torsadées non blindées (UTP) sont définies en 5 catégories UTP (CAT1 à CAT5).

- **UTP CAT1** : câble de téléphonie ne permettant pas le transfert de données numériques
- **UTP CAT2** : rarement utilisé, ancien format, permet le transfert de données numériques à des vitesses de 4 Mb/s
- **UTP CAT3** : catégorie minimale pour les réseaux actuels, permet le transfert de données numériques à des vitesses de 10 Mb/s
- **UTP CAT4** : spécification intermédiaire, permet le transfert de données numériques à des vitesses de 16 Mb/s.
- **UTP CAT5** : category 5 cable : le plus utilisé dans les nouvelles installations de réseaux, permet le transfert de données numériques à des vitesses de 100 Mb/s
- **UTP CAT6** : fréquences allant de 250 à 500 MHz. Il supporte des débits allant de 1000 [Mbit/s](#) à 6 ou 7 Gigabits.

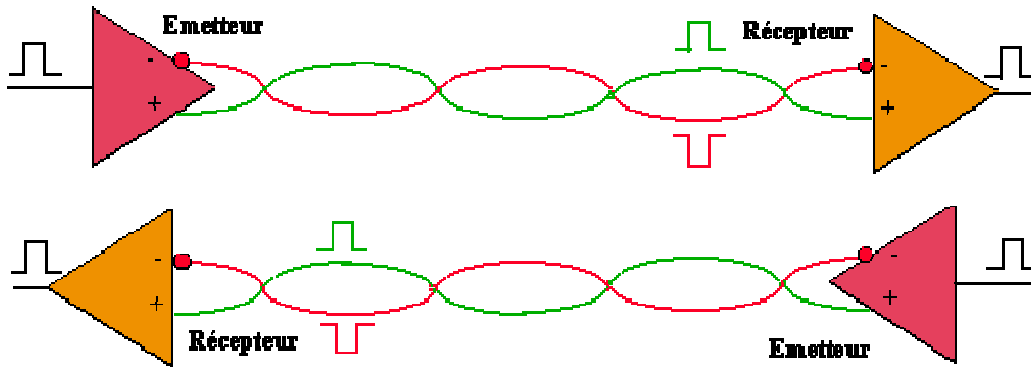
Les paires **torsadées blindées (STP)** sont utilisés dans les réseaux AppleTalk et Token Ring. Elles sont plus résistantes aux interférences électromagnétiques externes.

Dans le monde Ethernet, on parle alors de:

- **10BaseT** - Ethernet 10Mbits/s sur 2 paires torsadées
- **100BaseTX** - Ethernet à 100Mbits/s sur 2 paires torsadées Cat 5
- **100BaseT4** - Ethernet à 100Mbits/s sur 4 paires torsadées Cat 3 ou 4 (Peu utilisé)
- **100VG AnyLan** - Ethernet 100Mbits/s sur 4 paires torsadées (Propriétaire HP)

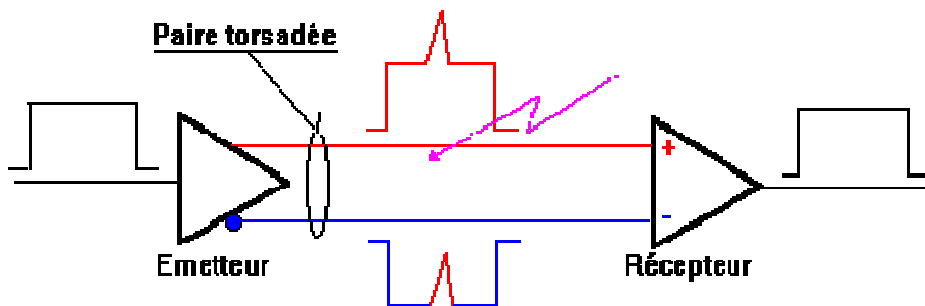
Ainsi, les appareils du réseau ne sont plus connectés en bus, comme le câblage 10Base5 ou 10Base2 (Coaxial), mais raccordés en étoile sur des [hubs](#) ou des [switchs](#)

B.7.3.d. Mode de transmission

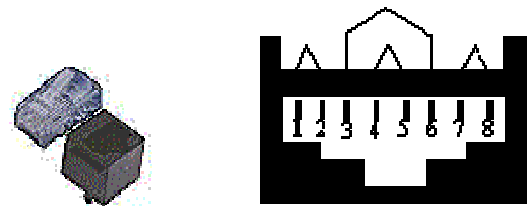


On envoie un signal différentiel de 2V sur une paire torsadée. Le récepteur mesurera la différence entre les deux signaux.

Un parasite externe induira une perturbation de même signe sur les deux conducteurs de la paire, ce qui sera annulé par le récepteur:



B.7.3.e. Connecteur RJ45



B.8. Bus AFDX : ARINC 664 part 7

AFDX : Avionics Full Duplex switched Ethernet

Langage de programmation des systèmes IMA (Avionique Modulaire Intégrée) utilisant les bus AFDX sur Airbus A380: *le JAVA*

" L'AFDX ou Ethernet prend les commandes de l'A380 "

L'AFDX (*Avionics Full Duplex*) constitue une des évolutions technologiques majeures de l'avionique de l'A380. En effet, pour la première fois sur un avion de cette catégorie l'avionique est organisée autour d'un réseau **Ethernet redondant et fiabilisé**.

Depuis longtemps dans le domaine des systèmes de communication, l'utilisation de « couches réseau » autonomes a été un moyen de permettre la réalisation indépendante des systèmes de communication et des applications qui les utilisent. C'est ainsi le cas dans le modèle OSI (en 7 ou 5 couches) de l'ISO, mais aussi dans les protocoles normalisés par l'IETF, par l'IEEE ou dans le monde des télécommunications (ITU).

Cette architecture logicielle en couches conduit à séparer les niveaux relatifs à l'application, aux services de communications et aux services de gestion de la liaison de communication elle-même. Parmi les couches de communication usuelles, on trouve des protocoles au niveau des applications, comme SMTP (messagerie), SNMP (supervision réseau), FTP (transfert de fichiers), HTTP (Web), etc. Ces normes, issues de l'IETF, sont complétées par les protocoles les plus populaires au niveau des couches transport ou réseau : TCP, UDP et IP (v4). D'autres normes concernent les couches de liaison et de gestion physique de la connexion, comme Ethernet (IEEE 802.3), le protocoles WiFi (IEEE 802.11), ATM (standard ITU) ou G992.1 (standard ITU plus connu sous l'acronyme ADSL).

Par rapport à ces technologies et ces protocoles de communication répandus dans les systèmes informatiques « courants », la problématique de la communication dans le monde aéronautique présente un certain nombre de spécificités. Tout d'abord, on peut distinguer les communications internes à un avion et les communications externes entre l'avion et d'autres systèmes (au sol ou dans l'espace). Seul le premier thème est concerné par le sujet de l'AFDX.

Dans les communications internes à l'avion, le besoin d'un véritable réseau de communication n'avait pas été présent de manière forte jusqu'à présent. La plupart des systèmes devant communiquer utilisaient des liens de communication spécifiques, mis en place spécifiquement pour répondre à leur besoin. Par ailleurs, quand les technologies numériques sont apparues en aéronautique, elles ont d'abord été utilisées au niveau des liens de communication.

On trouve essentiellement deux types d'utilisation de communications numériques embarquées dans l'avion :

- Celles dédiées au contrôle **de processus** sont associées à des systèmes d'échantillonnage de valeurs analogiques simples (comme la vitesse, l'altitude, l'attitude) et fonctionnent généralement dans un mode d'émission simple (aucune réponse n'est attendue suite à la transmission d'une donnée).

- Les **systèmes d'information embarqués** sont basés sur des échanges d'information plus complexes, impliquant généralement des données plus structurées (un plan de vol, une liste de passagers, une carte) dans une logique d'échange d'information (au moins un acquittement de réception). Compte tenu des données échangées, les besoins en bande passante sont généralement plus importants par rapport aux systèmes de contrôle.

Par ailleurs, les contraintes techniques de communication sont différentes suivant le type de système. Les systèmes de contrôle présentent des contraintes temporelles (temps de transmission borné), des contraintes d'intégrité et de disponibilité. La stabilité du vol peut en effet dépendre du bon fonctionnement de la transmission. Face à ces contraintes, les principes de mise en œuvre sont également stricts : pas de ressource partagée (chaque source d'information se voit attribuée une ligne de communication dédiée), l'émetteur ne connaît pas le (ou les) récepteur(s), il n'y a pas de synchronisation temporelle entre les deux.

Pour répondre à ces besoins, le monde aéronautique s'est alors accordé sur une norme de communication spécifique : ARINC 429.

Ainsi, dans la norme ARINC 429, chaque ligne de communication (physique) possède seulement un émetteur et est connectée à tous les systèmes souhaitant recevoir la donnée transmise. Chaque donnée est identifiée par un label et protégée par une parité.

Dans le contexte des systèmes d'information, les besoins sont généralement différents. La transmission doit être acquittée. Le délai de transmission n'est généralement pas critique et des messages peuvent être ré-émis si besoin. Pour répondre à ces besoins, les générations précédentes de systèmes embarqués aéronautiques se sont adaptés, mais en utilisant toujours la norme ARINC 429. Celle-ci a été « adaptée » pour incorporer des acquittements (A429 Williamsburg).

Mais l'évolution du marché aéronautique a conduit à une pression plus importante pour la réduction des coûts, notamment ceux liés à ces électroniques de communication spécifiques. Dans le même esprit, certaines notions ont mûri, comme celle d'électronique modulaire, d'introduction de systèmes d'exploitation, ou de réutilisation et de partage de ressources.

