

Table des matières

DEDICACES	
REMERCIEMENTS	
Introduction générale.....	1
CHAPITRE 1.....	2
Introduction au Radar.....	3
CHAPITRE 2.....	4
Chaîne de transmission d'un radar primaire	5
2.1 TX/RX :.....	6
2.2 Antenne :.....	8
2.3 Équation général :.....	9
Conclusion	
CHAPITRE 3.....	10
Radar primaire : caractéristiques et problématiques	11
3.1 Caractéristiques :.....	11
3.2 Problématiques :.....	17
3.2.1 Influence des lobes secondaires sur la détection :.....	17
3.2.2 Réception du signal dans le bruit :.....	20
3.2.3 Réponse en seconde récurrence :.....	22
Conclusion	
CHAPITRE 4.....	23
Exemple Radar Primaire : TRAC2000 de Thales.....	24
4.1 : Présentation du radar TRAC2000 :.....	24
4.2 Principe du radar a compression d'impulsion :.....	24
4.2.1 Présentation :.....	24
4.2.2 Concept élémentaire :.....	25
4.3 Emetteur : ER2000-L	26
4.3.1 Présentation :.....	26
4.3.2 Généralité :.....	27
4.3.3 L'amplification des impulsions :.....	28
4.4 La baie génération/réception RR 2000 L :.....	32
4.4.1 Présentation :.....	32
4.4.2 Rôle :.....	33
4.4.3 Principe de mise en marche :.....	34

4.4.4 : Présentation des fonctions :	34
• MTD :	38
• Principe :	38
• Conclusion :	39
• Fonction acquisition des plots TVD	46
• Fonction Limiteur de plots	47
Conclusion	
CHAPITRE 5	49
Radar secondaire	50
5.1 Le Radar secondaire classique :	50
5.2 Le radar secondaire monopulse :	50
5.3 Le radar secondaire Mode S :	52
Conclusion	
CHAPITRE 6	54
Futur système radar	55
6.1 ADS (AUTOMATIC DEPENDENT SURVEILLANCE) :	55
Introduction :	55
6.1.1 Principe :	55
6.1.2 Les fonctions ADS-B :	56
6.1.3 Le Contenu du message ADS-B :	56
6.1.4 Les applications de L'ADS_B :	57
6.2 ADS-C (Automatic Dependant Surveillance Contract) :	57
6.3 Futur systèmes de surveillance de surface des aéroports :	57
6.3.1 Définition :	57
6.3.3 Les fonctions de l'A-SMGCS :	57
6.3.4 Les classifications des A-SMGCS :	59
6.3.5 Les techniques de l'A-SMGCS :	60
6.4 Futur systèmes de surveillance embarqués ACAS/TCAS :	60
6.4.1 Introduction :	60
6.4.2 Fonctionnalités :	61
6.4.3 Zone protégée par le TCAS :	62
Conclusion	

CHAPITRE 7	63
ASTERIX : Protocole de l’Eurocontrol pour la transmission de données Radar	64
7.1 Les catégories :	64
7.2 Le message :	64
7.2.1 Champ fixe :	64
7.2.2 Champ étendu :	64
7.2.3 Champ répétitif :	65
7.2.4 Message	65
7.2.5 Bloc :	65
7.2.6 Enregistrement :	66
7.2.7 Exemple :	66
Conclusion	
CHAPITRE 8	70
APPLICATION	71
8.1 Présentation :	71
8.2 Fonctionnement :	71
8.3 Code source :	74
Conclusion	
Conclusion Générale :	88
Bibliographie et Annexes:	89

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Emetteur / Recepteur.....	5
Figure 2 : Radar Pseudo-Coherent	7
Figure 3: Radar Cohérent	7
Figure 4: Image d'une Antenne	8
Figure 5: Equation Radar	9
Figure 6: Bande de Fréquence.....	11
Figure 7: Horizon Vertical.....	12
Figure 8: Mesure Distance Plot	12
Figure 9: Impulsion Radar	13
Figure 10: Nombre Coup au But.....	13
Figure 11: Volume De Résolution.....	14
Figure 12: Résolution en Distance et en Azimut	15
Figure 13: Portée Radar.....	15
Figure 14: Theorie Doppler	17
Figure 15: Influence des Lobe Secondaire.....	17
Figure 16: Loi d'illumination.....	19
Figure 17: Relation Signal /Bruit.....	20
Figure 18: Probabilité De Fausse Alarme	22
Figure 19: Compression d'impulsion.....	25
Figure 20: Amplification de puissance	26
Figure 21: Module 600W.....	31
Figure 22: Génération et Réception	33
Figure 23: Les Filtres Doppler.....	38
Figure 24: Processeur Radar.....	40
Figure 25: Principe de fonctionnement.....	41
Figure 26. Les Impulsion sous forme de Rafale	43
Figure 27: Le Calculateur TPR.....	45
Figure 28: les modes d'interrogation du radar secondaire.....	51
Figure 29: la réponse du transpondeur.....	51
Figure 30: le diagramme monopulse	52
Figure 31: structure de l'interrogation mode S.....	52
Figure 32: structure des signaux selon le type du radar secondaire	53
Figure 33: la superframe VDL 4.....	56
Figure 34: la fonction surveillance	58
Figure 35: la fonction routage.....	58
Figure 36: la fonction guidage.....	59
Figure 37: la fonction contrôle	59
Figure 38: classification des senseurs dans l'application A-SMGCS.....	60
Figure 39: interaction entre deux avions équipés de TCAS	61
Figure 40: principe de transactions entre les avions équipés de TCAS.....	62
Figure 41: les symboles affichés par le TCAS	62
Figure 42: Message Asterix	66
Figure 43: Etat D'Amplificateur de Puissance	71
Figure 44: Etat de fonctionnement du Préamplificateur	72
Figure 45: Vue principal	72

INTRODUCTION GENERALE

Le rapport débute par un premier chapitre relatif à une introduction générale sur les radars expliquant la théorie radar.

Le deuxième chapitre évoquera de la chaîne de transmission d'un radar primaire, le troisième chapitre est consacré au radar primaire et ses problématiques et le quatrième chapitre fournit une étude approfondie sur le radar primaire TRAC 2000 de Thales.

Le cinquième chapitre parle du radar secondaire et le sixième sur les futurs systèmes radar tels que ADS-C et ADS-B.

Le septième chapitre sera consacré au protocole de transmission de données radar Astérix, et finalement le dernier chapitre représente mon application qui sera suivie de quelques captures d'écran et qui aura comme rôle d'extraire et de décoder les données circulant dans les réseaux radar à fin de visualiser le comportement des différentes composantes de l'émetteur.

CHAPITRE 1

Introduction au Radar

Le Radar est un acronyme pour Radio Détection And Ranging. Le système de radar utilise des ondes électromagnétiques pour déterminer la portée, l'altitude et la vitesse d'une cible fixe ou mobile. En raison de la propriété des ondes radio qui leur permet d'être réfléchis par des objets solides, le radar peut être utilisé pour détecter n'importe quelle cible qui possède une grande surface suffisante pour que les ondes «rebondissent» sur elle et se retournent.

Le radar est également utilisé pour cartographier des surfaces qui ne sont pas facilement accessibles ou pour la fabrication des cartes de grandes régions. Pendant la seconde guerre mondiale, le radar a été utilisé pour détecter les avions ennemis et a été utilisé comme un système d'alerte précoce. Après la fin de la seconde guerre mondiale le radar a trouvé l'utilisation dans l'arène commerciale pour la gestion du trafic aérien, ainsi que pour l'étude et la prévision des conditions météorologiques.

Le radar est aussi utilisé en astronomie, les systèmes marins, les systèmes de surveillance océanique, la surveillance de l'espace extra-atmosphérique, surveillance des précipitations météorologiques, altimétrie, systèmes de contrôle de vol et pénétrant dans le sol. Avec l'avènement des processeurs DSP à grande vitesse, le radar est également utilisé pour créer une haute définition des cartes du sol sur de vastes zones.

CHAPITRE 2

Chaîne de transmission d'un radar primaire

On peut classer les radars dans 4 catégories :

- **Radars de surveillance au sol**

Portée typique : 4 à 9 km

Résolution : 12 m

Renouvellement : 1 seconde

Bande X (9 GHz) ou Ku (16 GHz)

- **Radars d'approche (TMA)**

Portée typique : 50 à 80 nm)

Domaine altitude : 30 à 40 Kft

Renouvellement : 4 à 5 secondes

Bande de fréquence : Bande S ou L

Bande de Fréquence : Bande L

- **Radars de grande approche**

Portée typique: 100 à 130 nm

Domaine altitude : 40 à 50 kft

Renouvellement: 5 à 6 secondes

Bande de fréquence : Bande L

- **Radars de contrôle en route moyenne et longue portée**

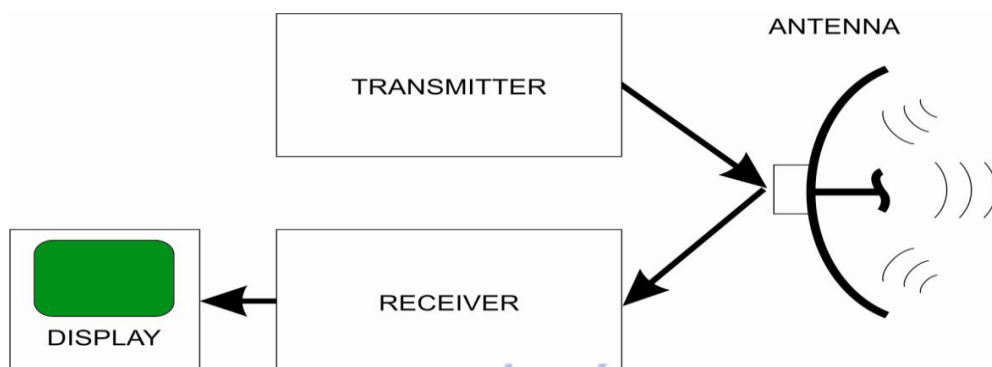
Portée typique : 150 à 220 nm

Domaine altitude : 50 kft

Renouvellement : 10 à 15 secondes

Bande de fréquence : Bande L

Dans sa forme la plus fondamentale, un radar se compose de quatre éléments essentiels: un émetteur radio, un récepteur radio réglé sur la fréquence de l'émetteur et l'antenne, et un affichage comme le montre la figure suivante :



2.1 TX/RX :

Afin de détecter un objet, une onde radio est générée par l'émetteur et rayonnée par l'antenne. Les ondes radio transmises rebondissent alors sur un objet et le récepteur écoute afin de détecter ces échos et les présente sur l'écran. Puisque dans la plupart des systèmes de radar modernes l'émetteur et le récepteur partent d'une antenne, il est important de transmettre les ondes radio dans des impulsions avec le récepteur éteint à un taux qui est appelé la fréquence de répétition des impulsions (PRF). Tout comme la

lumière, les ondes radio transmises par les systèmes de radar voyagent dans ce qui peut être pensé en lignes droites. En conséquence, seuls les objets dans la ligne de visée du radar seront les échos du signal transmis.

Il existe quelques facteurs principaux qui contribuent à la capacité d'un système radar pour détecter un objet. Le type de motif de balayage peut contribuer énormément à la possibilité de détecter un certain objet. Les formes de numérisation peuvent prendre une variété de formes pour répondre à un objectif prévu. Pour détecter un objet qui est en l'air, un faisceau plus ou moins de forme conique, appelé un faisceau de crayon, est utilisé pour balayer le ciel. Ce faisceau, souvent seulement 3-4 ° à l'ouverture du cône, peut avoir un motif de balayage de recherche qui scanne en azimut et à de multiples élévations souvent appelées barres. Pour un radar aéroporté utilisé pour détecter des objets sur le terrain ou au niveau de la mer, un faisceau de forme différente, comme un faisceau de ventilateur peut être utilisé pour maximiser la surface numérisée pour chaque transmission du faisceau radar. Alors que le faisceau en éventail balaye une surface plus grande, l'effet d'une durée légèrement plus longue de balayage est observée.

On constate 2 générations de radar en bande S et L : les radars à base de magnétron et klystron et les radars à base de transistors :

Avant 1990 : Magnétron, klystron (bande L et bande S)

Depuis 2000: Etat solide (bande L et bande S)

Puissances émises

- Magnétron: 600 kW à 2,2 MW crête + COHO (oscillateur cohérent)
- Klystron: 1,3 à 3,5 MW crête

Etat solide: 10 à 40 kW crêtes : Puissance crête faible, Emission d'une impulsion longue avec modulation de fréquence : compression d'impulsion

- Emetteur a tube magnetron ou klystron :

* Radars avec Emetteur à tubes (Magnétron ou Klystron)

- 2 chaînes Emission/Réception/Traitement identiques
- Simultanément sur 2 fréquences f_1 et f_2 différentes.
- Les signaux reçus aux 2 fréquences f_1 et f_2 sont aiguillés séparément sur chacune des 2 chaînes.
- Les détections sont recombinaées au niveau de l'extracteur.
- Avantage: Augmentation des performances de portée (bénéfice de la diversité de fréquence)
- Inconvénient: En cas de panne sur une des chaînes, la portée est réduite

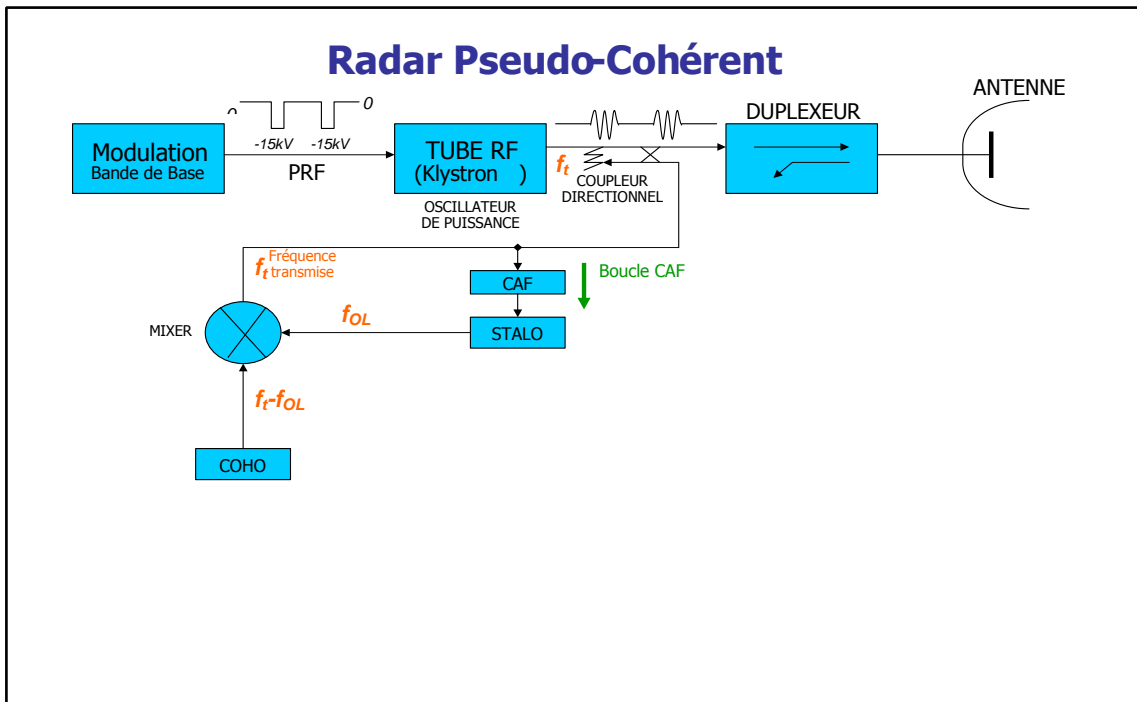


Figure 2 : Radar Pseudo-Coherent

- **Radars avec Emetteur Etat Solide**

- L'étage de puissance de l'émetteur, large bande, est commun aux deux chaînes
- La redondance de l'émetteur est assurée par le fonctionnement en parallèle d'un nombre important de modules identiques (8 ou 16), remplaçables à chaud
- Chaque chaîne fonctionne sur les 2 fréquences d'Emission/Réception
- Les chaînes sont utilisées selon une logique de commutation
- Une chaîne opérationnelle, une chaîne stand-by (commutation automatique en cas de panne)
- Avantage: Les performances sont conservées en cas de panne sur une chaîne

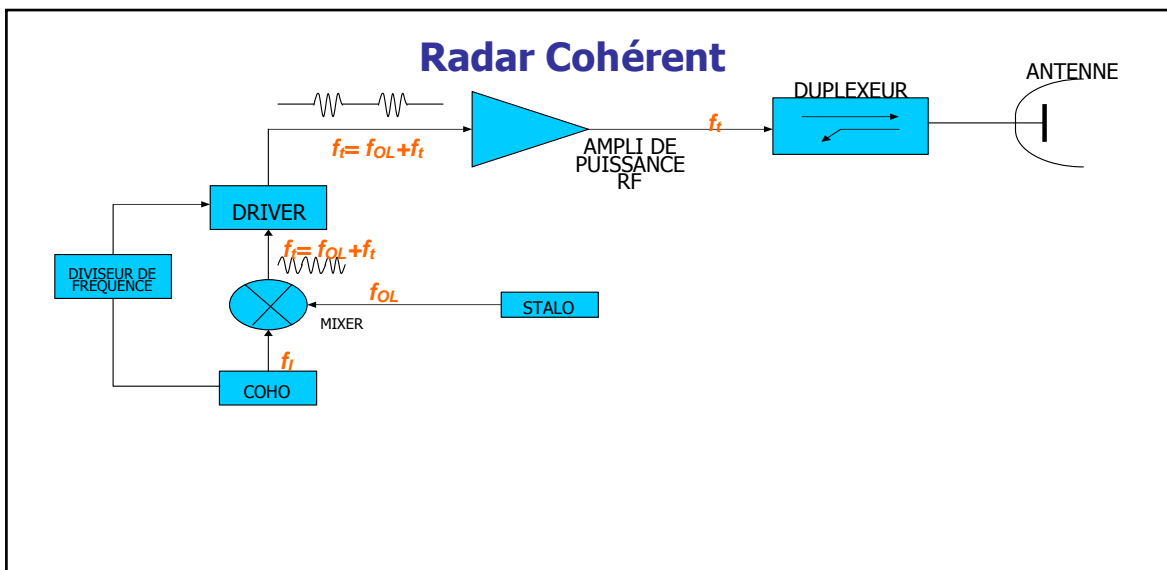


Figure 3: Radar Cohérent

• Synthèse émetteurs :

Technologie	Puissance moyenne	Puissance crête	Tension	Bande Passante	Stabilité	Autre
Magnétron	Faible	Élevée	15kV à 25kV	Faible	Pauvre en phase	Compact Bon marché
Klystron	Haute	Haute	80kV à 100kV	Moyenne	Bonne	Onéreux Durable
Etat solide	Faible	Faible	40V à 80V	Elevée	Bonne	Freq max 3GHz

2.2 Antenne :



Figure 4: Image d'une Antenne

Les antennes jouent un rôle énorme dans la détection d'objets de radar. Pour la plupart des antennes modernes sur les systèmes de radar, l'antenne proprement dite est généralement considéré comme un réseau plan. Contrairement aux anciennes antennes radar où une alimentation centrale rayonnée l'onde transmise dans un réflecteur en forme de cuvette, réseaux plans sont constitués d'un ensemble de plusieurs éléments d'antenne individuels ou des radiateurs répartis sur une surface plane. Chaque radiateur possède une fente et appartient à une conception complexe de guides d'ondes qui sont derrière la face de réseau.

