

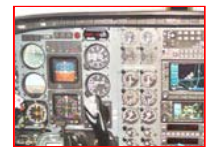
Partie A – SYSTEME D'AIDE A L'ATTERRISSAGE

- On se propose d'étudier le fonctionnement global du système d'aide à l'atterrissage d'un aéronef ainsi que la fonction FP6 du récepteur ILS, « *accorder la réception sur le canal cap-alignement* ».
- Documents ressources :
 - dossier de présentation
 - schéma fonctionnel du 1^{er} degré et son descriptif page DT18
 - degré 2 de FP6 page DT25

A320 : situation des antennes



A. Etude du système d'atterrissage aux instruments :



A.1. Quels sont les 3 paramètres captés par le récepteur ILS d'un aéronef ?

3pts ILS : Instrument Landing System

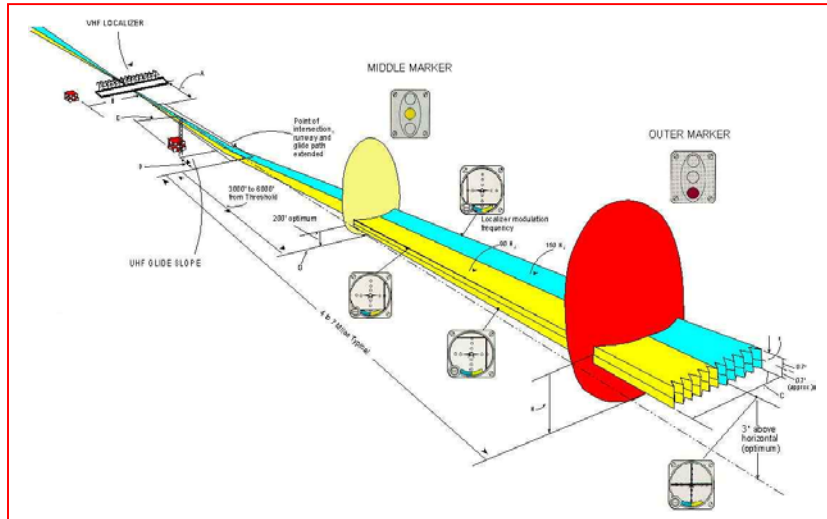
Le récepteur ILS reçoit [DT5 et DT20] :

- Le paramètre « **cap-alignement** » (*Localizer*), c'est l'écart latéral par rapport à l'axe de la piste.
- Le paramètre « **pente de glissement** » ou trajectoire de descente (*Glide Path or Glide Slope*), c'est l'écart vertical par rapport au plan de descente idéal (pente d'environ 5,2%).
- Le codage de l'**identifiant de la piste** en Morse [FP5, DT20].

A.2. Comment le récepteur ILS peut-il différencier des modulateurs caractérisés par des **2pts** fréquences identiques à la fois sur le « GLIDE » et sur le « LOCALIZER » ?

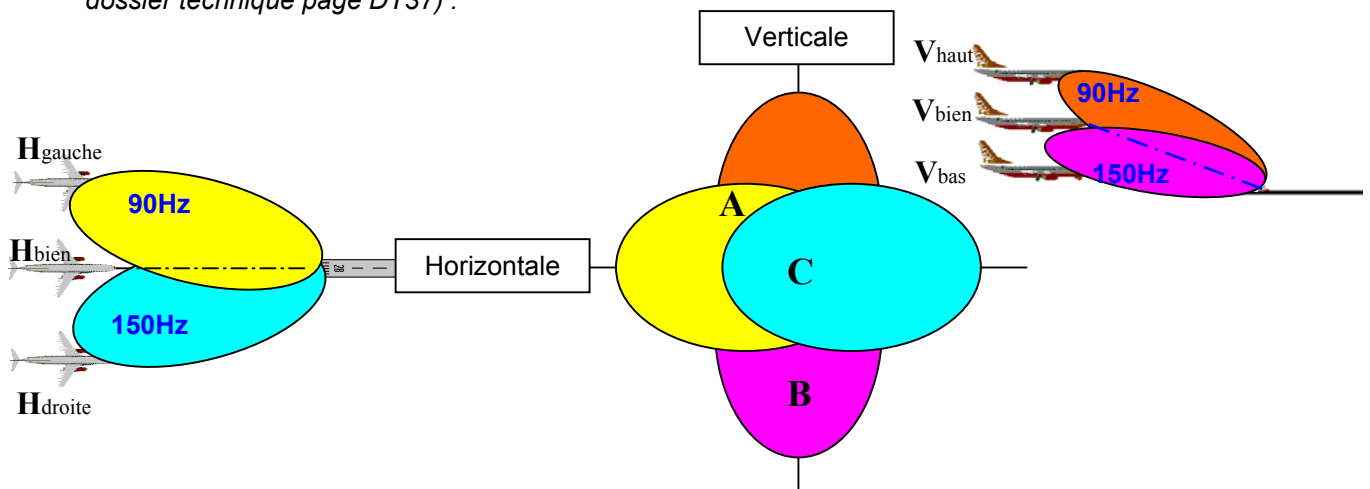
Le récepteur différencie les paramètres « *Glide* » et « *Localizer* » par leur porteuse respective de fréquence différente et appairée [DT5].

- « **Glide** » ⇒ gamme **UHF**, de 329MHz à 336MHz,
- « **Localizer** » ⇒ gamme **VHF**, de 107,95MHz à 111,95MHz.



A.3. COMPLETEZ le tableau qui suit après avoir analysé les différentes positions (A, B, C) de l'aéronef dans les lobes d'émission ILS ; le récepteur est accordé sur le canal 11. (voir dossier technique page DT37) :

5pts



Pour le canal ILS n°11 [DT37] :

- ⇒ Localizer : FL=109,1MHz (90Hz côté gauche - 150Hz côté droit) [DT11]
- ⇒ Glide : FG=331MHz (lobe du haut : 90Hz et lobe du bas : 150Hz) [DT11]

Point A, B ou C	B	C	A
Affichage sur le tableau de bord Aiguille Glide (cible de position) Aiguille Localizer (cible de position)	<p>l'avion est trop bas mais bien dans l'axe</p>	<p>Cas idéal l'avion est bien positionné</p>	<p>l'avion est un peu haut, et trop à gauche</p>
Porteuse(s) En MHz	Glide : 331,4MHz Localiser : 109,1MHz		
Modulant dominant En Hz	Glide : 150Hz Loc. : 90Hz-150Hz	Glide : 90Hz-150Hz Loc. : 90Hz-150Hz	Glide : 90Hz Loc. : 90Hz

A.4. Le système ILS de l'aéroport est classé dans la catégorie 1 ; indiquez la hauteur de **décision** et la portée visuelle minimale associées (voir page DT5).

2pts

* catégorie I (CAT I) : HD minimale de 200ft (60,96 mètres) et RVR minimales de 550 mètres

HD (feet) : **200ft**

RVR (m) : **550 mètres**

A.5. Analyse des paramètres d'atterrissage :

4pts

A partir des données fournies sur le croquis du profil d'approche d'un aéronef, ci-dessous, et de la « **Distance au Sol** » (DS) et de l'**angle α** du plan de descente par rapport au sol, CALCULEZ les paramètres d'atterrissage du profil d'approche, associés aux balises Markers OM et MM (voir page DT12).

- « **Distance Oblique** » DO en NM (arrondir à la 4^{ème} décimale)

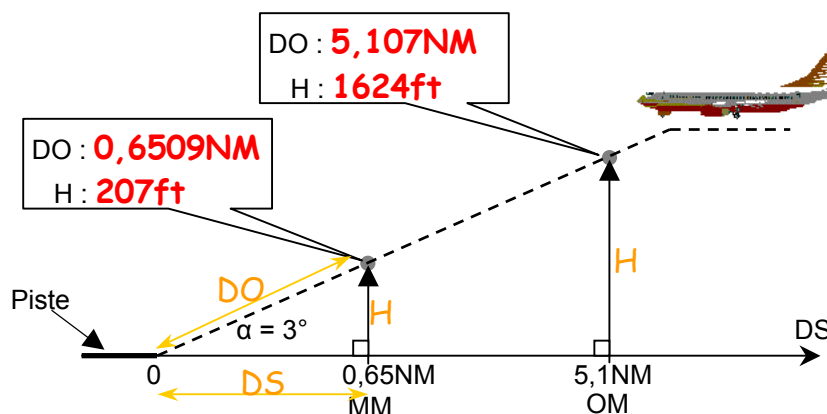
- « **altitude** » H, en pieds/sol, (1pied ou feet = 30,48cm)

$$H = DS * \tan(\alpha)$$

$$\text{Distance oblique } DO = DS / \cos(\alpha)$$

$$1 \text{ NM (Nautic Mile)} = 1852 \text{ mètres [DT4 et DT10]}$$

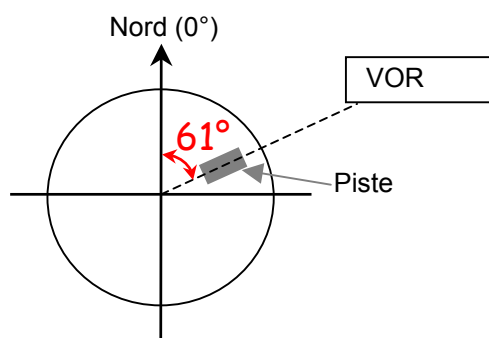
REPORTER ces valeurs sur le schéma ci-dessous :



Justifiez l'écart entre les valeurs de DO et DS : DO est l'hypoténuse du triangle, plus l'angle α est petit plus DO est proche de DS. Ici, les valeurs de la distance oblique sont sensiblement égales à la distance au sol ($\approx 0,14\%$ d'écart).