L'objectif de l'AFDX est de répondre à cette pression, en prenant en compte des objectifs contradictoires :

- la transmission de données avec de fortes contraintes temporelles ;
- la garantie d'échanges d'information fiables suivant le modèle client/serveur ;
- et la réduction des coûts par la réutilisation de composant commerciaux « sur étagère » sous une contrainte de certification.

Au moment des premières définitions du standard (autour de 1999), les meilleurs candidats semblaient être la combinaison d'Ethernet et de TCP/IP parmi les technologies issues du marché de l'informatique et ATM parmi les technologies issues du monde des télécommunications. Les critères clefs pour les choix finaux ont été les contraintes spécifiques de l'aéronautique (sécurité, problèmes temporels), l'arrivée de la commutation sur Ethernet (inspirée d'ATM) et la taille du marché de l'informatique généraliste face à celui des équipements de télécommunication. Le choix s'est donc porté sur la technologie Ethernet commutée (en mode full-duplex) *avec des déviations* spécifiques destinées à prendre en compte les contraintes temps réel et de certification du monde aéronautique. D'où le nom **AFDX : Avionics Full Duplex switched Ethernet**.

Formellement, AFDX est la norme ARINC 664 (partie 7).

La norme ARINC 664 couvre d'autres aspects, notamment la prise en compte ultérieure de besoins de confidentialité ou l'utilisation d'IPv6.

AFDX répond donc aux objectifs d'un système de communication commun pour l'avionique modulaire. C'est un standard basé sur des standards ouverts. Il fournit des moyens de partage des ressources. Il fournit également des moyens robustes de ségrégation des flux ainsi que le déterminisme et la disponibilité requise, notamment du point de vue des contraintes de certification. La plupart des fonctions spécifiques à AFDX (notamment par rapport à Ethernet) sont concentrées au niveau de la liaison de données.

AFDX est donc basé sur le principe d'un réseau Ethernet commuté. Ce réseau est construit avec des équipements terminaux chargé de l'émission ou de la réception des données et des commutateurs chargés du transport des données.

Le principal moyen de ségrégation robuste des flux est fourni par la réservation de bandes passantes au niveau d'un canal de communication ou VL (*virtual link*). Ces canaux sont associés à un émetteur et sont diffusés par des adresses de *multicast* (diffusion) Ethernet. Les commutateurs permettent la ségrégation des flux par un mécanisme de listes de contrôle d'accès (ACL) filtrant le trafic en fonction des adresses (Ethernet ou MAC) impliquées, de manière similaire aux premières générations de *firewall* IP du monde Internet ou aux équipements actuels de cœur de réseau. Afin de répondre au besoin de disponibilité du réseau, un réseau AFDX est physiquement redondant : chaque équipement terminal est capable d'émettre les messages sur deux canaux différents vers des ensembles indépendants de commutateurs capables d'assurer tous deux la transmission. Afin de permettre la gestion des contraintes temps réel sur la transmission des données (pour les systèmes de contrôle), les VL introduits par AFDX sont associés à des spécifications de bande passante (ou « contrats »). Ces spécifications incluent la taille maximale des trames transmises et le temps minimum entre chaque trame. Ces deux paramètres permettent alors d'évaluer la bande passante maximale autorisée pour un VL particulier. Le respect du contrat est surveillé par les commutateurs du réseau AFDX.

Enfin, le déterminisme des communications et le contrôle des temps de transmission sont permis à la fois par le respect du contrat de bande passante et par l'utilisation de la commutation Ethernet qui évite les collisions et les rémissions (a contrario des concentrateurs Ethernet des générations technologiques précédentes).

Globalement, l'utilisation des VL permet le calcul des latences de transmission maximales nécessaires pour atteindre les objectifs de certification du système dans le contexte aéronautique. Toutefois, ceci conduit également généralement à sous-utiliser les capacités du réseau Ethernet sous-jacent.

Pour le déploiement de la norme AFDX dans son nouvel avion A380, Airbus a imposé de fortes contraintes technologiques pour la réalisation des équipements :

- la traversé de la couche de communication (UDP, IP, gestion de bande passante, gestion de la redondance et réseau Ethernet) doit s'effectuer en moins de 150 micro-secondes ;
- la réception d'un trafic continu doit également être effectuée en moins de 150 micro-secondes ;

- enfin, au niveau des commutateurs, le transfert de trames, le contrôle de l'utilisation de la bande passante et la gestion des multicast doivent être effectués en moins de 100 micro-secondes.

Deux fournisseurs de référence ont été choisis pour Airbus : Rockwell-Collins (commutateurs et équipements terminaux) et Thales (équipements terminaux).

L'utilisation de standards ouverts tel qu'Ethernet a permis de réduire les coûts de développement dans certains domaines. Notamment, dans le domaine de l'instrumentation de laboratoire, des outils standard peuvent être utilisés sans avoir à développer des outils spécifiques. Au niveau de la conception et du développement, il est également possible de s'appuyer sur des données et une expertise préexistante.

Toutefois, ces bénéfices sont limités par la nécessité, dans le domaine aéronautique, de disposer de composants réalisés sous la contrainte d'un développement de confiance, que les composants commerciaux ne peuvent pas fournir simplement. In fine, les équipements eux-mêmes doivent donc toujours être réalisés spécifiquement pour le marché aéronautique.

Au delà de la difficulté technique d'une première mise en œuvre à grande échelle, l'AFDX ouvre les portes à une nouvelle approche systémique de l'avionique et à l'introduction de technologies du monde « ouvert » (lorsque cela a un sens par rapport à la sécurité du vol).

Cette tendance se manifeste notamment par l'adoption d'AFDX par Airbus sur son nouvel avion A380 ou également dans le futur avion militaire A400M, ainsi que l'assentiment de Boeing pour ce nouveau standard.

Pour le groupe Aéronautique et Espace, Rodolphe ORTALO (94) et Jean-François GILLOT (94)

Extrait de AFDX Tutorial THALES :

The standardisation body

- AFDX is undertaken by the civil aviation usual standardisation body: ARINC/AEEC ADN working group
 - **ARINC** : Aeronautical Radio Inc. funded by airlines, in charge of the definition of Aeronautical standards that ensure interchangeability and interoperability.
 - **AEEC** : Airlines Electronic Engineering Committee
 - **ADN** : Aircraft Data Network working group

The standard

- AFDX is described as ARINC specification **664 part 7**
- The ARINC 664 covers in general, the usage of Ethernet as an airborne communication system, extended to the confidentiality issues and future IPv6 extensions.

Key features of AFDX

AFDX is the common communication system used for modular avionics architecture.

It is compliant with the following design key features:

- It is based on Open Standard
 - as required by cost and commercial standard reuse objective
- It provides "Resource Sharing"
 - as required by modularity, reuse, and cost objective
- It provides "Robust Partitioning"
 - as required by resource sharing and safety, certification constraints
- It provides "Determinism" and "Availability"
 - as required by safety, certification constraints

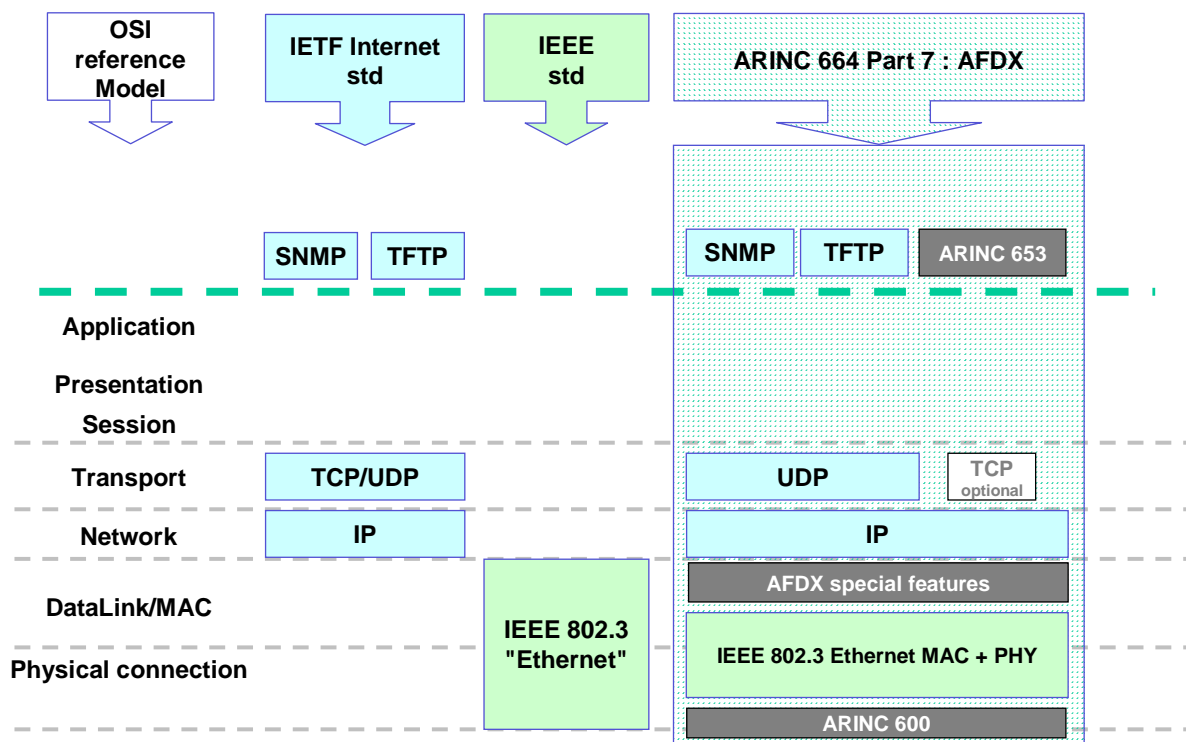
The AFDX key features are mainly concentrated on the Data Link layer.