2.3 Équation général :

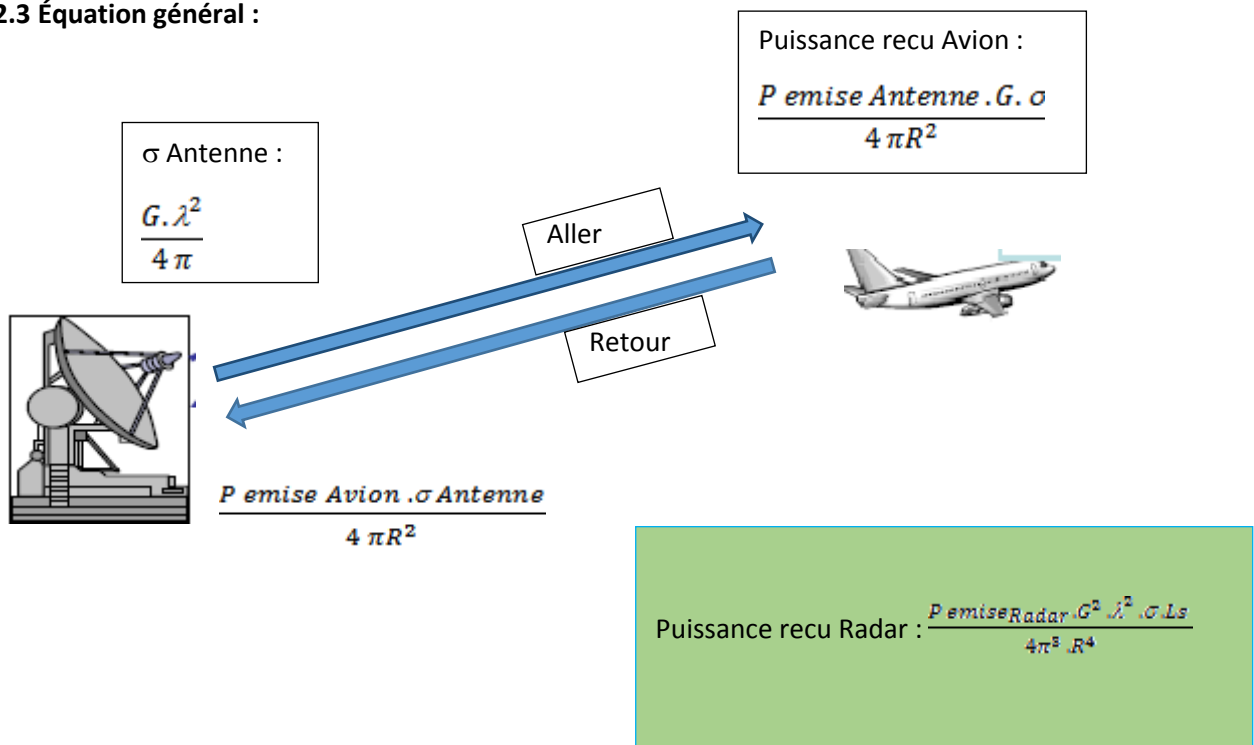


Figure 5: Equation Radar

CONCLUSION

Les émetteurs a état solide ont permis de diminuer la puissance émise tout en gardant la même portée grâce à l'émission d'une impulsion courte et autre longue qui va subir une compression a la réception afin de permettre une résolution fine.

Les anciennes technologies telles que le klystron par exemple sont en cours de disparition à cause d'une consommation énorme d'énergie ou le faite d'être très couteux, etc....

CHAPITRE 3

Radar primaire : caractéristiques et problématiques

3.1 Caractéristiques :

Le système de PSR (radar primaire) consiste à éclairer une portion de l'espace par une onde électromagnétique et à recevoir les échos produits par la réflexion sur des Object à l'intérieur de son volume.

Le radar Primaire Possède 2 Propriétés Fondamentales:

- Celle de détecter une cible,
- Celle de localiser cette cible.

Nous dirons simplement que le radar primaire permet de répondre aux questions suivantes:

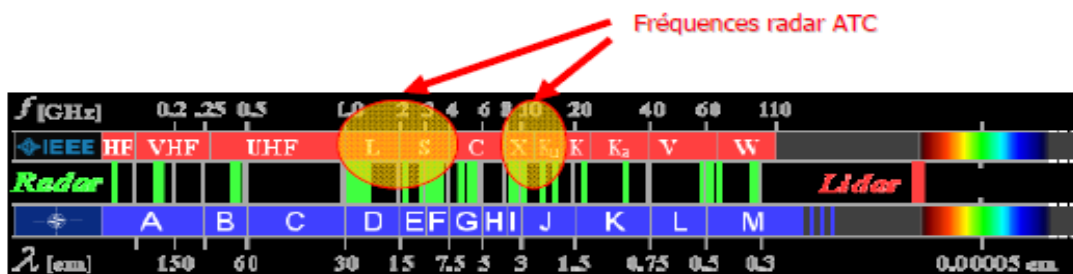
- Existe-t-il un cible?
- A quelle distance est située du radar et quel est l'azimut?
- Cette cible, elle est fixe ou mobile?

- Nature des cibles :

On peut considérer le radar primaire comme un système non coopératif :

- Cibles passives où la fonction réfléchiée dépend de la surface équivalente radar.
- Les cibles sont des avions mais aussi peuvent être des bâtiments, des nuages,...

- Bande de fréquence :



Longueur d'onde – fréquence:

λ : longueur d'onde
 f : fréquence
 c : vitesse de la lumière
 $c=300.000\text{km/s}$

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Figure 6: Bande de Fréquence

Le choix de la fréquence est aussi, pour une fonction bien définie, le résultat de Compromis techniques. Nous verrons par exemple pour les radars de veille de l'aviation Civile que le choix de la longueur d'onde $\lambda = 23 \text{ cm}$ est un compromis dans laquelle Intervient notamment l'envergure et le gain de l'aérien, l'atténuation atmosphérique, la Stabilité des générateurs liées aux performances des systèmes d'élimination des échos fixes ou enfin, la protection contre les échos de pluie.

Nous retrouverons pour les radars météorologiques, au contraire, un choix logique orienté vers une bonne détection d'échos atmosphériques (nuages et pluie).

- Horizon radioélectrique :
Les aéronefs volant sous l'horizon radioélectrique ne sont pas détectés.
L'horizon radioélectrique dépend de la hauteur sol de la cible.

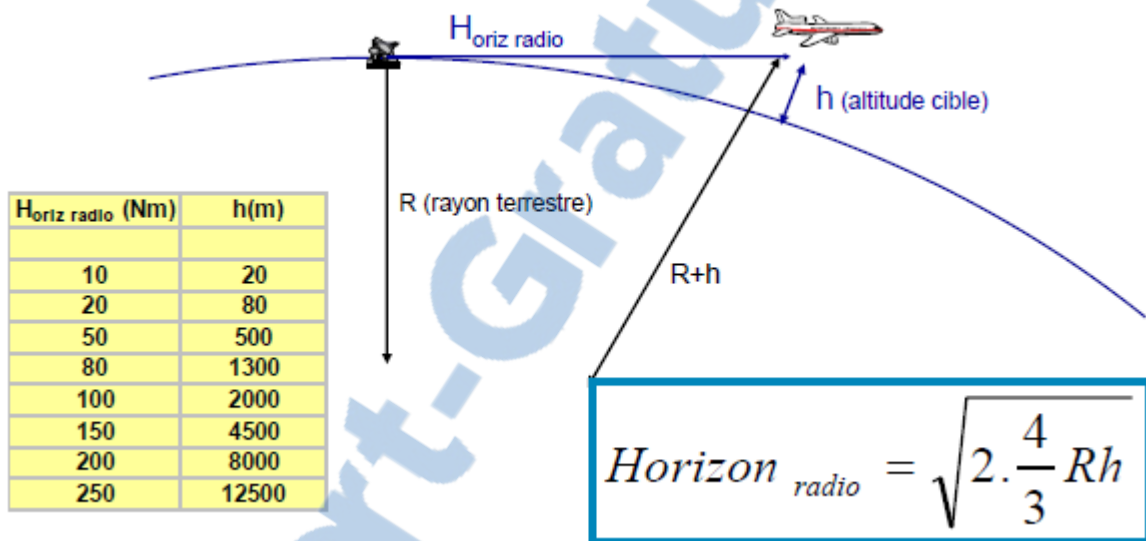


Figure 7: Horizon Vertical

Mesure de distance Radar-Avion :

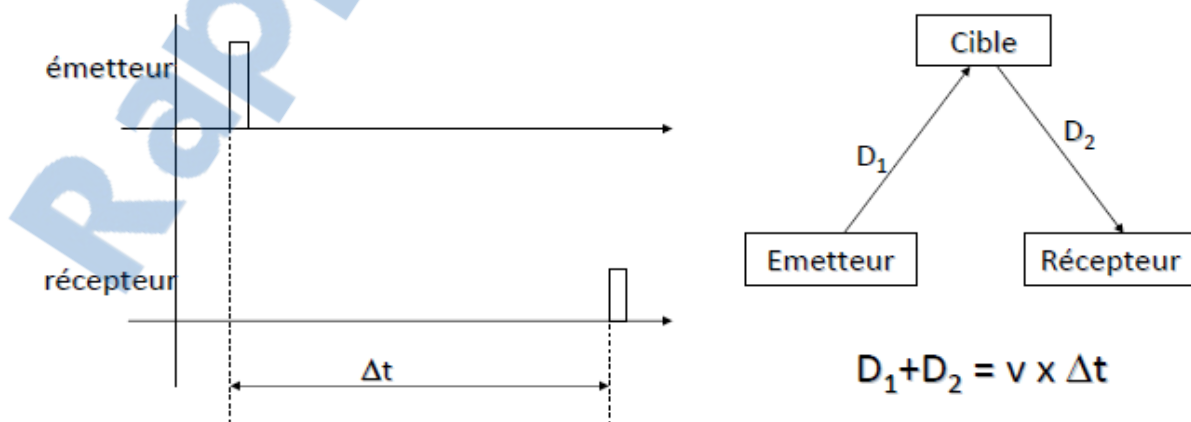


Figure 8: Mesure Distance Plot

- Paramètre radar :

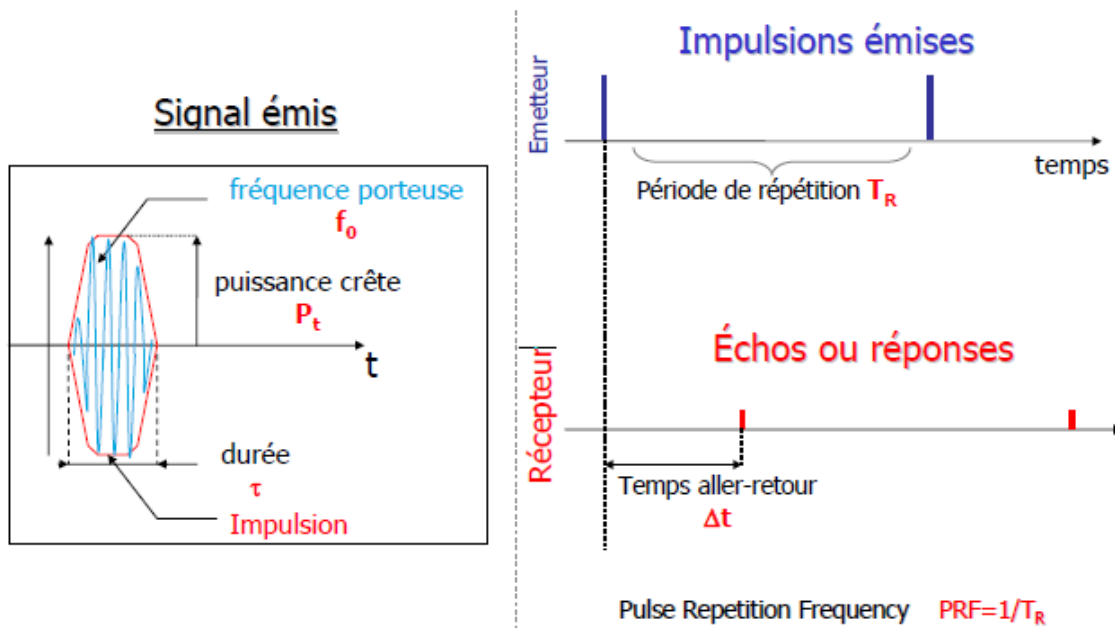


Figure 9: Impulsion Radar

La forme du signal émis sur une longueur d'onde λ choisie est un simple signal impulsionnel composé d'impulsions brèves (au maximum quelques ns) de durée répétées à une fréquence de récurrence $FR = 1/TR$.

- Nombre de coup au but :

1 avion = N sollicitations dans le faisceau principal

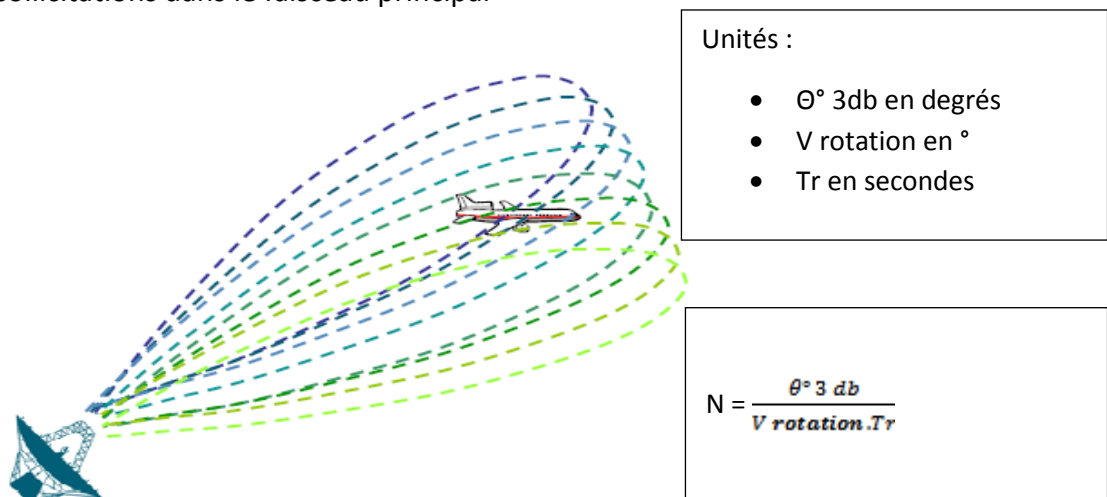


Figure 10: Nombre Coup au But

- olume de résolution :

C'est le volume définie par la capacité de résolution suivant les diffèrent axes.

-les cibles appartenant à ce volume ne sont pas directement séparable.

-tous les objets présents dans ce volume participent au signal reçu a un moment donné

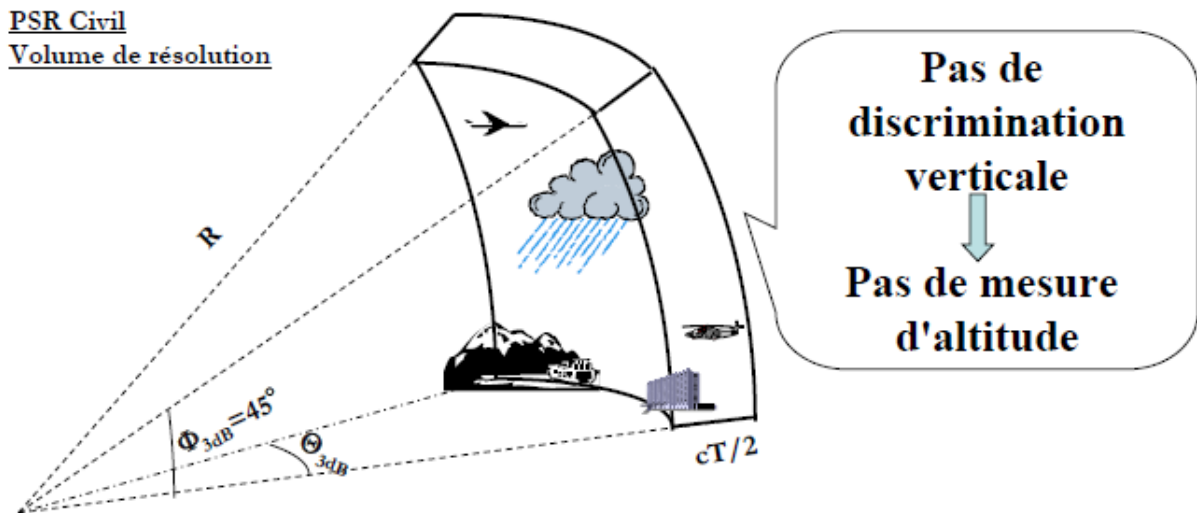


Figure 11: Volume De Résolution

- Pouvoir discrimination en distance :

C'est la largeur de l'impulsion τ représentant la durée du signal émis qui définit l'écart minimum en distance pour que deux cibles puissent être visualisées séparément en radar. De même que nous avons défini la portée théorique max, la résolution en distance définissant la portée minimale utilisable ou le pouvoir séparateur dans l'axe s'écrira : $S=c.\tau/2$.

Ainsi, pour une largeur d'impulsion $\tau=4 \mu s$ dans un même azimut leur avions qui se suit radialement ne serait différencié sur un indicateur que s'ils sont à plus de 600 m l'un de l'autre. Une grande résolution en distance ne pourra donc être obtenue que pour des faibles valeurs de τ . Un radar de piste ou de contrôle des mouvements au sol nécessitera, par exemple, pour une résolution suffisante, des largeurs d'impulsions de l'ordre de $0.03 \mu s$.

- Pouvoir séparation angulaire :

Nous avons défini, précédemment le pouvoir séparateur axial en fonction de la durée τ du signal émis ; l'angle d'ouverture en azimut du faisceau (θ) nous permet d'évaluer la séparation latéral minimale de 2 cibles en fonction de la distance R. La séparation latérale est : $S = \theta R$ (θ étant exprimé en radians). pratiquement θ s'exprime en degré ; nous écrivons donc : $S = 2\pi/360 \theta^\circ R$. Exemple: Pour un diagramme azimut ayant une ouverture de 3° a 180NM, la distance de séparation latérale serait: $S = 2\pi/360 .3.180 = 10NM$

la directivité et le pouvoir séparative militent donc en faveur d'une faible valeur de θ .une ouverture de 1° , par exemple, réduirait la séparation latérale a 3.15NM environ.

