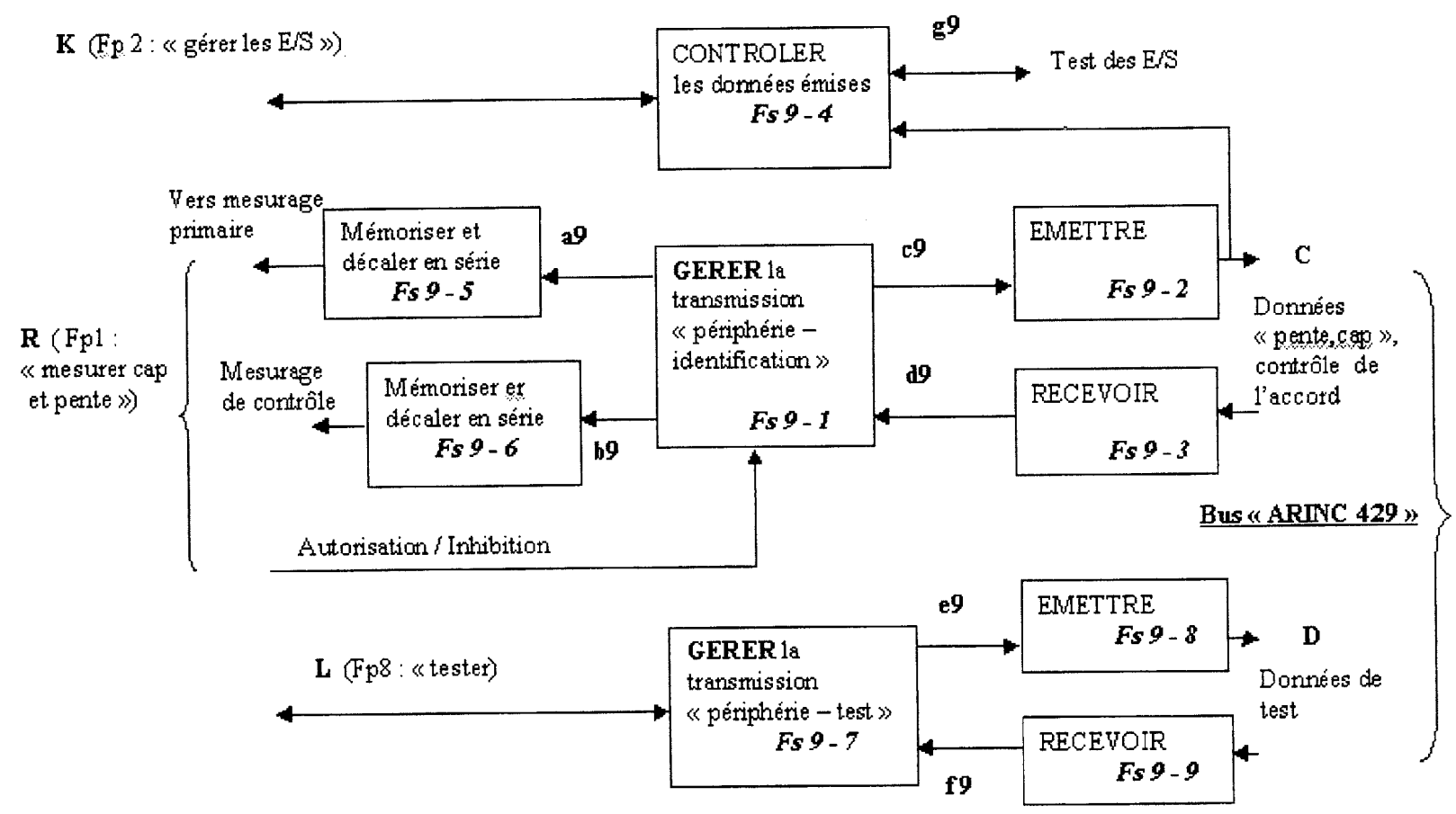


Schéma fonctionnel du 2nd degré de Fp 9 « Transmettre »



Bus avionique ARINC 429

D. Bus avioniques

D.1. Définition:

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

D.2. ARINC 429 :

D.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.

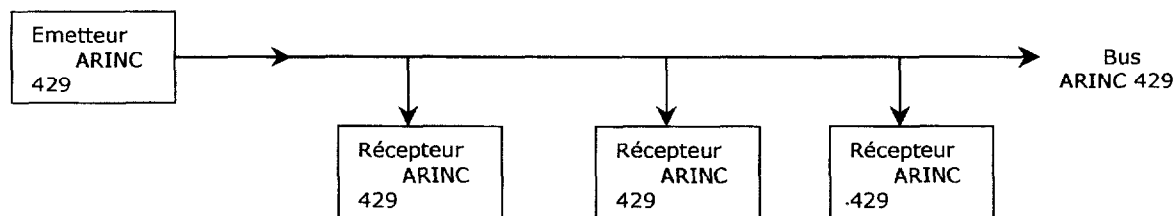


Figure 1: Architecture du bus ARINC 429

D.2.2. Support physique

Il s'agit d'une structure point à point. La communication est unidirectionnelle et pour une communication bidirectionnelle entre les systèmes, on utilise deux bus, un dans chaque direction. Un bus ARINC 429 utilise deux fils pour transmettre **un encodage 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.