A.6. A partir des données fournies sur le croquis du profil d'approche d'un aéronef, ci-dessous, définissez les caractéristiques du paramètre VOR :

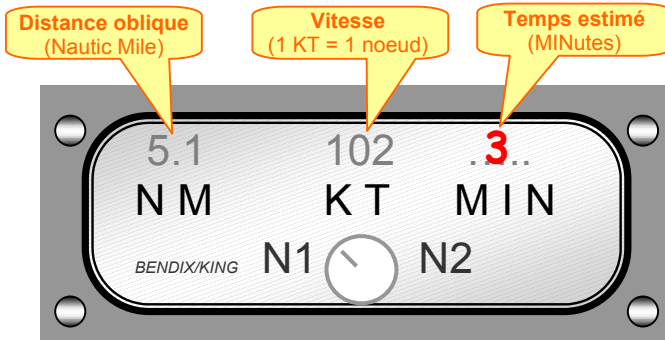
2pts



Que représente l'angle de 61° ?

VOR 61° : c'est l'**azimut**, soit l'angle géographique de l'axe de la piste avec le nord magnétique sur lequel doit s'aligner l'avion, ici 61°.

A.7. A partir des données affichées ci-dessous, CALCULER en minute, le temps de vol restant ; détaillez votre calcul (voir page DT4).



(Noeud : Knot)

Vitesse=102noeuds= 102NM/heure

Distance à faire : 5,1NM

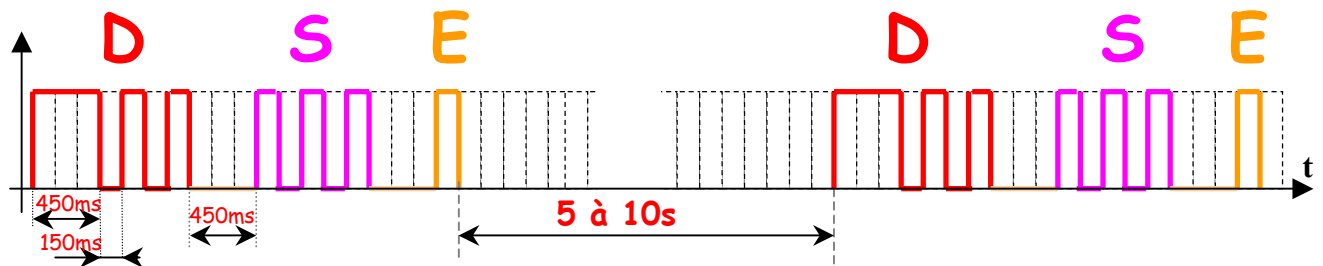
Temps=distance/Vitesse

T(heure)=5,1/102=0,05h

T(min)=0,05*60=3min

A.8. La piste d'atterrissage possède l'identifiant « D S E » ; INDIQUEZ le code morse correspondant ; REPRESENTEZ le chronogramme correspondant à la transmission de deux mots « DSE » ; vous PRECISEREZ les caractéristiques temporelles ; vous REPRESENTEREZ un état haut pour un point ou un trait et un état bas pour les silences (espaces).

DSE : — [voir page DT34]



Partie B – CHAÎNE DE RECEPTION ET SYNTHÉTISEUR

- On se propose d'étudier la chaîne de réception du signal d'alignement « localiser » et d'identification de piste « morse ».
- Documents ressources :
 - degré 2 de FP5 page DT24 et FP6 page DT25
 - schéma structurel page DT43
 - descriptif pages DT18 à DT21

B. Etude du synthétiseur FP6 et second étage FP5 :

Analyse de FP5 : Recevoir les paramètres « cap-alignement » et « identifiant piste » -Localizer-

B.1. L'antenne « localizer » d'impédance $Z_L=50\Omega$, reçoit à hauteur de la **balise OM** un signal de puissance : $P_L(\text{dBm})=-99\text{dBm}$.

4pts

EXPRIMEZ, puis CALCULEZ la tension équivalente en μV .

On donne : $P_L(\text{dBm})=10\log\left(\frac{P_L}{1\text{mW}}\right)$ avec P_L en mW

Le **dBm** est une unité très utilisée en télécommunications et dans les mesures radiofréquences. Le dBm donne la valeur de la puissance du signal utile, par rapport à une puissance de 1mW qui sert de référence.

$$P_{L(\text{mW})} = 10^{P_L(\text{dBm})/10} \Rightarrow P_{L(\text{W})} = 10^{-9,9} * 10^{-3} = 0,126\text{pW}$$

$$\text{Or } P_{L(\text{W})} = U_L^2 / Z_L \Rightarrow U_L = \sqrt{P_L * Z_L} \Rightarrow$$

$$U_L = \sqrt{0,126\text{p} * 50} = 2,5\mu\text{V}$$

B.2. Le signal reçu sur l'antenne « localizer » évolue en fonction des conditions atmosphériques, mais surtout en fonction de la distance oblique DO séparant le « nez » de l'avion aux antennes « balises » émettrices des signaux ILS.

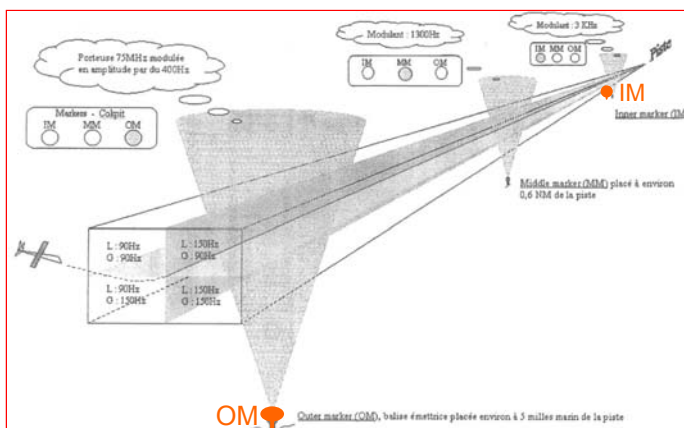
La dynamique de la puissance reçue atteint **+80dB** depuis le « marker » le plus proche de l'émetteur, IM, près de la piste d'aéroport.

B.2.1. COMPAREZ (soit $>$, ou $<$, ou $=$?) les puissances P_{om} et P_{im} reçues lorsque l'avion est respectivement (voir page DT13) :

1pt

- Au-dessus de la balise de positionnement « OM marker » d'une part,
- Au dessus de la balise de positionnement « IM marker » d'autre part.

On admet que la puissance émise au niveau du sol est identique pour ces 2 balises.



$$P_{\text{OM}} < P_{\text{im}}$$

B.2.2. Sur la trajectoire d'un avion lors d'une approche avec le système ILS, **INDIQUEZ** où se situe la **puissance maximale** que reçoit le récepteur d'alignement ? Au dessus de quel marker ?

Plus on est proche de l'émetteur, plus la puissance reçue est grande (analogie avec le soleil et la chaleur).

La puissance est maximale **au plus près de l'émetteur**, lorsque l'avion aborde la piste, donc de l'IM (Inner marker, Inner = intérieur, sur la piste).

B.2.3. CALCULEZ, en **dBm** puis en **mWatt**, la puissance maximale P_{\min} que peut recevoir le récepteur d'alignement ? (assimilé à la sensibilité du récepteur)

Pour FP5 du Localizer [DT20], la sensibilité en entrée est de **-99dBm**.

$$P_{\min(\text{dBm})} = -99\text{dBm}$$

$$P_{\min(\text{mW})} = 10^{P_{\min(\text{dBm})}/10} \Rightarrow P_{\min(\text{W})} = 10^{-9,9} * 10^{-3} = 1,26 * 10^{-13} \text{ W} = 1,26 * 10^{-10} \text{ mW}$$

$$P_{\min} = 1,26 * 10^{-10} \text{ mW}$$

B.2.4. CALCULEZ, en **dBm** puis en **mWatt**, la puissance maximale P_{\max} que peut recevoir le récepteur d'alignement ? (Augmenté de la dynamique du signal reçu).

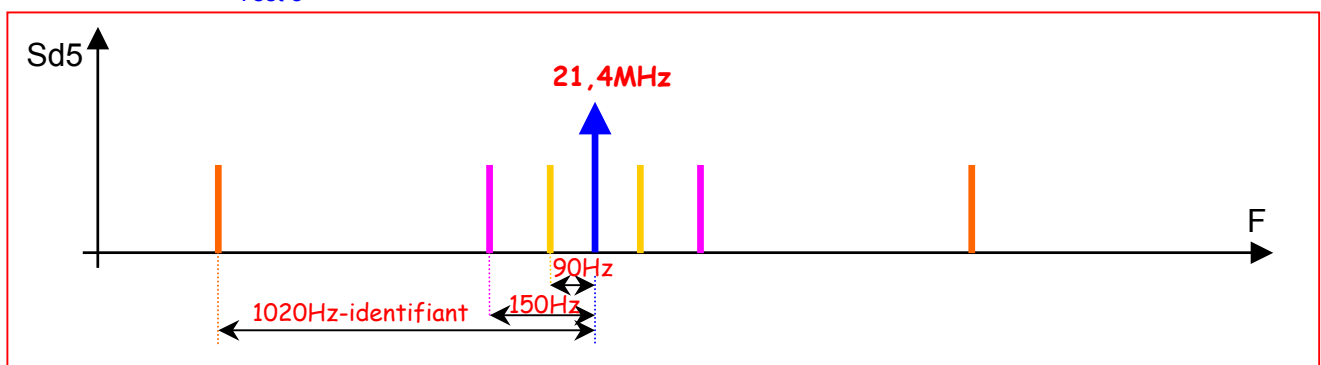
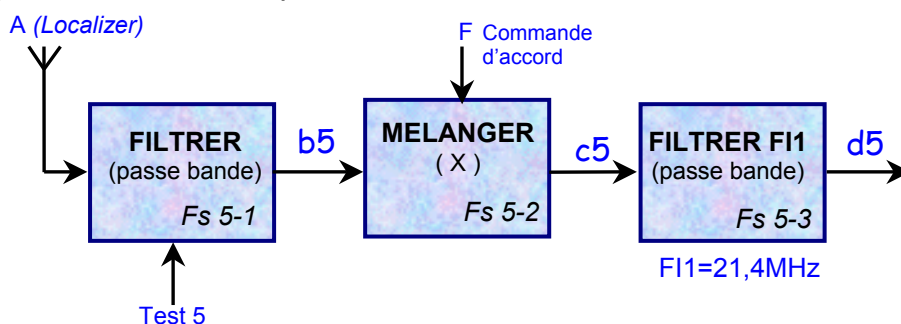
La dynamique de la puissance reçue atteint **+80dB** [B.2 DR9] \Rightarrow Dyn=80dB.

$$P_{\max(\text{dBm})} = P_{\min} + \text{Dyn} = -99 + 80 = -19\text{dBm}$$

$$P_{\max(\text{W})} = 10^{-1,9} = 12,6\text{mW}$$

Remarque : $P_{\max} = P_{\text{im}} = P_{\text{om}}$

B.3. Le récepteur est accordé sur le **canal 11** ; l'aéronef est aligné sur la trajectoire de consigne ; de plus, il reçoit l'identifiant de la piste. **REPRESENTER** l'allure du spectre « Sd5 » du signal présent sur la sortie « d5 » de FS5-3. L'amplitude des raies ne sera pas analysée, seule la porteuse de l'identifiant sera prise en compte. Vous indiquerez les fréquences caractéristiques.