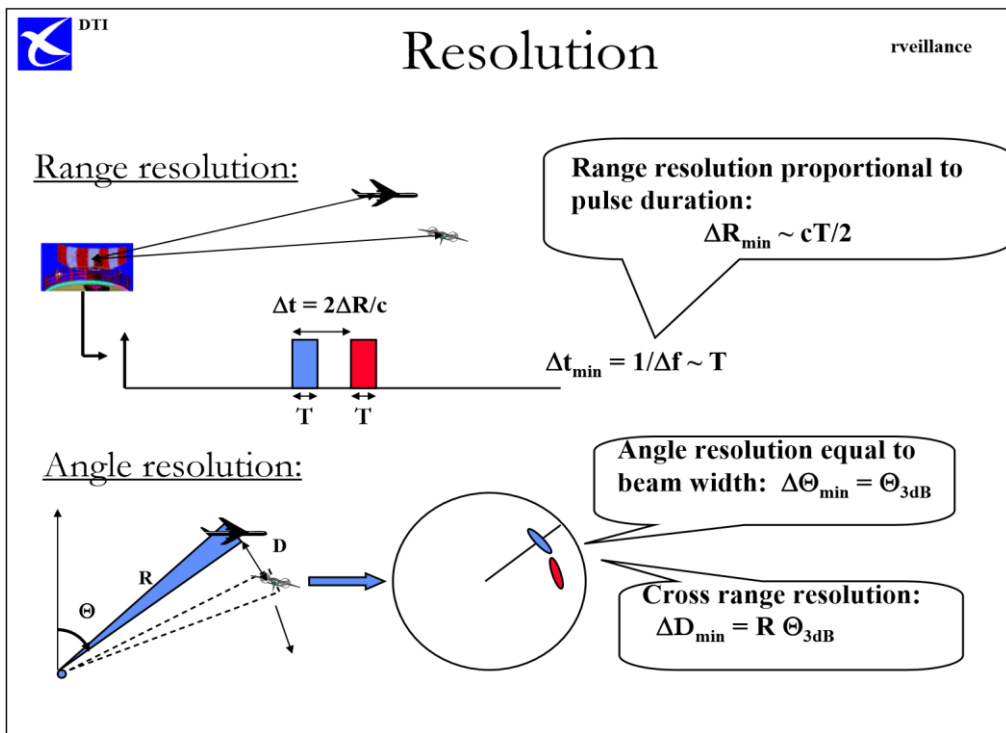


Figure 12: Résolution en Distance et en Azimut

- La portée radar :

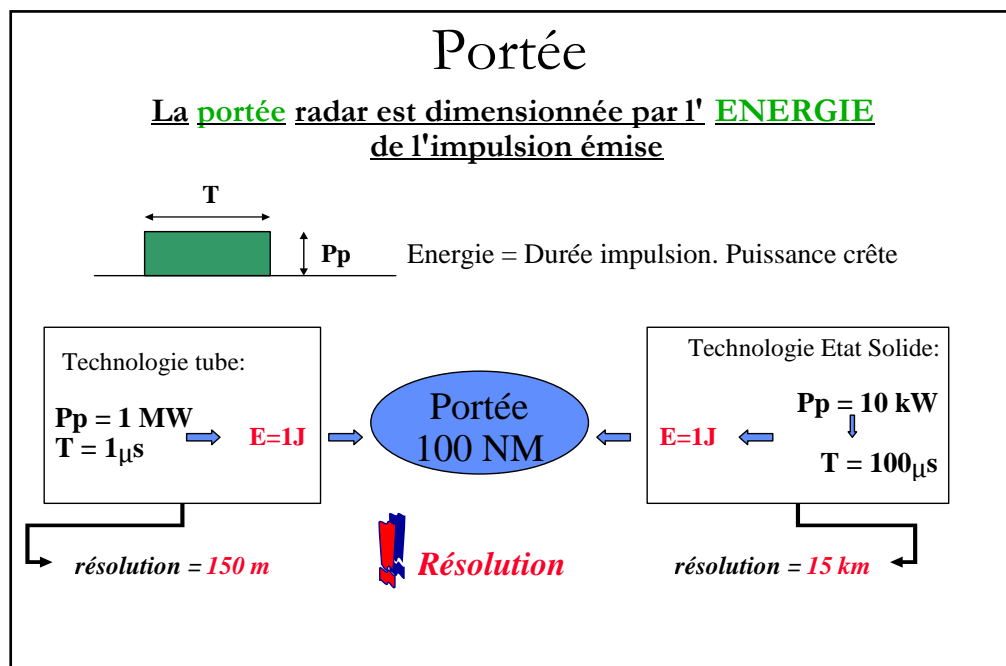


Figure 13: Portée Radar

Remarque : Si nous voulons avoir une résolution fine, la durée de l'impulsion doit être la plus courte possible, ce qui nous impose soit de grandes puissances (difficile à réaliser, emploi de klystrons coûteux) soit d'accepter de réduire la portée utile du radar.

Par exemple dans le cas de la technologie Etat Solide avec une puissance de 10 KW et une largeur d'impulsion de 100 ms, on se retrouve avec une résolution de 15Km ce qui est énorme et inacceptable.

Donc la solution soit de diminuer la largeur d'impulsion à 1ms est ça va diminuer la portée théorique du radar ou bien augmenter la puissance en modifiant le SSPA par un klystron.

- Nature de la cible :

On appelle «cible» tout obstacle se présentant sur la trajectoire de l'onde électromagnétique, et donnant lieu à une onde réfléchie.

Ainsi dans le faisceau radar, une cible peut être le mobile de l'objet que l'on veut détecter (avion, bateaux, etc....) mais également tout autre chose qui donnera lieu à une onde réfléchie par exemple bâtiments et forêts

Nous voyons donc apparaître les notions de cibles utiles donnant lieu à des échos utiles et des cibles indésirables donnant lieu à des échos parasites.

- Nature de la réponse :

En réception au niveau de l'antenne, le signal réfléchi par la cible mobile se présente, du point de vue énergétique, comme une infime partie de ce qu'il était aux moments de l'émission. Cette partie d'énergie est due à 2 facteurs essentiels :

Atténuation atmosphériques lors de la propagation du signal

Dispersion d'énergie au niveau de la cible aux moments de la réflexion : une cible avion n'absorbe qu'en partie d'énergie qu'elle rayonne dans toutes les directions.

- Théorie doppler :

La nature de cible est déterminée grâce à l'application de la théorie doppler :

Quand une onde se réfléchit sur une cible, la fréquence de l'écho se décale d'une valeur proportionnelle à la vitesse radiale de la cible par rapport à l'émetteur. La vitesse radiale correspond à la composante de la vectrice vitesse parallèle à la direction de propagation de l'onde. $\Delta f_d = 2V_r / \lambda$.

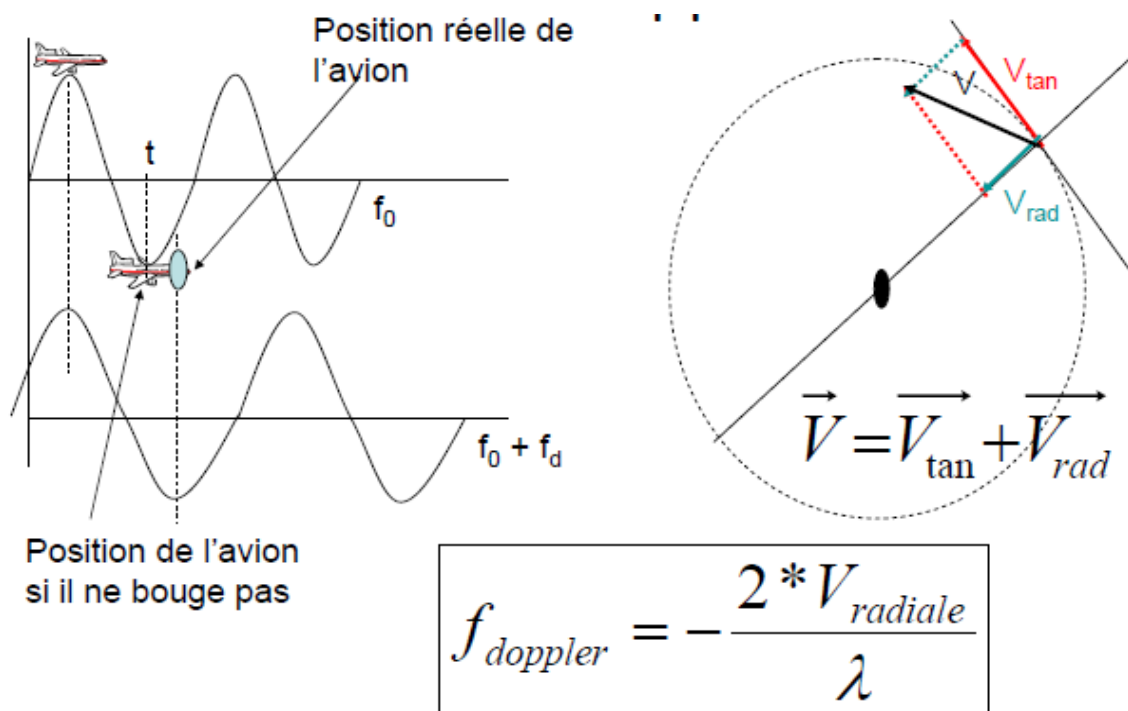


Figure 14: Theorie Doppler

3.2 Problématiques :

3.2.1 Influence des lobes secondaires sur la détection :

- Phénomène :

Les diagrammes ci-dessous laissent apparaitre certain lobes secondaires. Ces lobes secondaires dans le diagramme azimut ont des conséquences très néfastes sur la détection des cibles.

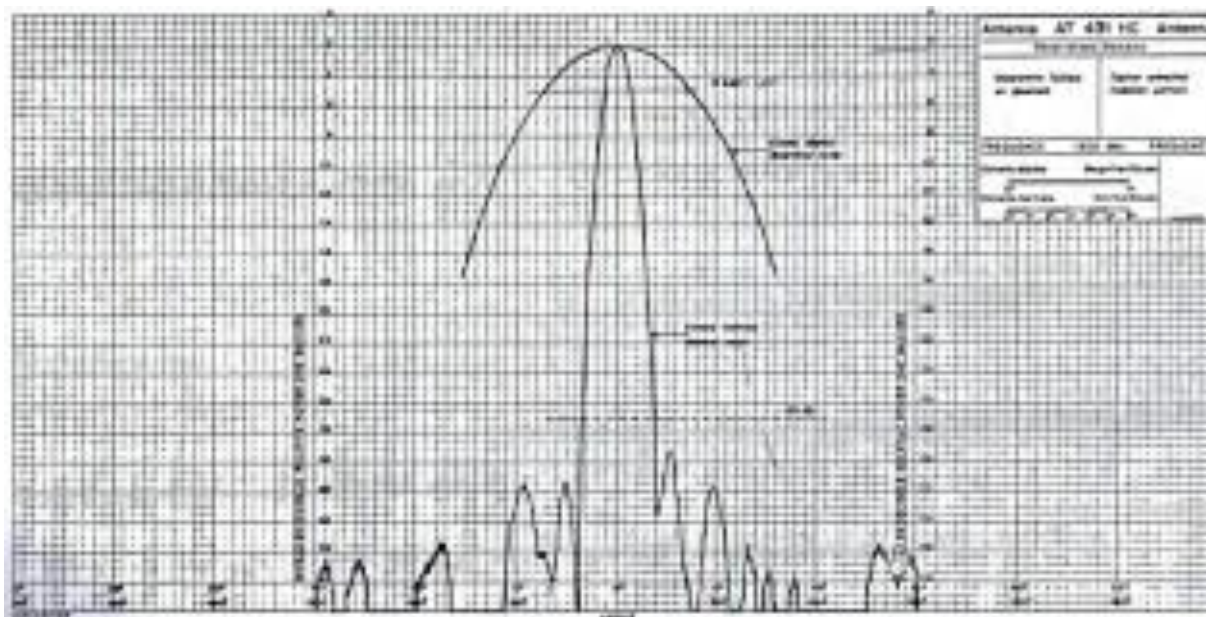
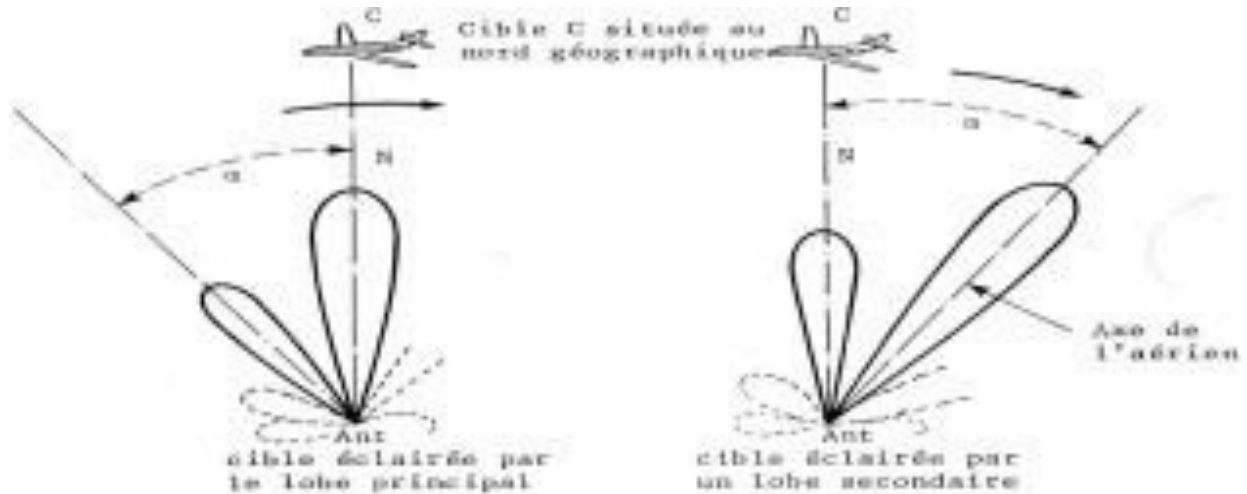


Figure 15: Influence des Lobe Secondaire

Nous avons figuré sur la figure suivante pour concrétiser l'influence de Rayonnement secondaire, 2 positions de l'antenne dans l'espace :

- Le lobe principal face à la cible C
- Le premier lobe secondaire gauche face a la cible



Une simple observation du figure permet de constater l'existence de 2 plots C1 et C2.

C2 traduit une réponse sur lobe secondaire et est positionné une distance exacte mais dans un azimut erroné.

Nous risquons donc de détecter la même cible autant de fois qu'il y a de lobes secondaires importants et de voir une couronne au centre de l'écran.

- Résolution :

- Au niveau de l'aérien :

En l'absence de toute autre considération d'ordre technique ou écologique nous dirons que le lobe principal est élaboré à partir de l'entrée du réflecteur, alors que les lobes secondaires sont essentiellement produits par les bords du réflecteur.

Les champs rayonnés par une partie élémentaire du réflecteur dépendent de la « loi d'illumination » du réflecteur.

Si on veut réduire le nombre de lobes secondaires, on est amené à diminuer la dimension de l'aérien dans le plan « azimut » considéré, mais alors, on a une directivité moins bonne. Pour une directivité donnée « d fixé », on peut réduire le niveau de lobes secondaires en adoptant une loi d'illumination du réflecteur telle que les bords soient beaucoup moins « éclairés » que le centre.

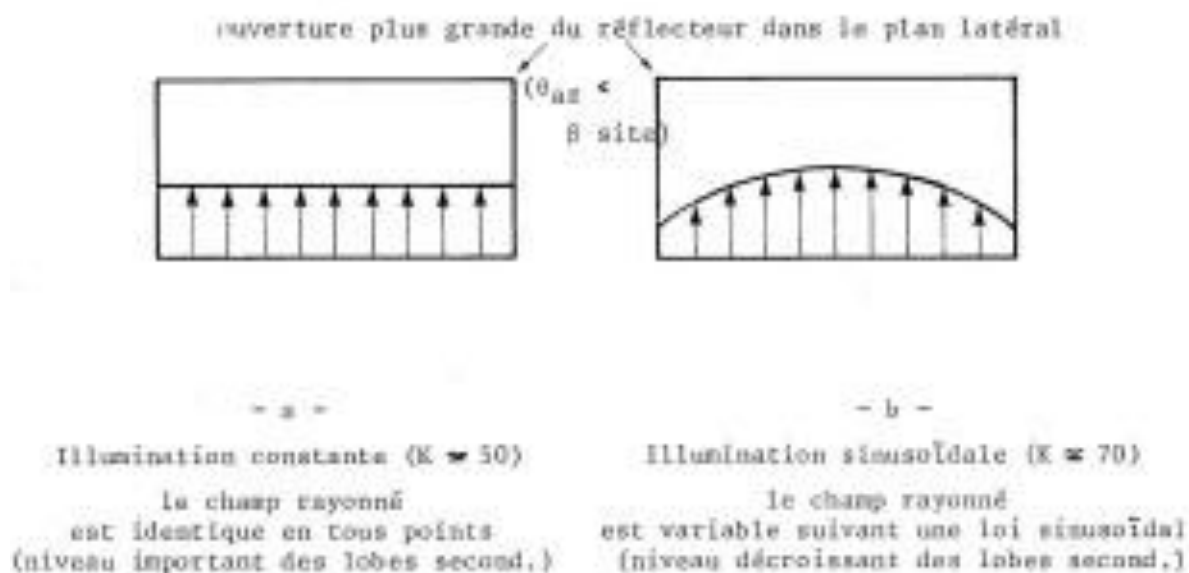
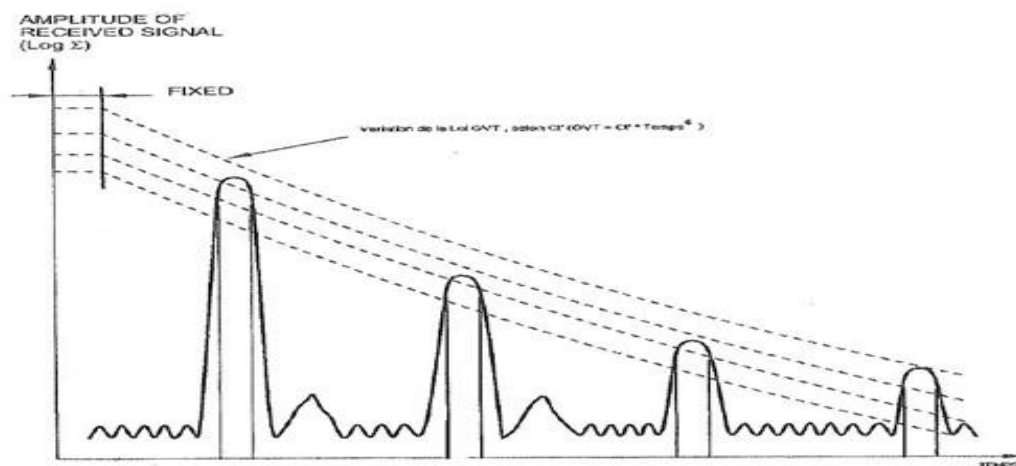


Figure 16: Loi d'illumination

- Au niveau de récepteur :

On atténue ou on neutralise généralement l'influence des lobes secondaires en même temps que le clutter de sol inévitable en zone proche, par l'application en réception d'une loi de gain variable avec la distance ou le temps (GVT).



3.2.2 Réception du signal dans le bruit :

* Phénomène :

Le problème de réception d'un signal « écho radar », même très petit, ne serait

Toutefois pas difficile en soi ; il suffirait, en effet, de l'amplifier suffisamment et nous verrons à la fin de notre propos que nous savons réaliser des récepteurs à grande sensibilité, capable de recevoir et d'amplifier des puissance inférieures au pico watt (10^{-12} W).

