



BANC ARINC-429

MANUEL D'UTILISATION

Révision 0.4 - 05/11/2013

SOMMAIRE

1-	INSTALLATION DU MATERIEL.....	4
1.1-	Description du simulateur ARINC-429	4
1.2-	Configuration minimale	6
1.3-	Installation du driver USB	6
2-	INSTALLATION DU LOGICIEL SIM429.....	10
3-	LOGICIEL SIM429	12
3.1-	LANCEMENT DU LOGICIEL.....	12
3.2-	FENETRE DE DEMARRAGE	12
3.3-	MODE "TRANSMITTER"	13
3.3.1-	Fenêtre « transmitter ».....	13
3.3.2-	Fenêtre « A429 Monitor »	14
3.3.3-	Fenêtre « A429 Settings ».....	16
3.4-	MODE "RECEIVER"	18
3.4.1-	Fenêtre « receiver »	18
3.4.2-	Description des instruments de navigation	19
3.4.2.1.	Altimètre.....	19
3.4.2.2.	Anémomètre (vitesse par rapport à l'air).....	19
3.4.2.3.	Variomètre.....	19
3.4.2.4.	Horizon artificiel	20
3.4.2.5.	Radiocompas	20
3.4.2.6.	Automatic Direction Finder (ADF)	20
3.4.2.7.	Radio Magnetic Indicator (RMI).....	21
3.4.2.8.	Distance Measuring Equipment (DME)	21
3.4.2.9.	Global Positioning System (GPS).....	21
3.4.2.10.	Systèmes radiotéléphoniques	21
3.4.2.11.	Instruments de surveillance des paramètres moteurs et autres systèmes.....	22
3.4.3-	Fenêtre « A429 Monitor »	23
4-	SIMULATION DE PANNES	24
5-	MOTS ARINC.....	26
5.1-	VHF FREQUENCY.....	26
5.2-	MAGNETIC HEADING.....	27
5.3-	BEARING	28
5.4-	DME DISTANCE.....	29
5.5-	VERTICAL SPEED	30
5.6-	TRUE AIR SPEED.....	31
5.7-	PITCH ANGLE.....	32
5.8-	ROLL ANGLE	33
5.9-	ALTITUDE.....	34
5.10-	LATITUDE.....	35
5.11-	LATITUDE FINE.....	36
5.12-	LONGITUDE	37
5.13-	LONGITUDE FINE.....	38
5.14-	LEFT WING FUEL QUANTITY DISPLAY	39
5.15-	CENTER WING FUEL QUANTITY DISPLAY	40
5.16-	RIGHT WING FUEL QUANTITY DISPLAY	41

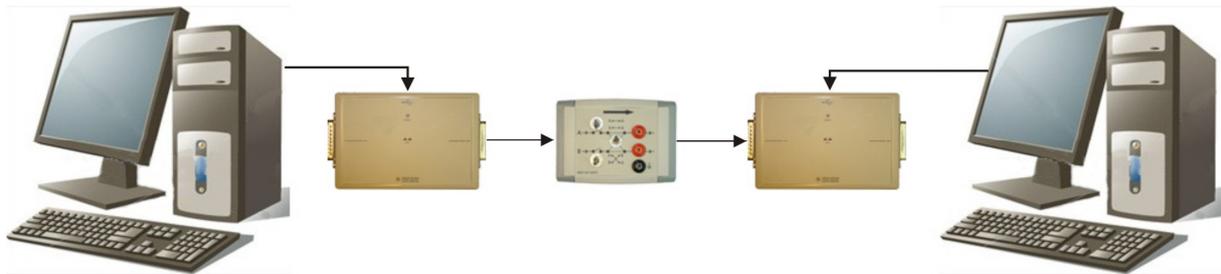
GLOSSAIRE

ADF	Automatic Direction Finder
BCD	Binary Coded Decimal
BEARING	Gisement
BNR	Binary Natural Données codées en binaire naturel Dans le cas de données pouvant prendre des valeurs négatives, le bit 29 représente le signe et la donnée est codée en complément à deux
DME	Distance Measurement Equipment
GPS	Global positioning System
HEADING	Cap
PITCH	Tanguage
RMI	Radio Magnetic indicator
ROLL	Roulis
SDI	Source Destination Identifier
SSM	Status Sign Matrix
VHF	Very High Frequency

1- INSTALLATION DU MATERIEL

1.1- Description du simulateur ARINC-429

Le simulateur est constitué de deux boîtiers d'interface USB/ARINC-429 OMEGA DESIGN, d'un boîtier d'interconnexion et du logiciel SIM 429. Il est alimenté par le bus USB des PC et ne nécessite aucune alimentation extérieure. Les tensions de $\pm 10V$ nécessaires au fonctionnement des bus ARINC-429 sont générées en interne. L'alimentation par le 5V du port USB du PC garantit une totale sécurité pour les utilisateurs.



PC « Transmitter » Interface A429 Boîtier interconnexion Interface A429 PC « Receiver »

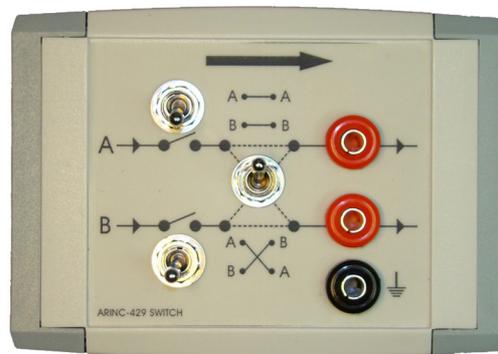
Les interfaces ARINC-429 sont issues du monde industriel où elles sont utilisées sur des bancs de test pour la mise au point de logiciels aéronautiques embarqués lors des phases de développement, et pour la maintenance de calculateurs embarqués sur certains avions de Airbus, Lockheed ou hélicoptères de Eurocopter.

Ces interfaces comportent deux sorties et deux entrées ARINC-429 conformes à la norme puisqu'elles utilisent des composants certifiés pour l'aéronautique. Seul un seul des deux bus est utilisé dans cette application.

Elles disposent également de huit sorties et huit entrées discrètes (tout ou rien) non exploitées dans cette application.



Interfaces ARINC-429



Boîtier d'interconnexion

Idéalement, deux PC sont nécessaires, l'un pour la fonction émission (transmitter) et l'autre pour la fonction réception (receiver). On peut cependant utiliser le système sur un seul PC.

Un boîtier ARINC-429 sera dédié à la fonction « transmitter » et l'autre à la fonction « receiver ». Ils sont identiques et peuvent donc être intervertis.

Le boîtier d'interconnexion se connecte aux prises « ARINC-429 I/O » des boîtiers ARINC-429. La flèche indique le sens de transfert des signaux ARINC-429, du « transmitter » vers le « receiver ». Il permet de simuler des pannes et la visualisation des signaux sur un oscilloscope grâce à trois embases banane 4mm standard.