FLS/04/005609 IR 00

Aerospace

THALES

AFDX : an Open Standard



FLS/04/005609 IR 00

Aerospace

THALES

Part 4 : The AFDX and the A380

Requested performance

Airbus requirements impose a strong constraint on time and "proof of determinism"

- Computation of UDP message, IP fragmentation, traffic shaping, redundancy generation, Ethernet frame building < 150µs
- Reception of continuous "back to back" Ethernet, traffic filtering, redundancy management, IP reassembly < 150µs
- Frame forwarding, traffic policing, multicast management < 100µs

AFDX suppliers

- Two AFDX suppliers:
 - Rockwell-Collins : Switches and End System
 - Thales : End System

FLS/04/005609 IR 00

Aerospace

THALES **Rockwell
Collins**

B.9. BUS ARINC:

B.9.1. description ARINC :

ARINC est l'acronyme de *Aeronautical Radio Incorporated.*

L'ARINC 429 est un des plus anciens bus avionique.

La norme ARINC 429 a été développée par le *Airline Electronic Engineering Committee* (AEEC) en 1977 considéré comme l'organisation internationale leader dans la normalisation des équipements avioniques et des systèmes de télécommunication. 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.

On le retrouve dans des avions tels que les Airbus A310 /A340 et dans de nombreux autres systèmes avioniques.

Les normes ARINC sont divisées en quatre familles : ARINC 400, 500, 600 et 700.

Les normes les plus utilisées sont : ARINC 419, 429, 575, 615, 629.

La majorité des équipements avioniques utilisent l'ARINC 429 pour leur bus de données.

➤ Actuellement, l'Airbus A340 et le Boeing 777 utilisent l'ARINC 629 (version améliorée de l'ARINC 429).

L'ARINC 429 définit la norme pour l'industrie du transport aérien pour le transfert de données digitales entre les systèmes avioniques. Cette norme définit :

- Les caractéristiques électriques du mode de transmission et des câbles utilisés.
- L'organisation et la forme des données à transmettre (protocole).

➔ Aujourd'hui, l'AFDX tend à remplacer l'ARINC429 (A380)

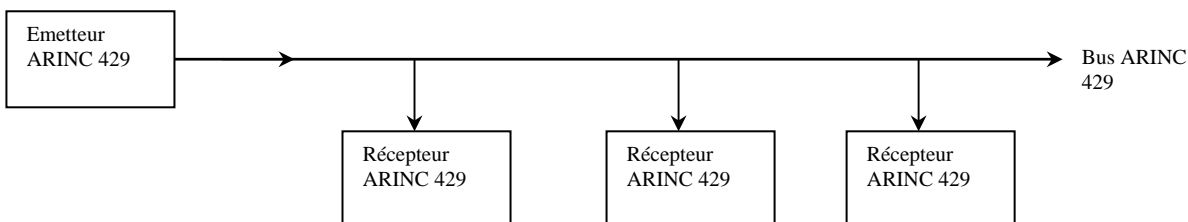


Figure 1: Architecture du bus ARINC 429

B.9.2. Support physique ARINC 429

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 bipolaire avec Retour à Zéro, dit "RZ". Les mots de 32 bits 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 utilise 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.

B.9.2.a. Niveau liaison

Les données sont transférées sur les bus séries ARINC 429 par des mots de 32 bits. Chaque mot est séparé par un 'trou inter-mots' de 4 bits (*bit-time* NULL).

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.
Le label définit le type de donnée du mot. Le Bit de parité permet de vérifier la validité de la transmission.

B.9.2.b. Format des mots :

P	SSM		Données																SDI		LABEL								
32	31	30	29	28															11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

- P :** bit de parité (impaire) , bit 32.
- SSM :** Sign/Status Matrix , bit 31 (MSB) et bit30 (LSB).
- Données:** bits 11 à 29.
- SDI :** Source/Destination Identifier , bit 10 (MSB) et bit 9 (LSB).
- LABEL :** identifiant des données , MSB bit 1 à LSB bit8.

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.

B.9.2.c. Exemple de codage des mots de 32 bits :

Frequency control word bit assignments

Example: FREQUENCY = 109.30 MHz

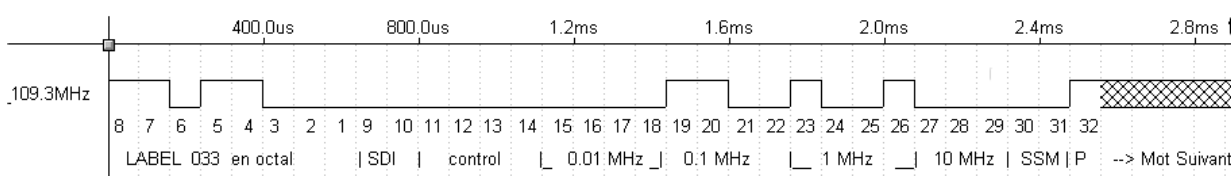
5		3																		1		2		4				en OCTAL								MSB	
P	SSM	10 MHz				1 MHz				0.1 MHz				0.01 MHz				Control		SDI	Label																
32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1						
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0					
			0				9				3				0								en OCTAL														

Note :

- 1 bits 13 et 14 reserved for control functions
- 2 used to define category of ground facilities (installations)
- 3 Sign Status Matrix (donnée de contrôle) defined by following table

	Bit 31	Bit 30
Normal operation	0	0
No computed data	0	1
Functional test	1	0
Undefined	1	1

- 4 Source destination identifier : 2 bits.
- 5 P : parity bit



Le label, codé en octal, est une étiquette qui permet d'identifier le type de données qui suit.

Label 033 : « frequency word ».

Le bit de parité permet de contrôler la validité de la donnée transmise.

La fréquence est codée en BCD.

B.9.2.d. Description générale ARINC 429

Le bus ARInc 429 est un bus série. Sa structure est composée d'un émetteur et de un ou plusieurs récepteurs. La liaison entre émetteur et récepteur est assurée par une ligne unique (paire de câbles torsadés blindés).

Sa philosophie est basée sur le fait que tout système ayant une information à transmettre le réalise sur un port de sortie désigné vers tous les systèmes qui requièrent cette information. Celle-ci ne circule que dans un sens. Le bus ARInc 429 est donc un bus unidirectionnel. L'information ne peut circuler que d'un émetteur de base vers un ou plusieurs récepteurs (20 au maximum) connectés en parallèle.

Ainsi, pour obtenir une bidirectionnalité des données entre LRU (Line Replaceable Unit), on doit utiliser deux bus ARInc distincts. Le LRU transmetteur est appelé « maître » (master) et les LRU récepteurs sont appelés « esclaves » (slave).

Un LRU peut ainsi être à la fois maître de plusieurs LRU tout en étant lui-même esclave de plusieurs autres LRU.

Exemple: *Un LRU comme le FWC (Flight Warning Computer) possède 40 Bus ARInc 429 en entrée et 3 en sortie. Pour ces systèmes, les récepteurs ou les émetteurs sont regroupés sur une ou plusieurs cartes ARInc.*

➤ Intérêts de l'ARInc 429

L'objectif du bus de données ARInc 429 est :

- De diminuer le nombre de câbles nécessaires à l'interconnexion des équipements.
- D'accroître les échanges entre les LRU en transmettant une quantité élevée de messages au maximum de la bande passante du canal.
- D'apporter plus de souplesse en permettant de transmettre des données de natures différentes sur un même fil.
- De centraliser les données.

Cela entraîne de multiples avantages.

➤ Fiabilité améliorée

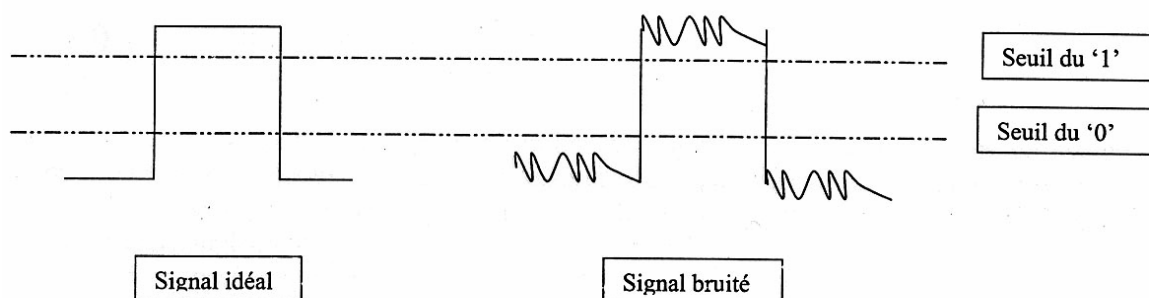
La fiabilité des composants microprocesseur et digitaux est supérieure à celle de nombreux composants discrets. De plus l'intégration poussée des composants et l'apparition de la logique programmée (fonctions sous programmes) ont entraîné une diminution du nombre des composants, et donc une amélioration de la fiabilité ce qui a accru la sécurité tout en abaissant les coûts de maintenance.

➤ Normalisation des systèmes

Les calculateurs traitent le même type d'information (numériques). De ce fait, il est plus facile qu'en analogique d'établir des normes sur la compatibilité des signaux et la structure des calculateurs. Il est possible d'étendre ces normes au-delà des contraintes d'interfaces mécaniques et électriques en définissant le codage, le mode d'échange et la nature même de l'information échangée.