Le drame est que le signal est toujours accompagné d'un phénomène gênant et

Aléatoire qui dénature l'information utile : le bruit. Le bruit de fond qui accompagne le signal peut être d'origines diverses. Le bruit préconisant est celui qui prend naissance dans le récepteur lui-même. Ce bruit propre qui limite la sensibilité du récepteur est d'origine thermique ; il est lié à l'agitation des électrons et on ne sait le réduire à zéro. Les bruits extérieurs, entrant par l'antenne, bruits atmosphériques, cosmiques, ou parasites accidentels d'origine industrielle, ou de brouillages divers en provenance d'un autre radar par exemple, sont généralement d'importance bien moindre ou supprimés. On ne peut dans tout les cas que très difficilement et dans des conditions particulières, en chiffrer les incidences en détection.

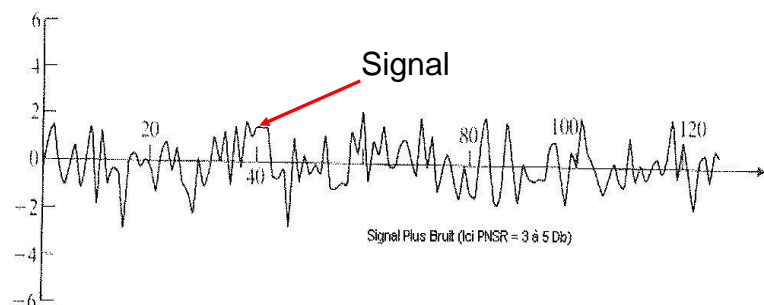


Figure 17: Relation Signal /Bruit

- Solution :

Pour que cet écho soit visible, il faut que le signal détecté lui est la somme du signal utile que l'on aurait en l'absence de bruit et du bruit seul à l'instant considéré, soit supérieur à la puissance du bruit environnant.

Le signal minimum détectable représente en effet, par définition, la valeur de la puissance utile que l'on doit recevoir à l'entrée pour que la puissance utile disponible à la sortie du récepteur soit au moins égale à celle de bruit.

En fait, un écho dont la puissance est égale à la puissance moyenne du bruit en sortie, serait très difficilement perceptible au milieu de celui-ci. La probabilité de détection d'un tel signal serait pratiquement nulle.

D'autre part il se peut que des « pic » ou pointes de bruit atteignent des niveaux de puissance se traduisant sur un indicateur par une tache analogue à un signal utile, écho d'une cible réelle; on dit alors qu'il y a « fausse alarme »

Pour mieux concrétiser les notions de probabilité de détection et de fausse alarme,

Nous placerons, comme on a coutume de la faire, un seuil d'ébasage

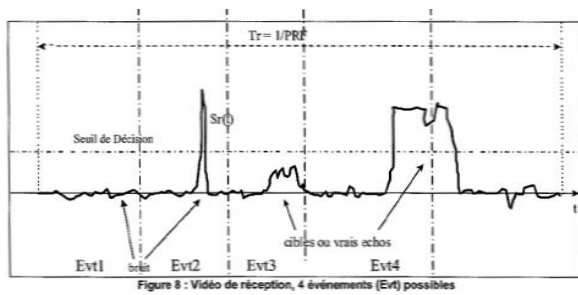
Si nous fixons ce seuil en k_1 pour qu'en l'absence de signal utile le signal bruit parasite ait une probabilité très faible de le dépasser, nous obtiendrons certes un très bon taux de fausse alarme (pfa faible)

Mais comme nous l'avons dit, le signal détecté superposé au bruit fluctue et si nous supposons, par exemple, qu'il passe une fois sur 2 entre 2 niveaux extrêmes n_1 et n_2 , pour le seuil k_1 la probabilité de détection sera limitée à 50%.

Par contre, un seuil ramené en k_2 nous donnerait une probabilité en 100% mais bien illusoire, le signal se trouverait « noyé dans de nombreuses pointe de bruit constituant autant de fausses alarmes.

En pratique, nous fixerons le seuil d'ébasage pour obtenir une probabilité de fausse alarme tolérable avec considération d'exploitation.

Exemple :



Cible	Existe	N'existe Pas
Détectée	EVT4	EVT2
Non Détectée	EVT3	EVT1

Probabilité de fausse alarme P_{fa} EVT2
 Probabilité de détection P_d EVT4

Figure 18: Probabilité De Fausse Alarme

3.2.3 Réponse en seconde récurrence :

- **Phénomène :**

Il n'est pas impossible de détecter des échos de cibles importantes situés à une distance supérieure à $c \cdot TR / 2$, la portée utile d'un radar est calculé en effet à partir d'une équation généralisée dans laquelle intervient, entre autre paramètres, la surface équivalente de la cible. Cette portée pourrait donc être pour certains cibles importantes supérieures à la portée théorique max. Nous pourrions également avoir des conditions de propagations ou de réflexions particulières.

Il est intéressant de connaître ce qu'il advient d'un écho situé en seconde récurrence, c'est à dire à une distance correspondant à un temps $t = TR + t''$

La distance erronée calculée correspondant à la distance affichée serait $d'' = c \cdot t'' / 2 = d - P_{th} \max$.

- **Solution :**

La puissance du signal reçu décroissant en fonction de la distance, les réponses en nième récurrence arrivent donc du fait de leur éloignement avec un niveau très faible. Le choix d'une longue période TR serait une solution si ce choix n'était pas par ailleurs lié à d'autres impératifs.

Il suffit généralement pour l'équipement, de disposer d'une commande de sensibilité ou de gain variable dans le temps (GVT) dans la chaîne d'amplification du récepteur, pour supprimer les réponses indésirables gênantes ou visibles essentiellement en début de portée sur l'indicateur panoramique.

CONCLUSION

La longueur d'impulsion et la puissance crête jouent un rôle très important pour la détermination des caractéristiques d'un radar tel que la résolution en distance et temps d'émission.

La théorie doppler nous permet de distinguer une cible mobile d'une autre fixe.

Le radar est basé sur des compromis afin d'extraire le meilleur de cet équipement comme le cas pour le choix de fréquence ou bien pour déterminer le rapport entre le taux de fausse alarme et probabilité de détection.

CHAPITRE 4

Exemple Radar Primaire : TRAC2000

de Thales

4.1 : Présentation du radar TRAC2000 :

Le radar primaire TRAC 2000 présente la particularité de posséder un émetteur ER 2000 L qui est entièrement en état solide. Cet émetteur unique fournira, par récurrence, quatre impulsions successives, deux longues et deux courtes, afin d'assurer un fonctionnement en diversité de fréquence. Les deux impulsions longues seront du type expansé d'une largeur de 60 μ s et les deux impulsions courtes auront une largeur 1 μ s.

L'émetteur est essentiellement constitué de deux préamplificateurs, de deux pilotes et d'un ensemble de vingt modules de puissance.

La puissance crête mesurée en sortie est supérieure à 6,9 kW dans toute la plage de fréquence (Bande L).

L'ensemble réception RR 2000 est doublé et reçoit les informations issues des amplificateurs faible bruit hyperfréquences (RF 820). Afin d'assurer la meilleure stabilité possible, le signal radar, après commutation, est transposé à 30 MHz après un premier changement de fréquence à 330 MHz. Le signal impulsion longue à 30 MHz est comprimé pour ramener sa largeur a - 3 dB de 60 μ s à 1 μ s. Le niveau des lobes secondaires est inférieur ou égal à - 35 dB pour tous les lobes éloignés de plus de 5 μ s du pic principal de l'impulsion. Le traitement vidéo doppler TVD 1000 des signaux I & Q échantillonnés s'effectue à l'aide d'un banc de huit filtres. Cet ensemble de filtrage est réalisé par huit processeurs programmables travaillant en parallèle, chacun sur une couronne de la couverture radar. A partir des messages pré-plots provenant des TVD 1000, le TPR 1000 assure une corrélation des pré-plots présents afin de déterminer l'existence ou non d'un plot. le rôle de l'interpolation sera ensuite d'estimer la position, l'amplitude, la vitesse doppler et la qualité des plots reconstitués. Un logiciel de poursuite permet ensuite de créer des pistes avec les plots, tour d'antenne après tour d'antenne.

Comme l'émetteur, les récepteurs, le traitement TVD et TPR ont leur propre système de test intégré (BITE) connecté au calculateur de surveillance de la station.

4.2 Principe du radar a compression d'impulsion :

4.2.1 Présentation :

-L'équation du radar peut être rappelée ainsi : $R_{max} = K^4 P \sqrt{c \tau}$

- Le pouvoir séparateur donc la résolution a été définie ainsi : $sep = \frac{c \tau}{2}$

Ces deux équations nous imposent des choix en matière de **puissance** et de **résolution**. En effet si nous voulons avoir une résolution fine, la durée de l'impulsion doit être la plus courte possible, ce qui nous impose soit de grandes puissances (difficile à réaliser, emploi de klystrons coûteux) soit d'accepter de réduire la portée utile du radar.

Le problème posé à *un radar à compression d'impulsion* consiste à accroître la portée utile sans dégrader le pouvoir séparateur tout en gardant des puissances raisonnables.

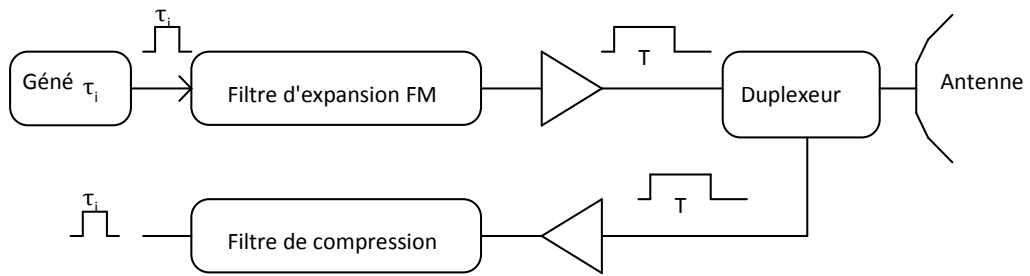
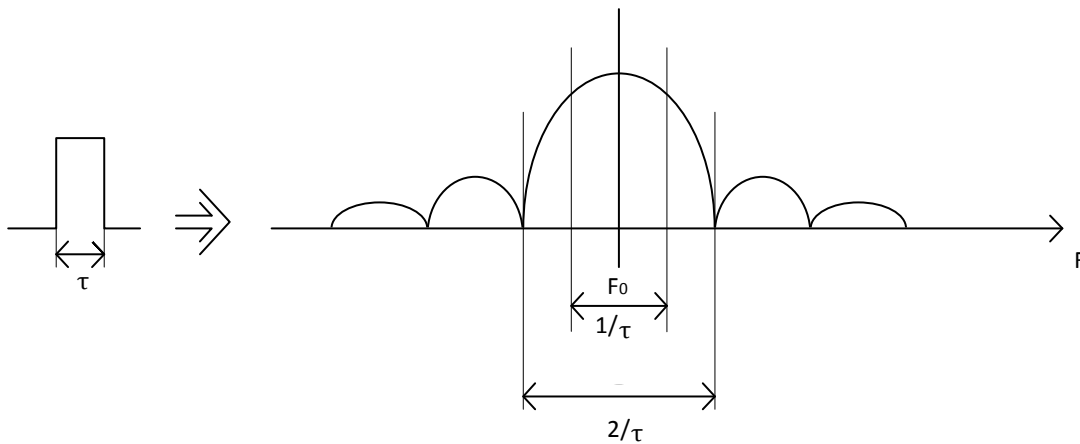


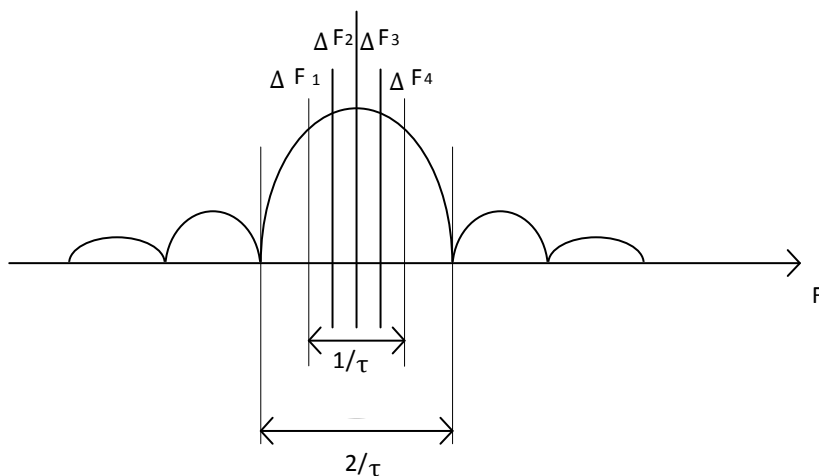
Figure 19: Compression d'impulsion

4.2.2 Concept élémentaire :

Un Radar conventionnel émet une impulsion de durée τ d'où une bande passante du récepteur adapté de largeur approximative $\Delta F = 1/\tau$.



On divise la bande passante utile en plusieurs bandes passantes de même largeur. Pour notre exemple nous choisirons de diviser cette bande passante par 4.

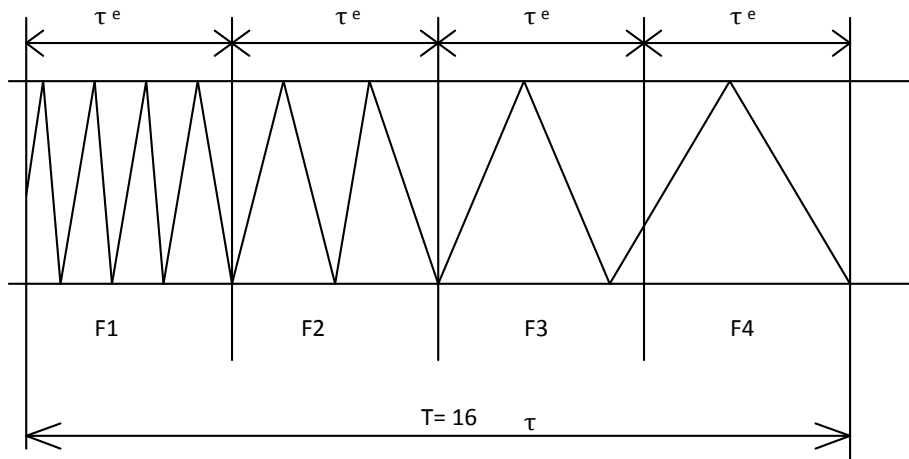


Chaque bande passante a donc une largeur de : $\Delta F_n = \Delta F/4$.

Si on associe une durée d'impulsion à chaque ΔF_n , on obtiendrai :

$$\tau_e = \frac{1}{\Delta F_n} = \frac{4}{\Delta F} \quad \tau_e = 4$$

A l'émission l'impulsion sera en fait composée de quatre impulsions de largeur τ_e émises les unes à la suite des autres et donc chacune à des fréquences différentes.



A la réception, les impulsions de retour sont décalées dans le temps de façon a toutes les concentrer dans le temps τ_e , occupant une bande passante totale de ΔF ce qui nous ramène à une largeur d'impulsion de durée τ alors que l'impulsion émise durait 16τ .

4.3 Emetteur : ER2000-L

4.3.1 Présentation :

L'ensemble ER 2000-L est un émetteur radar bande Etat Solide. Il amplifie les impulsions H.F. créées sur 2 voies par le tiroir Générateur de Signaux Radar de la baie réception. Les synchronos de l'émetteur sont fournies par le TVD 1000.

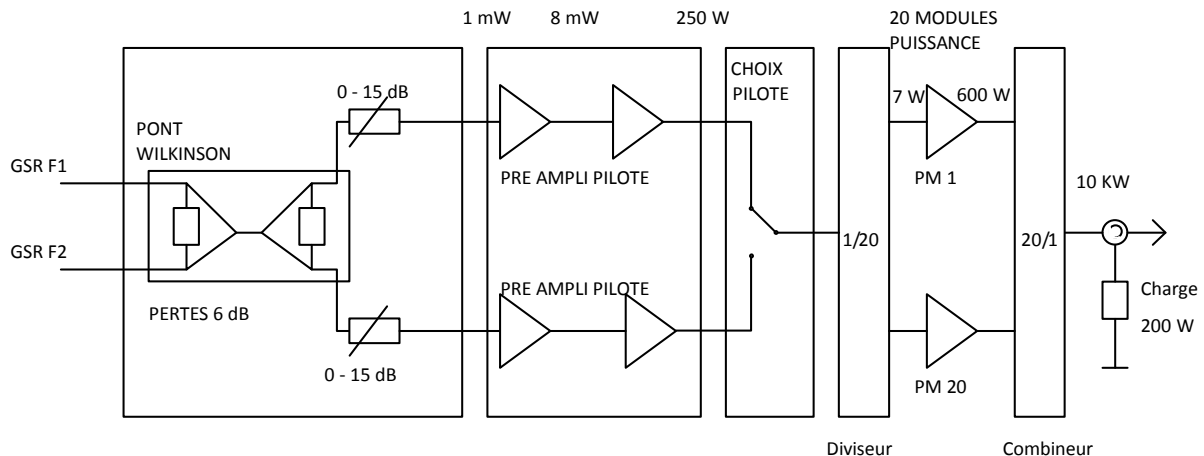


Figure 20: Amplification de puissance

4.3.2 Généralité :

L'émetteur ER 2000-L amplifie les impulsions courtes (1 μ s) et longues (60 à 100 μ s) délivrées à bas niveau par les ensembles "générations des signaux radar" (GSR 2000L) intégrés à la baie génération / réception RR 2000-L.

Il comprend les sous-ensembles assurant

- l'amplification des impulsions hyper,

Les impulsions hyper sont amplifiées à une puissance crête nominale de 10 kW par une chaîne hyperfréquence, à transistors. Cette chaîne comprend :

- deux chaînes PA-driver, composées, d'un préamplificateur MEL8PA et d'un module pilote MEL 250-D ; ces chaînes sont redondantes et une seule des deux chaînes fonctionne à la fois,
- vingt modules 600 W MEL 600 qui amplifient les impulsions fournies par la chaîne PA-driver en fonctionnement.

Les vingt impulsions, à la sortie des modules 600 W, sont combinées pour obtenir une impulsion de puissance crête 10 kW transmise à l'antenne

- la distribution de l'énergie fournie par le réseau triphasé (trois phases + neutre + terre),

La distribution d'énergie à l'ensemble des équipements de l'émetteur est réalisée par :

- génération de tensions 110 V continues, d'alimentation des modules pilotes MEL 250 D et des modules 600 W MEL 600 de la chaîne d'amplification hyper,
- commutation des phases du réseau secteur triphasé (trois phases + neutre), vers les alimentations basse tension et les équipements de refroidissement

- la génération des alimentations basse tension,

Les alimentations basse tension génèrent les tensions régulées d'alimentation des cartes et des préamplificateurs de la chaîne hyper.

- le refroidissement des modules de puissance,

Le refroidissement des modules MEL 250 D et MEL 600 est assuré par convection naturelle de l'air sur le radiateur associé à la partie alimentation, et circulation d'eau glycolée dans la partie hyperfréquence. La circulation du fluide est commandée par une pompe. Le fluide est refroidi par un échangeur eau/air. Pour la maintenance sans arrêt de l'émetteur, les pompes et les échangeurs sont doublés.

- le test de l'état de fonctionnement de l'émetteur (BITE).