D.2.3. 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 effectuées 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.

D.2.3.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 (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.

D.2.3.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.

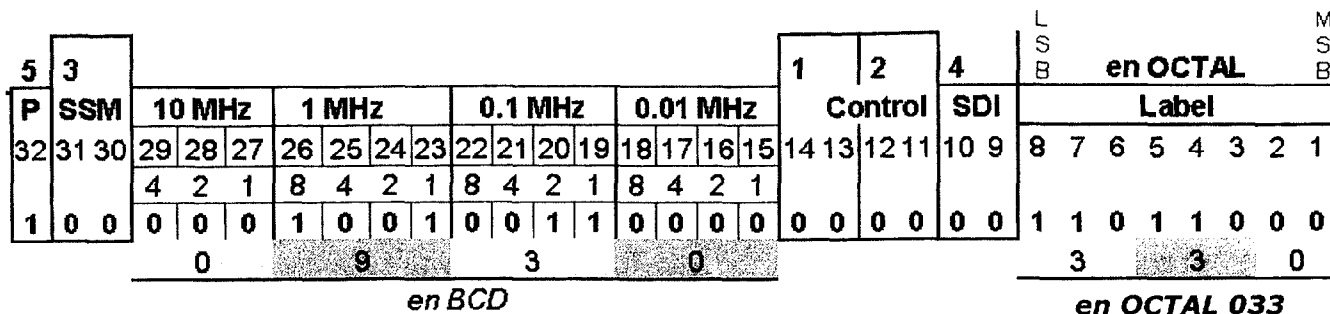
On a donc, sur le bus ARINC, l'ordre de transmission des 32 bits suivant :

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

D.2.3.c. Exemple de codage des mots de 32 bits :

Frequency control word bit assignments

Example: FREQUENCY = 109.30 MHz

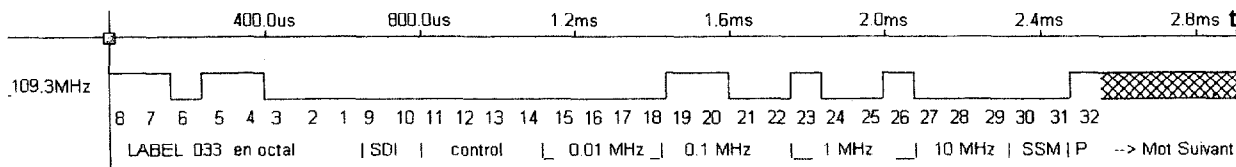


Note :

- 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.

D.2.3.d. Trame numérique (extraite de la notice de maintenance) voir page DT38.

Chronologie de la transmission des 8 octets véhiculant les écarts de « pente » et « d'alignement » :

Début

Byte 0 (label 11 en hexadécimal)

Byte 1 (« pente » low byte data)

Bit	Description	Byte1
1	0.0002 DDM	LSB
2	0.0004 DDM	
3	0.0008 DDM	
4	0.0016 DDM	
5	0.0031 DDM	
6	0.0063 DDM	
7	0.0125 DDM	
8	0.0250 DDM	

(« pente » high byte data) Byte 2

Bit	Description	Byte 2
1	0.0500 DDM	
2	0.1000 DDM	
3	0.2000 DDM	
4	0.4000 DDM	MSB Glide
5	deviation polarity (1 neg.)	
6	SSM	
7	SSM	
8	not used	

Byte 3 (« pente » status byte)

Bit	Description	Byte 3
1	GS level valid	0=good
2	GS # level valid	0=good
3	Arinc output valid	0=good
4	GS 90Hz present	0=good
5	GS 150Hz present	0=good
6-8	not used	

(« localiser » low byte data) Byte 4

Bit	Description	Byte 4
1	0.0001 DDM	LSB
2	0.0002 DDM	
3	0.0004 DDM	
4	0.0008 DDM	
5	0.0016 DDM	
6	0.0031 DDM	
7	0.0063 DDM	
8	0.0125 DDM	

Byte 5 (« localizer » high byte data)

Bit	Description	Byte 5
1	0.0250 DDM	
2	0.0500 DDM	
3	0.1000 DDM	
4	0.2000 DDM	MSB Loc
5	deviation polarity (1 neg.)	
6	SSM	
7	SSM	
8	not used	

(« localiser » status byte) Byte 6

Bit	Description	Byte 6
1	GS level valid	0=good
2	GS # level valid	0=good
3	Arinc output valid	0=good
4	GS 90Hz present	0=good
5	GS 150Hz present	0=good
6-8	not used	

Byte 7 (checksum byte)

Bit	Description	Byte 7
1	LSB	
2-7	Hex digit	
8	MSB	

Fin

On précise: **0.0001DDM = 0,01%** **et 0.2000DDM = 20%**

D.3. Résumé: l'ARINC 429 (*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.

