

B Bus avioniques

B.1 Définition:

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

B.2 ARINC 429 :

B.2.1 Description :

L'ARINC 429 est un des plus anciens bus avionique. Développé par ***l'Aeronautical Radio INCorporation*** en 1977, il est encore utilisé aujourd'hui sur des nouvelles plates-formes même si d'autres bus plus récents sont plus fréquemment retenus.

Ce bus est un bus de données simple utilisant un seul émetteur et de 1 à 20 récepteurs par bus.

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

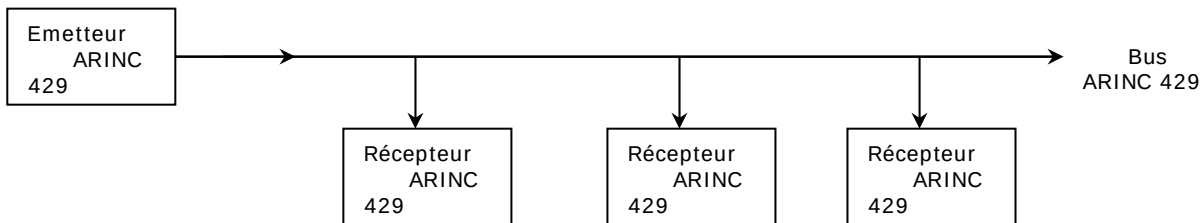


Figure 1: Architecture du bus ARINC 429

B.2.2 Définition

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

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

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).

B.2.3 Composition d'un mot ARInc 429

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)
- 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	30	29	11	10	8	1
parité	SSM	DATA FIELD				SDI	Label
		<i>Bit de poids fort</i>				<i>Bit de poids faible</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.

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.

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

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

A.1.1.a Format des mots :

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

P : bit de parité (impair) , bit 32.

SSM : Sign / Status Matrix , bit 31 (MSB) et bit 30 (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 bit 8.

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.

A.1.1.b 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.

A.1.1.c 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
- Caractères alphabet ISO #5 (ASCII)

1er 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	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103	

Exemple d'encodage en BNR

En se 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.