Le test de fonctionnement de l'émetteur est assuré par un processeur, qui reçoit les informations d'état fournies par les circuits des autres fonctions (contacts de recopie, de relais et de disjoncteurs, alarmes fournies par les capteurs, présence de courant débité par chacun des transistors de puissance). Le processeur exécute un programme de traitement de toutes

ces informations, et avertit l'opérateur de la présence de défauts par visualisation d'un code panne sur le panneau de commande. En cas de panne dégradant la puissance émise (trop grand nombre de transistors défectueux), le processeur commande l'arrêt de l'émission ("Cde coupure émetteur").

Par une liaison IEEE avec le calculateur du RMM, le processeur provoque la transmission des informations d'état décrites ci-dessus, ainsi que les codes pannes. Les commandes distance (commande de matériels, arrêt de l'émetteur) sont également transmises par la liaison IEEE

4.3.3 L'amplification des impulsions :

4.3.3.1 préamplificateurs de puissance :

Le préamplificateur MEL 8PA amène le signal issu du pilote (à travers le circuit de regroupement et atténuation) à un niveau suffisant pour attaquer le module pilote MEL 250-D.

Il est constitué :

- **d'un bloc hyper,**

Le bloc hyper est constitué de quatre étages d'amplification à transistors, T1 à T4, en série. Les impulsions R.F. ne sont autorisées que lorsque les deux premiers étages, T1 et T2, sont débloqués par le signal "Créneau inhibition PA1 (ou PA2)" (sécurité contre les ondes CW intempestives).

- **d'un circuit d'alimentation du bloc hyper,**

Le circuit d'alimentation du bloc hyper, alimenté par la tension 32 V fournie par le bac alimentation AL 2010, est constitué de régulateurs de tension.

Les deux derniers étages, T3 et T4, sont alimentés, respectivement, par une tension 28 V et 21-31 V (valeur comprise entre 21 et 31 V) obtenue par régulation de la tension 32 V. Les étages d'entrée sont alimentés par des tensions + 8 V et + 18 V obtenues par régulations successives de la tension 21-31 V.

- **d'un circuit de test,**

Le circuit de test permet la surveillance du préamplificateur au moyen de cinq informations:

- la présence des quatre alimentations des étages à transistors,
- la présence d'intensité débitée par l'alimentation de l'étage de sortie.

Ces cinq informations composent un mot d'état série qui, à chaque récurrence, est transmis, accompagné d'une horloge de synchronisation, vers la carte interface distribution TCR 826.

4.3.3.2 : Module Pilote

Le module pilote MEL 250 D (D1 ou D2) amène la puissance du signal issu du préamplificateur à un niveau suffisant pour attaquer le diviseur UNK310. Le module comprend les circuits suivants :

- un bloc hyper,

Le bloc hyper est constitué de trois étages d'amplificateurs à transistors en série : les étages T1 et T2 et le dernier étage, comprenant deux transistors en parallèle couplés par des tés de Wilkinson. Le bloc hyper, de conception identique à celui d'un module 600 W, est refroidi par eau. La température interne du module est surveillée par le thermostat bilame S1 .

- un circuit d'alimentation du bloc hyper,

Le circuit d'alimentation du bloc hyper, qui reçoit du relayage d'alimentation la tension + 110 V redressée est mis en service au moyen de l'interrupteur I1 , "ON/OFF", de la face avant du module. L'alimentation protège les transistors contre les surtensions au moyen du fusible F1 , dont la fusion est provoquée par le transil CR1 , lorsque la tension aux bornes du condensateur de 15 000 μ F atteint environ 45 V. L'alimentation 110 V est appliquée à un convertisseur à découpage, synchronisé par l'horloge 100 kHz fournie par les cartes syn./sécurité TCR 825. L'alimentation à découpage provoque la charge du condensateur à environ 40 V.

L'absence du signal 100 kHz provoque la relaxation de la fréquence de découpe, sur un oscillateur interne, de fréquence 30 kHz environ qui permet un fonctionnement dégradé de l'émetteur, évitant ainsi l'arrêt total de la station.

L'alimentation à découpage est bloquée dans quatre cas :

- 1- Commande de blocage de l'alimentation du module pilote da la chaîne PA-driver non sélectionnée.
- 2- Température du boîtier hyperfréquence supérieure à 70°C (information fournie par le vigitherme S 1),
- 3- Surintensité détectée par l'alimentation à découpage elle-même,
- 4- Commande de blocage par le signal "créneau inhibition", afin d'interdire la recharge du condensateur 15 000 μ F pendant l'émission, de façon à éviter qu'une résiduelle de la fréquence de découpe ne module l'impulsion émise.

La tension 40 V aux bornes du condensateur 15 000 μ F alimente les étages à transistors T3 et T4. Les étages d'entrée sont alimentés, respectivement, par des tensions 28 V et 36 V produites par régulation de la tension 40 V.

- Circuit de modelage des impulsions,

Le circuit de modelage des impulsions permet de maîtriser la durée du front de descente des impulsions émises afin de tenir le gabarit de spectre.

4.3.3.3 LIAISON MEL 250 D-MEL 600

Cette liaison permet, à partir des impulsions hyperfréquence de puissance 250 W fournies par les modules pilotes MEL 250 D, de délivrer ces impulsions à la puissance de 7 W à chacun des vingt modules 600 W MEL 600.

Les fonctions suivantes sont assurées :

Sélection d'une des deux chaînes PA-driver :

La sélection d'une des deux chaînes PA-driver est commandé par la carte synchro/sécurités au moyen des signaux "Cde D1 " et "Cde D2" appliqués au relais bistable K2 qui commande le relais hyper K1.

Des contacts de recopie permettent la surveillance :

- du relais K1, par le BITE,
- du relais K2, par les cartes synchro/sécurités (TCR 825) et par le BITE.

Division par vingt du signal sélectionné :

La division par vingt du signal sélectionné est réalisée par le diviseur UNK310.

4.3.3.4 LIAISON MEL 600 - SORTIE EMETTEUR VERS L'ANTENNE

Cette liaison est assurée par :

Le combineur UNK200 :

Le combineur UNK200 regroupe les vingt signaux de puissance fournis par les modules 600 W MEL 600, de façon à délivrer, sur la sorte, l'impulsion de puissance 10 kW.

Le combineur UNK200, de type radial, permet de sommer vingt signaux hyperfréquence équiphasé et équi-amplitude. De conception circulaire, il reçoit les vingt signaux sur vingt connecteurs répartis sur la circonférence. Il fonctionne normalement lorsqu'un ou plusieurs modules sont absents.

La ligne hyper.

La ligne hyper transmet les impulsions hyper vers l'extérieur de l'émetteur. Elle comprend:

- Une transition Guide/Coax., dont l'extrémité coaxiale est raccordée au combineur UNK200, et l'extrémité du guide au circulateur
- Un circulateur UVP000, à trois voies : émission, réception et antenne,
- Une charge d'environ 200 W, raccordée sur la voie réception du circulateur, pour la dissipation de l'onde réfléchi sur la liaison d'antenne.

4.3.3.5 Module 600 W :

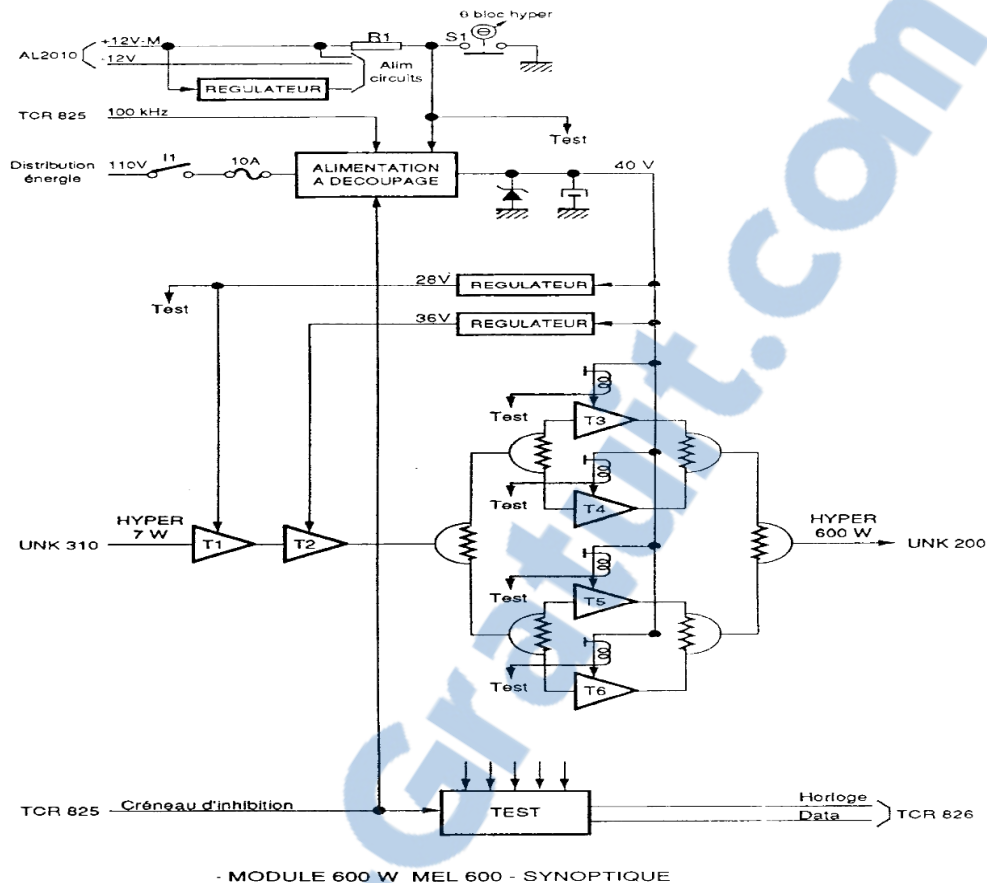


Figure 21: Module 600W

Le module 600 W MEL 600 amplifie les impulsions hyperfréquence, reçues à 7 W minimum, pour délivrer des impulsions de 600 W environ. Il comprend :

- Un Bloc Hyper

Le bloc hyper comprend trois étages d'amplification à transistors en série : les étages T1 et T2 et le dernier étage, comprenant quatre transistors T3 à T6 en parallèle couplés par des tés de Wilkinson. Le bloc hyper est refroidi par eau. La température interne du module est surveillée par le thermostat bilame S1 .

- Un Circuit d'Alimentation du bloc hyper,

Le circuit d'alimentation du bloc hyper, qui reçoit du relayage d'alimentation la tension + 110 V redressée, est mis en service au moyen de l'interrupteur I1 , "ON/OFF" de la face avant du module.

L'alimentation protège les transistors contre les surtensions au moyen du fusible F1 , dont la fusion est provoquée par le transil CA1 , lorsque la tension aux bornes du condensateur de 15 000 μ F atteint environ 45 V. L'alimentation 110 V est appliquée à un convertisseur à découpage, synchronisé par l'horloge 100 kHz fournie par les cartes syn. /sécurité TCR 825. L'alimentation à découpage provoque la charge du condensateur à environ 40 V. L'absence du

signal 100 kHz provoque la relaxation de la fréquence de découpe sur un oscillateur interne, de fréquence 30 kHz environ qui permet un fonctionnement dégradé de l'émetteur, en évitant l'arrêt de la station.

L'alimentation à découpage est bloquée dans trois cas :

1. température du boîtier hyperfréquence supérieure à 70° C (information fournies par le vigitherme S1).
2. surintensité détectée par l'alimentation à découpage elle même.
3. commande de blocage par le signal "créneau inhibition" afin d'interdire la recharge du condensateur 15 000µF pendant l'émission, de façon à éviter qu'une résiduelle de la fréquence de découpe ne module l'impulsion émise.

La tension 40 V aux bornes du condensateur 15 000µF alimente les étages à transistors T3 à T6. Les étages d'entrée sont alimentés, respectivement, par des tensions 28 V et 36 V produites par régulation de la tension 40 V.

- un circuit de test du module,

Le circuit de test du module permet la surveillance du module 600 W au moyen de six informations :

- quatre informations de présence de courant débité par les transistors de puissance T3 à T6.
- une information de présence de l'alimentation 28 V .
- une information déclenchement du vigitherme S1 .

Ces six informations composent un mot d'état série qui, à chaque récurrence, est transmis, accompagné d'une horloge de synchronisation, vers la carte interface distribution TCR 826. Le circuit d'alimentation de servitudes génère, à partir de la tension +12 V, la tension + 5 V régulés. Les circuits du module, hormis le bloc hyper, sont alimentés par les tensions + 12 V, - 12 V et + 5 V.

4.4 La baie génération/réception RR 2000 L :

4.4.1 Présentation :

La baie génération/réception RR 2000 L est associée au système de contrôle radar TRAC 2000 L. Ce système a pour fonction de contrôler le trafic aérien en zone terminale d'aéroport (portée 80 MN). La baie RR 2000 L est constituée de deux ensembles identiques et indépendants (GSR, RSR RSR M) qui permettent au radar de fonctionner en diversité de fréquence et qui assurent une disponibilité maximale en mono fréquence.

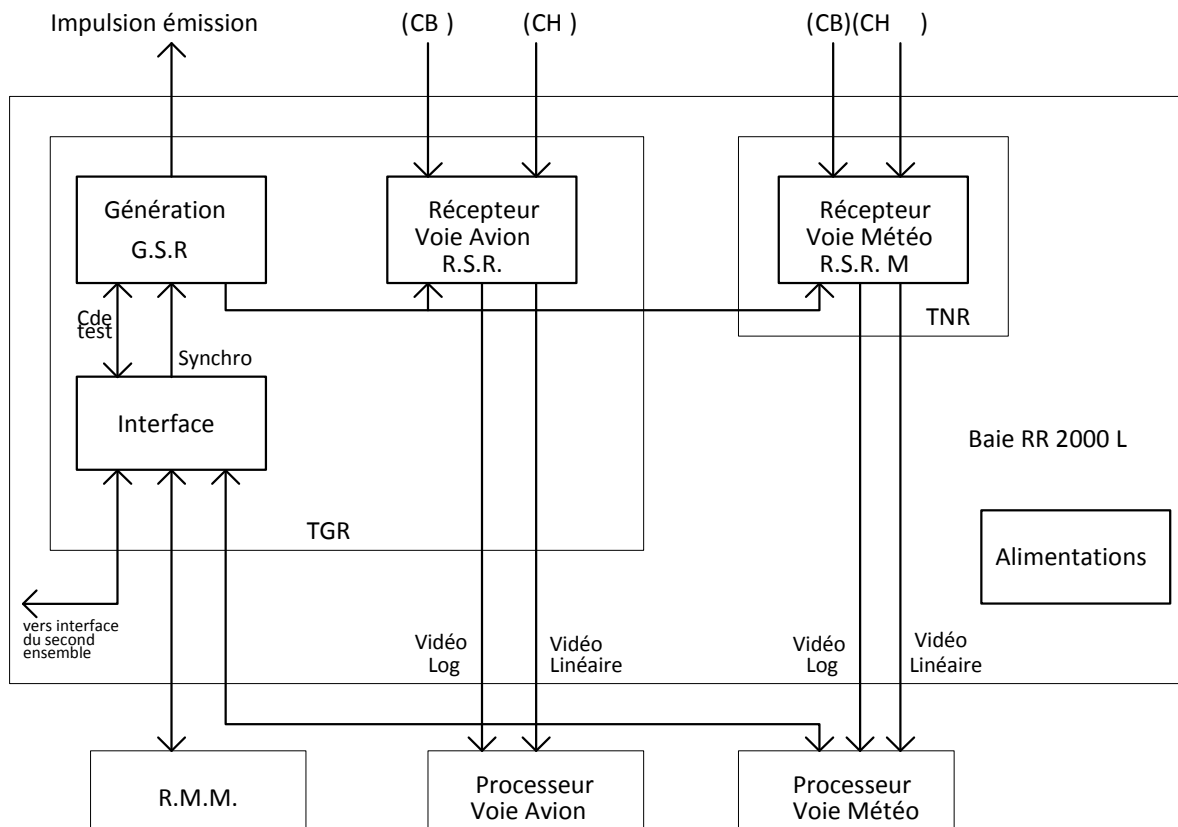


Figure 22: Génération et Réception

4.4.2 Rôle :

Au sein de ce système, le tiroir génération/réception (TGR 2000) assure :

- La génération des impulsions courtes (1 μ s) et longues (100 μ s ou 60 μ s) destinées à l'émetteur état solide, ainsi que la génération d'échos de test utilisés pour vérifier les performances du récepteur et du traitement,
- La réception et le filtrage des signaux captés par l'antenne afin de transmettre à l'équipement de traitement ces signaux sous forme vidéo.

La baie génération/réception comprend deux tiroirs identiques TGR 2000.

Le tiroir réception météo (TNR 2000) assure pour chacune des deux voies météo :

- La réception et le filtrage des signaux captés par l'antenne,
- La transmission de ces signaux sous forme vidéo vers un équipement de traitement (TVD), - la distribution des signaux oscillateur local OL1 , OL2 et OL.3, élaborés par chaque générateur de signaux radar , vers le récepteur de signaux radar de la voie avion correspondante.

La baie RR 2000 L, dans sa version complète, consiste en deux ensembles identiques (Réception Avion et Météo).

Chaque ensemble réalise les fonctions suivantes :

- Une fonction génération de signaux radar,
- Une fonction réception voie avion,

- Une fonction réception voie nuage ou météo, - une fonction interface, - une fonction alimentation.

4.4.3 Principe de mise en marche :

Le tiroir TGR 2000 élabore deux types d'impulsion vers l'émetteur :

- Impulsion courte de 1 μ s,
- Impulsion longue de 100 μ s ou 60 μ s.

L'impulsion radar est générée numériquement en fréquence intermédiaire (FI) basse (30 MHz). La transposition en bande L est réalisée en deux étapes :

- 1- transposition FI basse \rightarrow FI haute (330 MHz)
- 2- transposition FI haute \rightarrow bande L (1215 - 1370 MHz)

Le signal d'oscillation locale permettant la transposition en bande L est fourni par un VCO. Ce signal générateur par l'équipement de traitement TVD, via la fonction INTERFACE du panier.

La chaîne réception est constituée de deux voies :

Couverture basse et couverture haute.

L'impulsion reçue est transposée, à l'aide des signaux OL fournis par le tiroir TGR 2000, dans un premier temps en FI haute, puis en FI basse. Cette double transposition offre l'avantage de s'affranchir des fréquences images générées par le mélange et d'améliorer la réjection des fréquences indésirables. Après transposition en FI basse, l'écho reçu est distribué ;

- Vers le filtre adapté en mode impulsion courte (1 μ s),
- Vers la ligne à compression d'impulsions en mode impulsion longue.

Ce signal est divisé en deux voies afin de sortir :

- Sous forme VIDEO LOG après amplification logarithmique,
- Sous forme VIDEO LINEAIRE (I, Q) après traitement GVT et démodulation amplitude phase.

Le tiroir TNR 2000 élabore également des comptes rendus de bon fonctionnement vers la fonction INTERFACE du panier génération-réception TGR 2000.

Ces informations ne sont significatives que lors de la période de test réception. C'est-à-dire en fin de récurrence lorsque la fonction génération du panier TGR 2000 émet une impulsion de test réception.