➤ Meilleure immunité aux parasites

Un des avantages de la technologie microprocesseur est une meilleure immunité au bruit et aux parasites. La nature même des signaux numériques (binaire 0-1, tout ou rien, -5V +5V) les rend moins sensibles aux déformations.



L'affichage des informations sur écran cathodique supprime les contraintes d'indicateurs mécaniques ou électromécaniques. Il est ainsi possible de s'affranchir des problèmes de vibrations ou de parasitage.

Le numérique permet également de sécuriser plus facilement l'information et de détecter des erreurs de transmission en introduisant des contrôles de parité ou des codages correcteurs/détecteurs d'erreurs plus sophistiqués.

➤ Diminution de masse

La structure du bus permet de réduire le nombre de fils nécessaires à la connexion des LRU aux systèmes de commande et par conséquent de réduire le poids du câblage embarqué sur l'aéronef.

➤ Maintenance simplifiée

Un signal analogique est souvent significatif d'une grandeur analogique réelle unique (température, pression, parole, etc.), alors qu'un bus de données est capable de véhiculer des informations de natures différentes, correspondant ou non à des paramètres analogiques mesurés.

B.9.2.e. Caractéristiques électriques du bus ARInc 429

L'ARInc 429 utilise deux vitesses de transmission :

- 12,5 kHz (12,5 à 14,5 kHz) utilisée pour les paramètres non critiques (navigation, ...)
- 100 kHz (+/- 1%) utilisée pour les paramètres critiques (attitude, paramètres moteurs, ...).

Remarque : Afin de différencier la haute vitesse de la basse vitesse, la plupart des récepteurs ARInc 429 est composée d'amplificateurs opérationnels incluant un identificateur de vitesse d'horloge.

Le signal, cadencé par une horloge, peut avoir trois états différents : +10V (ou +5V), 0V, -10V (ou -5V) encore appelés respectivement High, Null et Low.

Après chaque état, il y a un retour à zéro.

La séparation entre chaque mot se fait à l'aide d'un *gap* (espace) d'au moins 4 bits. Il sépare donc la fin du premier mot du début du deuxième.

L'état logique « 1 » correspond au passage de 0 à +10V du signal suivi d'un maintien à +10V pendant un laps de temps d'environ 5µs et d'une remise à zéro (+/- 0.5V).

L'état logique « 0 » correspond au passage de 0 à -10V du signal suivi d'un maintien à -10V pendant un laps de temps d'environ 5µs et d'une remise à zéro (+/- 0.5V).

Ainsi pour une vitesse de 100 kHz, un bit dure 10µs

Le récepteur doit être capable de décoder les valeurs comprises entre :

- +6,5 et +10V pour avoir un état "High"
- -2,5 et +2,5V pour avoir un état "Null"
- -6,5 et -13V pour avoir un état "Low"

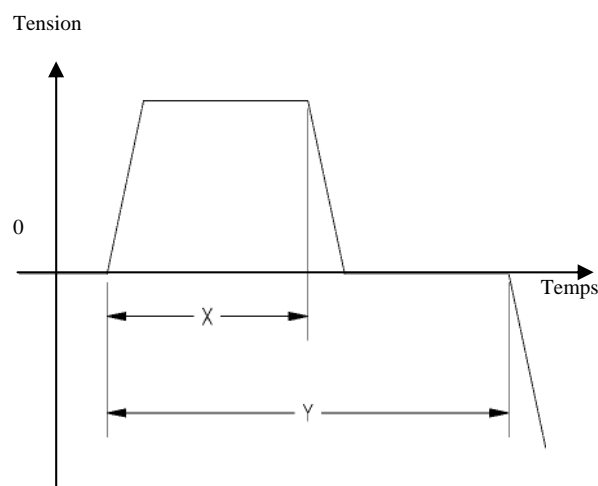
Comme cela est répertorié sur le schéma ci-dessus (colonne des ordonnés droite).

Ces seuils peuvent être ajustés et sont utilisés pour atténuer les problèmes de bruit rencontrés sur les bus. D'autre part, il est important d'essayer d'avoir 1 volt de séparation entre les valeurs décodées.

B.9.2.f. Caractéristiques électriques d'un bit ARInc 429

Les principales caractéristiques d'un bit ARInc sont répertoriées dans le tableau et le schéma ci-après.

Paramètre	Haute vitesse	Basse Vitesse
Bit Rate (vitesse)	100 kbits/s	12,5 kbits/s ou 14,5 kbits /s
Temps Y (un bit)	10 µs ± 2,5 %	1 / bit rate µs ± 5 %
Temps X	5 µs ± 5 %	Y / 2 µs ± 5 %
Temps de montée pulsation	1,5 ± 0,5 µs	10 ± 5 µs
Temps de descente pulsation	1,5 ± 0,5 µs	10 ± 5 µs



Ce schéma fait appel à la notion de "slew rate", représentant la quantité de temps que met le signal ARInc pour passer de 10 à 90% de l'amplitude du voltage au niveau du bord d'attaque de l'échelon (symbolisant l'état du bit) et inversement pour le bord de fuite.

B.9.2.g. Description du mot ARInc 429.

- Composition d'un mot ARInc 429

 **La documentation ATA 100 sert de référence !**

Le mot ARInc 429 est codé en **32 bits** et utilise un format incluant 5 champs primaires, en général :

- **huit bits** pour le label (nature de l'information) codé en octal de 000 à 377.
- le SDI (*Source / Destination Identifier*)
- *Data Field* (le champ de données)
- le SSM (*Sign / Status Matrix*)
- un bit de parité (*Odd parity bit*)

32	31	29	11	10	9	8	1
parité	SSM	DATA FIELD			SDI	Label	
		<i>Bit de poids fort</i>		<i>Bit de poids</i>			

Schéma d'organisation d'un mot.

D'autre part, les données du Data Field et du label peuvent être codés de deux manières différentes, fonction de la nature de l'information à envoyer et du récepteur.

Ces deux formats sont le **BCD** et le **BNR**, développés plus loin au *paragraphe I.2.2*.

➤ Le Label

Le label est une partie importante du mot ARINC 429 car il conditionne le format du *Data Field* et joue un rôle d'identification en combinaison avec le SDI.

Tous les récepteurs LRU sont programmés pour ne retenir que les données nécessaires à leurs propres opérations.

Pour cela, chacun d'eux identifie les 8 premiers bits du mot ARINC, le label, **codé en octal**, représentant soit le type d'information contenu dans le mot, soit le rôle du mot pour la maintenance (mode auto test), ou bien le mode de transfert des données.

Il peut aussi contenir des instructions ou des fonctions de report d'informations.

La particularité du label est son sens de lecture: il est transmis en **sens inverse** sur le bus par rapport aux autres champs du mot ARINC.

➤ Ordre de transmission:

Le bit de poids faible est transmis en premier. Le LABEL est transmis en entête du mot, soit les huit premiers bits. On a donc, sur le bus ARINC, l'ordre de transmission des 32 bits suivant :

8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 9, 10, 11, 12, 13 ... 32.

Le schéma ci-dessous donne la valeur maximale que peut atteindre le label:

Bit	8	7	6	5	4	3	2	1
Codage binaire	1	1	1	1	1	1	1	1
Codage octal	3		7			7		

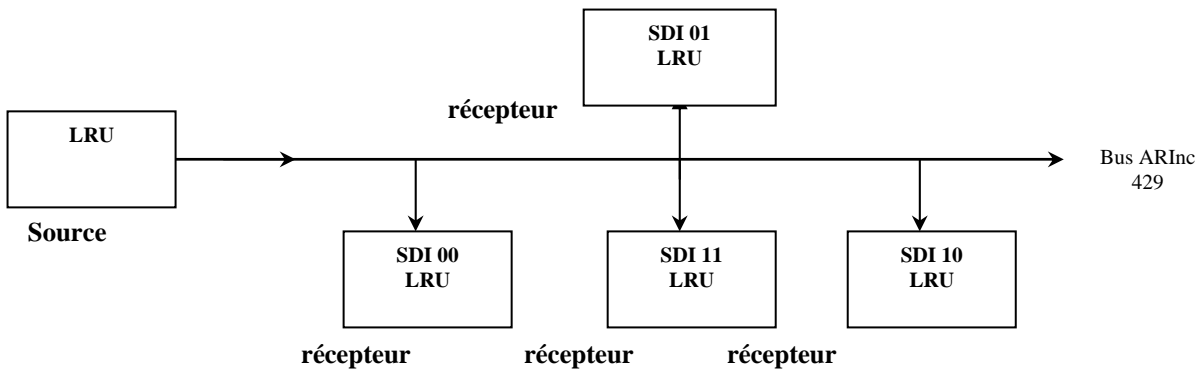
Ainsi, la valeur du label lue par la LRU vaut 377, le bit de poids faible étant transmis en premier.

➤ Le SDI (Source / Destination Identifier)

Le SDI occupe les bits 9 et 10 du mot ARINC quand il est utilisé; il s'agit en fait d'une extension du label, permettant alors aux différents systèmes ARINC de décoder la combinaison Label / SDI afin d'accéder à l'information contenue dans le Data Field.

Il est utilisé dans les combinaisons à plusieurs récepteurs (LRU) pour identifier le récepteur auquel la donnée doit être transmise. Il peut aussi être utilisé dans une combinaison à plusieurs systèmes pour identifier la source de transmission.

Quand le SDI est utilisé en tant qu'identificateur de destinataire, les LRU sont dotés d'un numéro d'installation : 01, 10 ou 11 (binaire). Si les bits 9 et 10 sont nuls, tous les récepteurs du bus doivent décoder les données transmises. Dans le cas d'un quatrième LRU il aura l'adresse 00. La source peut communiquer avec 20 LRU, ceci est possible grâce à la combinaison SDI / label.