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

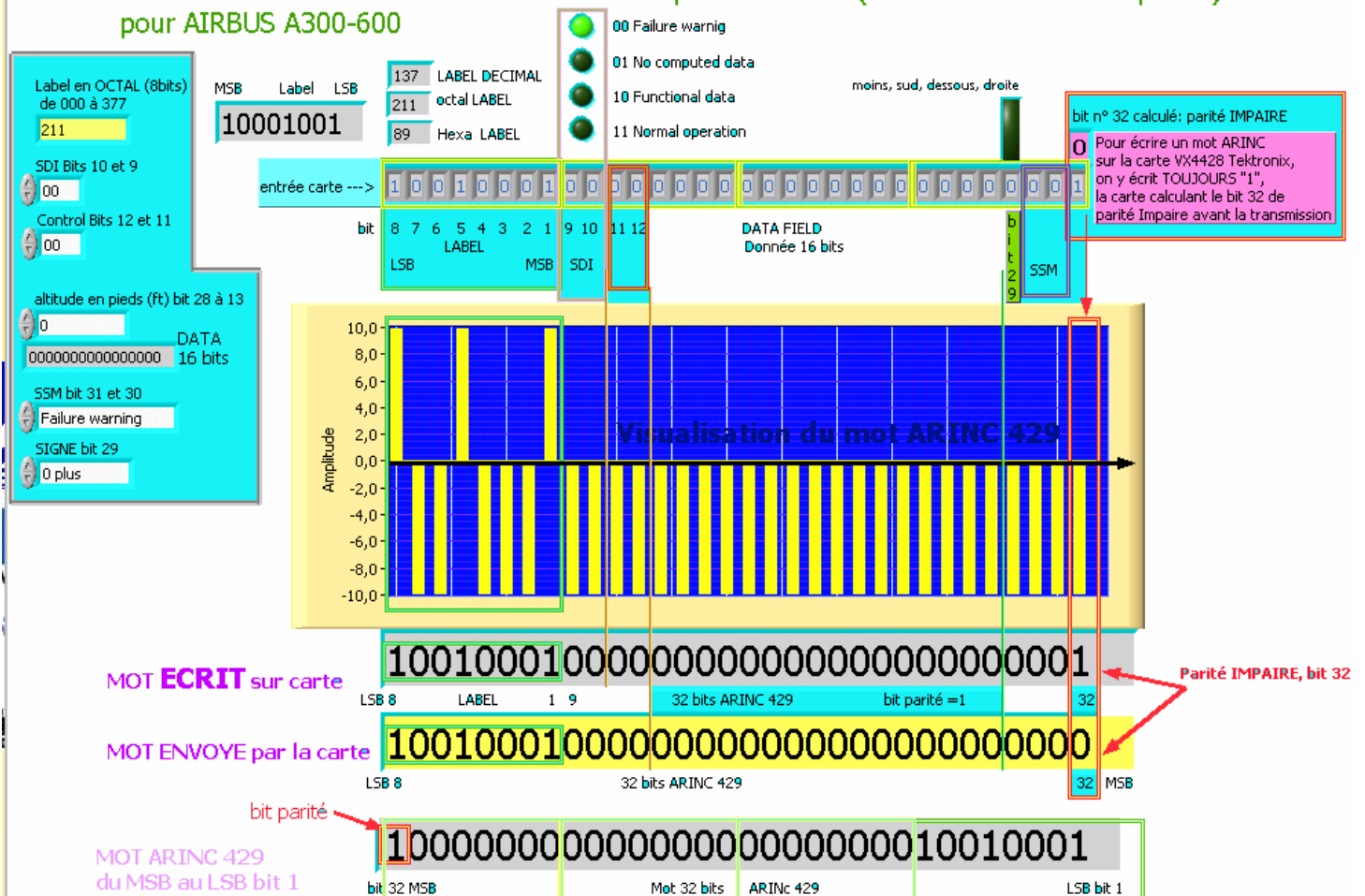
C ANNEXES

C.1 Codage ASCII en hexadécimal

code	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0x00	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	NP	CR	SO	SI
0x10	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
0x20	SP	!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
0x30	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
0x40	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
0x50	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
0x60	`	a	b	c	D	E	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o

C.2 Exemple Altimètre A300-600

Détermination d'un mot 32 bits **ARINC 429** pour altimètre (16 bits - résolution 1 pieds) pour AIRBUS A300-600



Encodage en BNR

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	

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		

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	

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	

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	

c.3 Exemple de codage des mots de 32 bits :

Frequency control word bit assignments

Example: FREQUENCY = 109.30 MHz

5		3																		1		2		4		L S B	en OCTAL								M S B												
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																	
		4	2	1	8	4	2	1	8	4	2	1	8	4	2	1																															
1	0 0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0																
		0				9				3				0												3		3		0																	
en BCD																																en OCTAL															

Note :

- bits 13 et 14 reserved for control functions
- used to define category of ground facilities (installations)
- 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

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

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
SS		CHAR				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.

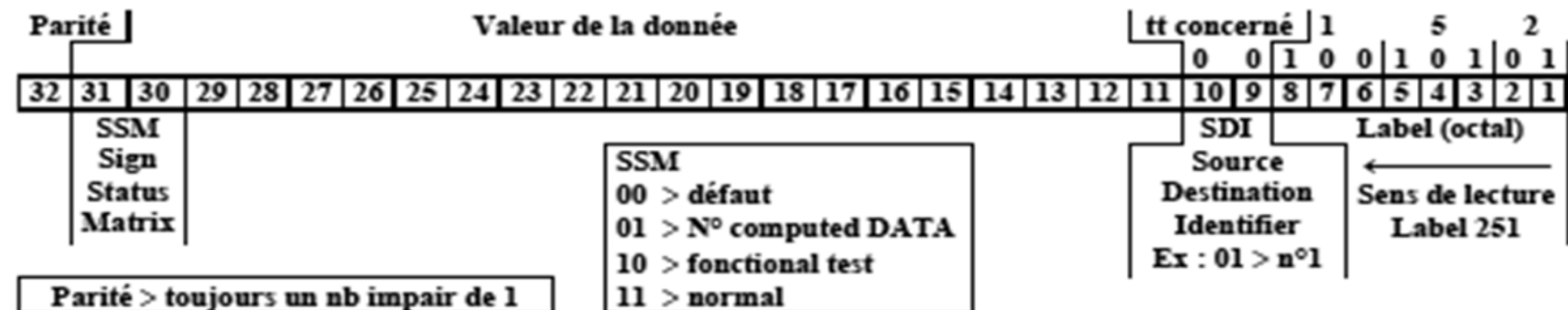
32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	1
P	SSM	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	SDI		LABEL	
0		0		2		5		7		8		6													

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**.