4.4.4 : Présentation des fonctions :

4.4.4.1 Tiroir TGR 2000 :

L'articulation fonctionnelle du tiroir TGR 2000 est réalisée autour de trois fonctions principales :

4.4.4.1.1 Génération des signaux radar, G.S.R :

La fonction "génération des signaux radar" se décompose en cinq sous-fonctions :

4.4.4.1.1.1 Génération des signaux de référence :

La génération des signaux de référence dont le rôle est de fournir les signaux 5 MHz, 300 MHz (OL 2), 30 MHz (OL 3), 15 MHz, élaborés à partir de la référence 150 MHz, et utilisés dans les fonctions Génération, Réception et Traitement du radar.

4.4.4.1.1.2 synthèse bande L :

La synthèse bande L dont Le rôle est de fournir le signal OL 1 utilisé :

- pour effectuer la transposition en bande L des impulsions radar
- pour effectuer la démodulation des impulsions radar reçues à l'entrée du récepteur

4.4.4.1.1.3 Générations des impulsions radar :

La génération des impulsions radar dont le rôle est de fournir l'ensemble des impulsions utile au système radar

4.4.4.1.1.4 Génération des impulsions de test :

La génération des impulsions de test (boitier TFH 145) est destinée au test traitement et au test du récepteur (impulsions courte et longue, écho fixe et/ou mobile).

4.4.4.1.1.5 Transposition en bande L :

La transposition bande L dont le rôle est d'effectuer, à partir des signaux OL 1, OL 2 et OL 3 et des impulsions générées en FI basse (30 MHz, la transposition des impulsions en bande L (1215 MHz à 1370 MHz). L'aiguillage des impulsions vers l'émetteur ou le système de test est également réalisé par cette fonction.

4.4.4.1.2 Réception des signaux radar R.S.R

La fonction "réception des signaux radar" se décompose en quatre sous-fonctions :

4.4.4.1.2.1 Choix de couverture CB / CH :

Le "choix de couverture" assuré par un commutateur permettant de sélectionner le signal d'entrée du récepteur (couverture basse ou couverture haute) et par un atténuateur variable permettant d'équilibrer les deux voies,

4.4.4.1.2.2 Boitier PA / DAP TFH 168 :

La "transposition du signal" reçu en bande L en FI haute puis en FI basse. Ces transpositions sont réalisées par mélange avec l'OL 1 puis avec l'OL 2.

La "démodulation amplitude/phase" délivre, suite au mélange de l'OL 3 avec la FI délivrée par l'amplificateur GVT, deux signaux vidéos (I et Q) en quadrature représentatifs du niveau et de la phase du signal reçu. Ces signaux vidéo seront traités par le TVD.

4.4.4.1.2.3 Boitier C.I / G.V.T TFH 177 :

La "commutation CI et l'amplification GVT" qui suivant le mode d'émission (impulsion courte ou impulsion longue) distribue respectivement le signal transposé vers le filtre adapté ou vers la ligne à compression d'impulsion. Le signal est ensuite amplifié par un amplificateur à gain variable dans le temps afin de s'adapter au niveau des échos reçus. La commande GVT est délivrée par le TVD,

4.4.4.1.2.4 Amplificateur logarithmique TFH 171 :

- l'amplification logarithmique" délivre la vidéo log. Cette vidéo est obtenue par amplification logarithmique, afin d'assurer une grande dynamique du signal FI prélevé avant l'amplificateur GVT.

4.4.4.1.3 Interface :

La fonction "interface" se décompose en neuf sous-fonctions :

- le "séquençement" établissant, à partir des signaux de synchronisation délivrés par le TVD l'ensemble des commandes nécessaires au fonctionnement du GSR et du RSR
- la "lecture des fréquences" : permettant la prise en compte des fréquences F1 , F2 affichées sur les roues codeuses et la transmission, après transcodage par une mémoire au
 - boîtier de " référence de boucle"
 - boîtier "boucle de synthèse"
 - l'émetteur
- le "contrôle des limiteurs" utilisés en couverture basse afin d'assurer la protection du RSR
- le "test de la carte commande" dont le compte-rendu est exploité par le dispositif de test intégré
- la "gestion maître/esclave" qui permet de sélectionner un signal de référence unique (celui du tiroir dit "maître") pour les deux GSR-ASR associés,
- la "gestion couverture" haute ou basse. La sélection du type de couverture peut être commandée par le TVD (mode normal), par programmation de cavalier (mode manuel) ou par le microprocesseur en cas de panne détectée sur une des voies,
- la "mémorisation des états bruts" assurant la mise en forme et la composition en mot de 8 bits de l'ensemble des comptes rendus de test délivrés par les sous-ensembles du tiroir et par certains équipements associés,
- le "dispositif de test intégré" (DTI) assurant le traitement des états bruts afin d'établir les codes de panne et les messages de configuration du tiroir. Ces messages sont transmis vers le TVD via une liaison IEEE,
- la "visualisation" des codes pannes permettant en mode d'exploitation locale de connaître l'état de fonctionnement du tiroir.

4.4.4.2 tiroirs TNR2000 :

L'articulation fonctionnelle du tiroir réception météo TNR 2000 est réalisée autour de six fonctions principales pour chacune des deux voies météo :

- la "distribution alimentation" qui fournit, à partir des alimentations continues + 12 V, + 24 V, - 24 V élaborées par le tiroir alimentation associé, les alimentations + 5 V, 12 V, + 24 V nécessaires au fonctionnement des éléments du tiroir,
- La "distribution OL" qui distribue les trois signaux d'oscillation locale CW OL 1 , OL 2 et OL 3 délivrés par la fonction génération du tiroir TGR 2000 associé : d'une part vers la fonction

"transposition du signal bande L" du tiroir TNR 2000 d'autre part vers la fonction "réception" du tiroir TGR 2000 associé,

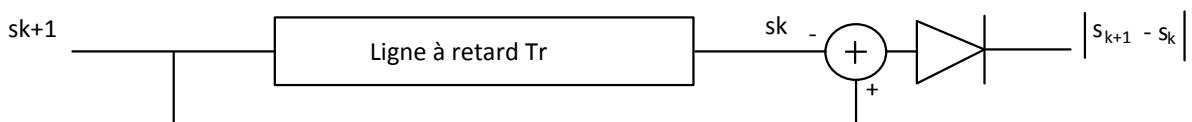
- la "transposition du signal" reçue en bande L en FI haute puis en FI basse. Ces transpositions sont réalisées par mélange avec l'OL 1 puis avec l'OL 2,
- la "commutation CI et l'amplification GVT" qui, suivant le mode d'émission (impulsion courte ou impulsion longue), distribue respectivement le signal transposé vers le filtre adapté ou vers la ligne à compression d'impulsion. Le signal est ensuite amplifié par un amplificateur à gain variable dans le temps afin de s'adapter au niveau des échos reçus. La commande de GVT est délivrée par le TVD,
- la "démodulation amplitude-phase" délivre, suite au mélange de l'OL 3 avec la FI délivrée par l'amplificateur GVT, deux signaux vidéos (I et Q) en quadrature représentatifs du niveau et de la phase du signal reçu. Ces signaux vidéo sont traités par le TVD,
- l'amplification logarithmique" délivre la vidéo log. Cette vidéo est obtenue par amplification logarithmique, afin d'assurer une grande dynamique du signal FI prélevé avant l'amplificateur GVT.

4.4.4.3 TVD1000 :

4.4.4.3.1 : Rappels MTI MTD :

- **MTI :**

La fonction M.T.I. (Moving Target Indicator) consiste, à partir des impulsions s_k , à mettre en œuvre un traitement annulant les signaux présentant une fréquence Doppler nulle et conservant les signaux de fréquence Doppler non nulle.



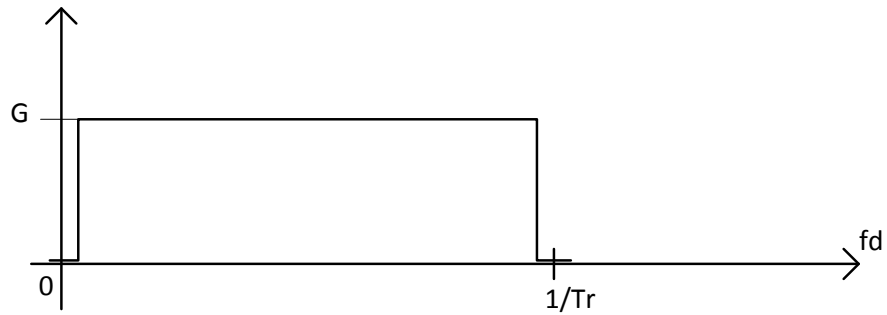
$$|s_{k+1} - s_k| \cos \left(\varphi_0 + 2\pi f(k+1)T - \cos \left(\varphi_0 + 2\pi f_k T - r \right) \right)$$

$$= -2 \sin \left(\left| \varphi_0 + (2k+1) \frac{fT}{T} \right| \sin \left(fT \frac{d}{c} - r \right) \right)$$

Gain M.T.I :

Le gain M.T.I. est représenté par sa fonction de transfert qui en simple annulation vaut : $2 \sin \pi f d Tr$, on montrerait de la même manière qu'un traitement double annulation (traitement sur deux Tr) aurait une fonction de transfert : $4 \sin^2 \pi f d Tr$

La fonction de transfert idéale serait de la forme:



- **MTD :**

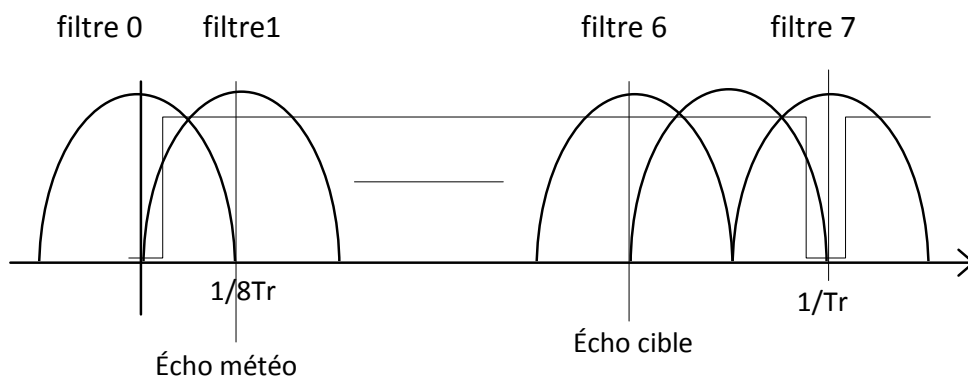
Introduction :

La limite d'efficacité des fonctions M.T.I. s'observe sur les échos météo de fréquence Doppler moyenne non nulle. Ces échos se présentent alors dans la bande passante du filtre M.T.I. et subsistent au traitement.

Un traitement plus efficace (sélectif) passe par une analyse spectrale du signal traité.

- **Principe :**

Le principe consiste à diviser la fonction de transfert du filtre M.T.I. en une batterie de n filtres élémentaires ayant pour largeur $1/n Tr$, et d'effectuer le traitement sur n échantillons.



Exemple d'un M.T.D. à 8 filtres

Figure 23: Les Filtres Doppler

Il apparaît donc intéressant de pouvoir personnaliser chaque écho afin de les traiter séparément.

Pour Fd non multiple exact de $1/8$ Tr, l'intégration cohérente est moins évidente et concerne plusieurs filtres adjacents.

- **Conclusion :**

La sortie du traitement M.T.D. est purement synthétique et fera apparaître les informations distance et rang du ou des filtres concernés. Les traitements avals peuvent être du type:

- Extraction (corrélation entre paquets successifs)
- Puis poursuite (corrélation sur plusieurs tours d'antenne).

4.4.4.3.2 T.V.D. 1000 :

4.4.4.3.2.1 But :

Le TVD 1000 est un processeur programmé de traitement du signal qui s'insère dans une chaîne de traitement radar primaire voie avion ou voie météorologie. Le traitement des signaux vidéos issus du récepteur avion est un traitement du type " Détection des Cibles Mobiles" (DCM) qui permet d'améliorer la détection des cibles utiles en présence de clutter de sol ou de clutter météorologique. Le processeur TVD 1000 a pour rôle de détecter la présence de cibles utiles et de délivrer au processeur de post-traitement un message numérique correspondant à chaque écho détecté (préplot). Les signaux issus du récepteur Météo subissent un traitement numérique qui a pour but de détecter la présence d'un écho dû à un phénomène météorologique et d'estimer son niveau. L'écho détecté, appelé "présence nuage", est envoyé sous forme numérique au processeur de post-traitement. Le TVD 1000 assure en outre des fonctions de servitude vis à vis du radar :

- Contrôle de la sensibilité de la chaîne de réception en hyperfréquence (STC),
- Choix de couverture (haute ou basse),
- Génération des commandes de plots de test,
- Synchronisation des équipements de la station.

Le TVD 1000 peut être raccordé par bus IEEE à un système de surveillance centralisée qui permet de télécommander et de surveiller son état de fonctionnement à distance (RMM). Le TVD 1000 centralise au sein d'une fonction de contrôle, la gestion de sa propre configuration, la gestion des tests de bon fonctionnement et la gestion du dialogue homme machine en mode local et distance.

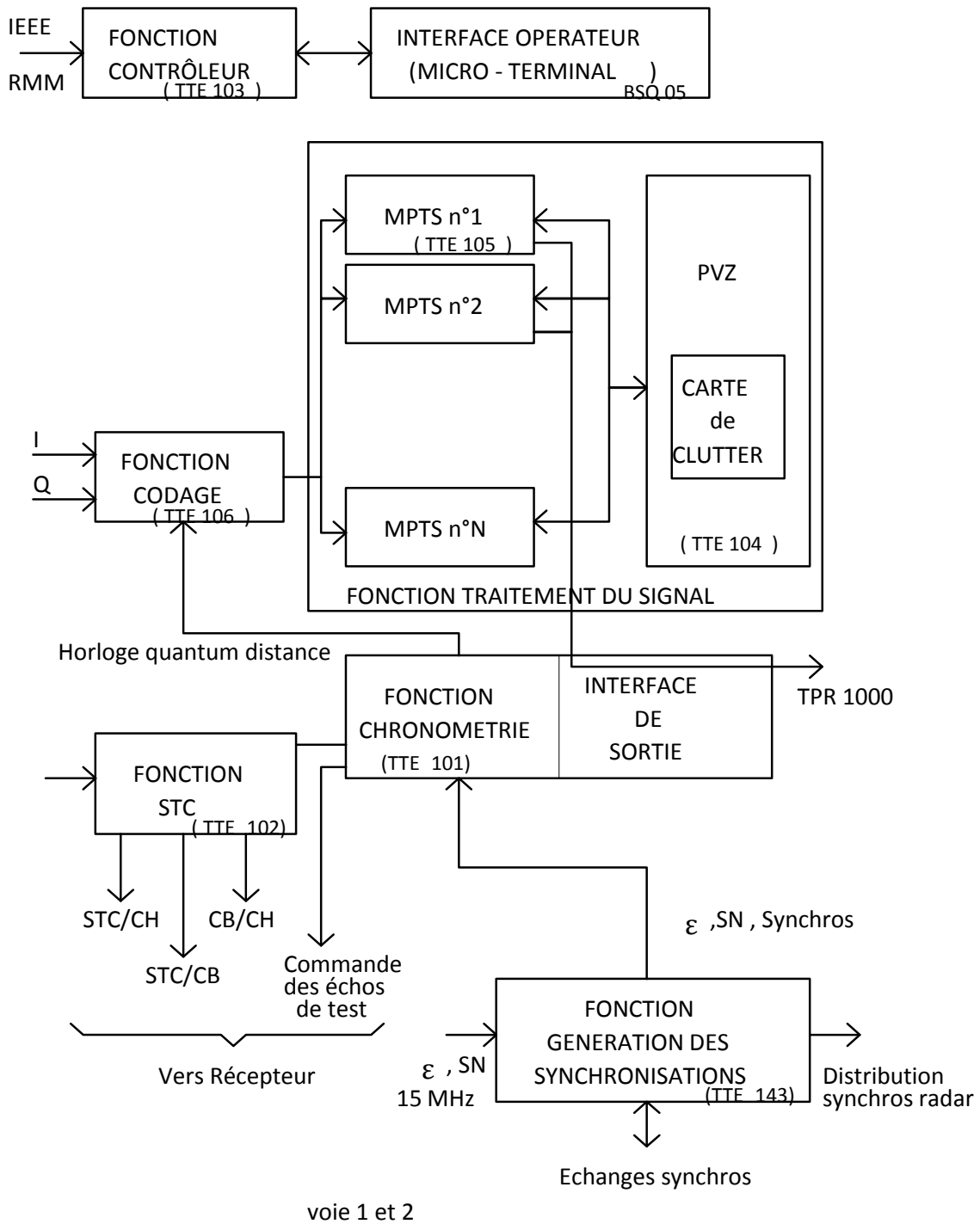


Figure 24: Processeur Radar

4.4.4.3.2.2 Architecture fonctionnelle

- Principe de fonctionnement :

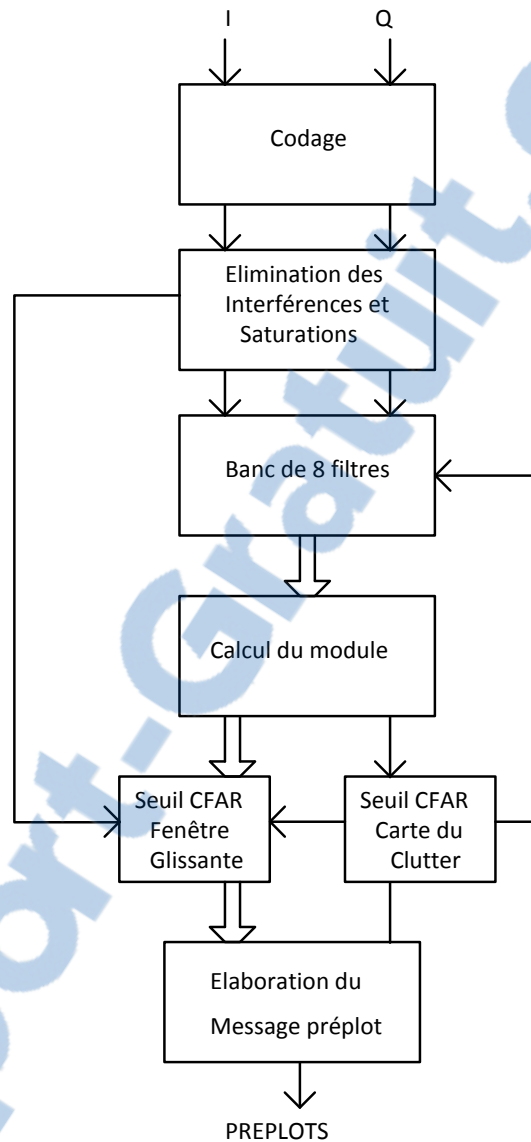


Figure 25: Principe de fonctionnement

a) Codage.

Cette fonction a pour but d'échantillonner et de quantifier de manière numérique les signaux I et Q provenant du récepteur.

b) Test d'interférence.

La fonction teste d'éventuelles interférences contenues dans le signal reçu. Le test est effectué sur les échantillons de chaque cellule. Comme dans le cas de la saturation les seuils de décision ne sont pas réactualisés avec les échantillons de la cellule. Il y a inhibition de la fonction décision, aucune présence n'est déclarée pour cette cellule.

c) Test de saturation.