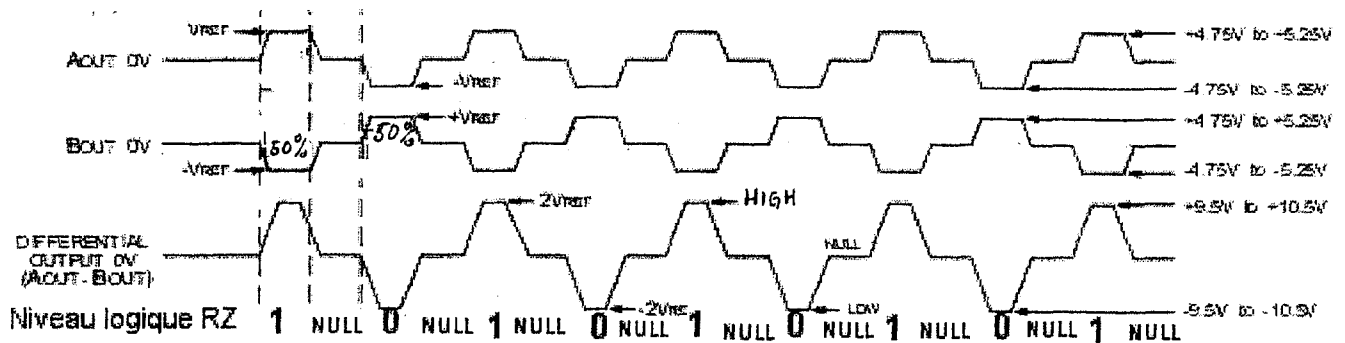
Codage RZ Bipolaire avec retour à zéro.

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.

E. Identifiant des balises ILS Aéroport Charles de Gaulle – Roissy

Aujourd'hui, la plupart des aéroports sont équipés du système d'aide à l'atterrissage, ILS.

Chaque piste d'aéroport possède une fréquence **FL** de guidage, **Selected Loc Freq**, qui va de pair avec la fréquence **FG** de pente, **Paired Gs Freq**. (voir tableau page DT37 : canaux d'accord ILS).

A chaque émetteur, correspond un identifiant à trois lettres qui est transmis en code MORSE (tableau page DT34) sur la porteuse du LOCALIZER et traité par le microcontrôleur BITE, puis transmis sur le bus ARINC en code ASCII.