Utilisation du SDI en mode destination avec plusieurs récepteurs.

L'utilisation du SDI est optionnelle et n'est pas disponible si on transmet une donnée en alphanumérique (alphabet ISO numéro 5). Quand une résolution de bit supplémentaire est requise pour des données numériques BCD ou BNR, le SDI devient une donnée faisant alors parti du Data Field.

➤ Le SSM (Sign Status Matrix)

Le champ du SSM peut être utilisé:

- pour reporter des conditions d'équipements ou de signe (+,-, nord, sud, ouest, est, etc.). Les bits 30 et 31 sont assignés au SSM avec le bit 29 qui est aussi utilisé en BNR.
- en fonction statut, où il rend compte
 - de l'état des équipements (FAULT, NORMAL)
 - du mode opérationnel (test fonctionnel)
 - ou de la validité de la donnée (VERIFIED / NO COMPUTED DATA)

Le SSM a donc deux fonctions :

- Fournir un signe ou un indicateur de direction pour les données contenues dans le mot ARInc 429.
- Fournir une information de l'état des équipements transmetteurs aux récepteurs.

Ce champ (bit 30 et 31) contient donc le conditionnement des équipements *hardware*, le mode opérationnel ou la validité des données.

Codes SSM en format BCD

Bit		Correspondance
31	30	
0	0	Plus, Nord, Est, droite, vers, au dessus
0	1	Pas de données
1	0	Test Fonctionnel
1	1	Moins, Sud, Ouest, Gauche, depuis, au dessous

Codes SSM en format BNR

Bit		Correspondance
31	30	
0	0	Alarme de panne
0	1	Pas de données
1	0	Test fonctionnel
1	1	Opération normale

Bit	Correspondance
29	
0	Plus, nord, est, droite, vers, au dessus
1	Moins, sud, ouest, gauche, depuis, au dessous

➤ Le bit de parité

Le MSB (*Most Significant Bit* = bit de poids fort) c'est-à-dire le bit 32 est toujours le bit de parité pour l'ARInc 429.

Le mot ARInc 429 doit toujours avoir un nombre impair de bit « 1 » sur les 32 bits qui composent le mot, ce qui est assuré par la mise en place ou le dégagement du bit de parité.

Exemple :

Si les bits 1 à 31 contiennent un nombre pair de bits « 1 », le bit 32 devra dans ce cas être tel que l'on ait une parité impaire, il aura le poids « 1 ».

Si les bits 1 à 31 contiennent un nombre impair de bit « 1 », le bit de parité a le poids « 0 ».

➤ Le Data Field

Le *Data Field*, représente les bits 29 à 11, il contient les données qui peuvent être codées suivant différents formats.

Il y a donc des formats non standard qui ont été implanté par certains fabricants.

Le champ d'information (Data) peut chevaucher le SDI dans certains cas puisque le SDI n'est qu'optionnel.

B.9.2.h. Formats d'encodage de l'information : BCD / BNR

Toutes les données ARInc sont transmises dans les 32 bits du mot, mais les données peuvent être codées différemment :

- BCD (Binary Coded Decimal)
- BNR (le complément par deux de la notation binaire) => utilisé pour la transmission d'altitude.
- Données discrètes
- Données de maintenance
- ASCII
- Caractères alphabet ISO #5
-

Encodage du *Data Field* en BCD

Le BCD (Binary Coded Decimal) est un format standard de codage du *data field* utilisé pour l'ARInc 429 et beaucoup d'autres applications techniques.

Dans ce format, 4 bits sont attribués à chaque digit décimal (*char 1, char 2.....*)

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	1
P	SSM		CHAR 1				CHAR 2				CHAR 3				CHAR 4				CHAR 5				SDI	LABEL	

Format standard BCD

Le *Data Field* contient en fait 5 sous champs, le sous champ le plus important contient seulement les bits dont la valeur maximale en décimale peut être 7. La valeur codée maximale sera donc 79999.

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	1
P	SSM		0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	SDI		LABEL	
	0	0	2		5				7				8				6								

Exemple de mot en format BCD

Dans l'exemple de la figure ci-dessus, on transmet une donnée de distance (DME) qui est de 25786 m et a un signe positif.

Encodage du *Data Field* en BNR

Le BNR est aussi un format standard du *Data Field* en ARInc 429.

Ce type de codage écrit la donnée comme un nombre binaire, c'est le même format que sur les ordinateurs modernes.

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	1
P	SSM		Data																			SDI		LABEL	

Format standard BNR

Le bit 29 est le bit du signe et le bit 28 est le bit le plus important du champ de données, il représente la moitié de la valeur maximum des paramètres définis.

Les bits successifs représentent l'incrément d'une série de fraction binaire.

Si le bit 29 est « 1 » le signe est négatif (ou Sud, Ouest, Gauche, De, Sous), si c'est « 0 » le signe est positif (ou Nord, Est, Droite, vers, au dessus).

Exemple : La figure ci-dessous montre un encodage en BNR, le message utilise le label 103 qui correspond à la vitesse de l'air.

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	1	
P	SSM		Data																		SDI		LABEL			
0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103

Exemple d'encodage en BNR

En ce référant aux spécifications de l'ARInc 429, on sait que le facteur d'échelle pour cet exemple est de 512 (2⁹) et 10 bits sont utilisés (bits 29 au 20).

Un zéro dans le bit 29 montre que le signe de la valeur de la vitesse de l'air est positive.

La valeur numérique transmise est obtenue en multipliant le facteur d'échelle, déterminé par le type de donnée associée au label, par le ratio indiqué par chaque bit successif et en additionnant l'ensemble des valeurs obtenues.

Le bit 28 est la moitié du facteur d'échelle, le bit 27 et le quart du facteur d'échelle, le bit 26 est le huitième du facteur d'échelle et ainsi de suite.

$$\text{Vitesse de l'air} = 512 \cdot \frac{1}{2} + 512 \cdot \frac{1}{64} + 512 \cdot \frac{1}{128} = 268 \text{KNots}$$

Méthode de compréhension du Data Field

Chaque donnée transmise est assignée d'un label qui est listé dans les spécifications de la norme ARInc. Le label peut être associé à différents types d'équipements, il existe des tables qui donnent en fonction du label : les équipements correspondants, les paramètres, les unités de mesures, l'échelle, la résolution et l'encodage du Data (BNR ou BCD).

Exemples de label dont le Data Field est codé en BCD:

Label	Identifiant d'équipement (hexadécimal)	Nom du paramètre	Unités	Echelle	digits
010	002	Position actuelle / latitude	Degrés minutes	180 N – 180 S	6
	004				
	038				
014	004	Cap magnétique	degrés	0 – 359,9	4
	005				
	038				

Exemples de label dont le Data Field est codé en BNR:

Label	Identifiant équipement		Unités	Echelle	Bits
064	03C	Pression pneus (nez)	PSI	1024	10
102	002	Altitude sélectionnée	pieds	65536	16
	020	Altitude sélectionnée	pieds	65536	16
	029	Courant batteries continu	ampères	256	8
	0A1	Altitude sélectionnée	pieds	65536	16

En général le mot ARInc est transmis de façon répétitive à l'instrument avec un intervalle de temps (cas de l'altimètre). Le message peut aussi être envoyé en une séquence répétitive de mots. Une fois que le dernier mot de la séquence est envoyé, il y a retransmission de la séquence.

Exemples de séquence pour le label 241:

Mot	Signal	Unités	Pleine échelle	Bits significatifs	Résolution	Type
1	Left Main Tank #1	pF	319.922	12	.078125	BNR
2-13	Left Main Tanks #1 to #13	pF	319.922	12	.078125	BNR
14	Left Main Tank #14	pF	319.922	12	.078125	BNR
15	Left Main Bit Cap. No. 1	pF	319.922	12	.078125	BNR
16	Left Main Compensator	pF	319.922	12	.078125	BNR
17	Load Select 10,000	Lb.	0-90000	1	10,000	BCD
18	Load Select 1,000	Lb.	0-9000	1	1,000	BCD
19	Load Select 100	Lb.	0-900	1	100	BCD
20	No Data Transmitted					
21	Left Main Fuel Density	Lb./Gal	8,000	12	.000977	BNR
22-42	Repeat Words 1-21 for Right Tanks					
43-53	Repeat Words 1-21 for Center Tanks					
54-58	No Data Transmitted					
59	Load Select 10,000	Lb.	0-90000	1	10,000	BCD
60	Load Select 1,000	Lb.	0-9000	1	1,000	BCD
61	Load Select 100	Lb.	0-900	1	100	BCD
62	No Data Transmitted					
63	Center Tank Density	Lb./Gal	8,000	12	.000977	BNR

B.10. Les autres protocoles ARInc

B.10.1. ARInc 561/568

L'ARInc 568 utilise la même interface électrique que l'ARInc 561, c'est-à-dire un système de six câbles incluant trois paires de câbles.

Les trois paires servent respectivement d'horloge, de synchronisation, et pour la transmission de la donnée. Le Non Retour à Zéro (NRZ) est utilisé et un niveau logique 12 volts est transmis pour un bit de poids « 1 ». La longueur du mot est de 32 bits, les bits 32 et 31 contiennent le SSM et il n'y a aucun bit de parité. Les champs restant comportent un label de 8 bit et 6 champs BCD, 5 champs de 4 bits et un de 2 bits.

L'importante quantité de câblage provoque une augmentation de poids par rapport à l'ARInc 429. Le système 6 câbles est adopté dans l'industrie standard.