B.4. Pour la réception de la consigne **LOCALIZER**, on se propose de valider le choix de la **fréquence intermédiaire** du premier changement de fréquence de la chaîne de réception à double changement de fréquence (soit 21,4MHz pour la première et 168,5kHz pour la deuxième).

- Le choix des fréquences intermédiaires doit permettre une réception des signaux ILS sans interférences avec les signaux de radiodiffusion FM (bande 87,5MHz à 107,5MHz).
- Notons la première fréquence intermédiaire F_{int1} (issue du filtre FS5-3) repérée « d₅ » sur le schéma fonctionnel page DT24.
- F_{OL} la fréquence de l'oscillateur repérée « F » sur ce même schéma. (Bande de l'oscillateur hétérodyne : 86,55 à 90,55MHz pour le localizer).
- $F_{Re\grave{c}ue}$ la fréquence du signal reçu sur l'entrée du récepteur Localizer signal repéré « A ».

On donne : $F_{int1} = F_{Re\grave{c}ue} - F_{OL}$

Dans un récepteur hétérodyne, on définit la fréquence image F_{image} , qui s'exprime par la relation : $F_{image} = F_{Re\grave{c}ue} - 2 * F_{int1}$

Le récepteur doit rejeter cette fréquence image. De plus, la bande de fréquence image de notre récepteur ILS doit, notamment, exclure les fréquences de la bande de radiodiffusion des radios FM.

Un signal de fréquence image en entrée du récepteur perturbe la réception des signaux utiles.

B.4.1. Le récepteur étant accordé sur le **canal 11**, **CALCULEZ** la fréquence image (localizer) :

2pts

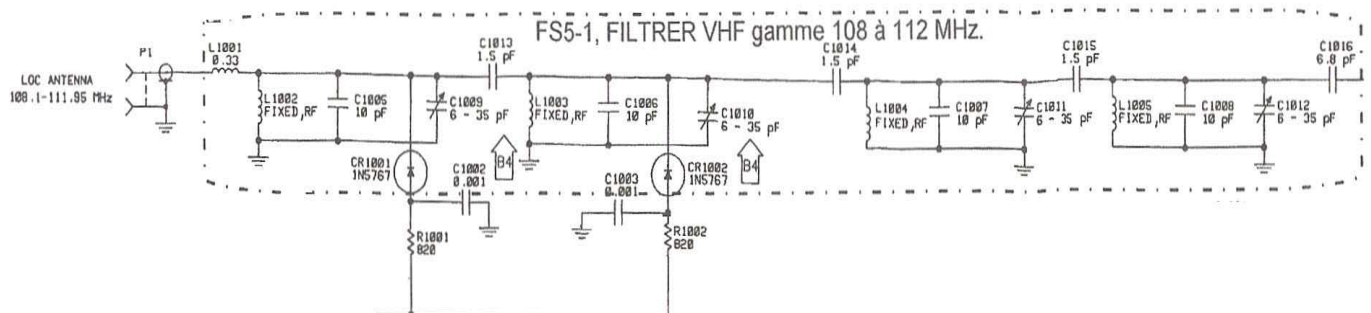
$$F_{image11} = 109,1 - 2 * 21,4 = 66,3\text{MHz}$$

La fréquence image, est une fréquence non intéressante, qui compte tenu du mode de traitement (mélangeur) peut être interprétée comme la fréquence utile ou brouiller celle-ci.

B.4.2. En vous aidant du schéma structurel, page DT47, **MONTREZ** que cette fréquence image

2pts

est rejetée par le récepteur :



Le schéma structurel DT47 précise que le filtre d'entrée (FS5-1) a une bande passante comprise entre 108 et 112MHz ; la fréquence image de 66,5MHz est donc rejetée par le filtre d'entrée du récepteur ⇒ il n'y a donc pas de brouillage.

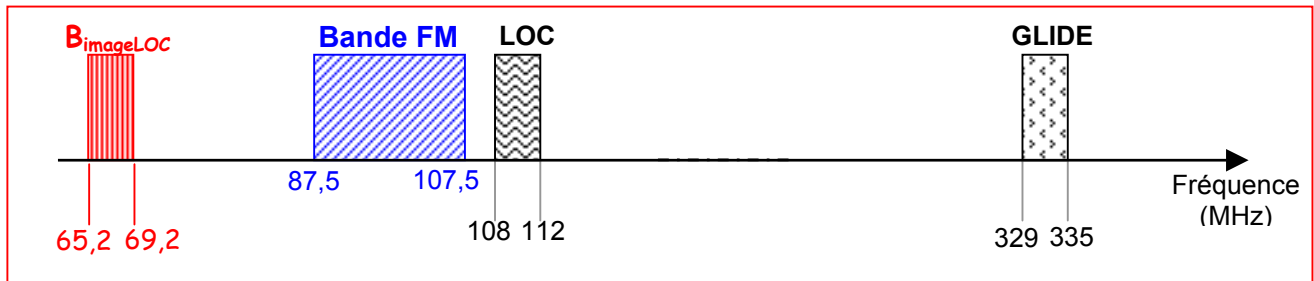
B.4.3. REPRESENTER ci-dessous la bande de fréquences images $B_{\text{imagesLOC}}$ du « localizer », susceptible de brouiller le récepteur « localizer ». **QUANTIFIEZ** les limites de cette bande.

2pts

$$F_{\text{image mini}} = 108 - 42,8 = 65,2 \text{ MHz} \text{ ou } 107,95 - 42,8 = 65,15 \text{ MHz}$$

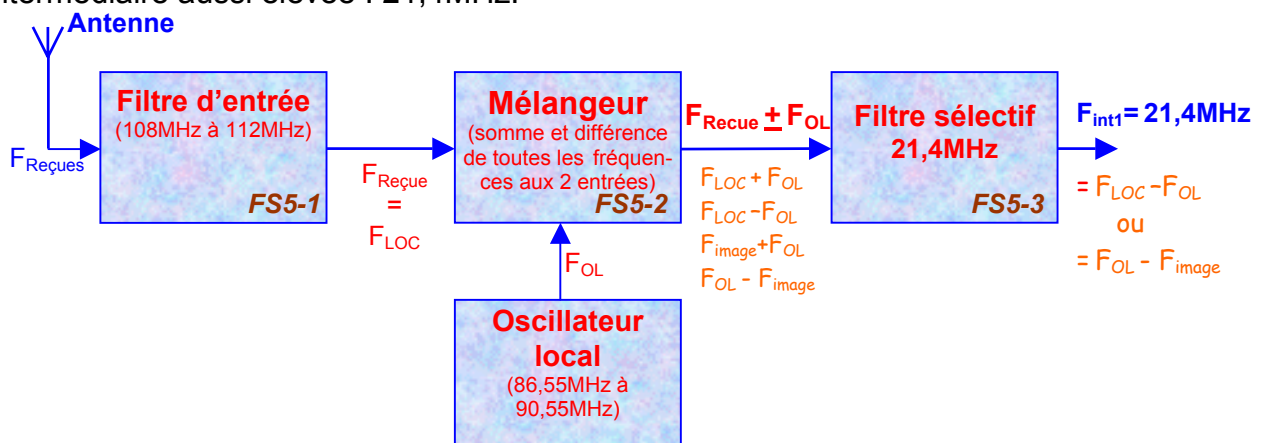
$$\text{ou } 108,1 - 42,8 = 65,3 \text{ MHz}$$

$$F_{\text{image maxi}} = 112 - 42,8 = 69,2 \text{ MHz} \text{ ou } 111,95 - 42,8 = 69,15 \text{ MHz}$$



B.4.4. JUSTIFIER le choix par le concepteur du récepteur, d'une valeur de fréquence intermédiaire aussi élevée : 21,4 MHz.

1pt



Suivant la sélectivité du filtre d'entrée, d'autres fréquences que celle désirée peuvent passer avec une amplitude atténuée.

La valeur de la fréquence intermédiaire impose la valeur de la fréquence parasite image qui peut-être reçue :

$$F_{\text{image}} = F_{\text{LOC}} - 2 * F_{\text{int1}}$$

Une valeur plus basse de la fréquence intermédiaire (par exemple 2,5 MHz) risquerait de placer la bande image ($F_{\text{image}} = 112 - 5 = 107 \text{ MHz}$) dans la bande radio FM, compte tenu de la proximité fréquentielle du filtre d'entrée (108 MHz), des stations FM (aux environs de 107 MHz) seraient susceptibles de brouiller, après le mélangeur, la réception du signal utile du « localizer ».