La fonction a pour but de détecter les éventuelles saturations du signal reçu. La somme $I + Q$ est calculée à chaque case distance, puis comparée à un niveau prédéterminé. En cas de dépassement de ce niveau, il y a déclaration de présence de saturation.

Dans ce cas les seuils de décision ne sont pas réactualisés avec les échantillons de la cellule. Il y a inhibition de la fonction décision, aucune présence n'est déclarée pour cette cellule.

d) Filtrage Doppler

Le filtrage doppler est réalisé par l'application d'un banc de 8 filtres équivalent au calcul de la transformée de Fourier discrète, sur les 8 échantillons complexes (I et Q) de la cellule de traitement. Chaque échantillon temporel a subi préalablement une pondération. Pondération de Kaiser Bessel en zone lointaine et pondération de Blackman en zone proche.

e) Calcul du module

Le calcul du module des échantillons complexes obtenus en sortie du filtre Doppler (i (voie I et Q)) est approximé

f) Prise de décision

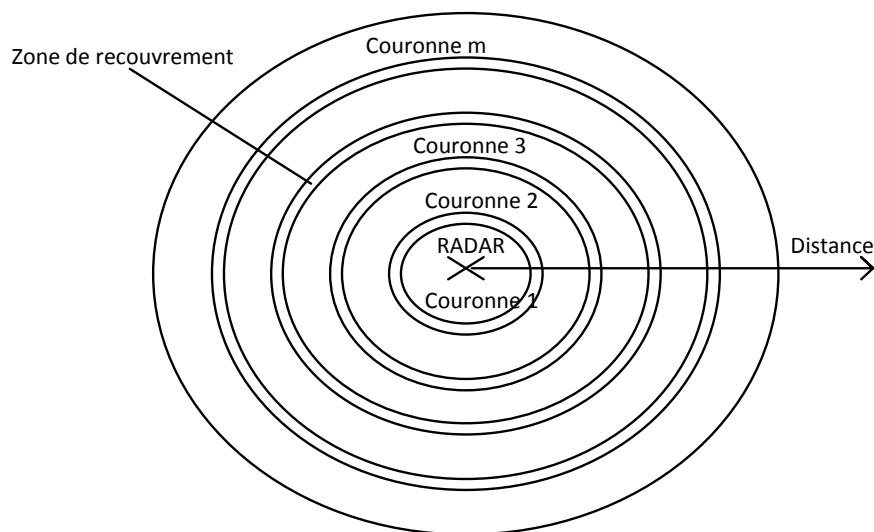
Les seuils de décision mis en oeuvre ont pour but d'assurer en présence de bruit un taux de fausse alarme constant en sortie du TVD.

Pour chaque voie Doppler un seuil de décision est élaboré à partir des échantillons détectés de la voie concernée et appliquée à ces mêmes échantillons

4.4.4.3.2.3 Module programmable de traitement du signal (carte TTE 105) :

Le Module Programmable de traitement du signal (MPTS 111) est un processeur de traitement du signal d'application générale.

Chaque module MPTS est affecté au traitement d'une couronne de la couverture radar



TRAITEMENT AVION

Principe général du traitement des voies avion

Le traitement est appliqué à chaque cellule de traitement (1 quantum, 1 rafale). Une cellule est constituée de 8 échantillons complexes (I et Q), pris sur chacune des 8 récurrences d'une rafale à une distance du centre radar.

Chaque module MPTS 111 effectue les opérations suivantes :

- Détection des saturations et détection de présence d'interférence,
- Filtrage du signal reçu par un banc adaptatif de 8 filtres Doppler obtenu par transformation rapide de Fourier sur 8 points,
- Détection des cibles utiles en sortie de chaque filtre doppler par comparaison à un seuil de décision, élaboré conjointement avec le coprocesseur PVZ qui estime le niveau de Clutter de tour d'antenne à tour d'antenne, la présence d'une cible est déclarée lorsque le signal dépasse le seuil de décision,
- Elaboration d'un message concernant chaque présence déclarée et transmission de ce message vers le post-traitement par l'intermédiaire de la fonction Chronométrie.

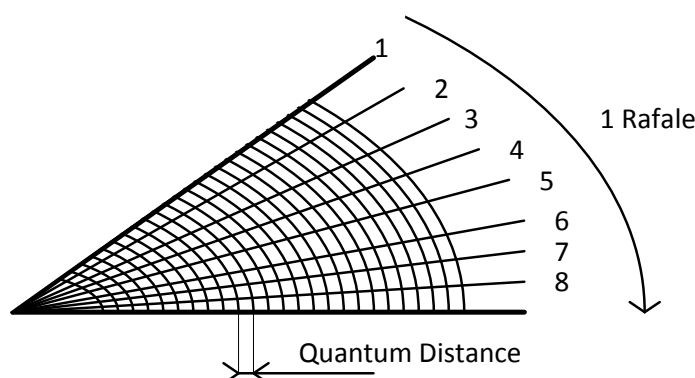


Figure 26. Les Impulsion sous forme de Rafale

Le TVD 1000 utilise plusieurs cartes MPTS 111 pour traiter la totalité de la portée. Dans le cas du TRAC 2000 on utilise 9 cartes TTE 105, 8 pour le traitement et une en secours. On peut mettre jusqu'à 11 cartes dans un TVD 1000.

4.4.4.3.2.5 Processeur voie zéro (TTE 104) :

Le processeur voie zéro (PVZ) est utilisé comme coprocesseur des modules MPTS 111 et traite les données de la couverture radar.

Ce coprocesseur est chargé d'exécuter des fonctions spécifiques du traitement du signal. IL reçoit des modules MPTS 111 une donnée pour chaque cellule de traitement issue de la voie vitesse lente (voie 0) et intègre ces données afin de mettre à jour une carte clutter.

4.4.4.3.2.6 Carte Chronométrie (TTE 101) :

La carte chronométrie délivre tous les signaux de synchronisation radar nécessaires aux cartes du TVD 1000 :

- Les horloges de base matérialisant les quanta de traitement
- Des informations azimut (Compteur Téta & Paquet)
- Des informations distance (Compteur distance)

4.4.4.3.2.7 Carte S.T.C (TTE 102) :

La carte STC (Sensitive Time Control) génère les commandes d'atténuation du signal hyperfréquence en entrée de la chaîne radar et la commande de choix de couverture haute (CH) ou basse (CB) en réception.

Le but de la fonction STC est de normaliser le signal reçu et de ramener les échos saturants dans la dynamique utile de traitement.

Le but de la commande de couverture est de pouvoir, en zone proche, sélectionner la voie couverture haute afin d'améliorer le rapport écho utile sur écho fixe et d'obtenir ainsi une meilleure détection des cibles.

4.4.4.3.2.8 Carte générateur de synchro (TTE 143) :

La carte génératrice de synchros génère les synchros nécessaires au fonctionnement de la station radar. Les signaux sont distribués aux équipements suivants.

- Emetteur primaire
- Récepteur primaire
- Traitement

- Equipement de contrôle et de visualisation

Dans une station doublée, chaque TVD 1000 comporte un générateur de synchros. Un seul générateur délivre les synchros de la station, tandis que le générateur de l'autre voie est en secours. En cas de panne, il y a commutation automatique sur le secours.

4.4.4.3.2.9 Carte contrôleur (TTE 103) :

La carte contrôleur, organisée autour d'un microprocesseur 6809, remplit la fonction contrôle qui a pour but de :

- Configurer le TVD 1000
- Vérifier le bon fonctionnement en mode "On Line"
- Générer les tests de maintenance Off Line
- Assurer le contrôle du TVD 1000 en local et à distance.

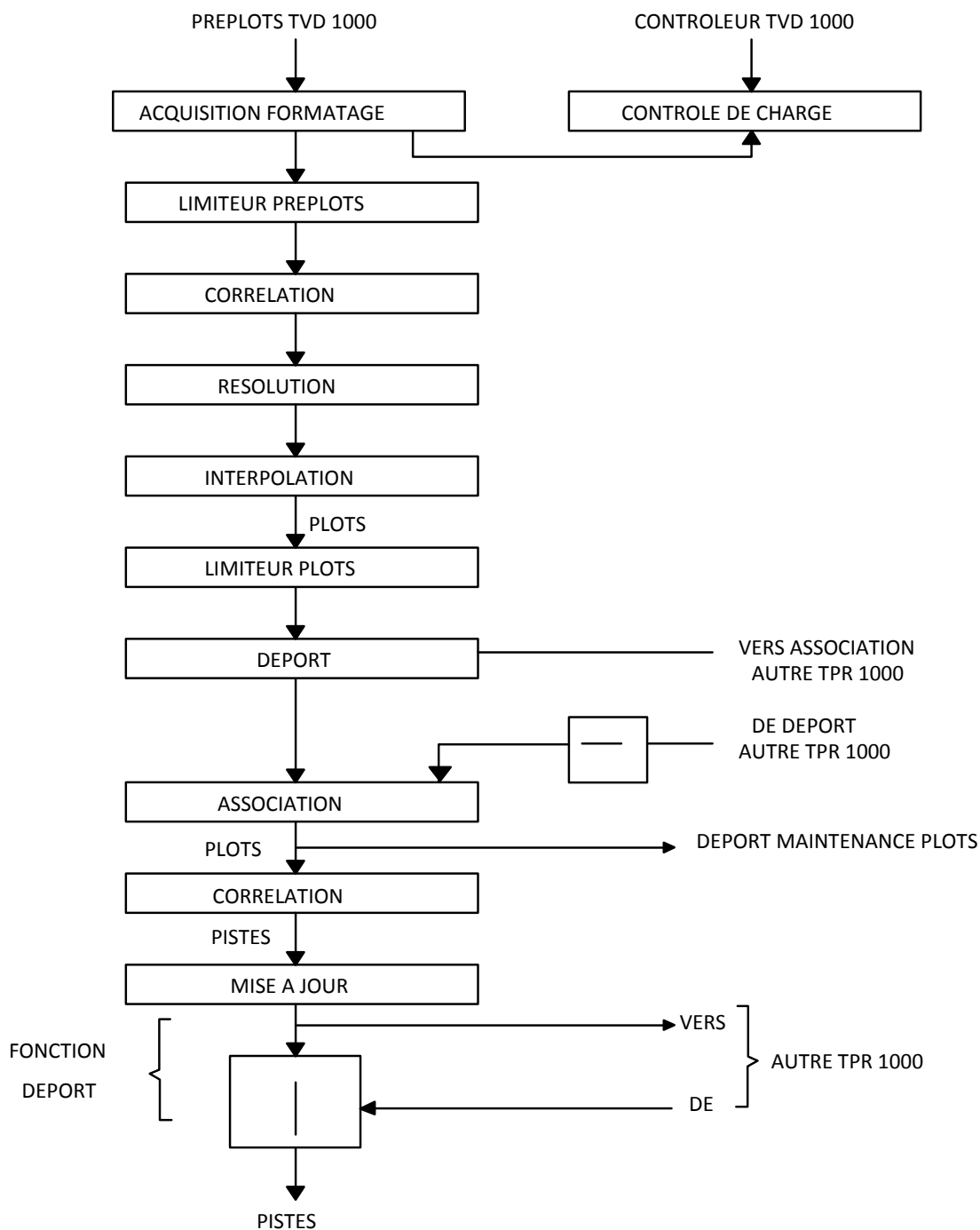


Figure 27: Le Calculateur TPR

4.4.4.4 TPR 1000 :

4.4.4.4.1 Présentation :

Le TPR est un calculateur multicellulaire configurable en fonction de l'application réalisée. Dans le traitement RADAR, il s'insère en bout de chaîne, après la fonction TVD.

A l'aide des messages **Préplots**, provenant du TVD, il crée des plots qui sont une image des présomptions d'aéronefs. Il transmet ensuite ces **Plots** à la fonction **Poursuite** qui génère des **Pistes** qui sont représentatives d'aéronefs.

- Le contrôle de charge, par action directe sur les coefficients de Probabilité de Fausse Alarme.
- Le limiteur de préplots, par gestion de seuils **Plots** pour chaque secteur géographique.
- Le limiteur **Plots**, par élimination des plots douteux.

4.4.4.2 Généralités :

Le TPR 1000 se décompose en deux fonctions principales :

- **Génération de Plots** : L'objectif de cette fonction est de délivrer à la fonction **Poursuite** des informations fiables sur les cibles avions se trouvant à l'intérieur de la couverture radar. Ceci nécessite les fonctions suivantes :
 - Contrôler la fausse alarme.
 - Eviter la saturation du processeur.
 - Reconstituer les **Plots** radar à partir des informations **Préplots** délivrées par le traitement du signal TVD 1000 (c.à.d calculer les coordonnées, la vitesse Doppler, l'amplitude et la qualité du **Plot**).
 - Reconnaître certains types de plots (Véhicule sol, résidus d'échos fixes zones proches d'aéroports).
 - Eliminer les interférences.
 - Limiter la charge en sortie de la fonction.
 - Transmettre les informations à la POURSUITE.
 - Génération de messages fin de secteur afin de séquencer le processus.
- **Poursuite** : L'objectif de cette fonction est de délivrer des **Pistes** à partir des informations Plots reçues. Les traitements suivants sont effectués :
 - Acquisition, préformattage.
 - Gestion des fins de blocs.
 - Association des deux voies (Diversité).
 - Corrélation.
 - Mise à jour.
 - Déport.

4.4.4.3 Génération de plots :

- **Fonction acquisition des plots TVD**

La fonction acquisition des messages extracteur a pour but d'assurer l'interface entre l'équipement de corrélation & d'interpolation (TPR 1000) et l'équipement de traitement du signal (TVD 1000) . Les liaisons entre les deux équipements sont de type parallèle 16 bits.

Les informations reçues du TVD 1000 sont des messages :

- Préplots.
- Rafales (Paquets).

Les messages spécifiques aux extracteurs (Status, Signal Nord, Mode de fonctionnement) sont inclus dans le message rafale.

- **Fonction contrôle de charge :**

Cette fonction contrôle la charge de l'équipement Corrélation & interpolation. En cas de risque de surcharge, cette fonction commande au TVD 1000 un changement du taux de fausse alarme ou une modification de la couverture aérienne. Ces deux actions nécessitent une liaison entre les équipements TVD 1000 et TPR 1000. Cette liaison est de type série asynchrone.

- **Fonction limiteur de préplots.**

Cette fonction a pour but d'éviter la saturation des différentes fonctions constituant le traitement de corrélation & d'interpolation.

Pour éviter cette saturation, la fonction limiteur de préplots calcule la densité de préplots par secteur géographique et par filtre doppler. Cette densité est utilisée pour éliminer les préplots se trouvant en trop grand nombre dans un même secteur géographique et de même filtre doppler. Cette concentration de préplots dans un même secteur géographique et de même filtre doppler est caractéristique du phénomène "d'anges".

- **Fonction Corrélation de plots.**

Une cible peut donner lieu à des dépassements de seuil dans plusieurs cellules adjacentes. Le processeur de post-traitement doit reconstituer les plots radar à partir des informations reçues sur les différentes cellules où il y a eu détection, appelées "**préplots**". La reconstitution d'un plot se fait par l'association de préplots voisins suivant certaines règles. Les règles d'association découlent de la forme et des caractéristiques en taille (Azimut & Distance) d'un plot utile :

Dans la formation des plots, des "**trous de détection**" en azimut, dus aux vitesses aveugles, sont tolérés, par contre aucun "**trou de détection**" en distance n'est toléré.

- **Fonction Interpolation.**

Le but de l'interpolation est de calculer les coordonnées du centre du plot, deux critères de qualité associés à celles-ci et la vitesse radiale du plot. En fonction des caractéristiques du plot et du résultat des algorithmes de résolution, un algorithme de calcul est choisi pour le calcul de la distance et un autre pour l'azimut.

- **Fonction Recherche d'Appartenance et Elimination des Interférences.**

La fonction recherche d'appartenance a pour but de repérer les plots de la couverture radar qui appartiennent à différentes zones géographiques. On distingue 3 types de zones géographiques

- Zone caractérisée par une présence de plots dus à des résidus d'échos fixes.
- Zone caractérisée par une présence éventuelle de plots dus à des véhicules au sol.
- Zone caractérisée par une présence d'aéroport.

De plus il existe une fonction d'élimination des échos parasites de type interférence.

- **Fonction Limiteur de plots**

Le principe de cette fonction est d'éliminer ou d'indiquer les plots qui auront été reconnus comme douteux. L'analyse des plots s'effectue dans des cellules géographiques. Dans chaque cellule deux seuils de densité permettent de déclarer la cellule dense ou très dense. Au dessous du seuil dense la cellule est non dense et le limiteur n'est pas actif pour cette cellule, entre les deux seuils la cellule est dense, au dessus du seuil très dense la cellule est très dense. En zone dense les plots reconnus comme douteux sont marqués et transmis alors qu'en zone très dense les plots reconnus comme douteux sont éliminés. Une commande opérationnelle permet de rendre le limiteur de plots inactif. Dans ce mode, les plots sont quand même marqués mais ne sont pas éliminés.

- **Fonction Déport.**

Les messages plots issus de la fonction limiteur de plots doivent être envoyés à la fonction **Poursuite** se trouvant dans le même équipement ainsi qu'à la fonction **Poursuite** intégrée dans l'équipement TPR 1000 de la seconde chaîne de traitement si l'on est configuré en mode diversité.

4.4.4.4 Poursuite :

- **Fonction Association.**

Dans le cas d'une connexion à plusieurs équipements d'extraction, le processeur de poursuite reçoit des plots primaires de deux extracteurs. Par conséquent, deux plots d'un même tour d'antenne représentent le même avion. Un nouveau plot est formé avec ces informations :

- Position barycentrique.
- Signal/Bruit.
- Indicateurs (Zone d'appartenance, vitesse, ...).
- Qualité.

Ce plot est appelé associé. L'ensemble des plots associés pour une même fin de bloc est envoyé à la fonction corrélation.

- **Fonction Corrélation.**

Les objectifs de la corrélation sont les suivants :

- Déterminer les affectations entre plots reçus et pistes existantes. Cet objectif est atteint en cherchant, pour chaque plot, l'ensemble des pistes susceptibles de corréler, puis en choisissant la meilleure piste parmi celles-ci.

La mise à jour d'une piste consiste à renouveler les informations contenues dans cette piste en tenant compte des mesures effectuées à chaque rotation du radar. Ces informations sont :

- La position.
- La vitesse.
- La nature (Confirmée, non confirmée, initialisée).
- Les âges (âge de non doute, âge d'extrapolation ...).
- Des informations spécifiques pistes primaires.
- La fenêtre de corrélation pour le tour d'antenne suivant.

CONCLUSION

Le TRAC2000 est un radar à état solide qui fournit une puissance de 10KW et fonctionne avec 2 impulsions courtes afin de couvrir les zones proches et 2 impulsions longues pour couvrir le reste de la portée.

Le récepteur permet la compression d'impulsion longue et l'application de 8 filtres doppler pour différencier les cibles mobiles et les cibles fixes. Le processeur du TRAC assure la génération du plot et la création des pistes tout en contrôlant les niveaux d'interférence et de la saturation du signal reçu.