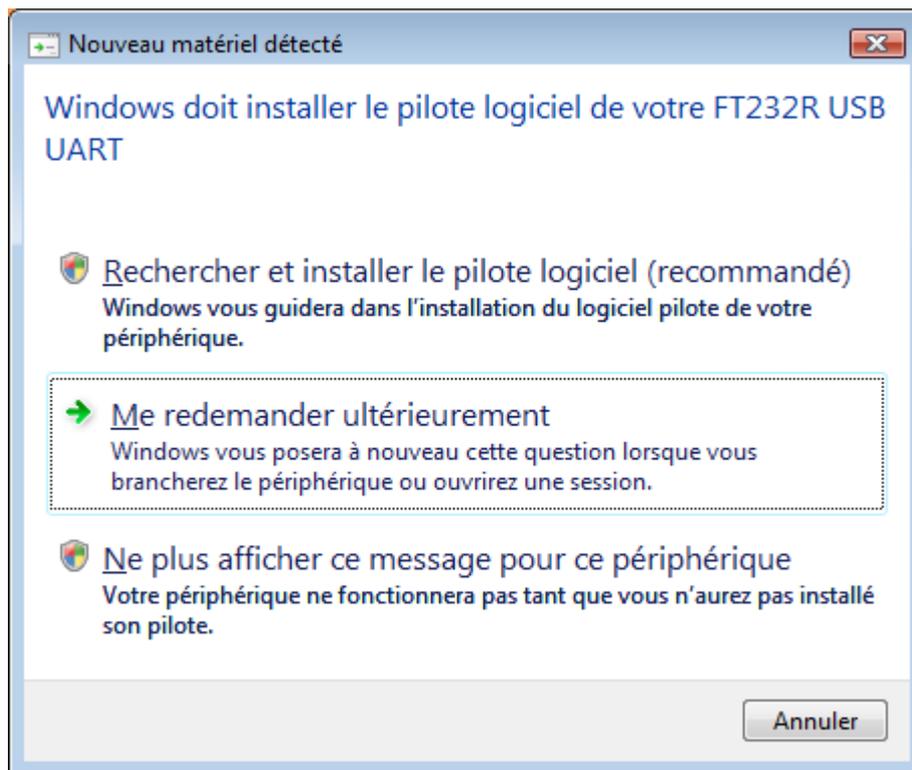
Il est recommandé de connecter ou déconnecter le boîtier d'interconnexion lorsque le matériel est hors tension, c'est-à-dire câbles USB déconnectés.

1.2- Configuration minimale

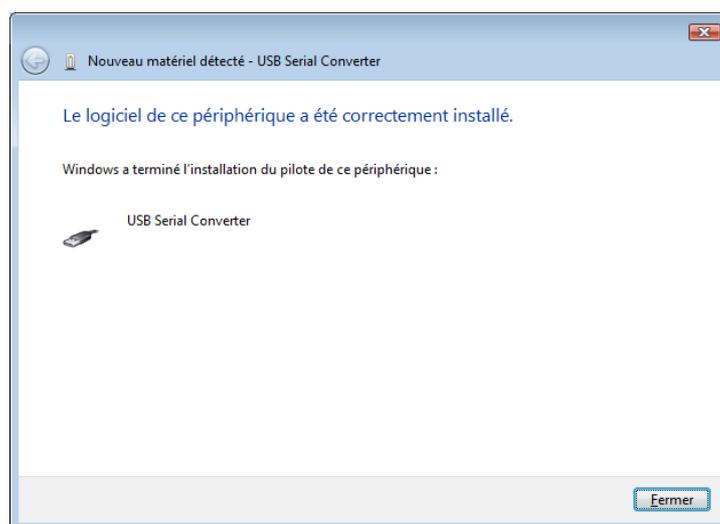
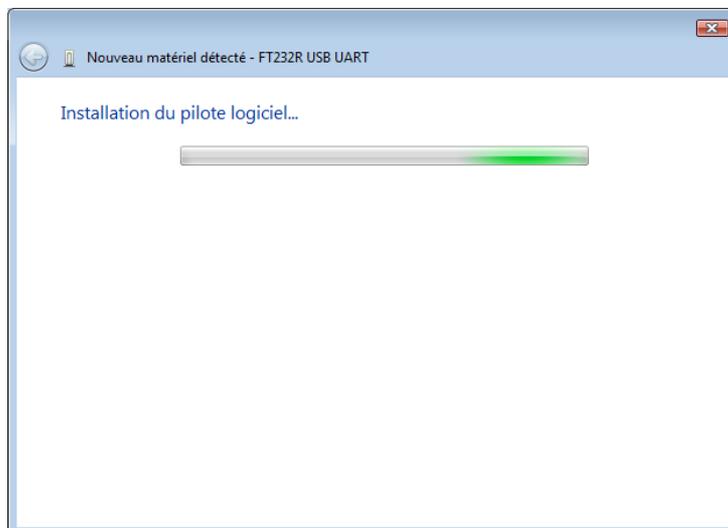
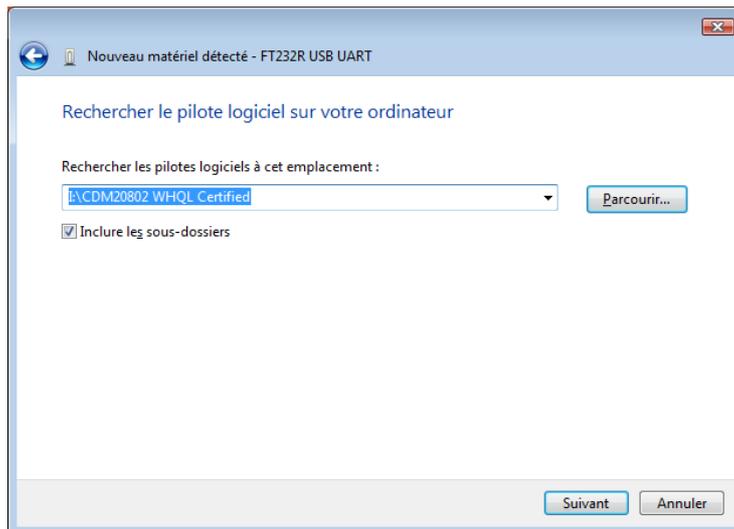
- Pentium 4 ou supérieur
- Windows Xp, Vista, 7
- 1Go de RAM
- 100 Mo d'espace sur le disque dur

1.3- Installation du driver USB

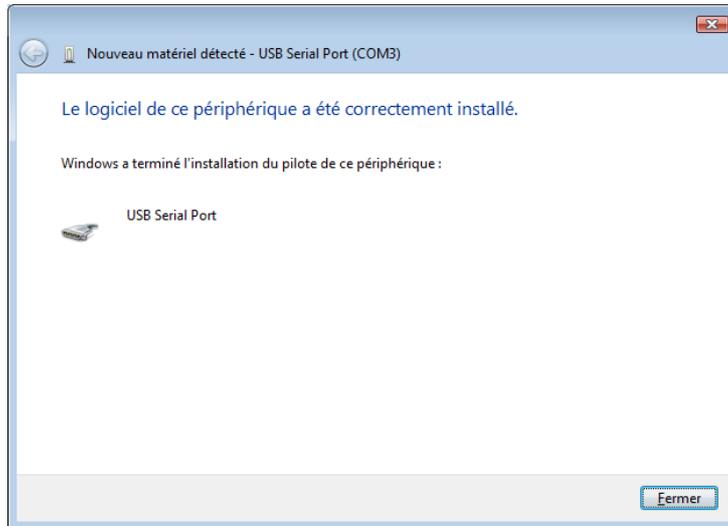
Connecter le boîtier d'interface ARINC-429 à un port USB du PC. Windows détecte le nouveau périphérique et demande l'installation de son pilote. Sous Windows Vista ou Windows 7, le driver peut s'installer automatiquement à partir d'Internet via Windows Update. Si ce n'est pas le cas, le pilote sera demandé. Insérer le CD-ROM. L'installation devrait alors se faire automatiquement. Dans le cas contraire, faire l'installation manuellement (les copies d'écran ci-dessous peuvent dépendre de la version de Windows) :



Cliquer sur « rechercher » puis localiser sur le CD-ROM le dossier « CDM20802 WHQL Certified».