Dans un récepteur superhétérodyne, la double transposition de fréquence permet d'exploiter une première fréquence intermédiaire (F_{int1}) de valeur élevée et donc de rejeter la fréquence image au-delà de la bande passante du filtre d'entrée.

B.5. DETAILLEZ le rôle de la fonction FS5-10 « Contrôler le gain ».

2pts Le contrôle automatique de gain sert à garder constante l'amplitude de la porteuse présente à l'entrée de la « détection d'enveloppe ».

Si l'amplitude de la porteuse diminue en « d5 », FS5-10 augmente le gain des amplificateurs de la chaîne (FS5-4 et FS5-7) pour contre-balancer cette variation, de même le gain diminue lorsque l'amplitude de la porteuse augmente.

Analyse de FP6 : Accorde la réception sur le canal « cap-alignement ».

On note :

F_F est la fréquence hétérodyne du signal F de sortie du VCO, FS6-4.

F_{j6} est la fréquence du signal $j6$ issue de ce diviseur FS6-3.

F_{g6} est la fréquence de référence 50kHz du signal $g6$ en entrée du comparateur FS6-2.

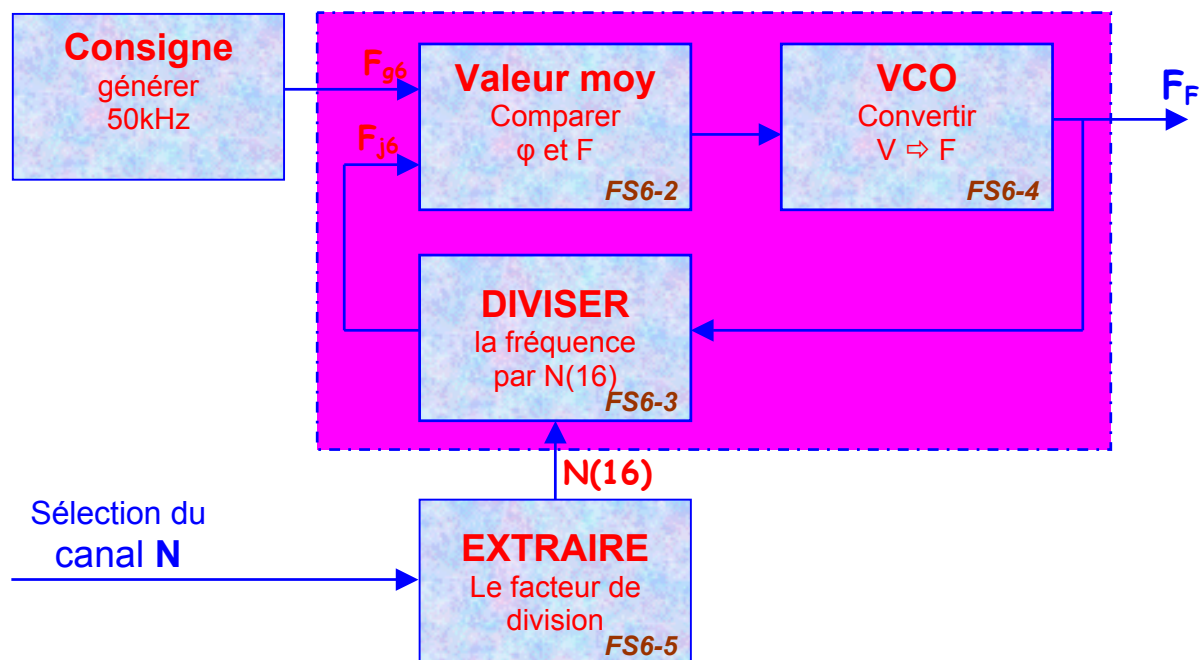
N numéro du canal, $N \in [0 : 40]$ et $N=0$ pour la fréquence de Self TEST (107,95MHz).

$N(16)$ est le rapport de division de la fonction FS6-5 (extraire le facteur de division à partir du numéro N du Canal ILS sélectionné) du synthétiseur de fréquence FP6.

Remarque : Le canal 0 est générée dans l'avion pour le test du récepteur ILS ; l'étage d'entrée et l'antenne sont inhibés pendant le test ; ce canal n'est donc jamais transmis par voix hertzienne.

B.6. En vous appuyant sur les fonctions FS6-2, FS6-3 et FS6-5, exprimez la relation qui lie la fréquence du signal au point « F », notée F_F , au coefficient $N(16)$ et à la fréquence du signal au point « $g6$ » ; notée F_{g6} .

3pts



Les fonctions FS6-2, FS6-3 et FS6-5 réalisent un synthétiseur de fréquence. Le déphasage entre F_{j6} et la consigne F_{g6} entraîne la valeur moyenne du signal à l'entrée du VCO, faisant varier la fréquence F_{j6} jusqu'à ce que l'ensemble, asservi, se stabilise à l'équilibre avec $F_{j6} = F_{g6}$

$$F_F = F_{j6} * N(16) = F_{g6} * N(16)$$

B.7. DETERMINEZ la plage de variation du rapport de division de la fonction FS6-3 « Diviser la fréquence », les valeurs minimale et maximale, respectivement notées N_{16min} et N_{16max} permettant de répondre au cahier des charges du récepteur.

4pts

$$\text{On a : } N(16) = F_F / F_{g6}$$

$$F_{g6} = 50\text{kHz (valeur fixe de référence), donc } N(16) = F_F / 50\text{k}$$

$$\text{On veut : } 86,55\text{MHz} < F_F < 90,55\text{MHz}$$

$$1731 < N(16) < 1811 \Rightarrow N_{16min} = 1731 \text{ et } N_{16max} = 1811$$

On remarque qu'entre 1731 et 1811, il y a 41 coefficients impairs pour les 40 canaux et le canal Self TEST (107,95MHz).

B.8. Le dossier de maintenance du récepteur localiser contient peu d'information concernant le VCO qui génère la fréquence hétérodyne : les schémas pages DT25 et DT43, et la description page DT21.

3pts

L'étude fonctionnelle donne $F_{J6} = F_F / N(16)$ avec $N(16) \in [1731 : 1811]$.

A partir des caractéristiques des signaux d'entrée/sortie, **CALCULEZ** le rapport de division (noté ici N_{11}) que doit introduire la fonction FS6-3 pour le canal 11 ?

$$\text{canal 11} \Rightarrow 109,10\text{MHz (DT37/48)}$$

Pour récupérer le canal 11, il faut que l'oscillateur local génère :

$$F_{F11} = 109,10\text{MHz} - 21,4\text{MHz} = 87,7\text{MHz}$$

$$N(16) \text{ pour canal 11} = N_{11} = 87,7\text{M} / 50\text{k} = 1754$$

Partie C – BUILD IN TEST EQUIPEMENT - BITE

- On se propose d'étudier la chaîne de réception et traitement du signal d'identification de piste « ident morse » et de sa transmission sur bus ARINC.
- Documents ressources :
 - Degré 2 de FP9, FP7 pages DT26 et DT27.
 - Schéma structurel page DT45.
 - Descriptif pages DT18 à DT21.
 - Bus avioniques pages DT28 à DT36 schéma structurel page DT45.
 - Code Morse page DT34.

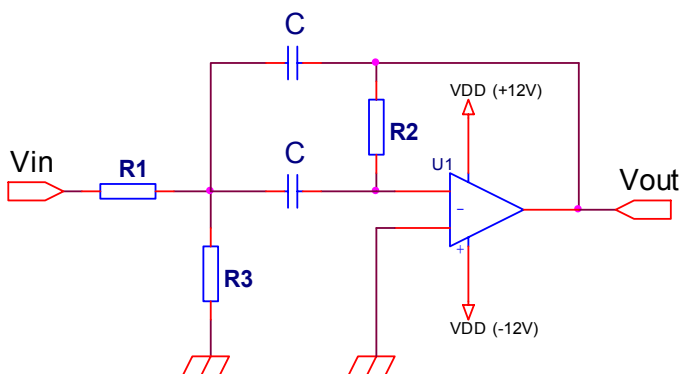
C. Etude de la carte BITE « Build In Test Equipment » fonctions FP8 et FP7 :

Cette carte sert à surveiller le bon fonctionnement du récepteur et effectue, notamment, la démodulation et l'identification du code MORSE transmis par superposition du signal à $F_m=1020\text{Hz}$, de durée $T_{\text{point}}=150\text{ms}$ ou $T_{\text{trait}}=450\text{ms}$, entrecoupés de silence. Le microcontrôleur BITE de la fonction FP8 communique avec les systèmes de l'avion via un Bus ARINC 429. On se propose d'étudier l'interface avec ce bus.

C.1. Etude du filtre « ident morse » fonction FS7-3

On se propose de valider les caractéristiques du filtre vis-à-vis des éléments le constituant et du cahier des charges des signaux.

C.1.1. IDENTIFIER les composants du schéma structurel associés à la fonction FS7-3 vis-à-vis 4pts du schéma théorique du filtre de RAUCH ci-dessous :



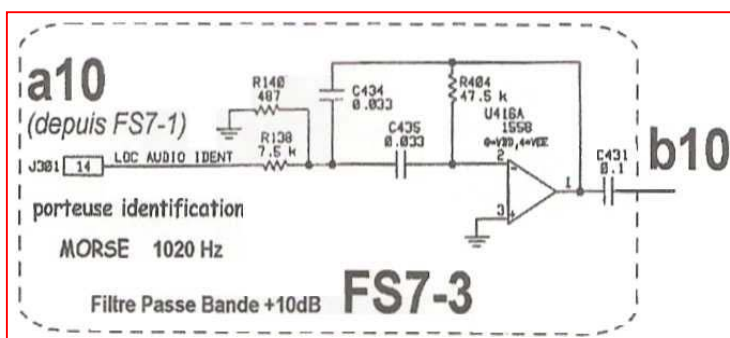
Filtre de RAUCH

passé bande du 2^{ème} ordre :

$$\text{Pulsation : } \omega_0 = \frac{\sqrt{1+R1/R3}}{C\sqrt{R1 \cdot R2}} = 2\pi F_0$$

$$\text{Bande passante : } BW = \frac{F_0}{Q}$$

$$\text{Facteur de qualité : } Q = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{R2}{R1 \cdot R3} \times (R1 + R3)}$$



Désignation dans formules	R1	R2	R3	C
Référence sur schéma structurel de FS7-3	R138	R404	R140	C434 C435
Valeur numérique	7,5k	47,5k	487	0,033μ
unité	Ω	Ω	Ω	F

C.1.2. DETERMINER les grandeurs caractéristiques du filtre FS7-3.