ARIN429

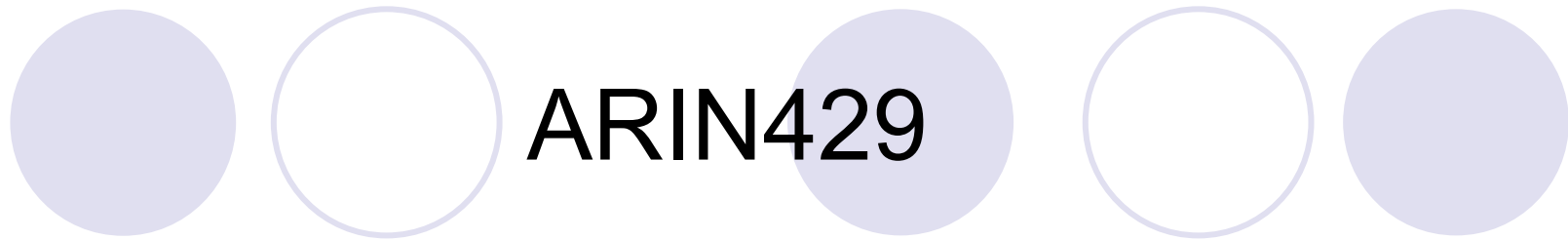
Format de communication



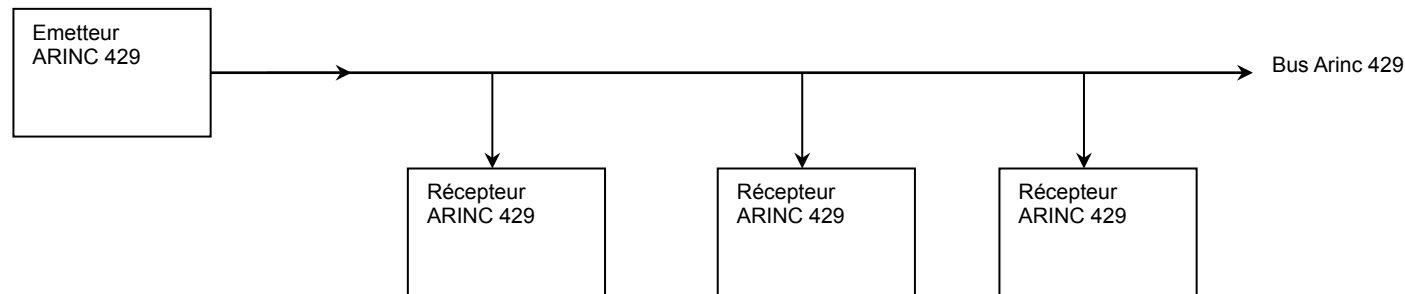
32 bits débutant par un LABEL identifiant la donnée (par exemple : une pression d'huile), un identificateur du destinataire, les données, un signal de validité, un bit de parité.

Valeur de la donnée :

- Binaire → en montant à partir du PAD (1, 2, 4, 8, 16...)
- BCD → par paquets de 4 à partir du bit 11 (communication d'un calculateur vers un affichage)
- Commande radio → généralement par paquet de 4
- Discrets et de dialogue

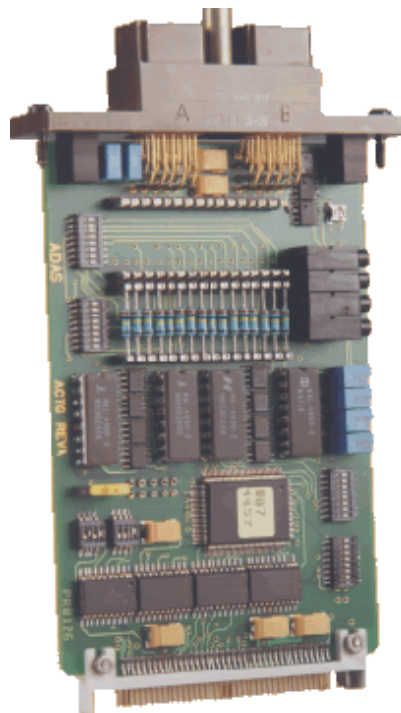


- P : bit de parité (impaire)
- SSM : Sign/Status Matrix
- SDI : Source/Destination Identifier
- LABEL : identifiant des données