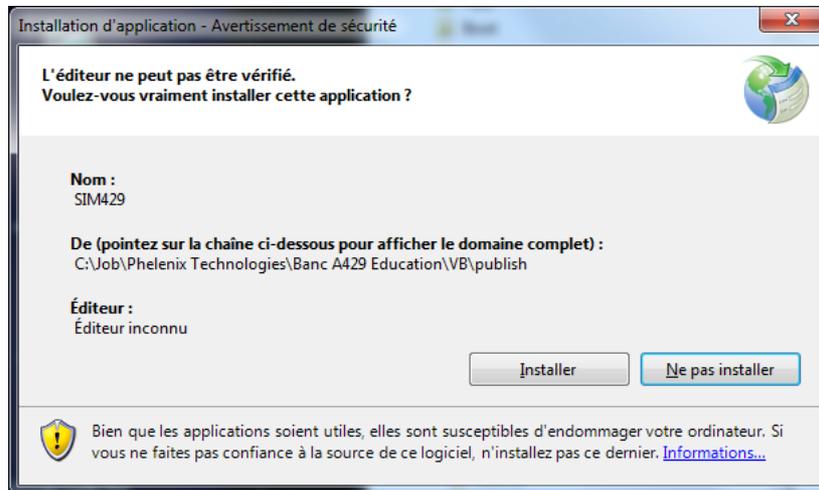


Le système demande alors l'installation d'un deuxième périphérique. Recommencer la procédure pour terminer l'installation :



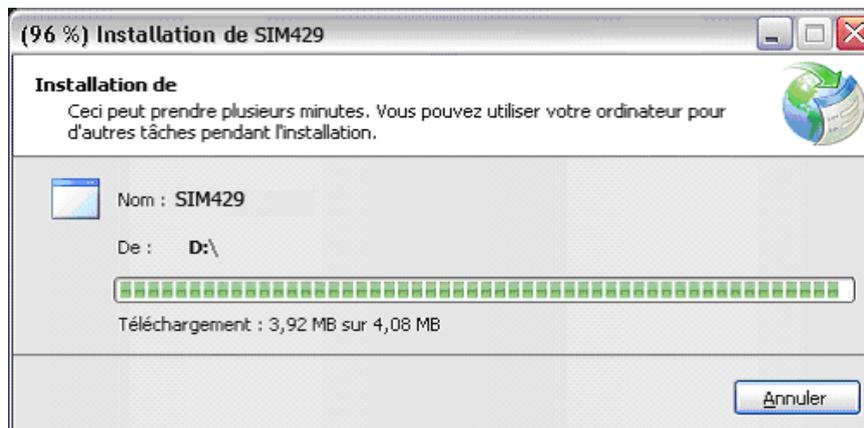
2- INSTALLATION DU LOGICIEL SIM429

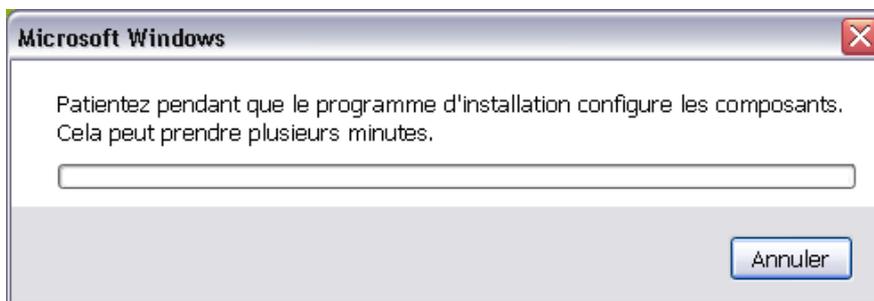
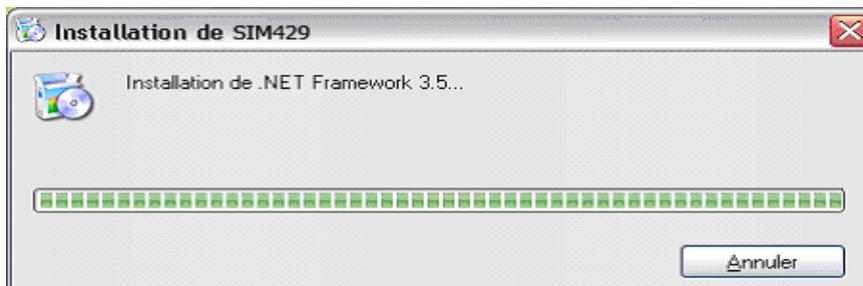
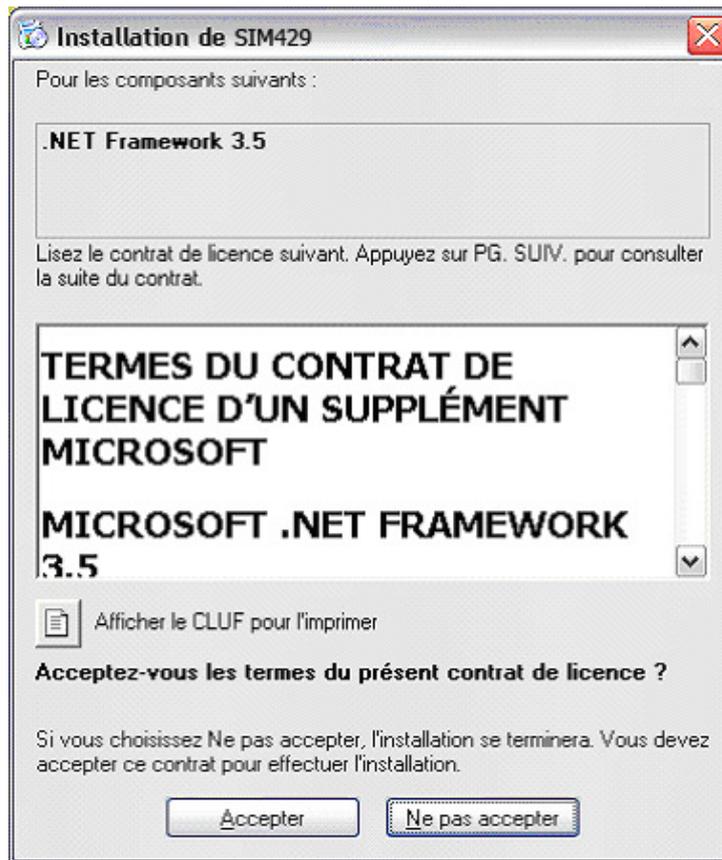
Lors de l'insertion du CD-ROM, l'installation débuta automatiquement. Si ce n'est pas le cas, double-cliquer sur « setup.exe ».



Cliquer sur « Installer ».