5pts

- Pulsation : $\omega_0 = 6,5k \text{ rad/s}$
- Facteur de qualité : $Q = 5,1$
- Fréquence centrale : $F_0 = 1035 \text{ Hz}$
- Bande passante à -3dB : $BW = 203 \text{ Hz}$
- Montrer que la fréquence F_m de la porteuse du « morse » est dans la bande passante de ce filtre.

Les fréquences de coupures sont :

$$F_{C1} = F_0 - BW/2 = 1035 - 101,5 = 933\text{Hz}$$

$$F_{C2} = F_0 + BW/2 = 1035 + 101,5 = 1136\text{Hz}$$

La porteuse $F_m = 1020\text{Hz}$ est bien dans la bande passante du filtre.

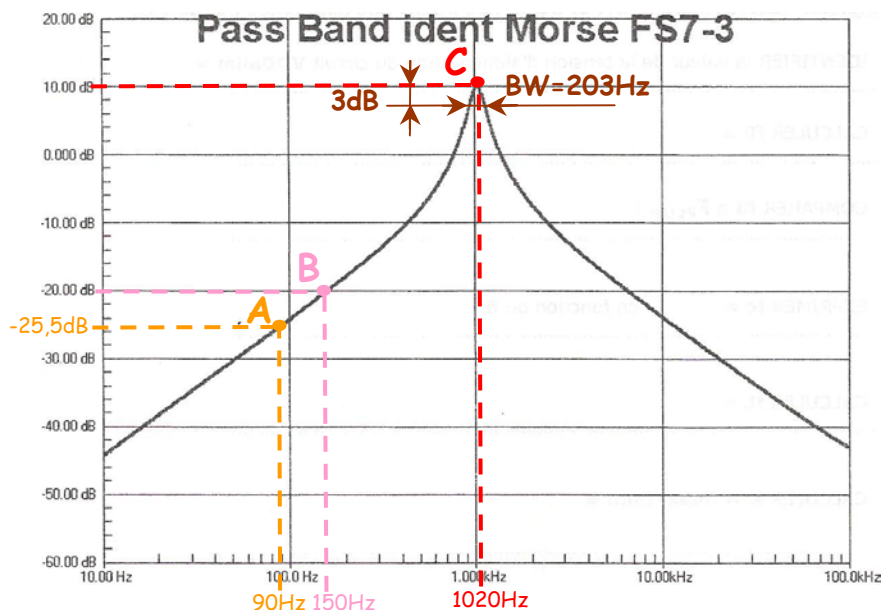
C.1.3. En exploitant le résultat ci-après de la simulation du filtre, DETERMINER l'atténuation en dB des signaux de positionnement 90Hz et 150Hz :

3pts

- $ATT_{90\text{Hz}} = -25,5 \text{ dB}$, placer le point A sur le diagramme ci-après.
- $ATT_{150\text{Hz}} = -20 \text{ dB}$, placer le point B sur le diagramme ci-après.

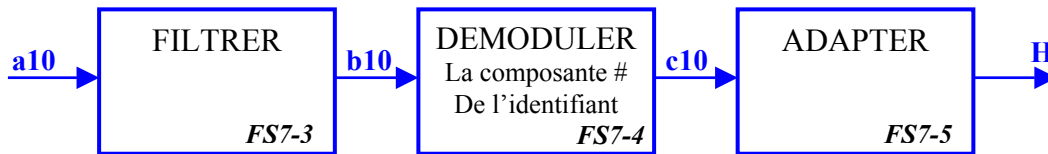
INDIQUER le gain du signal d'identification de piste :

- $G_{\text{morse}}_{1020\text{Hz}} = +10 \text{ dB}$, placer le point C sur le diagramme ci-après.



C.2. Etude de la démodulation ASK ; fonction FS7-4 et FS7-5

On se propose, dans un premier temps de valider le choix des composants associés à la structure FS7-4, notamment les résistances R406 et R405 vis-à-vis des plages de capture et de verrouillage de la PLL, boucle à verrouillage de phase.



C.2.1. En relation avec les caractéristiques du signal b10 en entrée de la fonction FS7-4, **2pts** INDICHER la fréquence centrale théorique F_{PLLth} de la PLL.

- $F_{PLLth} = 1020 \text{ Hz}$

C'est la fréquence centrale de FS7-3 \Rightarrow tonalité du morse

C.2.2. La documentation technique du circuit 4046 référencé U420, utilise les notations R_1 , R_2 , f_0 , f_L , f_C , f_{min} et f_{max} . On se propose d'identifier les composants sur le schéma structural et de calculer les différents paramètres afin de vérifier l'adéquation avec les caractéristiques du signal.

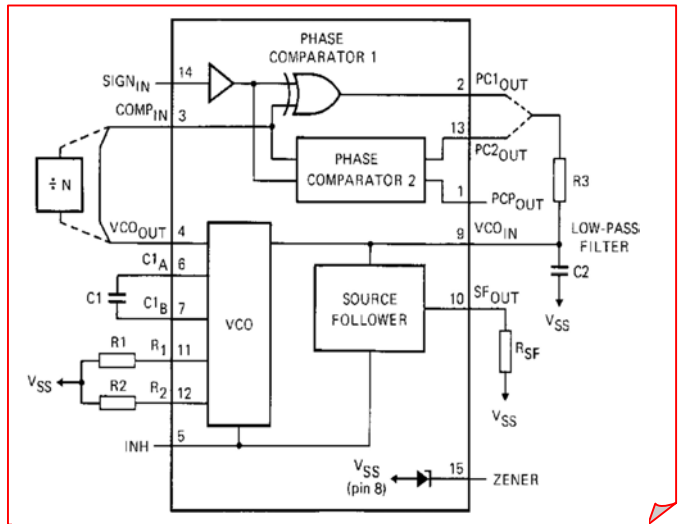
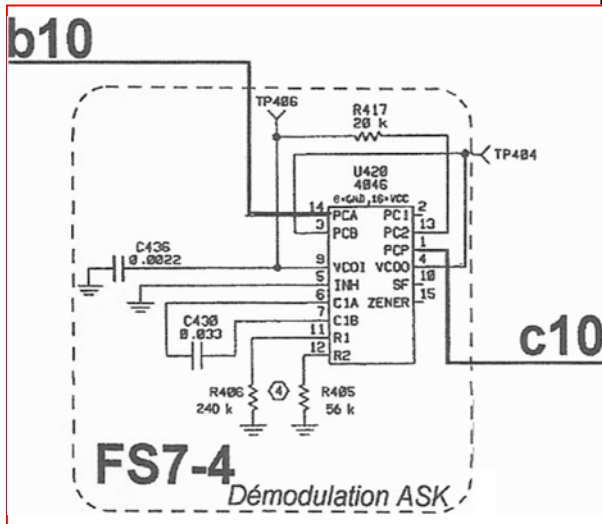
- La notice de maintenance nous donne : $f_{min} = 940\text{Hz}$ et $f_{max} = 1100\text{Hz}$.
- On donne : $f_0 = (f_{max} + f_{min}) / 2$
 $f_L = (f_{max} - f_0) = f_0 - f_{min}$

C.2.2.a. DETERMINATION et COMPARAISON des différentes fréquences :

8pts

- IDENTIFIER la valeur de la tension d'alimentation du circuit $VDD_{alim} = +5V$ DT45/48
- CALCULER $f_0 = (1100 + 940) / 2 = 1020\text{Hz}$
 f_0 : centre frequency
- COMPARER f_0 à F_{PLLth} : *ce sont les mêmes valeurs* $f_0 = F_{PLLth}$
- EXPRIMER f_C en fonction de f_L : $f_C = F_L$ avec le comparateur 2 (DC20/32)
 $2 \cdot f_L$: lock frequency range
 $2 \cdot f_C$: capture frequency range
- CALCULER $f_L = f_{max} - f_0 = 1100 - 1020 = 80\text{Hz}$
- CALCULER $K_f = f_{max} / f_{min} = 1100 / 940 = 1,17$
 f_{min} : minimum operating frequency
 f_{max} : maximum operating frequency

C.2.2.b. DIMENSIONNEMENT des éléments passifs associé au circuit HEF4046



C.2.2.b.1. IDENTIFIER les valeurs de R1, R2 et C1 :

4pts

Notice HEF4046	référence sur schéma structurel de FS7-4	valeur	unité
R1	R406	240	kΩ
R2	R405	56	kΩ
C1	C430	0,033	μF

C.2.2.b.2. Calculer le rapport $K_r = R_2/R_1 =$

2pts

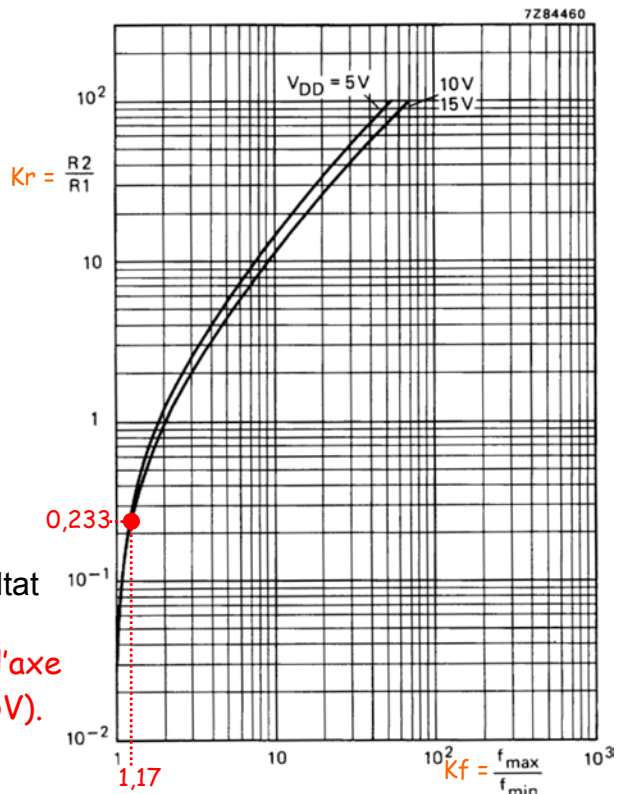
$K_r = R_2/R_1 = 56/240 = 0,233$

C.2.2.b.3. Vérification de la cohérence des paramètres K_r et C1

3pts

- REPORTER sur la figure suivante DR1, extraite de la documentation du circuit HEF4046, les coefficients K_f et K_r précédemment déterminés et TRACER le point A de fonctionnement.