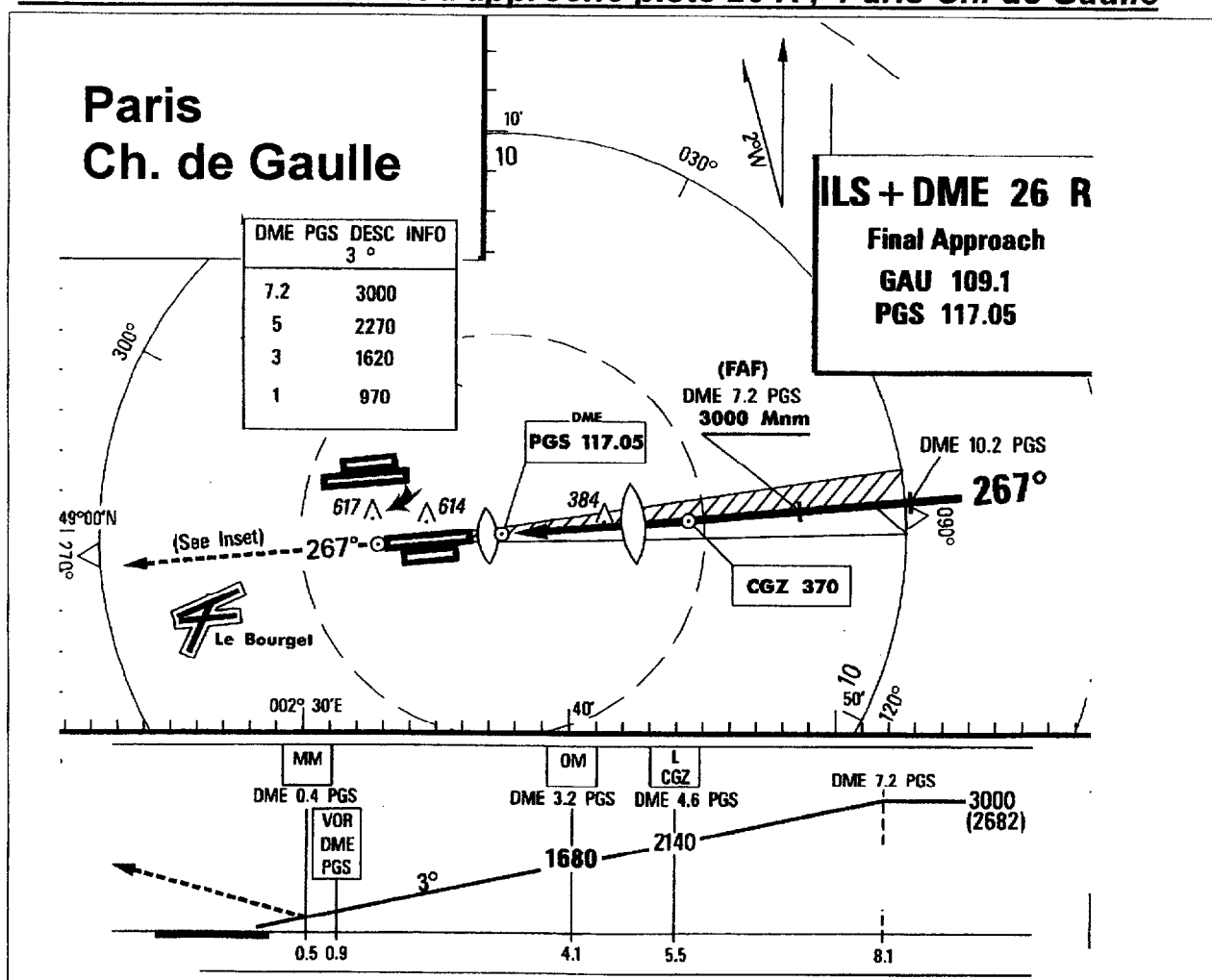
A l'approche de l'aéroport, la Tour de contrôle informe le pilote de l'aéronef par radio, sur le nom de la piste à emprunter, en alphabet international (tableau page DT34) : alors, le pilote règle les paramètres de cette balise ILS associée à la piste. Il écoute dans son casque et vérifie que le code MORSE de cette balise corresponde bien à la consigne.

L'aéroport Charles de Gaulle - Roissy, près de Paris, possède 8 pistes et donc autant de paire de fréquence pour le guidage ILS.

Le tableau ci-dessous identifie partiellement ces 8 pistes:

Nom de la Piste	Identifiant	FL MHz	FG MHz	Morse	Alphabet International
ILS 08 L	DSE	108,55	329,75	Delta...Sierra...Echo
ILS 08 R	GLE	108,70			Golf...Lima...Echo
ILS 09 L	PNE	109,35			
ILS 09 R	CGE	110,10	334,40		
ILS 26 L	DSU	108,35			
ILS 26 R	GAU	109,10			
ILS 27 L	CGW	110,70			
ILS 27 R	PNW	110,35			

F. Extrait d'un document d'approche piste 26 R, Paris Ch. de Gaulle



Approach Final Chart

G. Utilisation du code d'épellation radiophonique international et du code MORSE lors de communications radio.

LETTRE	CODE INTERNATIONAL	Code MORSE
A	ALPHA	· -
B	BRAVO	- · · ·
C	CHARLIE	- · - ·
D	DELTA	- · ·
E	ECHO	·
F	FOX TROTT	· · - ·
G	GOLF	- - ·
H	HOTEL	· · · ·
I	INDIA	· ·
J	JULIETT	· - - -
K	KILO	- · -
L	LIMA	· - · ·
M	MIKE	- -
N	NOVEMBER	- ·
O	OSCAR	- - -
P	PAPA	· - - ·
Q	QUEBEC	- - - -
R	ROMEO	· - ·
S	SIERRA	· · ·
T	TANGO	-
U	UNIFORM	· · -
V	VICTOR	· · · -
W	WISKY	· - -
X	X RAY	- · · -
Y	YANKEE	- · - -
Z	ZOULOU	- - - ·
SEPARATIF	Tous les éléments de ponctuation sont remplacés par le terme "séparatif".	
ACCENT	Aucun accent n'est prononcé.	