L'installation nécessite une connexion à Internet pour l'installation de Microsoft .NET Framework (version 3.5 ou supérieure). Elle peut prendre plusieurs minutes selon la configuration initiale de l'ordinateur. Différentes étapes peuvent être nécessaires.





A la fin de l'installation, l'application démarre automatiquement.

3- LOGICIEL SIM429

3.1- LANCEMENT DU LOGICIEL

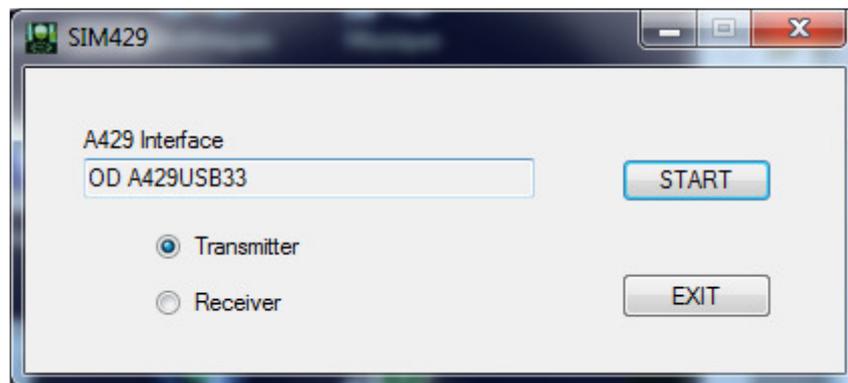
En cas d'utilisation du simulateur sur deux ordinateurs, on peut démarrer l'application indifféremment d'abord sur le PC « transmitter » ou « receiver ». Il est nécessaire de veiller à bien sélectionner le mode sur chaque ordinateur. En cas d'inversion entre « transmitter » et « receiver », aucun mot ARINC ne sera échangé entre les deux postes.

En cas d'utilisation sur un seul ordinateur, la procédure de démarrage est la suivante :

- Connecter l'interface ARINC-429 « transmitter » au PC,
- Lancer une première fois l'application SIM429 en mode « transmitter »,
- Connecter l'interface ARINC-429 « receiver » au PC,
- Lancer une deuxième fois l'application SIM429 en mode « receiver ».

3.2- FENETRE DE DEMARRAGE

Au démarrage du programme, la fenêtre suivante permet de sélectionner entre le mode « transmitter » et « receiver ».



Après avoir sélectionné le mode, cliquer sur START.

Si le boîtier ARINC-429 n'est pas détecté, le message « A429 CARD NOT DETECTED » est affiché. Le programme peut néanmoins être utilisé afin de se familiariser avec les différentes fenêtres sans pour autant disposer des interfaces ARINC-429.

3.3- MODE "TRANSMITTER"

3.3.1- Fenêtre « transmitter »



- Chaque champ permet de saisir une valeur qui sera encodée sur le bus ARINC-429 et visualisable sur le PC « receiver ». La valeur saisie doit être validée par appui sur la touche « entrée ».
- Pour chaque champ, les valeurs admissibles (les valeurs possibles encodables sur le mot ARINC-429) et l'unité sont affichés. Toute valeur saisie hors de la plage sera automatiquement ramenée à la valeur limite inférieure ou supérieure.
- Pour le champ de fréquence, une valeur hors de la plage VHF (108 à 117.95MHz) sera affichée en rouge pour indiquer qu'on n'est pas dans la plage mais sera tout de même envoyée sur le bus ARINC-429.
- Les valeurs fractionnaires peuvent être saisies indifféremment avec une virgule ou un point décimal.

- La valeur saisie est automatiquement ajustée à la valeur encodable sur le mot ARINC-429 la plus proche, dépendant donc de la résolution du mot.
 - Pour les champs latitude et longitude, le format « Ndd°mm'ss.ss" » doit être respecté.
 - « N » ou « S » pour la latitude
 - « E » ou « W » pour la longitude
 - « dd » est la valeur des degrés : 0 à 90° pour la latitude et 0 à 180° pour la longitude.
 - « mm » est la valeur des minutes d'angle : 0 à 59'
 - « ss.ss » la valeur des secondes d'angle : 0 à 59.99"
- Il est possible de réinitialiser le champ en tapant simplement la valeur « 0 ».

3.3.2- Fenêtre « A429 Monitor »

La fenêtre « A429 Monitor » permet de visualiser le contenu des mots ARINC-429 correspondants réellement envoyé sur le bus, sous forme hexadécimale et binaire. Seul le canal 0 est utilisé dans cette application.

The screenshot shows a window titled "A429 Monitor" with a "Transmitt" section. It contains a table with 7 columns: Label, Ch, SDI, SSM, Rate, Hex, and Binary (32..9). The table lists 18 rows of data, with the first row (Label 030) selected. Below the table, there is a legend for "Channel 0" and "Channel 1", a "Timeout" field, and a "Close" button.

Label	Ch	SDI	SSM	Rate	Hex	Binary (32..9)
030	0	0	3	200	620000	0110 0010 0000 0000 0000 0000
076	0	0	3	100	600000	0110 0000 0000 0000 0000 0000
110	0	0	3	500	600000	0110 0000 0000 0000 0000 0000
111	0	0	3	500	600000	0110 0000 0000 0000 0000 0000
120	0	0	3	500	600000	0110 0000 0000 0000 0000 0000
121	0	0	3	500	600000	0110 0000 0000 0000 0000 0000
142	0	0	3	100	600000	0110 0000 0000 0000 0000 0000
143	0	0	3	100	600000	0110 0000 0000 0000 0000 0000
144	0	0	3	100	600000	0110 0000 0000 0000 0000 0000
162	0	0	3	50	600000	0110 0000 0000 0000 0000 0000
202	0	0	3	50	600000	0110 0000 0000 0000 0000 0000
210	0	0	3	100	600000	0110 0000 0000 0000 0000 0000
212	0	0	3	100	600000	0110 0000 0000 0000 0000 0000
320	0	0	3	50	600000	0110 0000 0000 0000 0000 0000
324	0	0	3	50	600000	0110 0000 0000 0000 0000 0000
325	0	0	3	50	600000	0110 0000 0000 0000 0000 0000

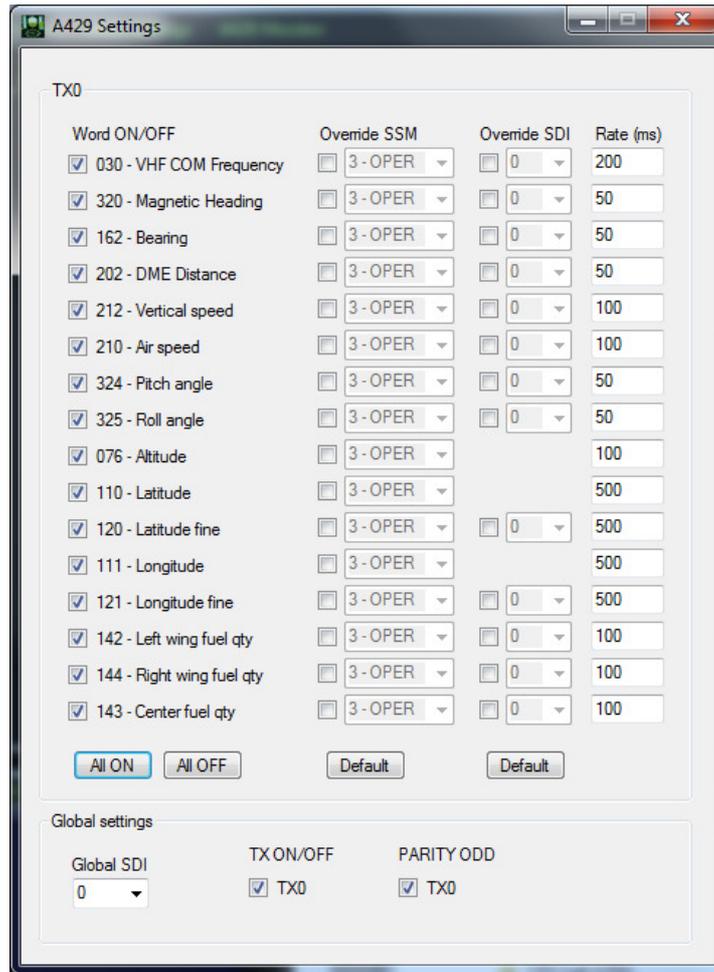
3.3.3- Fenêtre « A429 Settings »