Extrait du dossier constructeur Fig.9 page DC23 :

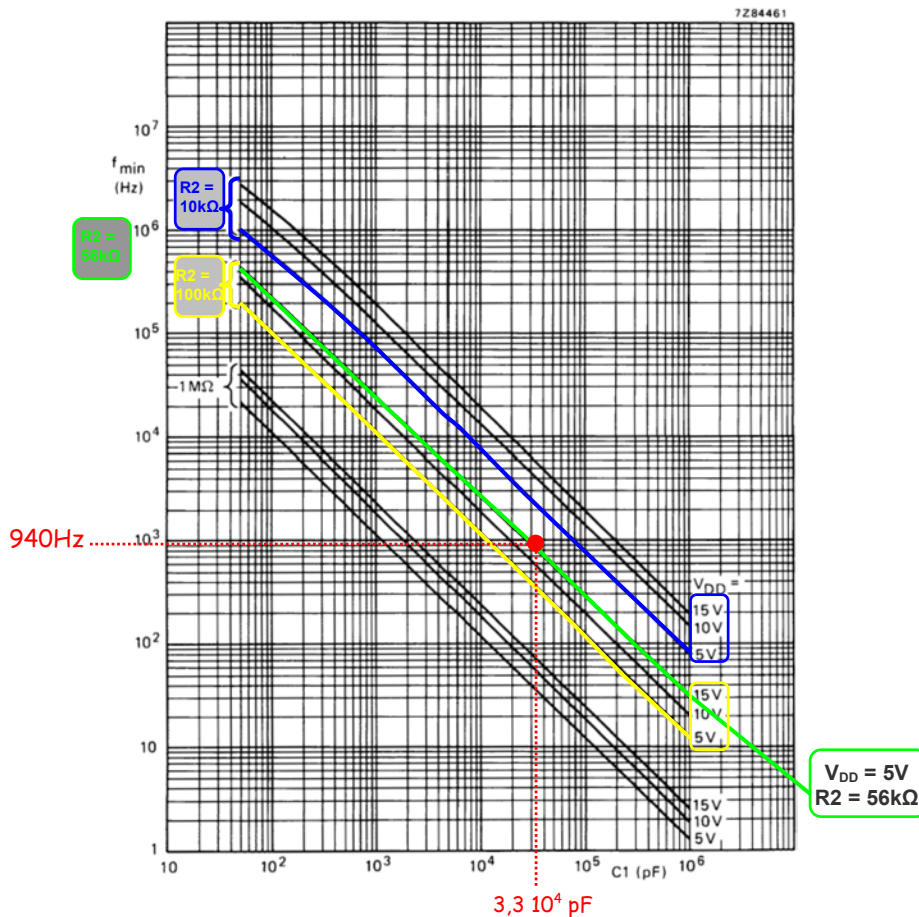


- VERIFIER la cohérence du résultat obtenu.
- L'intersection de l'axe k_r et de l'axe K_f tombe bien sur la courbe (+5V).

C.2.2.b.4. Vérification de la cohérence des paramètres f_{min} et C1

- 4pts
- REPORTER sur la figure suivante DR1, extraite de la documentation du circuit HEF4046, les coefficients f_{min} et C1 précédemment identifiés et TRACER le point B de fonctionnement.
 - TRACER la droite de fonctionnement liant la fréquence f_{min} au condensateur C1 sur le document DR2 suivant, pour la tension V_{DDalim} et la résistance R2 précédemment identifiés.

Extrait du dossier constructeur Fig.8 page DC22.



C.2.2.b.5. CONCLURE sur la validité des caractéristiques de la fonction FS7-4.

- 1pt
- La droite tracée précédemment se situe, pour $V_{DD}=+5V$, entre les droites pour $R2=10k\Omega$ et $R2=100k\Omega$, ce qui est conforme au choix de $R2=56k\Omega$.

C.3. Etude de l'information « ident morse » véhiculé par a10 :

L'émetteur de chaque piste d'aéroport émet un signal d'identification en code MORSE de trois lettres.

Le codage entre le pilote et la tour de contrôle s'effectue par voix radio selon le code d'épellation radiophonique décrit page DT34.

Le signal analogique reçu par l'ILS, transporte cette information en code MORSE par modulation d'amplitude avec porteuse $F_m=1020\text{Hz}$.

La fonction FP8 transmet cette information sur bus ARINC en utilisant un codage ASCII sur 8 bits : ce codage se limite aux lettres **majuscules**.

C.3.1. INDIQUER le code reçu de la piste 26R.

3pts Un exemple est fourni pages DT32 et DT33 pour l'aéroport **Charles de Gaulle** à Paris.

Identification de la piste

Nom de la piste	Identifiant	FL MHz	FG MHz	Morse	Alphabet international
ILS 26 R	GAU	109,10			

	1 ^{ère} lettre émise	2 ^{ème} lettre émise	3 ^{ème} lettre émise
Alphabet Ident26R=	G	A	U
Code ASCII en décimal	71	65	85
Eppellation radiophonique Exemple « alpha, tango... »	GOLF	ALPHA	UNIFORM

C.3.2. INDIQUER le code reçu en mode maintenance.

2pts Lors des opérations de maintenance, le récepteur ILS est placé sur un banc de test. Un générateur fournit les signaux analogiques modulés en entrée du récepteur. On fournit un extrait de la notice de maintenance page DT35 :

IDENT DECODER TEST

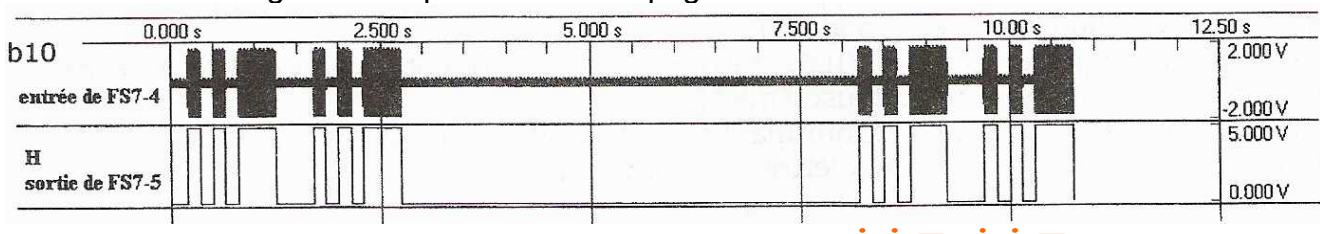
[DT35]

Apply an rf signal of 110.30MHz. Modulate the applied signal with a 1020-Hz Morse code ident "UU"

	1 ^{ère} lettre émise	2 ^{ème} lettre émise
Alphabet	U	U
Code ASCII en décimal	85	85

C.3.3. On se propose d'identifier le mode de fonctionnement de FS7-4 et FS7-5 à partir du relevé ci-dessous des chronogrammes des signaux b10 et H.

2pts Relevé des signaux aux points b10 et H page DT45 :



- IDENTIFIER le code reçu sous les différents formats suivant :
Codage MORSE : **— · — · —**
Codage lettre d'ALPHABET : **UU**
- En déduire le mode de fonctionnement du récepteur (maintenance ou approche piste aéroport ?) : **Le code UU identifie le code en mode test, ou maintenance.**

C.4. Etude de la transmission sur bus ARINC, fonction FS9-8

Le microcontrôleur BITE de la fonction FP8 (*schéma structurel page DT45*), transmet le code d'identification de piste reçu traité précédemment sur le bus ARINC 429, via FS9-7 et FS9-8.

Le codage se fait sur un mot de 32 bits dont l'entête correspond au LABEL **263** en octal.

C.4.1. INDIQUER le code binaire (du MSB au LSB) de ce LABEL ainsi que le numéro du bit du **3pts** mot 32 bits : (voir page DT29)

	MSB	Label						LSB
Numéro du bit du mot 32 bits transmis	1	2	3	4	5	6	7	8
Valeur binaire du LABEL	1	0	1	1	0	0	1	1
en OCTAL		2		6			3	

C.4.2. En mode maintenance le code morse « UU » est transmis. La notice de maintenance **3pts** indique la trame suivante sur le bus ARINC pour les bits de 9 à 32 :

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

Format des mots sur bus ARINC 429

[DT29]

P : bit de parité, bit 32.

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

Données : bits 11 à 29.