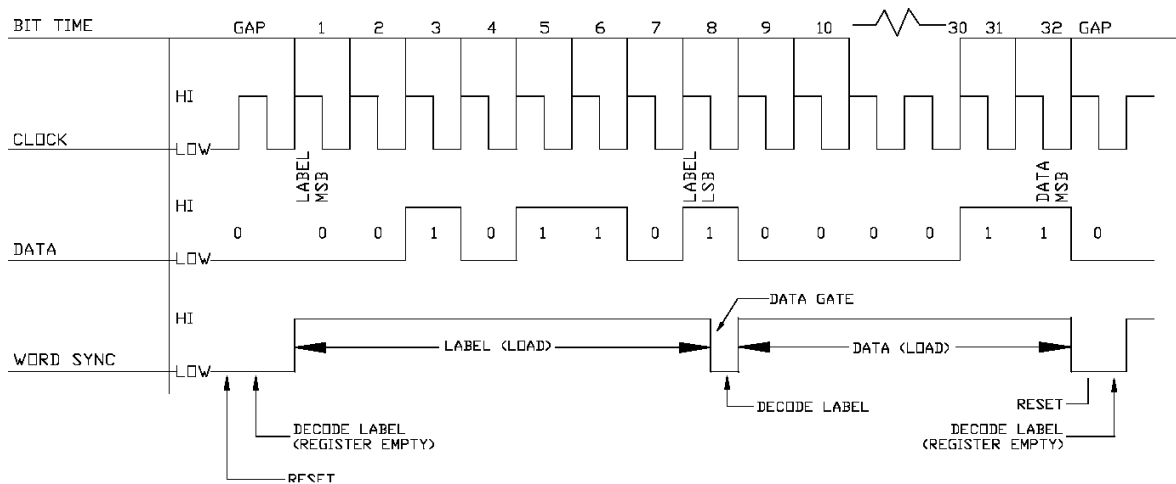


Figure 9. ARINC 561 6-Wire Bit Encoding

B.10.2. ARInc 575

L'ARInc 575 est une ancienne spécification très similaire de l'ARInc 429 mais désormais obsolète. Il utilise le système de données *Mark 3 subsonic* (DADS) avec une simple paire de câbles enroulés, comme le format standard de l'ARInc 429. L'ARInc 575 est généralement compatible avec l'ARInc 429 basse vitesse, mais beaucoup de variantes de l'ARInc 575 utilisent un débit moins important que celui de l'ARInc 429 et ne sont pas électriquement compatibles. Dans certains cas, les mots en ARInc 575 utilisent le bit 32 comme bit de parité, sinon il fait partie du *Data Field*.

B.10.3. ARInc 582

L'ARInc 582 est une ancienne spécification qui a beaucoup de permutations électriques. Il existe des versions à six câbles et 32 bits (comme l'ARInc 429), des versions à deux câbles et 32 bits (comme l'ARInc 575) et des versions de deux câbles en 16 bits.
Signal transmis par chaque paire de câbles
(Données, horloge, synchronisation)

B.10.4. ARInc 629

L'ARInc 629 est une nouvelle spécification qui est utilisé sur le BOEING 777 et remplace l'ARInc 429 sur cet appareil. Il utilise un bus bidirectionnel haute vitesse en transmission périodique et aperiodique. L'accès au bus est contrôlé par un protocole sophistiqué incluant des temps d'attente et autres règles.

B.10.5. ARInc 708

Ce protocole est spécifique aux systèmes radar météo embarqués. Il sert dans la transmission des données du radar vers l'écran radar. Il est basé sur la technologie MIL-STD-1553. Le bus utilise deux câbles et permet une vitesse de transmission de 1 méga bit par seconde.

B.10.6. Les bus avionique sur le Mercure

DME	→	ARINC 568
ILS	→	ARINC 578
VOR	→	ARINC 579
Radio altimètre	→	ARINC 552
Markers	→	ARINC 406A



C. ETUDE DU FLUX ARINC DANS LES INSTRUMENTS D'AIDE A L'ATTERRISSAGE

c.1. Rappels

➤ Label

Il est transmis dans le sens **du poids de bit décroissant**, c'est à dire que le MSB est le bit n°1 et le LSB est le bit n°8. Il est formé d'un code à 3 chiffres codé en octal, et se lit donc en commençant par le bit n°8.

Le tableau présenté en page suivante donne la liste des différents labels pour les instruments d'aide à l'atterrissage.

SYSTÈME	PARAMÈTRE	LABEL (codage octal)	Rate (ms)
ILS	G/S Deviation	174	50
	LOC Deviation	173	50
VOR	Bearing	222	75
	Course 1 (BCD)	024	200
	Course 1 (BNR)	100	200
	Course 2 (BCD)	027	200
	Course 2 (BNR)	110	200
	Magnetic heading	320	50
DME	Fréquence balise	035	125
	Distance (BCD)	201	125
	Distance (BNR)	202	125
ADF	Bearing	162	40

➤ SDI

Donne une information sur le sens de transmission de la donnée selon qu'il s'agit de réception ou de transmission (bus unidirectionnel) :

Transmission			Réception		
BIT	BIT	DÉSIGNATION	BIT	BIT	DÉSIGNATION
10	9		10	9	
0	0	All call	0	0	Unit 0
0	1	Position one	0	1	Unit 1
1	0	Position two	1	0	Unit 2
1	1	Position three	1	1	Unit 3

➤ SSM

BIT	BIT	DESIGNATION
10	9	
0	0	Failure warning
0	1	No computed data
1	0	Functional test
1	1	Normal operation

➤ Contrôle de parité

Il est effectué par le bit 32 et assure que le mot contient un nombre impair de bits à « 1 ».

c.2. L'Arinc pour le VOR

➤ Bearing (Label 222)

P	SSM		DATA Field														SDI		LABEL												
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
	x	X	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	x	x	0	1	0	0	1	0	0	1
			Data : -180 à 180 degrés													Pad bits		Markers	SDI	Label (octal) = 222											

- Les bits 11, 12 et 13 représentent la sortie du récepteur marker beacon. Un « 1 » logique signifie le passage de l'avion au dessus d'un marker.
 Bit 11 : 400Hz marker (outer)
 Bit 12 : 1300Hz marker (middle)
 Bit 13 : 3000Hz marker (inner)
- Bits 15 & 16 : « Pad bits », ils sont toujours au niveau logique 0.
- Le codage de l'angle se fait sur les bits 17 à 29 et permet des valeurs comprises entre -180 et 180 degrés.
 Le calcul de l'angle se fait de la manière suivante :
 Le bit 29 représente la valeur -180
 Les bits 28 à 17 représentent successivement les valeurs 90, 45, 22,5 etc...
 ➤ Ainsi pour la valeur codé ci-dessus on un angle de **-85°**

c.3. L'ARINC pour le DME

3 mots sont nécessaires :

- Le 1° mot contient l'information relative à la fréquence de la balise (qui est identique à la fréquence rentrée par le pilote)
- Le 2° mot contient la distance codée en binaire relative à la balise émettant à la fréquence du 1° mot. Cette distance est utilisée par les FMCS (Flight Management Computers)
- Le 3° mot contient la distance en BCD par rapport à la balise. Ce format est utilisé par les écrans du cockpit.

➤ Fréquence de la balise (Label 035)

P	SSM			Char 1			Char 2			Char 3				Char 4				Char 5				SDI		LABEL							
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
	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0	1	1	1	0	0	0
			10 MHz			1.0 MHz			0.1 MHz				0.00 /0.05 MHz	ldC	DC	VOR /ILS		DME MODE		SDI		Label (octal) = 035									

- Bits 11, 12, 13 : Représentent le mode de fonctionnement du DME :

Bit 13	Bit 12	Bit 11	Mode
0	0	0	Standby
0	0	1	Directed scan, 1st frequency
0	1	0	Directed scan, 2 nd frequency
0	1	1	Directed scan, 3rd frequency
1	0	0	Directed scan, 4th frequency
1	0	1	Directed scan, 5th frequency
1	1	0	Free scan

Directed scan : suivi d'une balise précise

Free scan : recherche des fréquences disponibles

- Bits 14 & 15 : Indication des stations VOR, ILS ou MLS (Microwave Landing System, système d'atterrissage hyperfréquences, qui dispose par rapport à l'ILS d'un plus grand secteur de couverture de guidage, d'un plus grand nombre de canaux et d'une moindre sensibilité aux interférences et aux réflexions)

Bit 15	Bit 14	Désignation
0	0	VOR
0	1	ILS
1	0	MLS

- Bit 16 : « Display Control » - Le niveau logique 1 indique que la fréquence doit être affichée sur l'indicateur correspondant dans le cockpit.
- Bit 17 : « Indent Control » - Le niveau logique 1 indique que l'identifiant sonore de la station doit être envoyé à l'amplificateur audio du cockpit.
- Bits 18 à 29 : fréquence de la balise

Bit 18 : 0.05 MHz si niveau logique 1 ; 0.00 MHz si niveau logique 0
 Bits 19 à 22 : valeur BCD x 0.1 MHz
 Bits 23 à 26 : valeur BCD x 1.0 MHz
 Bits 27 à 29 : valeur BCD x 10 MHz

➤ Distance en binaire (Label 202)

P	SSM DATA Field																SDI		LABEL												
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
	SSM +/- Data : distance																		SDI Label (octal) = 202												

- Bit 11 : « Memory on/ off ». Un 1 logique indique que le DME ne reçoit pas de réponse de la station sélectionnée. Les données de distance
- Bit 12 : « Foreground / background ». Un 1 logique indique que la station sélectionnée se trouve dans un périmètre proche (foreground loop).
- Bits 13 à 28 : On multiplie par 0.008NM le résultat trouvé.
 Bit 13 : LSB - 0.008NM
 Bit 28 : MSB - 256NM