Durées associées :

point (dot) → 150ms ;

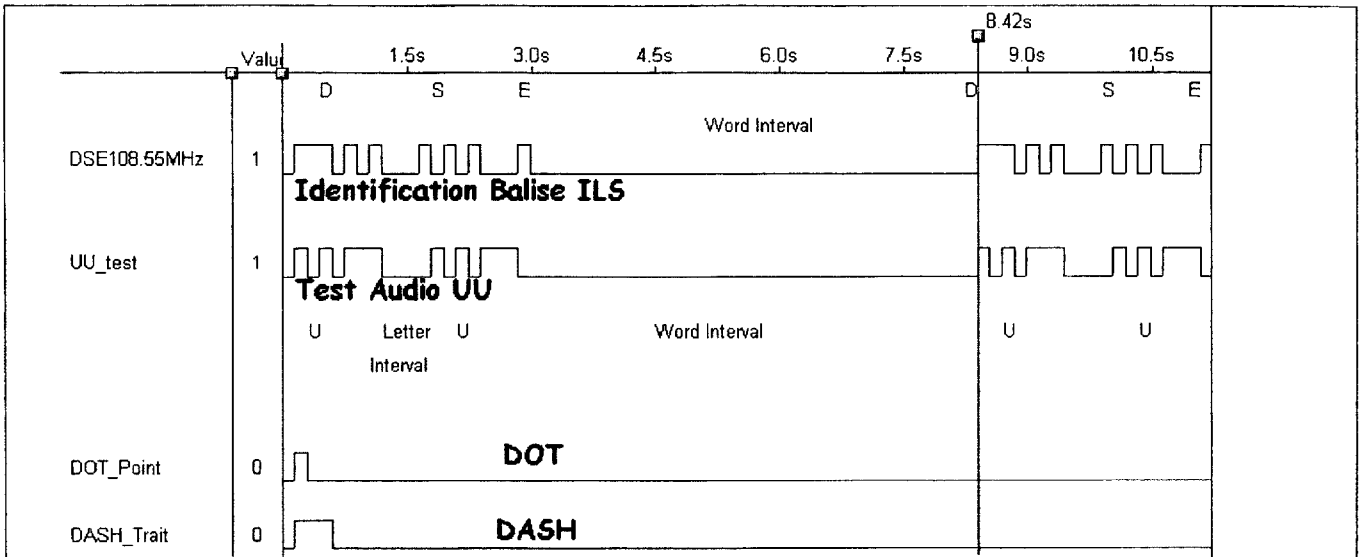
trait (dash) → 450ms ;

espace (space) → 150ms ;

espace entre lettres → 450ms ;

espace entre mots → 5 à 10s.

H. Exemple : information modulant code MORSE



Extrait de la notice de maintenance :

IDENT DECODER TEST

Apply an rf signal (LOC CENT SIG) of 110.30 MHz, -47 dBm, 0 DDM to LOC antenna connector. Modulate the applied signal at 5% with a 1020-Hz Morse code ident "UU"

NOTE: Generate the ident with an automatic keyer. Manually keyed Morse code may not be sufficiently regular for suitable decoding.

- Dot = 150 ms
- Dash = 450 ms
- Space = 150 ms
- Letter interval = 450 ms
- Word interval = 5 to 10 s

I. Codage ASCII

Table des caractères de contrôle (00 à 31)

ASCII	Caract.	Signification	ASCII	Caract.	Signification
00	NUL	<i>null, nul</i>	16	DLE	<i>data link escape, échap. liaison données</i>
01	SOH	<i>start of heading, début d'en-tête</i>	17	DC1	<i>device control 1, commande unité 1</i>
02	STX	<i>start of text, début de texte</i>	18	DC2	<i>device control 2, commande unité 2</i>
03	ETX	<i>end of text, fin de texte</i>	19	DC3	<i>device control 3, commande unité 3</i>
04	EOT	<i>end of transmission, fin de transmission</i>	20	DC4	<i>device control 4, commande unité 4</i>
05	ENQ	<i>enquiry, interrogation</i>	21	NAK	<i>negative acknowledge, acc. récep. nég.</i>
06	ACK	<i>acknowledge, accusé de réception</i>	22	SYN	<i>synchronous idle, inactif synchronisé</i>
07	BEL	<i>bell, sonnerie</i>	23	ETB	<i>end of transmission block, fin tran. bloc</i>
08	BS	<i>backspace, espacement arrière</i>	24	CAN	<i>cancel, annuler</i>
09	HT	<i>horizontal tabulation, tabulation horiz.</i>	25	EM	<i>end of medium, fin du support</i>
10	LF	<i>line feed, saut de ligne</i>	26	SUB	<i>substitute, substitut</i>
11	VT	<i>vertical tabulation, tabulation verticale</i>	27	ESC	<i>escape, échappement</i>
12	FF	<i>form feed, saut de page</i>	28	FS	<i>file separator, séparateur de fichiers</i>
13	CR	<i>carriage return, retour chariot</i>	29	GS	<i>group separator, séparateur de groupes</i>
14	SO	<i>shift out, hors code</i>	30	RS	<i>record separator, sép. d'enregistr.</i>
15	SI	<i>shift in, en code</i>	31	US	<i>unit separator, séparateur d'unités</i>

Table des caractères imprimables (32 à 127) — ou table ASCII standard

ASCII	Caractère.
32	SP (<i>space, espace</i>)
33	!
34	"
35	#
36	\$
37	%
38	&
39	'
40	(
41)
42	*
43	+
44	,
45	-
46	.
47	/
48	0
49	1
50	2
51	3
52	4
53	5
54	6
55	7
56	8
57	9
58	:
59	;
60	<
61	=
62	>
63	?