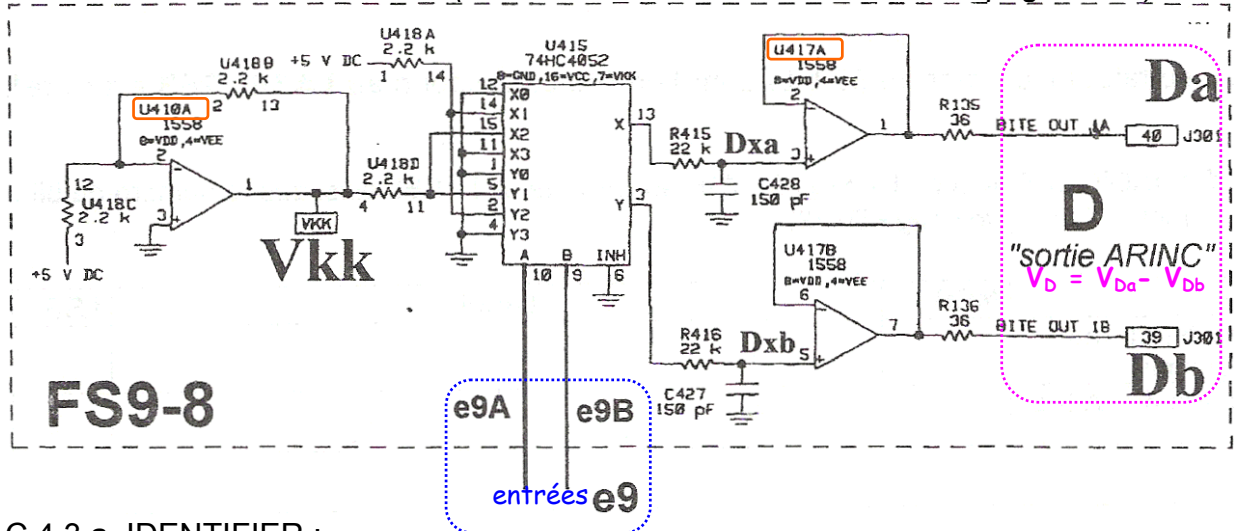
SDI : Source/Destination Identifier, bit 10 (MSB) et bit 9 (LSB).

LABEL : identifiant des données, bit 1 (MSB) à bit 8 (LSB).

- REPERER dans la trame ci-dessus le codage des lettres « UU » :
Les données vont du bit 11 au bit 29.
Le caractère « U » vaut pour le code ASCII [DT36] :
⇒ « 85 » en décimal
⇒ « 0101 0101 » en binaire,
⇒ « 55 » en hexadécimal.
Attention, ici, les bits sont données dans l'ordre temporel (ordre d'apparition) et non conventionnel. En binaire le « U » s'écrit ici : « 1010 1010 »
- INDIQUER la valeur du bit de parité P = **0**
- INDIQUER la valeur du code SDI : bit 9 et bit 10
en binaire = « 0 1 » = **%01**
en décimal = **1**

C.4.3. A partir du schéma structurel de la fonction FS9-8 suivant,

3pts Schéma structurel de FS9-8 : (Driver de BUS ARINC---Extrait de la page DT45)



C.4.3.a. IDENTIFIER :

Xpts

- La FONCTION réalisée par le circuit **U4310A** ?
Montage **inverseur**, R_{U418B} et R_{U418C} ont la même valeur.
- la valeur du POTENTIEL V_{kk} en sortie du circuit **U410A** ?
 $V_{kk} = -V_{DC} = -5V$
- la FONCTION réalisée par le circuit **U417A** ?
Montage **suiveur**, ou adaptation d'impédance.
 $D_a = D_{xa}$ et $D_b = D_{xb}$

C.4.3.b. COMPLETER le tableau suivant avec les numéros de broche et INDIQUER les potentiels appliqués sur les 8 entrées X0, X1, X2, X3, Y0, Y1, Y2 et Y3 du circuit 74HC4052 référencé U415. (voir page DT28 et DT32)

Nom de la broche	X0	X1	X2	X3	Y0	Y1	Y2	Y3
Numéro de broche	12	14	15	11	1	5	2	4
Tension appliquée par rapport à la masse 0 volt	0V	+5V	-5V	0V	0V	-5V	+5V	0V

C.4.3.c. Après analyse de la fonction, COMPLETER le tableau suivant :

E9A niveau logique	E9B niveau logique	Dxa en volts	Dxb en volts	Da en volts	Db en volts	Da-Db en volts Tension de sortie différentielle	Valeur du code RZ : 0 ou 1 ou NULL
0	0	0	0	0	0	0V	NULL
1	0	+5V	-5V	+5V	-5V	+10V	1
0	1	-5V	+5V	-5V	+5V	-10V	0
1	1	0	0	0	0V	0V	NULL

C.4.3.d. La **tension différentielle Da-Db** obtenue dans le tableau ci-dessus, pour les 4 combinaisons d'entrée, est-elle compatible avec les niveaux électriques d'un bus **ARINC 429** ?

Résumé : ARINC 429 (Aeronautical Radio Incorporated 429) :

[DT32]

Catégorie : BUS AVIONIQUE

Débits : ⇒ Low speed : 12.5kbits/s
⇒ High speed 100kbits/s

Support physique : Paires torsadées.

Codage RZ : Bipolaire avec retour à zero.

Niveaux de tension par rapport à la masse "ground" (A_{OUT} et B_{OUT}) : +5V, 0V, -5V.

Niveaux de tension de sortie différentielle (A_{OUT} - B_{OUT}) : +10V, 0V, -10V.

Niveaux logique RZ : 1, NULL, 0

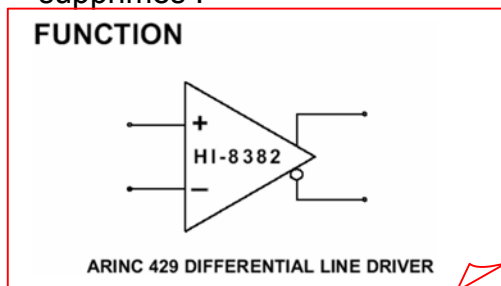
Oui, V_{Da-Db} est compatible, la tension différentielle du bus ARINC se trouve aux 3 niveaux : "1", "NULL" et "0" (codage RZ), soit respectivement les tensions +10V, 0V et -10V.

C.4.4. Afin d'assurer la pérennité de ce récepteur ILS, le bureau d'étude souhaite actualiser la technologie des structures associées à la fonction FS9-8. Le circuit HI-8382 est proposé.

Le circuit HI-8382 est spécialisé comme driver de ligne pour bus ARINC 429.

C.4.4.a. INDIQUER les références topographiques des composants actifs ainsi supprimés :

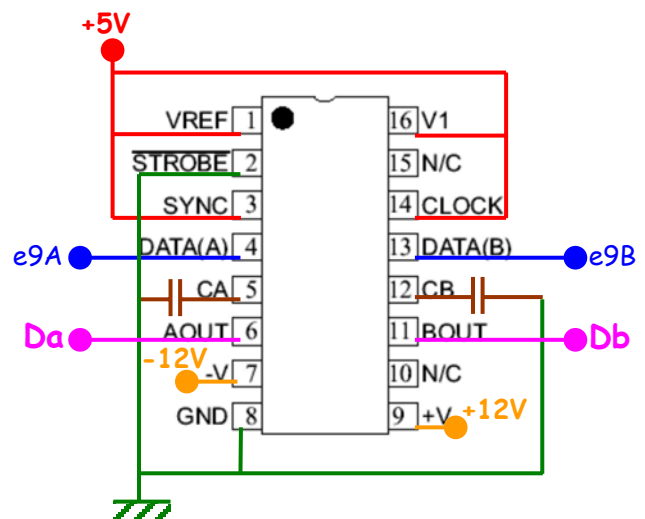
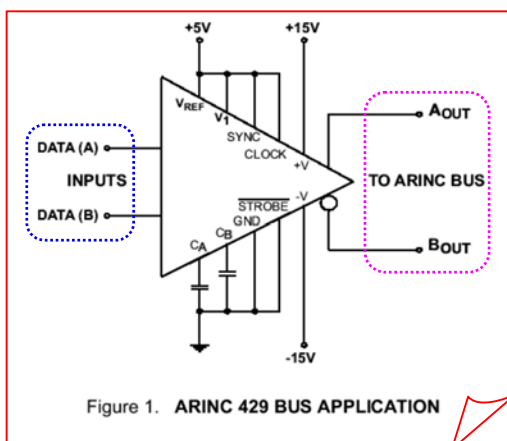
Xpts



Le circuit HI-8382 réalise directement l'interfaçage avec le bus ARINC 429, il se substitue à l'ensemble FS9-8, il remplace les circuits : U415, U410A, U417A et U417B et les résistances associées.