**4 RECEPTIONS / 2 EMISSIONS ARINC 429****CARACTERISTIQUES**

- Spécification **ARINC 429**
- 2 liaisons en émission
- 4 liaisons en réception
- 100Kbits ou 12Kbits sur chaque ligne par programmation
- Trame ligne ou standard
- Parité en réception et émission
- Self test mode



marques et logos déposés

DESCRIPTION

La carte **AIAR** s'inscrit dans le cadre des acquisitions isochrones du concept **SARI**.

Cette carte a été développée pour l'acquisition ou l'émission de lignes **ARINC 429**.

On rencontre sur ce produit la gestion complète de :

- 4 lignes indépendantes en réception
- 2 lignes indépendantes en émission

Entièrement programmable, la carte **AIAR** utilise les dernières techniques mises en œuvre dans les liaisons **ARINC 429**.

SPÉCIFICATIONS

(t = 25°C)

RESSOURCES	
- Réception	4 lignes indépendantes Programmation de la reconnaissance LABEL 16 labels en mémoire pour chaque ligne de réception 32 x 32 FiFos sur chaque voie Vitesse indépendante pour chaque canal programmable 100Kbits ou 12,5Kbits Longueur de trame 32 bits par mot Trame ligne ou standard
- Emission	32 bits en data ou parité 2 lignes indépendantes Mode autotest Vitesse indépendante et programmable 100Kbits ou 12,5Kbits Sorties protégées
INTERFACE	
Gestion par le processeur RISC de la centrale SARI	
DIMENSION (H x L x P) en mm	
114 x 78 x 18 pour le CI 88 x 17,6 pour la face AVANT	
POIDS	
135 Gr	
CONSOMMATIONS	
+ 15 V / 50mA ; - 15 V / 50mA + 7,5 V / 200mA ; - 7,5 V / 200mA	
CONNECTIQUE	
Face AVANT : DMC.M. 2 x 20pts Fond de panier : AMP 501 Minibox - 80pts	
ENVIRONNEMENT	
- Température de stockage	- 55°C ; + 100°C
- Température de fonctionnement	- 40°C ; + 75°C
- Spécifications	- 10°C ; + 60°C
- Humidité relative	90 % (sans condensation)
- Vibrations sinusoïdales	20 à 2000 Hz - 5g
- Chocs	100 g – 6 ms
- Pression	25 à 1100 mbar
- Environnement électromagnétique	MIL STD 461 et GAM EG13
NORMES EUROPEENNES	
EMC - EN 61326 - EN 55011 Class A CE Compliance ROHS - 2002/95/EC	

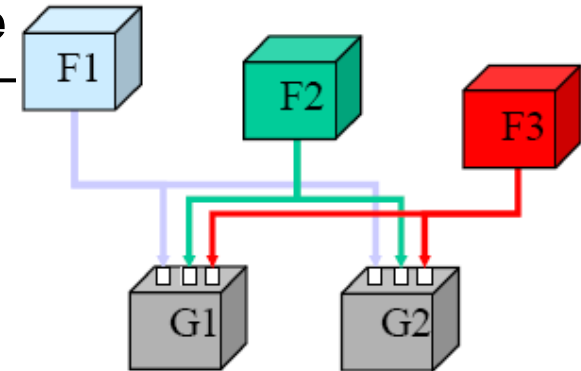
COMMENT COMMANDER?