ASCII	Caractère
64	@
65	A
66	B
67	C
68	D
69	E
70	F
71	G
72	H
73	I
74	J
75	K
76	L
77	M
78	N
79	O
80	P
81	Q
82	R
83	S
84	T
85	U
86	V
87	W
88	X
89	Y
90	Z
91	[
92	\
93]
94	^
95	_

ASCII	Caractère
96	`
97	a
98	b
99	c
100	d
101	e
102	f
103	g
104	h
105	i
106	j
107	k
108	l
109	m
110	n
111	o
112	p
113	q
114	r
115	s
116	t
117	u
118	v
119	w
120	x
121	y
122	z
123	{
124	
125	}
126	~
127	DEL (<i>delete, sup.</i>)

Tableau 2 : codage ASCII.

J. Tableau 1 : Canaux d'accord du récepteur ILS : (extrait de la notice de maintenance)

Numéro N du Canal ILS	Selected localizer frequency FL (MHz)	Paired glide slope frequency FG (MHz)
0 Self Test	107.95	335.15
1	108.10	334.70
2	108.15	334.55
3	108.30	334.10
4	108.35	333.95
5	108.50	329.90
6	108.55	329.75
7	108.70	330.50
8	108.75	330.35
9	108.90	329.30
10	108.95	329.15
11	109.10	331.40
12	109.15	331.25
13	109.30	332.00
14	109.35	331.85
15	109.50	332.60
16	109.55	332.45
17	109.70	333.20
18	109.75	333.05
19	109.90	333.80
20	109.95	333.65
21	110.10	334.40
22	110.15	334.25
23	110.30	335.00
24	110.35	334.85
25	110.50	329.60
26	110.55	329.45
27	110.70	330.20
28	110.75	330.05
29	110.90	330.80
30	110.95	330.65
31	111.10	331.70
32	111.15	331.55
33	111.30	332.30
34	111.35	332.15
35	111.50	332.90
36	111.55	332.75
37	111.70	333.50
38	111.75	333.35
39	111.90	331.10
40	111.95	330.95

N, numéro du canal, $N \in [0 : 40]$

et $N=0$ pour la fréquence de Self TEST (Loc 107,95 MHz et Glide 335,15 MHz).

K. Principe du DDM

« Difference in Depth of Modulation » Différence de profondeur de modulation.

La grandeur DDM (généralement exprimée en %) est la différence des taux de modulation AM des 2 fréquences de consignes 90 Hz et 150 Hz.

K.1. locDDM pour l'émetteur « localizer , cap , alignement »

Pour le « cap », **localizer**, notons cette « *différence de profondeur de modulation* » **locDDM**.
Les deux modulateurs, 90Hz à gauche et 150Hz à droite, ont un taux de **modulation AM de 20%** sur le plan de consigne pour chacun des 2 modulateurs.
On a donc **locDDM = 0 sur le plan de consigne**.

Si l'aéronef est suffisamment proche du plan de consigne, on suppose que la variation du taux de modulation 90Hz et 150Hz est **symétrique de part et d'autre du plan de consigne**. Le taux maximum d'un modulateur est donc de 40% quand l'autre modulateur est à 0%. On obtient une **déviati on maximale de 40%** pour la variable **locDDM**.

- *locDDM* = 0 sur le plan de consigne.
- *locDDM* maximale = 40% = 0,4 DDM.

K.2. glideDDM pour l'émetteur « glide , pente »

Pour la « pente », **glide**, notons cette « *différence de profondeur de modulation* » **glideDDM**.
De même, pour la grandeur DDM du signal pente, « glide », on retrouve facilement :

- Taux AM 40 % pour chacun des modulateurs « glide », 90 Hz et 150 Hz sur le plan de consigne.
- *glideDDM* = 0 sur le plan de consigne.
- *glideDDM* maximale = 80% = 0,8 DDM.

L. Description partielle de FP1 : Mesurer l'écart de « pente » et « d'alignement (cap) »

Pour le récepteur ILS étudié, la **DDM** est calculée sur 12 bits par chacun des 2 processeurs de signaux, DSP, (*fonction FP1 pages DT22 et DT39*).