Cette fenêtre permet de modifier différents paramètres:

- Mot en émission actif ou non
- Forçage du SSM à une valeur spécifique (override SSM). Par défaut les mots ont un SSM égal à 3 (OPER), valeur décodée à la réception dans le mode « receiver ». Une valeur autre peut se traduire par une non interprétation du mot.
- Forçage du SDI à une valeur spécifique (override SDI). Par défaut les mots ont un SDI égal à 0, valeur décodée à la réception dans le mode « receiver ». Une valeur autre se traduira par une non réception du mot.
- Modification du temps de récurrence de chaque mot (« rate »)
- Forçage global du SDI de tous les mots.
- Mise en marche/Arrêt du canal d'émission et modification de la parité.

Pour plus d'informations sur les SSM et SDI, se référer à la norme ARINC-429.

Cette fenêtre peut être utile lors de la visualisation des signaux à l'oscilloscope en ne laissant qu'un mot actif par exemple. La synchronisation de l'oscilloscope s'en trouve simplifiée.



3.4- MODE "RECEIVER"

3.4.1- Fenêtre « receiver »

La fenêtre simule un tableau de bord d'avion de ligne. Les instruments et/ou indicateurs correspondant à chaque mot ARINC-429 en reflètent la valeur :



- L'écran LCD de gauche affiche l'assiette de l'appareil (ROLL et PITCH),
- L'écran LCD du milieu affiche le cap (HEADING) le gisement (BEARING), la fréquence VHF, la distance DME et reprend l'information de vitesse (GS),
- Les trois instruments au centre donnent la vitesse (AIRSPEED), l'altitude et la vitesse verticale (VERTICAL SPEED),
- L'écran LCD de droite affiche la latitude et la longitude, les informations de carburant (gauche, centre et droite) et reprend l'information de cap.

3.4.2- Description des instruments de navigation

3.4.2.1. Altimètre

Un altimètre est un instrument de mesure permettant de déterminer la hauteur d'un aéronef par rapport à un niveau de référence : le sol, le niveau de la mer (mesure d'altitude) ou une surface isobare.

À bord d'un aéronef, il est nécessaire de connaître trois hauteurs ou altitudes :

La hauteur par rapport au sol : en particulier pour la navigation locale et éviter les obstacles artificiels dont les cartes publient l'altitude et la hauteur. En utilisant la pression de l'aérodrome en référence, l'aéronef décolle ou se pose avec l'altimètre indiquant 0.

L'altitude par rapport au niveau de la mer : pour éviter les obstacles naturels dont les cartes publient l'altitude.

Le niveau de vol : pour éviter les abordages entre aéronefs en utilisant une référence arbitraire identique pour tous et fixée à 1 013 hPa.

Pour obtenir les indications ci-dessus, il faut que l'altimètre soit calé sur la pression correspondante. Ces pressions sont transmises par radio.

3.4.2.2. Anémomètre (vitesse par rapport à l'air)

Un anémomètre est un instrument de mesure permettant de déterminer la vitesse d'un aéronef par rapport à l'air ambiant.

La connaissance de la vitesse air est indispensable pour conserver l'aéronef dans son domaine de vol, donc entre la vitesse minimale permettant sa sustentation et la vitesse maximale où les forces aérodynamiques risquent d'endommager la structure. Ces deux vitesses varient en fonction de la configuration (train sorti, volets sortis, etc.) et de l'attitude (virage, descente, etc.). C'est pourquoi un anémomètre est adapté à un aéronef particulier.

Aujourd'hui, le dispositif utilisé est un instrument appelé badin en France (en 1911, du nom de son inventeur, Raoul Badin) associé au tube de Pitot. C'est un manomètre étalonné en fonction de la Théorème de Bernoulli qui détermine la « pression dynamique » qui est égale à la différence entre la pression totale et la pression statique. Cette pression dynamique, est fonction de la vitesse de l'avion par rapport à l'air et permet d'afficher une information de vitesse air sur le badin. Elle est généralement mesurée en nœuds, mais, sur quelques avions français et sur les avions russes, elle est donnée en kilomètres par heure.

3.4.2.3. Variomètre

Le variomètre est un instrument donnant la vitesse verticale d'un l'aéronef.

Dans sa version classique, cet instrument utilise les variations de pression statique pour indiquer des variations d'altitude, c'est-à-dire des vitesses verticales. De l'air à la pression statique extérieure est stocké dans une bouteille appelée « capacité » qui se met à pression avec un temps connu. La pression dans la capacité est donc en retard par rapport à la pression courante. Au moment de la mesure, l'instrument fait la différence entre la pression extérieure et la pression de la capacité. Le variomètre fonctionne avec un léger temps de retard, dû au temps de remplissage de la capacité.

3.4.2.4. Horizon artificiel

L'horizon artificiel ou indicateur d'assiette mesure l'assiette de l'aéronef par rapport à l'horizon c'est-à-dire les angles de tangage et roulis. Il utilise un gyroscope qui, en principe, conserve le calage initial réglé avant le décollage. Il est particulièrement utile pour le pilotage sans référence visuelle extérieure.

3.4.2.5. Radiocompas

Le radiocompas donne le cap suivi par l'aéronef par rapport au nord magnétique terrestre.

Il utilise le champ magnétique terrestre comme référence.

Il est constitué d'une lunette de lecture sur un boîtier étanche rempli d'un liquide dans lequel se déplace librement un équipement mobile formé par une rose des caps et des barreaux aimantés. C'est un instrument peu précis qui donne des indications fausses dès que l'avion n'est pas stable sur une trajectoire rectiligne, horizontale et à vitesse constante. Il est néanmoins utile pour régler ou recalibrer le conservateur de cap.

De plus, il est influencé par les champs magnétiques engendrés par les équipements électriques de l'avion. Aussi, il est accompagné d'une courbe de calibration, établie dans des conditions standard de mise sous tension des équipements proches.

Enfin, comme pour tout compas magnétique, il faut tenir compte de la déclinaison du pôle magnétique.

Aujourd'hui, des instruments plus modernes et plus précis sont utilisés pour donner le cap. Le gyro compas ou gyro directionnel est un gyroscope à deux degrés de liberté qui permet de conserver une référence de cap de façon beaucoup plus précise qu'un compas magnétique. Il est asservi à une vanne de flux (en anglais : « flux valve ») qui permet de le recalibrer automatiquement en fonction du champ magnétique terrestre.