➤ Distance en BCD (Label 201)

P	SSM		Char 1			Char 2			Char 3			Char 4			Char 5			SDI		LABEL												
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	
	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X	x	x	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	SSM		0.01 NM			0.1 NM			1.0 NM			10 NM			100 NM					SDI Label (octal) = 201												

c.4. L'ARINC pour l'ILS

➤ Localizer deviation (Label 173)

P	SSM		DATA																SDI		LABEL											
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	
	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	0	1	x	x	1	1	0	1	1	1	1	0
	SSM		+/- Data : LOC DEV																Pad bits (niveau 0)				SDI Label (octal) = 173									

- Bit 29 : À droite si niveau logique 0, à gauche si niveau logique 1

➤ Glide Slope deviation (Label 174)

P	SSM		DATA																SDI		LABEL											
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	
	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	0	1	x	x	1	1	0	1	1	1	1	0
	SSM		+/- Data : GS DEV																Pad bits (niveau 0)				SDI Label (octal) = 174									

- Bit 11 : Passe au niveau logique 1 lorsque le récepteur ILS est in tune
- Bit 29 : Au dessus si niveau logique 0, en dessous si niveau logique 1

C.5. DRIVER de Bus ARINC

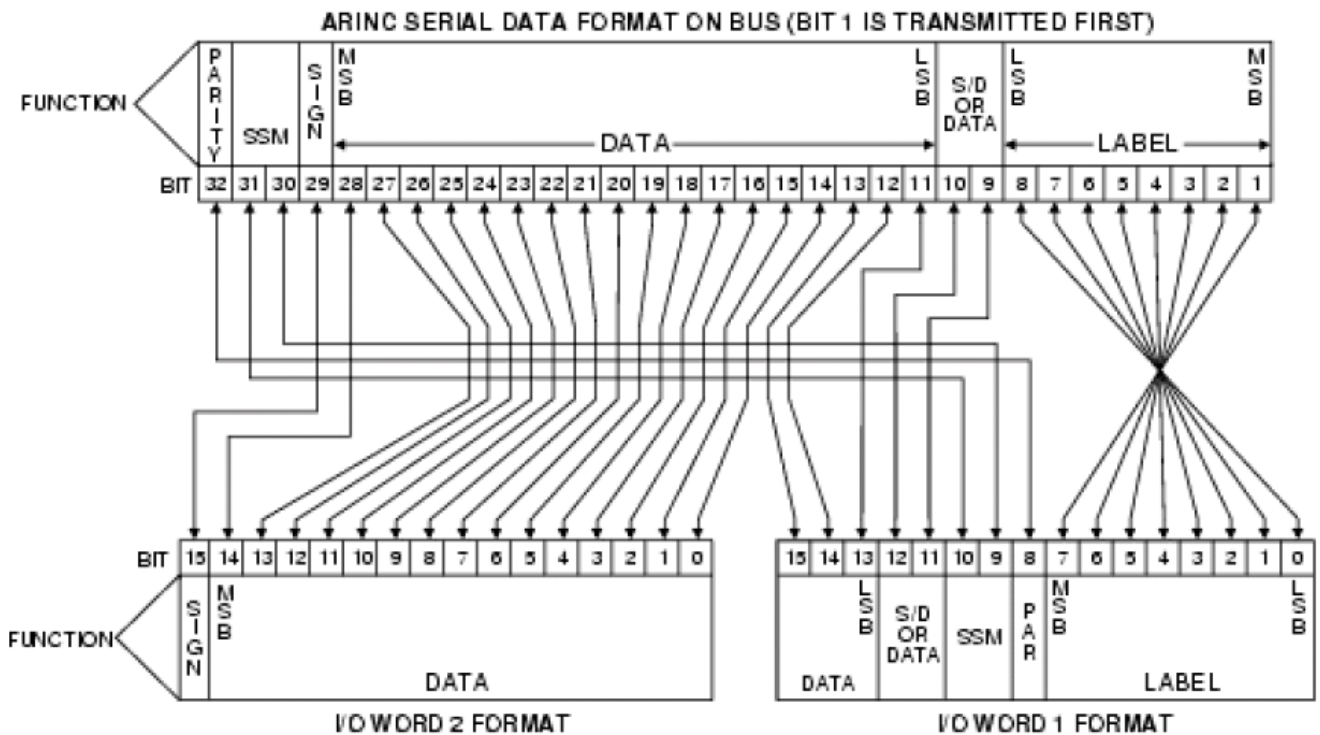
HS-3182-8 et



Key Features

- ARINC Specification 429 Compatible
- Data Rates of 100 Kilobits or 12.5 Kilobits
- Separate Receiver and Transmitter Section
- Dual and Independent Receivers, Connecting Directly to ARINC Bus
- Serial to Parallel Receiver Data Conversion
- Parallel to Serial Transmitter Data Conversion
- Word Lengths of 25 or 32 Bits
- Parity Status of Received Data
- Generate Parity of Transmitter Data
- Automatic Word Gap Timer
- Single 5V Supply
- Low Power Dissipation
- Full Military Temperature Range

HOLT HI-8382 et HI-3182



D. ANNEXES

D.1. ANNEXE A : le Bus ARINC 429 en résumé

Bus avionique ARINC 429 ARINC : Aeronautical Radio Incorporated 429

Catégorie : BUS AVIONIQUE

Exemple d'utilisation: Airbus A310,.. A340, Boeing du 727 au 767

Débit: Deux débits sont normalisés:

- * Lo speed 12.5 kbits/seconde.
- * High speed 100 kbits/seconde.

Support physique: Paires torsadées.

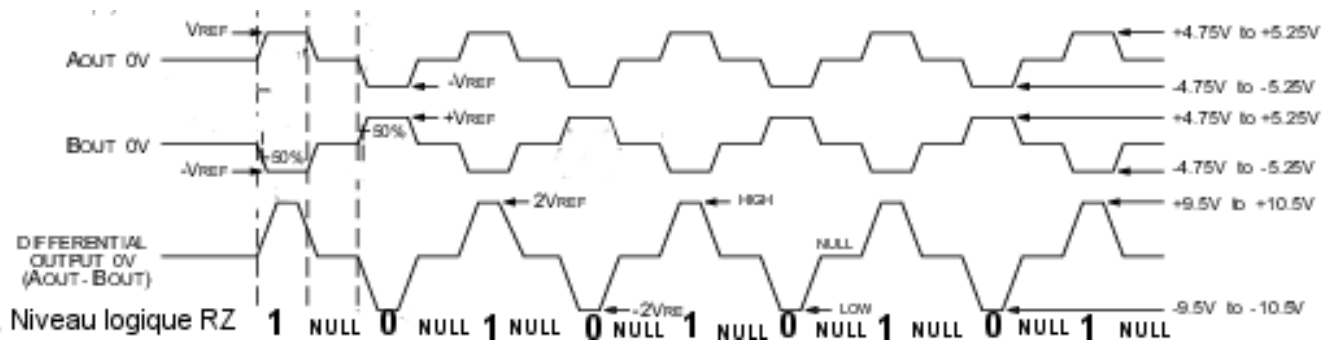
Codage RZ Bipolaire avec retour à zéro.

Format d'un mot : 32 bits

Niveaux de tension par rapport à la masse « ground » : +5V, 0V, -5V : AOUT et BOUT

Niveaux de tension de sortie différentielle : +10V, 0V, -10V : (AOUT - BOUT)

Niveaux logique RZ : 1, NULL, 0



L'Arinc 429 est un bus doté d'une liaison point à point.

La communication est **unidirectionnelle**. Il peut y avoir plusieurs récepteur pour chaque émetteur.

Les messages sont émis et reçu sur des ports distincts, ce qui nécessite deux bus pour une communication bidirectionnelle.

D.2. ANNEXE B Glossaire

- | | |
|--|---------------------------------------|
| • A/C Aircraft | • IRU Inertial Reference Unit |
| • ACRT : Additional Cross Reference Tables | • JAA Joint Aviation Authority |
| • ADA Air Data Application | • LAN Local Area Network |
| • ADF Automatic Direction Finder | • LCD Liquid Crystal Display |
| • ADM Air Data Module | • LDI Loadable Diagnostic Information |
| • ADS Air Data System | • LOC Localizer |
| • AEEC: Airline Electronic Engineering Committee | • LRM Line Replaceable Module |
| • AFCS Automatic Flight Control System | • LRU Line Replaceable Unit |
| • AFD Advanced Flight Deck | • LSS Lighting Strike Sensor |
| • AFDX : Avionics Full Duplex switched Ethernet | • LSB: Least significant bit |
| • AGM Advanced Graphics Module | • MAU Modular Avionics Unit |
| • AIO Actuator I/O module | • MDU Multi-Function Display Unit |
| • ALWG ATLAS Language Working Group | • MDSB Multi-Drop Serial Bus |
| • AOA Angle of Attack | • MEL Minimum Equipment List |
| • AMM Aircraft Maintenance Manual | • MEMS Micro Electro Mechanical |
| • AP/YD/FD Auto Pilot/Yaw Damper/Flight Director | • MKB Multi-Function Keyboard |
| • APM Aircraft Personality Module | • MLS Microwave Landing System |
| • APU: Auxiliar Power Unit | • MPS Minimum Performance Standards |