Les signaux modulateurs décelés, images de la pente et de l'alignement de piste, sont transmis à des filtres « Passe-Bas » qui conditionnent les signaux avant leur numérisation par des convertisseurs A/N 8 bits.

Les signaux numériques images des modulateurs 90 et 150Hz sont séparés par deux filtres numériques mis en œuvre dans un DSP. L'écart de position **DDM** peut maintenant être calculé avec l'amplitude des signaux « 90 et 150Hz » ; ceci est réalisé par deux processeurs de signaux DSP : le DSP primaire (*FS1-5*) et le DSP de contrôle (*FS1-10*) qui élaborent séparément l'écart de position, mais de la même manière.

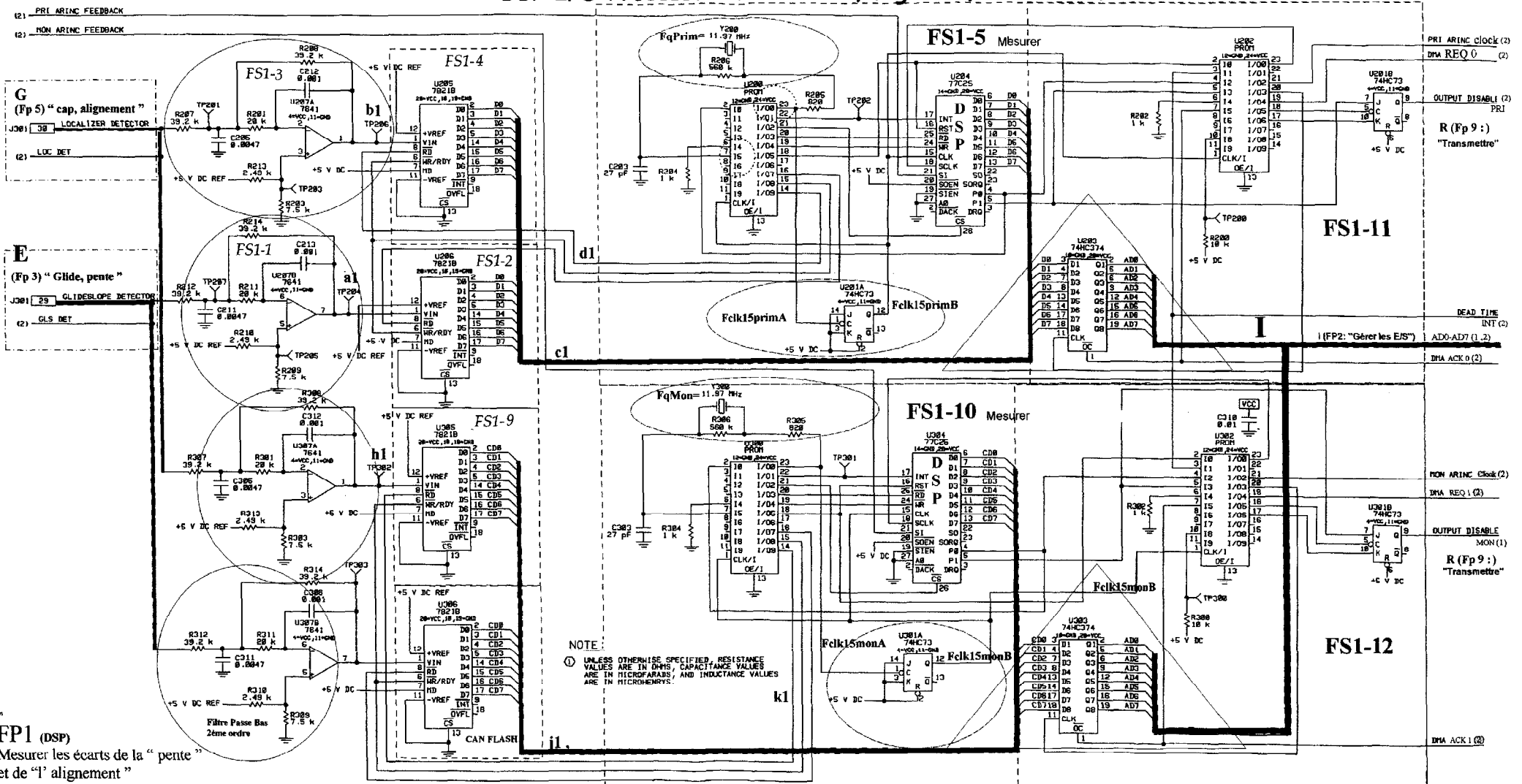
La fonction FP2 contrôle l'égalité des mesures effectuées par ces deux DSP.

La variable DDM est transmise (byte 0 à byte 7) par les processeurs DSP à la fonction FP2 (Gérer les entrées/sorties), dans une trame numérique décrite page DT31.