3.4.2.6. Automatic Direction Finder (ADF)

Le AF permet d'indiquer au pilote la direction d'une source radiofréquence.

Une antenne directionnelle sur l'avion capte un signal radio (dans la bande de fréquence de 190 kHz à 1 750 kHz) émis par un émetteur au sol appelé NDB (Non Directional Beacon). L'information délivrée au pilote est présentée par une aiguille qui indique la direction de cette station (l'angle se nomme GISEMENT ou BEARING en anglais).

3.4.2.7. Radio Magnetic Indicator (RMI)

Il combine sur un même instrument les fonctions ADF et VOR et donne le cap à suivre pour se diriger vers (ou s'éloigner de, selon la sélection) ces stations. C'est l'instrument affiché sur l'écran en mode « receiver ».

3.4.2.8. Distance Measuring Equipment (DME)

Un équipement sur l'avion échange un signal radio (dans la bande de fréquence de 960 à 1 215 MHz) avec une station au sol. L'information délivrée au pilote est la distance oblique à cette station, et selon les équipements sa vitesse de rapprochement (ou d'éloignement) ainsi que le temps nécessaire pour la rejoindre.

3.4.2.9. Global Positioning System (GPS)

Appareil disposant d'une antenne qui capte un signal radio UHF émis par une constellation de satellites. L'information délivrée au pilote est sa position sur le globe terrestre (latitude, longitude et, avec une mauvaise précision, altitude), sa route vraie ainsi que sa vitesse par rapport au sol.

Il n'est pas considéré comme un instrument primaire, du fait de sa dépendance au réseau de satellites américains. On l'utilise comme aide en navigation VFR.

3.4.2.10. Systèmes radiotéléphoniques

- Station radiotéléphonique VHF

Les stations radiotéléphoniques radioélectriques de la bande aéronautique de 117,975 MHz à 137 MHz, avec 2280 canaux espacés de 8,333 kHz sont utilisées pour les communications à courte et moyenne distance entre les pilotes et le personnel des stations au sol et entre les aéronefs.

Une deuxième bande aéronautique 235 MHz à 360 MHz nommée « bande UHF » afin d'être différenciée de la « bande VHF » proprement dite. Cette bande est utilisée en aéronautique militaire et pour le contrôle d'espace aérien supérieur (UTA, Upper Traffic Area) au-dessus du niveau 195 (5 800 m).

- Station radiotéléphonique MF

Les stations radiotéléphoniques avec une centaine de canaux espacés de 3 kHz en BLU J3E dans la bande comprise entre 2 850 kHz et 3 155 kHz sont utilisées (sans une parfaite couverture des stations VHF aéronautiques régionales au sol) pour les communications régional jusqu'à 600 km entre le personnel des stations au sol et les pilotes des aéronefs au-dessus des parties désertiques, des mers et des océans. Ainsi, les liaisons régionales font l'objet d'un contrôle aérien assuré par voix via des centres régionaux.

- Station radiotéléphonique HF

Le matériel radioélectrique est utilisée pour des contacts à longue distance (souvent intercontinental) entre les pilotes des aéronefs et le personnel des stations au sol en utilisant les bandes en hautes fréquences entre 3 400 kHz et 23,35 MHz en plusieurs sous bandes avec des canaux de 3 kHz.

3.4.2.11. Instruments de surveillance des paramètres moteurs et autres systèmes

On trouve dans cette catégorie divers instruments tels que les jauges de carburant, les tachymètres donnant la vitesse de rotation des moteurs, l'avertisseur de collision, l'avertisseur de décrochage, etc.

3.4.3- Fenêtre « A429 Monitor »

Au milieu à gauche du tableau de bord, un bouton « A429 Monitor » permet d'y accéder.

Comme en mode « transmitter », cette fenêtre montre les mots reçus et leurs données.

4- SIMULATION DE PANNES

Le boîtier d'interconnexion est muni de trois interrupteurs :

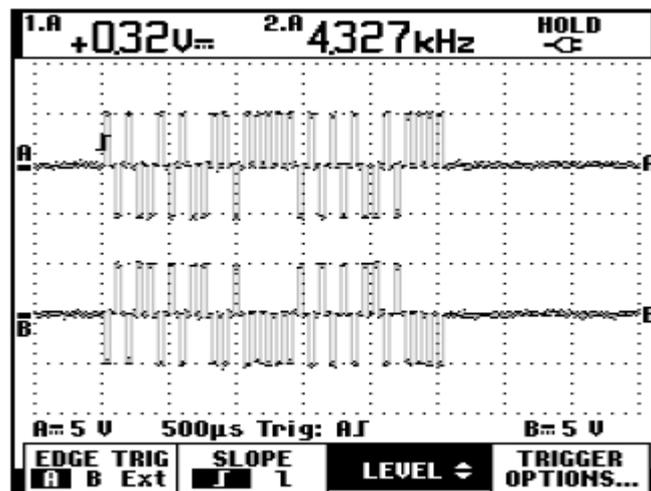
Les deux interrupteurs sur les signaux « A » et « B » du bus ARINC-429 permettent d'ouvrir l'un ou les deux signaux et donc de simuler une coupure de câble. Le résultat est une perte de communication.

Le troisième interrupteur permet une inversion des deux signaux différentiels « A » et « B ». Le résultat est la réception de mots ARINC autres que ceux émis par le « transmitter ».

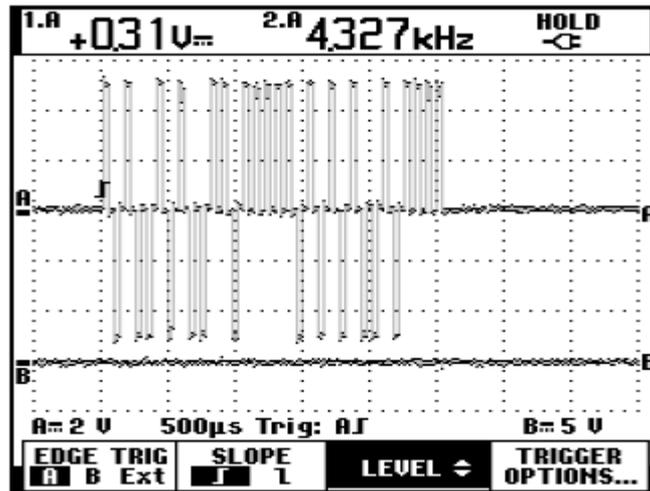
D'autres pannes de type protocolaires peuvent être créés grâce à la fenêtre « A429 Settings » par forçage de SSM et/ou SDI à des valeurs non attendues.

Les fiches banane permettent de connecter un oscilloscope pour la visualisation des signaux ARINC. La connexion se fait grâce à des cordons standard 4mm. L'oscilloscope peut être analogique ou numérique et doit idéalement avoir deux voies au minimum et une bande passante de 20MHz minimum. Un oscilloscope numérique permettra des mesures de temps et de tensions.