C.4.4.b. PROPOSER alors ci-dessous un câblage du boîtier de ce composant :

Xpts



Partie D – Carte DSP

- On se propose d'étudier **FP1**, la chaîne de traitement et mesure des signaux d'alignement **G** « localizer » et de pente **E** « glide-slope » par la carte DSP.
- Documents ressources :
 - Degré 2 de FP1 page DT22
 - Schéma structurel page DT39
 - Descriptif pages DT19 et DT38

D. Analyse de la carte DSP, fonction FP1

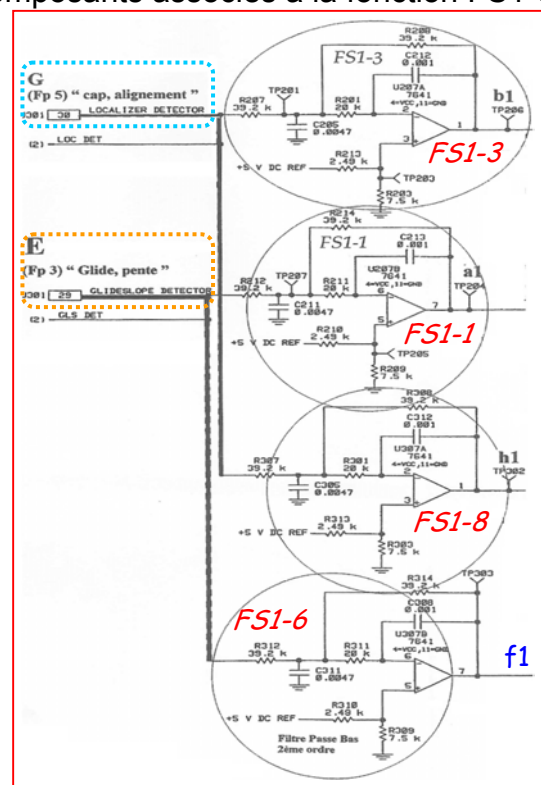
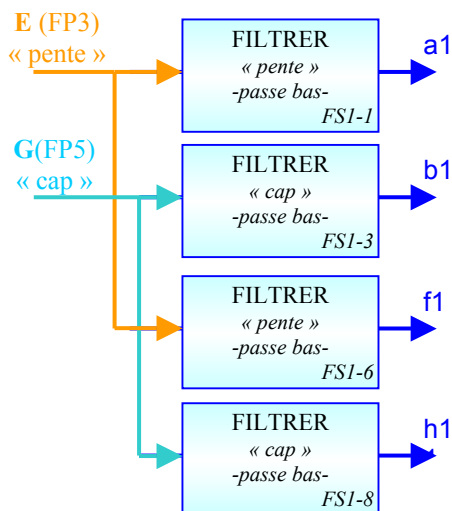
Cette fonction analyse, via 2 structures symétriques « primaire » et « moniteur », les informations de pente et d'alignement en calculant la « différence de profondeur de modulation » DDM. Cette fonction FP1, après filtrage, conversion analogique/numérique, puis calcul de la DDM, transmet l'information de position aux cartes de gestion FP2 sur un bus 8 bits selon un protocole défini page DT31.

La DDM d'alignement est une image de la position de l'avion par rapport à la trajectoire de consigne émise par les balises émettrices : trop à droite ou trop à gauche.
De même pour la DDM de pente : trop haut ou trop bas par rapport à la trajectoire idéale.

D.1. Etude des 4 filtres passe-bas : FS1-1, FS1-3, FS1-6 et FS1-8

D.1.1. REPERER sur le schéma structurel les composants associés à la fonction FS1-6 :

Xpts



Circuit(s) intégré(s) : **U307B**

Résistances : **R312, R311, R314, R310 et R309**

Condensateurs : **C311, C308**

D.1.2. Les signaux d'entrées E et G, issues respectivement des fonctions FP3 « pente » et FP5 « alignement », sont supports de l'information « haut ou gauche » **Fhg=90Hz** et « bas ou droit » **Fbd=150Hz**. D'autre part, le signal G d'alignement supporte l'information d'identité de piste en « Morse » avec une porteuse de **Fm=1020Hz**. Enfin des résidus de la fréquence intermédiaire **Fi2=168,5kHz** se superposent au signal utile.

INDIQUER quelles informations le filtre **FS1-3** doit atténuer ?

Fi2 et Fm

INDIQUER quelles informations doivent transiter dans la bande passante de ce filtre ?

Fbd et Fhg, on souhaite transmettre l'information position/trajectoire de consigne.


On constate que le filtre FS1-1 est identique au filtre FS1-3. JUSTIFIER cette similitude.

Chacun des signaux E et G « portent » l'information utile Fbd et Fhg. Ces 4 filtres FS1-1, FS1-3, FS1-6 et FS1-8 doivent laisser passer ces informations, soit un spectre de 90Hz à 150Hz et atténuer les signaux en dehors de cette bande. Ils ont donc la même structure et les mêmes caractéristiques techniques.

D.2. Etude des convertisseurs : FS1-2, FS1-4, FS1-7 et FS1-9

D.2.1. INDIQUER la technologie des CAN AD7821 : JUSTIFIER son utilisation.

Xpts



**ANALOG
DEVICES**

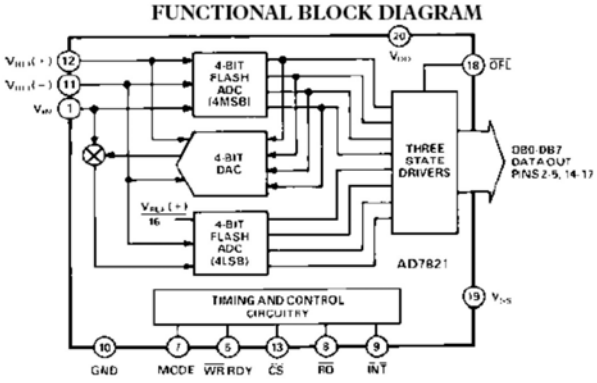
**LC²MOS High Speed, μ P Compatible
8-Bit ADC with Track/Hold Function**

AD7821

FEATURES

- Fast Conversion Time: 660 ns Max
- 100 kHz Track-and-Hold Function
- 1 MHz Sample Rate
- Unipolar and Bipolar Input Ranges
- Ratiometric Reference Inputs
- No External Clock
- Extended Temperature Range Operation
- Skinny 20-Lead DIPs, SOIC, and 20-Terminal Surface-Mount Packages

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



Technologie LC²MOS High Speed (CAN Flash, rapide).

D.2.2. INDIQUER, à partir des données constructeur de l'AD7821 :

Xpts

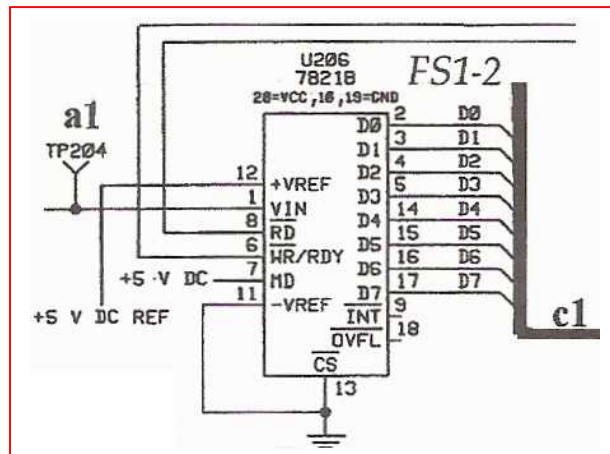
- Le format numérique (en bits) = **8 bits**
- Le temps de conversion Tconv= **660ns**
- La fréquence maximale du signal que peut convertir l'AD7821 : **FcM= 100kHz** [DC9]
- COMPARER cette fréquence FcM à la fréquence utile maximale du signal a1.
100kHz >> Fbd = 150Hz > Fhg = 90Hz

Conclusion ?

Le sur-échantillonnage est possible, le critère de Shannon est largement respecté.

D.2.3. IDENTIFIER, à partir des données constructeur et du schéma de câblage de FS1-2 :

Xpts



- La tension de référence $+V_{ref} = +5V$
 $-V_{ref} = 0V$
- Quel est le mode d'utilisation du CAN : unipolaire ou bipolaire ?

AD7821–SPECIFICATIONS $V_{DD} = +5V \pm 5\%$, $GND = 0V$.
 Unipolar Input Range : $V_{SS} = GND$, $V_{REF(+)} = 5V$, $V_{REF(-)} = GND$.
 Bipolar Input Range : $V_{SS} = -5V \pm 5\%$, $V_{REF(+)} = 2.5V$, $V_{REF(-)} = -2.5V$.

[DC10]

V_{SS} (broche n°19) = 0V et $-V_{ref}$ (broche n°11) = 0V \Rightarrow unipolaire

- INDIQUER la valeur du quantum LSB = ? mV
 $LSB = V_{ref} / 256 = 5 / 256 = 19,5mV$
- Pour un fonctionnement normal du récepteur ILS, la notice de maintenance nous indique un potentiel $V_{tp204} = 3,5V$ crête sur l'entrée "a1" de la fonction FS1-2 (page DT39). CALCULER la valeur N_{tp204} fournie par ce convertisseur, en décimal puis en binaire :

$$N_{tp204dec\#} = 3,5 / (19,5 \cdot 10^{-3}) = 179 \Rightarrow 128 + 32 + 16 + 2 + 1 = 2^7 + 2^5 + 2^4 + 2^1 + 2^0$$

$$N_{tp204bin\%} = (MSB) 10110011 (LSB)$$

D.2.4. Décrire la séquence de lecture du résultat de la conversion sur le bus c1 par le processeur DSP.

4pts

Chaque convertisseur fournit successivement les échantillons 8 bits des tensions images de l'information « PENTE et CAP / trajectoire de consigne ».
 C'est la fonction FS1-5, via les signaux "d1" qui cadence et gère le rythme des échantillons.

D.3. Analyse de la trame numérique en sortie sur le bus

En analysant la trame numérique transmise sur le bus I (vers FP2), décrire page DT31, INDIQUER :

- Format du mot locDDM « **LOCALIZER** » BYTE4 et BYTE5 : **12 bits** bits. [DT38, FP1]
= 8 + 4
- En relation avec ce format, CALCULER le nombre de combinaisons associées à ce mot :
QuantitelocDDM = 2^{12} = **4096 combinaisons de 0 à 4095**
- En additionnant les poids de chacun des bits, CALCULER la valeur de la déviation maximale véhiculée par ce mot :

Exprimée en DDM : locDDM = **0,4 DDM**

En effet : $0,0001\text{DDM} * 4000 = 0,4\text{DDM}$

Exprimée en % (pour cent): loc%DDM = **40 %**

- COMPARER aux taux de modulation des signaux à 90Hz et 150Hz (pages DT20 et DT38) :
*On a bien une amplitude de 40% maxi, 2 fois le taux de modulation de chaque modulant (2*20%) droite et gauche (répartition symétrique).
De même, pour le Glide on obtient $0,8\text{DDM}=80\%= 2 * 40\%$.*

C'EST FINI !