Dans cette trame, l'information binaire « polarity bit », permet de définir lequel des deux modulateurs est prédominant (c'est à dire que ce bit indique si la trajectoire est « trop à gauche » ou « trop à droite » pour le localizer et « trop en bas » ou « trop en haut » pour le glide)

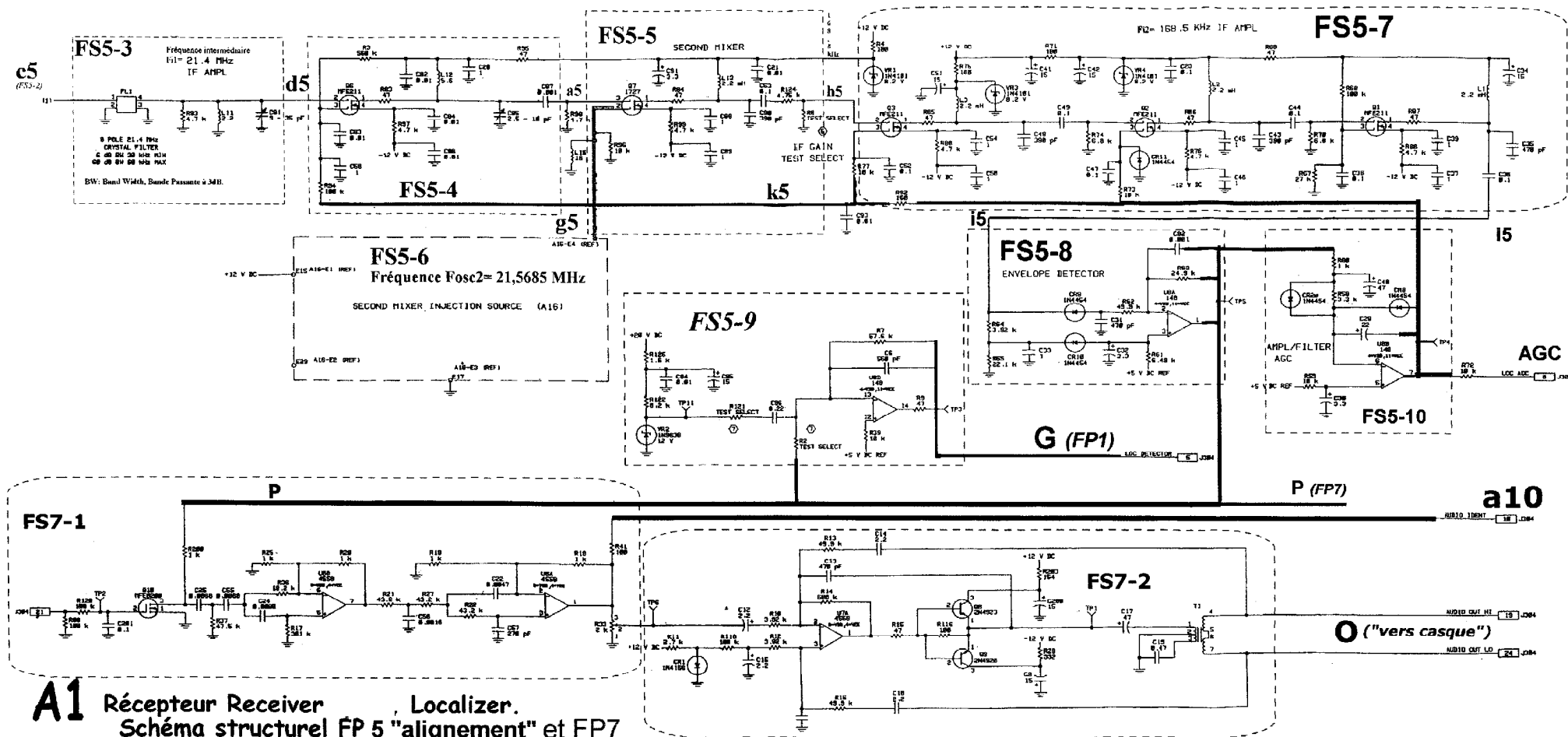
M. Schéma structurel de FP1 : DSP Mesurer l'écart de « pente » et « d'alignement (cap) »

DSP I/O Processor A4 sheet 3, Fig152C, stucturel FP 1



PAGE BLANCHE

N. Schéma structurel de FP5 et FP7 : partiel, 2ème étage du récepteur localizer



A1 Récepteur Receiver Localizer.
Schéma structurel FP 5 "alignement" et FP7

PAGE BLANCHE

O. Schéma structurel de FP6 : Synthétiseur « alignement »

Localizer Synthétiseur A1A18, stuctural FP 6