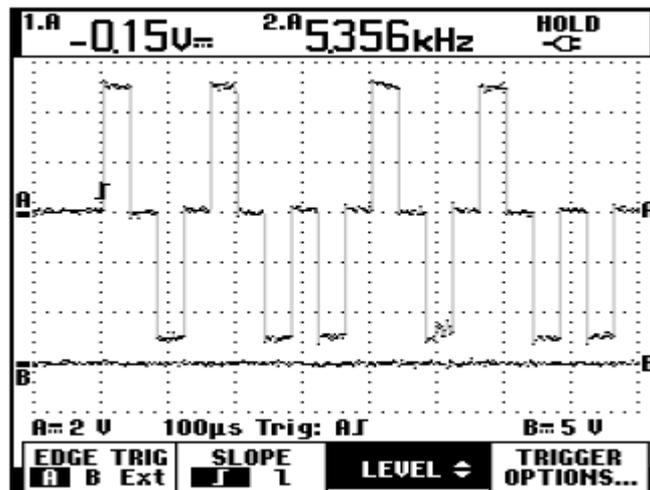
Une configuration initiale avec une vitesse de balayage de 500µs/div et un gain vertical de 5V/div permet d'obtenir un graphe correct sur l'oscilloscope.



Les deux signaux différentiels « A » et « B »



Détail sur le signal « A »



Détail sur le signal « A » à 100µs/div

5- MOTS ARINC

Ce paragraphe liste les mots ARINC-429 échangés par le système. La transmission se fait en « LOW SPEED » selon la norme ARINC-429 soit 12,5 kilo bits par seconde.

5.1- VHF FREQUENCY

- Type: BCD
- Unit: MHz
- Range: 108.0 – 117.95 MHz
- Resolution: 0.05 MHz
- Rate: 200ms

Bit	Definition							
1-8	Octal Label = 030							
9	SDI							
10	SDI							
11	SPARE							
12	SPARE							
13	SPARE							
14	SPARE							
15	0.01 MHz							
16	0.01 MHz							
17	0.01 MHz							
18	0.01 MHz							
19	0.1 MHz							
20	0.1 MHz							
21	0.1 MHz							
22	0.1 MHz							
23	1 MHz							
24	1 MHz							
25	1 MHz							
26	1 MHz							
27	10 MHz							
28	10 MHz							
29	10 MHz							
30	0	FAIL	1	NCD	0	TEST	1	OPER
31	0		0		1		1	
32	Parity (Odd)							

Note:

Le mot ARINC permet d'encoder des fréquences comprises entre 100.0 et 139.999 MHz, cependant la plage VHF s'étend de 108.0 à 117.950 MHz.

5.2- MAGNETIC HEADING

- Type: BNR
- Unit: degrees
- Range: -180.0 to 179.9945
- Resolution: 0.0055 deg
- Rate: 50ms

Bit	Definition							
1-8	Octal Label = 320							
9	SDI							
10	SDI							
11	SPARE							
12	SPARE							
13	SPARE							
14	LSB = 0.0055°							
15	0.0110							
16	0.0220							
17	0.0439							
18	0.0879							
19	0.1758							
20	0.3516							
21	0.7031							
22	1.4062							
23	2.8125							
24	5.625							
25	11.25							
26	22.5							
27	45							
28	MSB = 90°							
29	Sign bit : 0 = right (+), 1 = left (-)							
30	0	FAIL	1	NCD	0	TEST	1	OPER
31	0		0		1		1	
32	Parity (Odd)							

5.3- BEARING

- Type: BNR
- Unit: degrees
- Range: -180.0 to 179.9560
- Resolution: 0.044 deg
- Rate: 50ms

Bit	Definition							
1-8	Octal Label = 162							
9	SDI							
10	SDI							
11	SPARE							
12	SPARE							
13	SPARE							
14	SPARE							
15	SPARE							
16	SPARE							
17	BNR (bits 17-29): LSB = 0.044°							
18	0.0879							
19	0.1758							
20	0.3516							
21	0.7031							
22	1.4062							
23	2.8125							
24	5.625							
25	11.25							
26	22.5							
27	45							
28	MSB = 90°							
29	Sign bit : 0 = right (+), 1 = left (-)							
30	0	FAIL	1	NCD	0	TEST	1	OPER
31	0		0		1		1	
32	Parity (Odd)							

5.4- DME DISTANCE

- Type: BNR
- Unit: NM (Nautic Miles)
- Range: 0 to 511.999
- Resolution: 0,0009765 NM (1.852 m)
- Rate: 50ms

Bit	Definition							
1-8	Octal Label = 202							
9	SDI							
10	SDI							
11	2 ⁻¹⁰ NM resolution = 1.852 m							
12	2 ⁻⁹ NM							
13	2 ⁻⁸ NM							
14	2 ⁻⁷ NM							
15	2 ⁻⁶ NM							
16	2 ⁻⁵ NM							
17	2 ⁻⁴ NM							
18	2 ⁻³ NM							
19	2 ⁻² NM							
20	2 ⁻¹ NM							
21	2 ⁰ NM							
22	2 ¹ NM							
23	2 ² NM							
24	2 ³ NM							
25	2 ⁴ NM							
26	2 ⁵ NM							
27	2 ⁶ NM							
28	2 ⁷ NM							
29	2 ⁸ NM (= 256 NM or 474.112 Km)							
30	0	FAIL	1	NCD	0	TEST	1	OPER
31	0		0		1		1	
32	Parity (Odd)							

5.5- VERTICAL SPEED

- Type: BNR
- Unit: feet/min
- Range: -32768 to 32767.75
- Resolution: 0.25 feet/min
- Rate: 100ms

Bit	Definition							
1-8	Octal Label = 212							
9	SDI							
10	SDI							
11	SPARE							
12	LSB = 2 ⁻²							
13	2 ⁻¹							
14	2 ⁰							
15	2 ¹							
16	2 ²							
17	2 ⁴							
18	2 ⁵							
19	2 ⁶							
20	2 ⁷							
21	2 ⁸							
22	2 ⁹							
23	2 ¹⁰							
24	2 ¹¹							
25	2 ¹²							
26	2 ¹³							
27	2 ¹⁴							
28	MSB = 2 ¹⁵							
29	Sign bit : 0 = UP (+), 1 = DOWN (-)							
30	0	FAIL	1	NCD	0	TEST	1	OPER
31	0		0		1		1	
32	Parity (Odd)							

5.6- TRUE AIR SPEED

- Type: BNR
- Unit: Knots
- Range: 0 to 4095.875
- Resolution: 0.125 Knots
- Rate: 100ms

Bit	Definition							
1-8	Octal Label = 210							
9	SDI							
10	SDI							
11	SPARE							
12	SPARE							
13	SPARE							
14	LSB = 2^{-3} Knots							
15	2^{-2} Knots							
16	2^{-1} Knots							
17	2^0 Knots							
18	2^1 Knots							
19	2^2 Knots							
20	2^3 Knots							
21	2^4 Knots							
22	2^5 Knots							
23	2^6 Knots							
24	2^7 Knots							
25	2^8 Knots							
26	2^9 Knots							
27	2^{10} Knots							
28	MSB = 2^{11} Knots							
29	SPARE							
30	0	FAIL	1	NCD	0	TEST	1	OPER
31	0		0		1		1	
32	Parity (Odd)							

5.7- PITCH ANGLE

- Type: BNR
- Unit: degrees
- Range: -180.0 to +179.989
- Resolution: 0.011 deg
- Rate: 50ms