AIAR

ACCESSOIRES

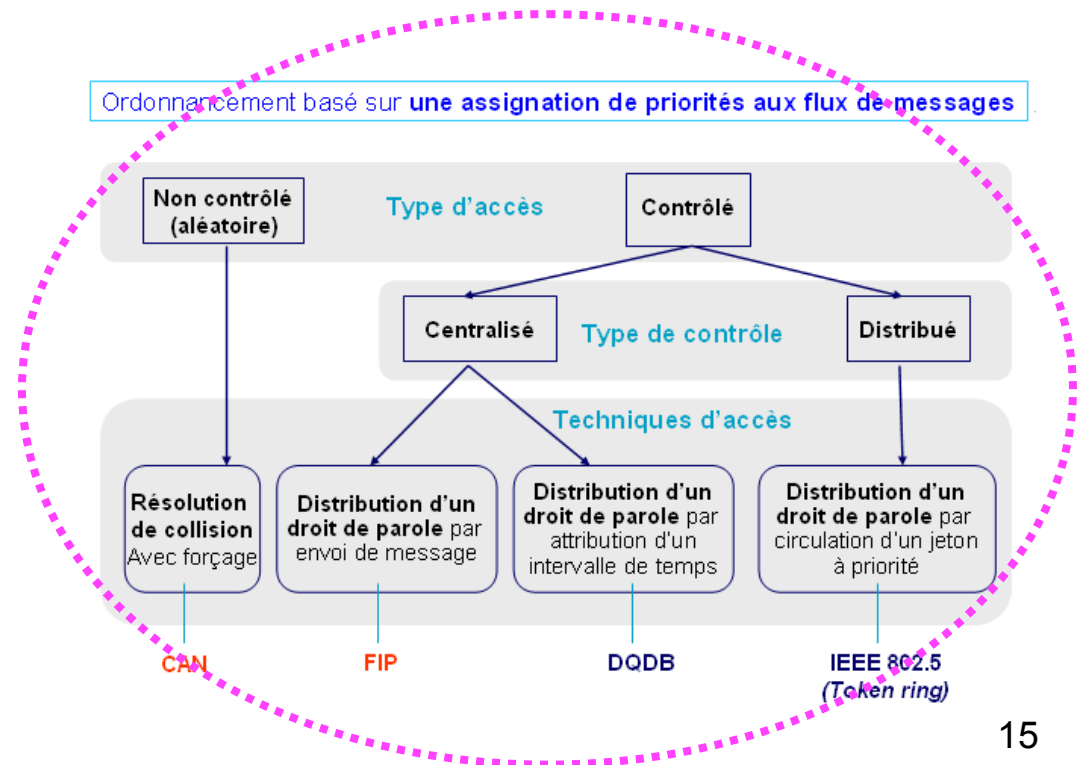
Exemple de l'avionique

Architectures réparties



- Ex : Airbus A320 et A340, Boeing 777
- Topologie : les fonctions de traitement de données sont réparties comme dans les architectures fédérales, mais ici le contrôle des équipements est également réparti, les systèmes coopèrent pour l'accomplissement de la mission.
- Communication : la conception du système est indépendante du moyen de communication choisi.
- Modules : standardisation des modules en LRU (Line replaceable Unit), avec interface standard.
- ❑ Avantage : maintenance facilitée – simple remplacement d'un module si défaillant.
- ❑ Inconvénient : mauvaise utilisation des ressources (1 seule fct° / module)

Réseaux pour l'avionique



Réseaux dans l'avionique

ARINC

- **ARINC : Aeronautical Radio, Incorporated.**
- Société détenue par les principales compagnies aériennes et des constructeurs aéronautiques américains.
- Connue pour définir les principaux standards de communications à l'intérieur des aéronefs et entre les aéronefs et le sol.
- Industries concernées : aviation, aéroports, défense, gouvernement et transport.
- Publie les standards définis par l'AEEC (*Airlines Electronic Engineering Committee*) portant sur les bus et réseaux internes aux aéronefs et des protocoles utilisés dans l'aéronautique.

Bus de l'avionique

Principaux bus avioniques *ARINC 429*

- Un des + anciens bus avionique (1977)
- Utilisation : Airbus A310/A320, A330/A340 (années $\approx$ 1990), Boeing du 727 au 767 (années $\approx$ 1980), et autres, comme les hélicoptères Bell. Mais de – en – utilisé.
- Débit : de 12 ou 14,5 Kbit/s à 100Kbit/s
- **Bus unidirectionnel** => 1 seul émetteur, 1 à 20 récepteurs

Bus de l'avionique

ARINC 429 Caractéristiques



➤ Avantages :

- ☐ Simplicité topologie et protocoles utilisés => très grande fiabilité
- ☐ Un seul émetteur => déterminisme



➤ Inconvénients :

- ☐ Transmission et réception sur bus séparé => câblage élevé
- ☐ Débit