<ul style="list-style-type: none"> • ARINC: Aeronautical Radio Inc • ASCB Avionics Standard Communications Bus • AWM : Aircraft Wiring Manual • ASM : Aircraft Schematic Manual • AT Auto-throttle • ATA Airline Transportation Association • ATEC : Automatic Test Equipment • ATC Air Traffic Control • ATLAS Abbreviated Test Language for All Systems • AWAEB Airworthiness Analysis Engineering Bulletin • BC Bus Coupler • BCD: Binary coded decimal • BIC Backplane Interface Circuit • BIT Built-In Test • BITE: Built In Test Equipment • BNR : Binary • CAT III: approche de catégorie 3 • CAN Control Area Network • CAS Crew Alerting System • CCD Cursor Control Device • CDU: Control Display Unit • CIO Control I/O module • CMC Central Maintenance Computer • CMF Communication Management Function • CMF Centralized Maintenance Function • CMI Centralized Maintenance Interface • CMMM : Component Maintenance Manual Manufacturer • COTS Commercial Off the Shelf • CRC Cyclic Redundancy Check • CSIO Custom I/O module • CSMA/CD Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection • CVR Cockpit Voice Recorder • DATE: Dedicated Automatic Test Equipment • DB Database • DBM Database module • DDM: Différence de Modulation • DDRMI: Digital Distance and Radio Magnetic Indicator • DEOS Digital Engine Operating System • DLM: Depot Level of Maintenance • DME Distance Measuring Equipment • DMU Data Management Unit • DU Display Unit • EASy Enhanced Avionics System • EB Engineering Bulletin • EDS Electronic Display System • EFB Electronic Flight Bag • EFIS Electronic Flight Instrumentation System • EGPWS Enhanced Ground Proximity Warning System • EGPWM Enhanced Ground Proximity Warning Module • EICAS Engine Indication and Crew Alerting System • EMI Electromagnetic Interference • ESCAPE Essential System Configuration and Architecture for Primus Epic • ESD Electrostatic Discharge • EVS: Enhanced Vision System 	<ul style="list-style-type: none"> • MRC Modular Radio Cabinet • MSB: Most significant bit • MW Monitor Warning • Mx Maintenance • ND: Navigation Display • NIC Network Interface Controller • NIM Network Interface Module • NFF No Fault Found • Nm: Nautical Miles • NTI: Niveau technique d'intervention • NVM Non-volatile Memory • OEM Original Equipment Manufacturer • OLM: On line Level of Maintenance • OMS Onboard Maintenance System • PCI Peripheral Component Interconnect • PDD Periodic Device Driver • PDU Primary Display Unit • PFD: Primary Flight Display • PFZ Primary Flight Zone • PHAC Plan for Hardware Aspects of Certification • PN: Part Number • POST Power On Self Test • PROC Processor module • PSAC Plan for Software Aspects of Certification • PSM Power Supply Module • RA: Radio Altimètre • RA Resolution Advisory • RIB Remote Image Bus • RT Remote Terminal • RMI: Radio Magnetic Indicator • RMT Remote Maintenance Terminal • RTS Return to Service • RTD Resistive Temperature Device • RX Receive • SATCOM Satellite Communications • SDI: Source and destination identifier • SLI: Soutien Logistique Intégré • SN S/N: Serial Number • SSM: Sign and Status Matrix • SCWID System Configuration and Wiring Information Database • STD Standard Atmosphere • TA Traffic Advisory • TAT Total Air Temperature • TAWS Terrain Awareness and Warning System • TCAS Traffic Alert Collision Avoidance System • TCP/IP Transport Control Protocol/Internet Protocol • TIU Test Interface Unit • TSO Technical Standard Order • TSM : Trouble Shooting Manual • TX Transmit • TP: Travaux pratiques • UHF: Ultra High Frequency • URA: Unité Remplaçable en Atelier • VbPCI Virtual Backplane PCI • VDL VHF Data Link
---	--

<ul style="list-style-type: none"> • FAA Federal Aviation Administration • FCB Fibre Channel Bus • FDE Flight Deck Effect • FIN FUNCTIONAL ITEM NUMBERS • FLARE: arrondi • FMEA Failure Modes and Effects Analysis • FMS Flight Management System • FPGA Field Programmable Gate Array • FTP File Transfer Protocol • FWC: Flight Warning Computer • GIO Generic I/O module • GPIB General Purpose Interface Bus , norme IEEE 488 • GPS Global Positioning System • G/S Glide Slope • GUI Graphical User Interface • HF High Frequency • HIRF High Intensity Radiated Field • HIS: Horizontal Situation Indicator • HUD Heads-Up Display • ICD: Interchangeability Condition Document • IFE In Flight Entertainment • IFR: Instrument Flight Rules • ILM: Intermediate Level of Maintenance • ILS Integrated Logistics Support • INAV Integrated Navigation • IPC Inter-Process Communication • IPC : Illustrated Parts Catalog • IRS Inertial Reference System 	<ul style="list-style-type: none"> • VDR VHF Data Radio • VGP VNAV Glide Path • VGS Visual Guidance System • VHDL Verilog Hardware Description Language • VHF: Very High Frequency • VIDL VOR/ILS Data Link • VME Versa Module Eurocard • VOR VHF Omni-directional Range • VXI VMEbus eXtension for Instrumentation • YD Yaw Damper • WX Weather Radar • WXPB Weather Radar Picture Bus • WDM: Wiring Diagram Manual
---	---

D.3. Unités:

1 mile nautique (NM) = 1852 m
1 inch (in) = 0,0254 m

1 mile (m) = 1609 m
1 knot (KT) = 1,852 km/h

1 foot (ft) = 0,3048 m

D.4. Bibliographie

D.4.1. Web

<http://airalph.free.fr/>

<http://www.meroweather.com/340/340-fd.html>

<http://meteosat.pessac.free.fr/IMA/>

- VME :

<http://www.vita.com/>

<http://www.eg3.com/indc/indcxvme.htm>

<http://www.vmebus-systems.com/>

- **VXI :**

<http://digital.natinst.com>

<http://www.vxijournal.com/>

- **IP, IPC, PCI :**

<http://www.groupipc.com/>

<http://www.compactpci-systems.com/>

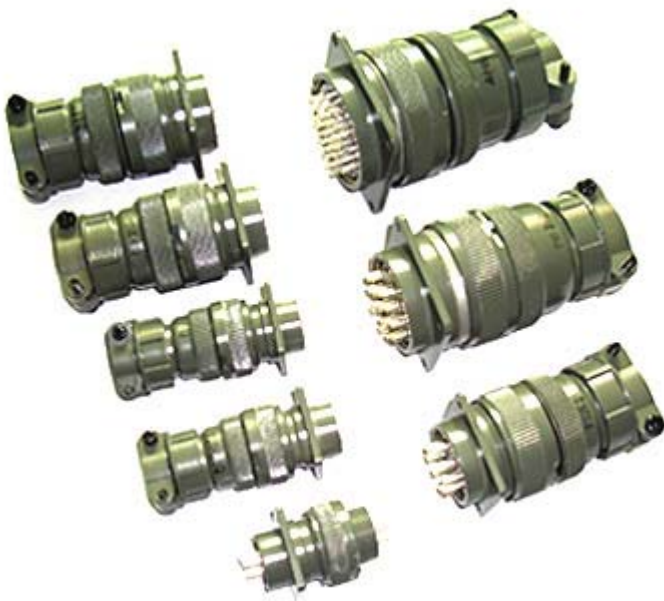
D.5. Glossaire : sigles & acronymes.

A300- A310 (Wide Body)
Famille A320 (Single Aisle)
A330-A340 (Long range)
A380 (Double Desk)
Engine Indication and Crew Alert System (EICAS)

Glossaire :

- [OSI](#) : *Open Systems Interconnection*
- [ISO](#) : *International Standards Organization*
- [IETF](#) : *Internet Engineering Task Force*
- [IEEE](#) : *Institute of Electrical and Electronics Engineers*
- [ITU](#) : *International Telecommunication Union*
- **CSMA/CD Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection:**
-

Connector specifications : MIL-C-38999
NAS 1599
MIL-C-83723
MIL-C-5015
MS
MIL-C-26500
etc,etc,...



* Exercice 1 :

La passerelle est à l'adresse 247.128.47.1

Le masque de sous réseau vaut 255.255.255.0 . Définir la plage d'adresse IP.

=> 247 .128 .47 .1 à 247.128.47.255

Le masque de sous réseau vaut 255.255.255.128 . Définir la plage d'adresse IP.

=> 247 .128 .47 .1 à 247.128.47.127

On souhaite accéder seulement aux adresses IP 247.128.47.192 à 247.128.47.200. Déterminer le masque...

$$\begin{aligned}
 192 &= 128 + 64 &&= \% 1100\ 0000 \\
 200 &= 128 + 64 + 8 &&= \% 1100\ 1000 \\
 \text{MASQUE} &&&= \%0011\ 0000 = 48 = \$30
 \end{aligned}$$

* Exercice 2 :

Déterminer le masque se sous réseau pour les adresses 192.168.2.150 à 192.168.2.165

$$150 = 128 + 16 + 4 + 2 = \% 1001\ 0110$$

$$165 = 128 + 32 + 4 + 1 = \% 1010\ 0101$$

$$= \% 0100\ 1000$$

Combien d'adresse minimum dans notre « groupe » d'adresse ?

Adresses basses ,mini 0000 0000 à 0000 0111 => 0 à 7

0001 0000 à 0001 0111 => 16 à 23

0010 0000 à 0010 0111 => 32 à 39

0011 0000 à 0011 0111 => 48 à 55

1000 0000 à 1000 0111 => 128 à 135

1001 0000 à 1001 0111 => 144 à 151

1010 0000 à 1010 0111 => 160 à 167

Adresse Haute ? maxi 1011 0000 à 1011 0111 => 176 à 183