Bit	Definition							
1-8	Octal Label = 324							
9	SDI							
10	SDI							
11	SPARE							
12	SPARE							
13	SPARE							
14	SPARE							
15	0.0110							
16	0.0220							
17	0.0439							
18	0.0879							
19	0.1758							
20	0.3516							
21	0.7031							
22	1.4062							
23	2.8125							
24	5.625							
25	11.25							
26	22.5							
27	45							
28	MSB = 90°							
29	Sign bit : 0 = up (+), 1 = down (-)							
30	0	FAIL	1	NCD	0	TEST	1	OPER
31	0		0		1		1	
32	Parity (Odd)							

5.8- ROLL ANGLE

- Type: BNR
- Unit: degrees
- Range: -180.0 to +179.989
- Resolution: 0.011 deg
- Rate: 50ms

Bit	Definition							
1-8	Octal Label = 325							
9	SDI							
10	SDI							
11	SPARE							
12	SPARE							
13	SPARE							
14	SPARE							
15	0.0110							
16	0.0220							
17	0.0439							
18	0.0879							
19	0.1758							
20	0.3516							
21	0.7031							
22	1.4062							
23	2.8125							
24	5.625							
25	11.25							
26	22.5							
27	45							
28	MSB = 90°							
29	Sign bit : 0 = right (+), 1 = left (-)							
30	0	FAIL	1	NCD	0	TEST	1	OPER
31	0		0		1		1	
32	Parity (Odd)							

5.9- ALTITUDE

- Type: BNR
- Unit: feet
- Range: -131072.0 to +131071.875
- Resolution: 0.125 feet
- Rate: 100ms

Bit	Definition							
1-8	Octal Label = 076							
9	$2^{-3} = 0.125$ feet							
10	2^{-2} feet							
11	2^{-1} feet							
12	2^0 feet							
13	2^1 feet							
14	2^2 feet							
15	2^3 feet							
16	2^4 feet							
17	2^5 feet							
18	2^6 feet							
19	2^7 feet							
20	2^8 feet							
21	2^9 feet							
22	2^{10} feet							
23	2^{11} feet							
24	2^{12} feet							
25	2^{13} feet							
26	2^{14} feet							
27	2^{15} feet							
28	2^{16} feet							
29	0 = Positive (above sea level) ; 1 = Negative (below sea level)							
30	0	FAIL	1	NCD	0	TEST	1	OPER
31	0		0		1		1	
32	Parity (Odd)							

5.12- LONGITUDE

- Type: BNR
- Unit: radians
- Range: -π (-180.0 deg) to +π (+180 deg – 1LSB)
- Resolution: 1.46×10^{-9} rad
- Rate: 500ms

Bit	Definition
1-8	Octal Label = 111
9	$\pi/2 \times 2^{-19}$ BNR (bits 9-28) : LSB = 180×2^{-20}
10	$\pi/2 \times 2^{-18}$
11	$\pi/2 \times 2^{-17}$
12	$\pi/2 \times 2^{-16}$
13	$\pi/2 \times 2^{-15}$
14	$\pi/2 \times 2^{-14}$
15	$\pi/2 \times 2^{-13}$
16	$\pi/2 \times 2^{-12}$
17	$\pi/2 \times 2^{-11}$
18	$\pi/2 \times 2^{-10}$
19	$\pi/2 \times 2^{-9}$
20	$\pi/2 \times 2^{-8}$
21	$\pi/2 \times 2^{-7}$
22	$\pi/2 \times 2^{-6}$
23	$\pi/2 \times 2^{-5}$
24	$\pi/2 \times 2^{-4}$
25	$\pi/2 \times 2^{-3}$
26	$\pi/2 \times 2^{-2}$
27	$\pi/2 \times 2^{-1}$
28	$\pi/2 \times 2^{-0}$ MSB = 90°
29	Sign : 0 = East, 1 = West
30	0 FAIL 1 NCD 0 TEST 1 OPER
31	0 0 1 1
32	Parity (Odd)

5.13- LONGITUDE FINE

- Type: BNR
- Unit: radians
- Range: -π (-180.0 deg) to +π (+180 deg – 1LSB)
- Resolution: 1.46×10^{-9} rad
- Rate: 500ms

Bit	Definition							
1-8	Octal Label = 121							
9	SDI							
10	SDI							
11	SPARE							
12	SPARE							
13	SPARE							
14	SPARE							
15	SPARE							
16	SPARE							
17	SPARE							
18	$\pi/2 \times 2^{-30}$ BNR (bits 18-28) : LSB = 180×2^{-31}							
19	$\pi/2 \times 2^{-29}$							
20	$\pi/2 \times 2^{-28}$							
21	$\pi/2 \times 2^{-27}$							
22	$\pi/2 \times 2^{-26}$							
23	$\pi/2 \times 2^{-25}$							
24	$\pi/2 \times 2^{-24}$							
25	$\pi/2 \times 2^{-23}$							
26	$\pi/2 \times 2^{-22}$							
27	$\pi/2 \times 2^{-21}$							
28	$\pi/2 \times 2^{-20}$ MSB = 180×2^{-21}							
29	SPARE							
30	0	FAIL	1	NCD	0	TEST	1	OPER
31	0		0		1		1	
32	Parity (Odd)							

5.14- LEFT WING FUEL QUANTITY DISPLAY

- Type: BNR
- Unit: lbs
- Range: 0 to 32767
- Resolution: 1 lb
- Rate: 100ms

Bit	Definition							
1-8	Octal Label = 142							
9	SDI							
10	SDI							
11	SPARE							
12	SPARE							
13	SPARE							
14	LSB = 1 lb							
15	2							
16	4							
17	8							
18	16							
19	32							
20	64							
21	128							
22	256							
23	512							
24	1024							
25	2048							
26	4096							
27	8192							
28	MSB = 16384 gal							
29	SPARE							
30	0	FAIL	1	NCD	0	TEST	1	OPER
31	0		0		1		1	
32	Parity (Odd)							

5.15- CENTER WING FUEL QUANTITY DISPLAY

- Type: BNR
- Unit: lbs
- Range: 0 to 32767
- Resolution: 1 lb
- Rate: 100ms

Bit	Definition							
1-8	Octal Label = 143							
9	SDI							
10	SDI							
11	SPARE							
12	SPARE							
13	SPARE							
14	LSB = 1 lb							
15	2							
16	4							
17	8							
18	16							
19	32							
20	64							
21	128							
22	256							
23	512							
24	1024							
25	2048							
26	4096							
27	8192							
28	MSB = 16384 gal							
29	SPARE							
30	0	FAIL	1	NCD	0	TEST	1	OPER
31	0		0		1		1	
32	Parity (Odd)							

5.16- RIGHT WING FUEL QUANTITY DISPLAY

- Type: BNR
- Unit: lbs
- Range: 0 to 32767
- Resolution: 1 lb
- Rate: 100ms

Bit	Definition							
1-8	Octal Label = 144							
9	SDI							
10	SDI							
11	SPARE							
12	SPARE							
13	SPARE							
14	LSB = 1 lb							
15	2							
16	4							
17	8							
18	16							
19	32							
20	64							
21	128							
22	256							
23	512							
24	1024							
25	2048							
26	4096							
27	8192							
28	MSB = 16384 gal							
29	SPARE							
30	0	FAIL	1	NCD	0	TEST	1	OPER
31	0		0		1		1	
32	Parity (Odd)							