CHAPITRE 5

Radar secondaire

5.1 Le Radar secondaire classique :

Le radar secondaire classique se caractérise par l'utilisation de la technique dite à «fenêtre glissante» pour l'estimation de l'azimut des avions. Cette grandeur est déterminée par le calcul de la moyenne entre les positions de l'antenne à l'instant où l'avion entre dans le faisceau radar et le moment où il en sort. La qualité de la mesure dépend de la précision avec laquelle sont déterminés ces deux instants. Finalement cette technique s'est révélée trop imprécis pour être utilisée dans le cadre des séparations actuelles (3 ou 5 nautiques).



5.2 Le radar secondaire monopulse :

Le radar secondaire monoimpulsion assure la mesure directe, à partir d'une seule réponse, de l'écart angulaire entre l'axe principal du faisceau et la position de l'avion dans ce dernier (écartométrie). la connaissance de la position de l'avion à l'intérieur du faisceau permet :

- L'amélioration considérable de la précision en azimut ($0,022^\circ$)
- Réduire le garbling et le fruit

La technique monopulse exploite la réponse d'une cible sur deux diagrammes de réception différents Δ et Σ . Une mesure d'écartométrie entre l'axe de l'antenne et la direction de la réception peut être effectuée, déterminant avec précision l'azimut de l'avion.

- **Mode d'interrogation** L'interrogation est codée par paires d'impulsions appelées P1-P3. Le temps séparant ces deux impulsions indique le mode d'interrogation.

Les transpondeurs Mode A/C fournissent l'identification (code Mode 3/A) et l'altitude (code Mode C) de l'avion en réponse aux interrogations.

Mode	Structure	Fonction
Mode 3/A		<i>Identification</i>
Mode C		<i>Altitude</i>

Figure 28: les modes d'interrogation du radar secondaire

- **Code réponse :**

La réponse du transpondeur est constituée d'un train d'impulsions. On distingue :

- Deux impulsions dites d'encadrement appelées F1-F2, elles sont espacées de 20,3 μ s. Ces impulsions sont toujours présentes
- Douze impulsions d'informations situées entre les impulsions F1- F2 ; chaque impulsion code l'information par sa présence ou par son absence. On peut donc coder la réponse sur 12 Bits.

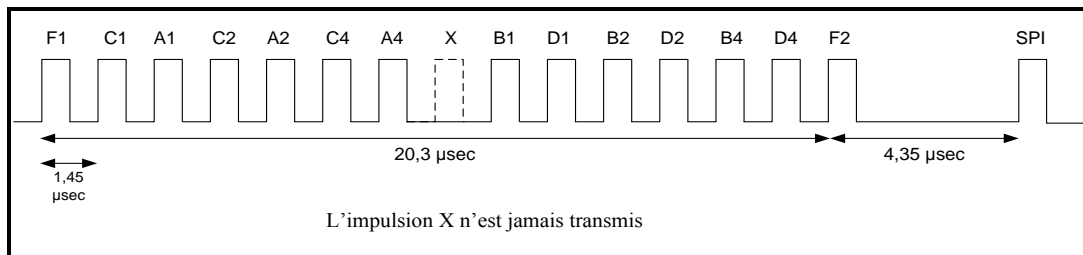


Figure 29: la réponse du transpondeur

Structure de la réponse Mode 3/A :

La réponse Mode 3/A (identification) est la combinaison des 4 chiffres. Elle est émise comme décomposition binaire d'un chiffre de 0 à 7. Le système de traitement radar entame une poursuite, par corrélation de plots sur plusieurs tours d'antenne. Cette information est visualisée sous la forme de piste ou étiquette.

Structure de la réponse mode C :

La réponse en mode C est automatique, elle se fait par l'alticodeur. La mesure d'altitude est codée sur 11 bits en éliminant l'impulsion D1. Le code utilisé est un code GRAY, le palier d'altitude est 100 ft.

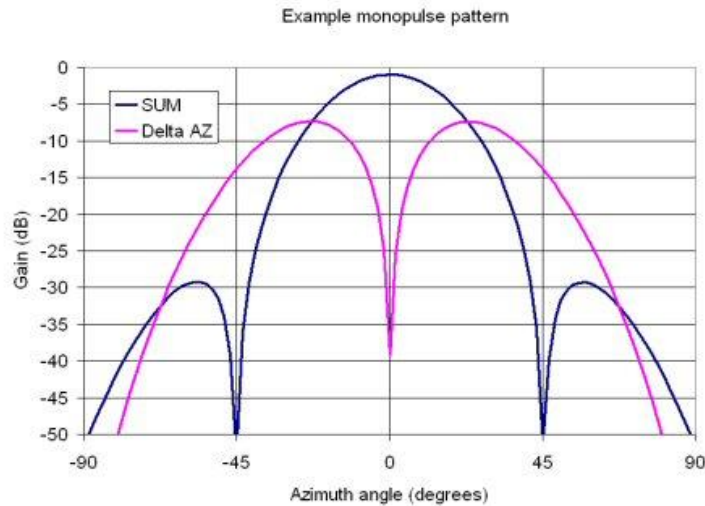


Figure 30: le diagramme monopulse

Les radars secondaires monopulse présentent des défaillances pour résoudre les problèmes d'enchevêtrement des réponses d'avions très proches les uns des autres (Garbling), ou des pistes parasites lorsque l'avion est vu simultanément par plusieurs stations ("Fruit"), de même les codes d'affichage à quatre chiffres en mode A/C (4096 codes) s'avèrent insuffisant, d'où l'immigration vers le mode S.

5.3 Le radar secondaire Mode S :

Il contient toutes les fonctions du radar SSR classique. Il permet également une interrogation sélective des cibles grâce à l'utilisation des adresses uniques des aéronefs codées sur 24 bits. Ainsi qu'une liaison de données bidirectionnelle permettant l'échange des données Air/Sol et Sol/Air.

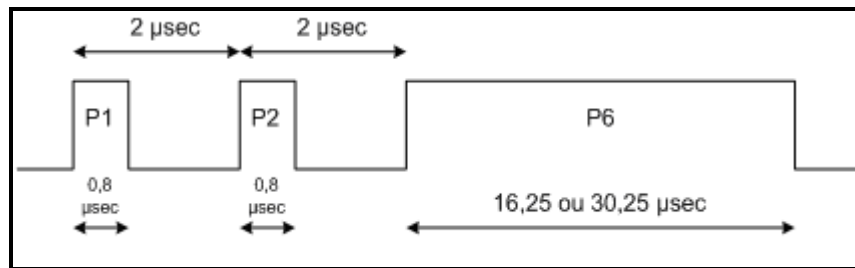


Figure 31: structure de l'interrogation mode S

Le Radar Mode S est un système de Surveillance enrichie qui possède les caractéristiques suivantes :

- La capacité d'utiliser un adressage sélectif pour chaque avion d'où la résolution des problèmes de chevauchements de réponses qui peuvent se produire dans les régions à forte densité de trafic.
- Le codage de données d'altitude à pas de 25 pieds améliore l'aptitude des systèmes au sol à surveiller et à prévoir le mouvement des aéronefs dans le plan vertical.
- Le potentiel de liaison de données permet également au système au sol d'acquiescer automatiquement certaines données à bord qui améliorent la poursuite des aéronefs.

Le Mode S a été développé de manière à permettre une transition "douce", et il existe donc une compatibilité entre les modes. C'est à dire qu'une station Mode S peut traiter les transpondeurs classiques, et une station classique peut interroger les transpondeurs Mode S (qui répondent alors en modes classiques).

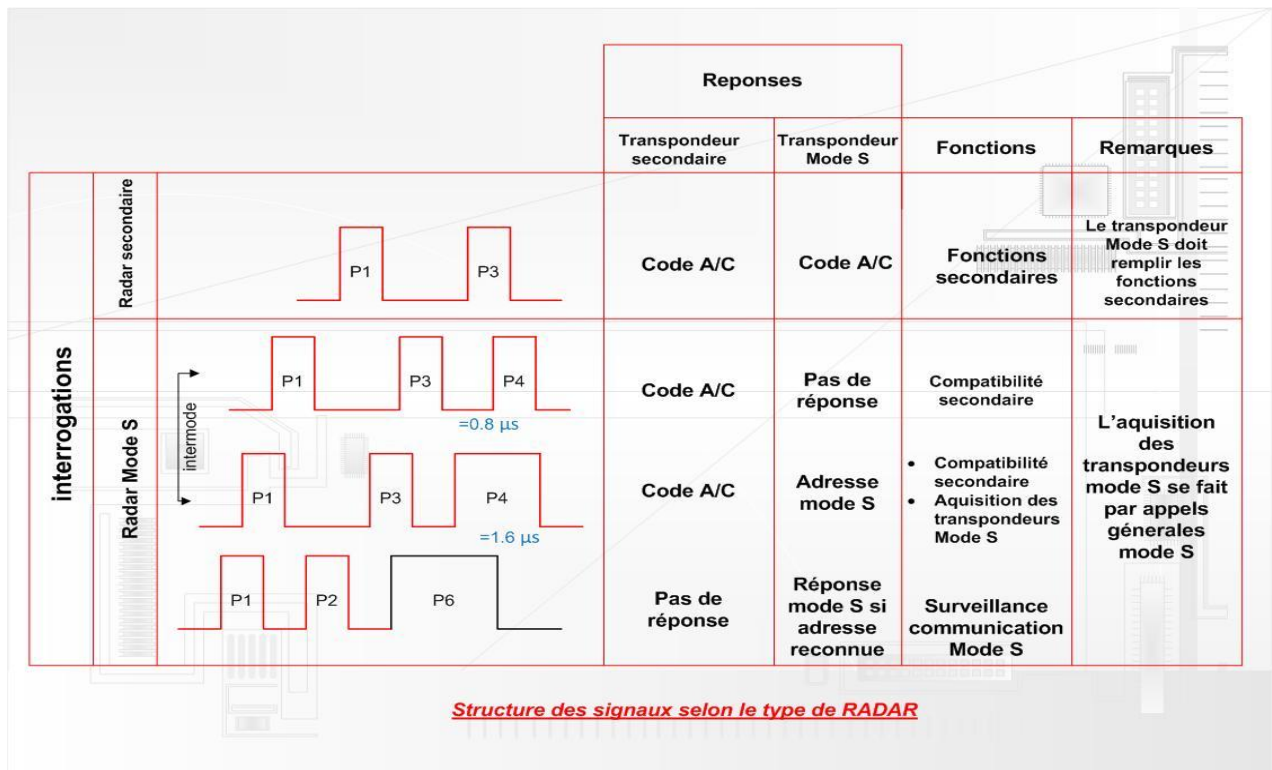


Figure 32: structure des signaux selon le type du radar secondaire

CONCLUSION

On présente le radar secondaire comme un radar coopératif qui nécessite la coopération de l'avion précisément.

Le transpondeur permet de fournir des informations concernant l'altitude et le code d'identification.

La mesure de la position de l'avion a évolué depuis la génération du secondaire classique jusqu'au monopulse pour arriver à une meilleure précision.

CHAPITRE 6

Futur système radar

6.1 ADS (AUTOMATIC DEPENDENT SURVEILLANCE) :

Introduction :

Afin d'améliorer la surveillance dans les zones peu denses, l'OACI a développé, dans le cadre du concept Communication-Navigation-Surveillance, la notion d'ADS. **Le principe** : un aéronef va transmettre spontanément et à intervalle régulier, son adresse, son identification, sa position, sa vitesse, son cap, etc. On distingue deux types:

- ADS-C: les messages sont transmis par liaison de données (Satellite ou VHF) dans le cadre d'un contrat entre l'avion et le centre de contrôle toutes les 15 à 30 mn (5 mn dans des situations particulières). Utilisé principalement en environnement océanique (Océan Pacifique, Atlantique Nord)
- ADS-B: les messages sont transmis en Broadcast vers tout utilisateur équipé d'un système de réception.

6.1.1 Principe :

Le principe de l'ADS-B est de transmettre automatiquement (sans commande du pilote) différents paramètres, telles que l'identification de l'avion, sa position, sa route, sa vitesse (Dépendance vis à vis des autres senseurs de l'avion)..., pour des applications de Surveillance. Ces messages seront diffusés (Broadcast) vers des destinataires non désignés qui peuvent être d'autres aéronefs, des stations sol. Chaque avion diffuse des données avec une périodicité de (0,5 à 5 s).

On relève 3 technologies normalisées par l'OACI qui sont:

- **1090 Mhz Extended Squitter**

La liaison de données mode S squitter long ou 1090 est une extension du Mode S conventionnel utilisé, en particulier, par l'ACAS. Pour ce système, le transpondeur émet, toutes les secondes, un squitter d'acquisition ou squitter court contenant des informations de contrôle mode S, l'adresse 24 bits de l'aéronef, des bits de parité afin d'effectuer la surveillance de cet avion. Le principe du squitter long est de transmettre, sans stimulus extérieur, des messages d'une taille de 112 bits au lieu des 56 bits du squitter court. Du fait de la faible taille de message disponible, différentes informations sont réparties au sein de plusieurs squitters long transmis avec des taux de rafraîchissement différents.

- **VDL mode 4 (bande VHF)**

La VDL mode 4 est un système basé sur le principe du STDMA (Self-organising Time Division Multiple Access) qui consiste à diviser la fréquence de communication en une multitude de créneaux, correspondant à une opportunité pour un utilisateur équipé d'émettre en fonction du nombre de fréquences disponibles. Un utilisateur peut émettre, de façon aléatoire dans des créneaux qu'il a réservés, par le biais d'un protocole spécifique sur chacune de ces fréquences. 75 créneaux sont disponibles, par seconde et par fréquence avec une taille de 256 bits.

- La méthode d'accès

La station émettrice écoute les canaux de signalisation SC (Signalling Channels) jusqu'à réception complète d'un « superframe » (jusqu'à une minute d'écoute). pendant cette phase d'écoute, la station émettrice (aéronef ou véhicule) identifie les slots réservés et réserve alors aléatoirement les slots et les canaux de communication disponibles ainsi que le temps de réservation (entre 3 et 8 minutes). en cas de surcharge une station peut utiliser des slots réservés par des stations éloignés.

VDL Mode 4 Superframe - 1 minute - 4,500 slots = 75 slots/s

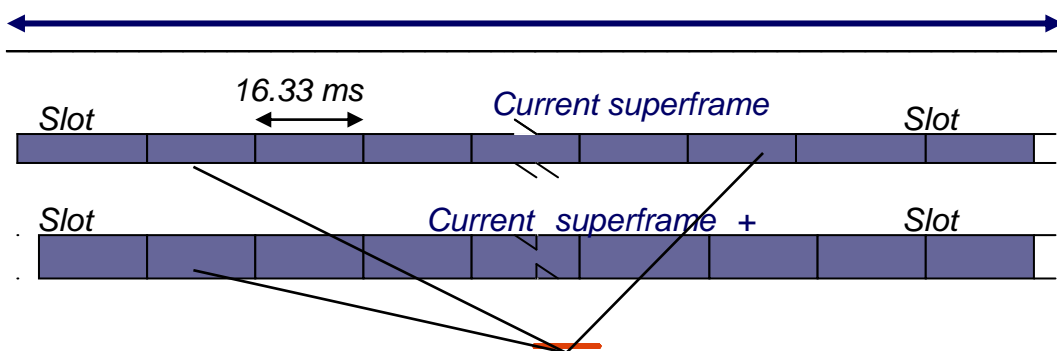


Figure 33: la superframe VDL 4

6.1.2 Les fonctions ADS-B :

- Une fonction « Génération du message ADS-B » qui fusionne les données provenant des senseurs avion ou d'entrées pilote pour « rédiger » le message ADS-B.
- La fonction « Emission/Réception » des messages
- Un media de liaison de données assurant la diffusion des messages
- Une fonction « Elaboration de rapports ADS-B » qui synthétise les messages réceptionnés pour utilisation dans le cadre de diverses applications.

6.1.3 Le Contenu du message ADS-B :

Le contenu des messages est défini par des documents OACI sont :

Adresse mode S : 24 bits identifiant de façon unique l'émetteur (transpondeur)

Indicatif d'appel : Indicatif d'appel correspond à l'identifiant avion pour les besoins de communications vocales (il s'agit souvent du numéro de vol).

Vecteur d'état : les positions des avions ainsi que leurs vitesses **Statut** (urgence/priorité)

Intention de l'avion : (cela pourrait inclure le ou les prochain(s) point(s) où la trajectoire avion sera modifiée)

Indicateurs de qualité : la qualité de l'information reçu par le contrôleur, on distingue quatre catégories:

- **NIC (Navigation Integrity Category)**
- **NAC (Navigation Availability Category)**
- **SIL (Surveillance Integrity Limit)**

- **NUC (Navigation Uncertainty Category)**

6.1.4 Les applications de L'ADS_B :

Une telle application concerne principalement les zones avec un trafic peu dense et ne disposant pas d'installation radar (contrôle aux procédures). L'objectif est de permettre à l'ATC de visualiser le trafic grâce aux informations transmises via ADS-B. L'ADS-B est l'un des systèmes susceptibles d'améliorer la sécurité aéroportuaire. Il suffit de doter les véhicules et les aéronefs d'un équipement ADS-B afin visualiser la position de tous les mobiles environnants. L'information ADS-B sera utilisée comme une donnée supplémentaire aux moyens de surveillance déjà existant (radar de surface).

6.2 ADS-C (Automatic Dependant Surveillance Contract) :

L'aéronef fournit des informations aux services ATS dans les cas suivants : **Contrat à la demande** : L'aéronef fournit les informations sur demande du contrôleur aérien.

Contrat périodique : L'aéronef fournit des informations périodiquement

Contrat d'événement : L'aéronef fournit des informations lorsque certains événements sont détectés.

6.3 Futur systèmes de surveillance de surface des aéroports : A_SMGCS (Advanced surface movement guidance and control systems). Le maintien et l'amélioration du niveau de performance du contrôle d'aérodrome sur les grands aéroports dans toutes les conditions météorologiques des outils de surveillance sont déployés pour permettre de positionner, d'identifier des mobiles et d'alerter en cas de risque majeur (intrusion piste)

6.3.1 Définition :

Définition OACI : Systèmes qui permettent de fournir la surveillance, le routage, le guidage et le contrôle aux aéronefs et les autres mobiles dans le but d'assurer la fluidité des mouvements au sol dans toutes les conditions météorologiques et toutes les configurations d'aérodrome tout en maintenant le niveau de sécurité demandé.

6.3.2 Les objectifs du A-SMGCS :

Les objectifs de ces systèmes sont bien sûr d'offrir les meilleures possibilités de capacité avec un très haut niveau de sécurité dans toutes les conditions, plus précisément :

- D'améliorer les indications au sol et les procédures.
- De réduire la charge de travail du contrôleur et du pilote par l'automatisation des informations.
- D'assurer la détection, l'analyse et la résolution des conflits.
- De garantir un environnement plus sûr et efficace par l'automatisation en pouvant y inclure des éléments de contrôle, de guidage et d'assignation de routes.

6.3.3 Les fonctions de l'A-SMGCS :

Les 4 fonctions de base de l'A-SMGCS sont : la surveillance, le routage, le guidage et le contrôle.

6.3.3.1 La surveillance :

La fonction surveillance est celle qui comme la vision du contrôleur dans sa tour par beau temps doit donner au système la connaissance de la position et de l'identification de tous les mobiles dans toutes les conditions météorologiques et toutes les configurations d'aérodrome.

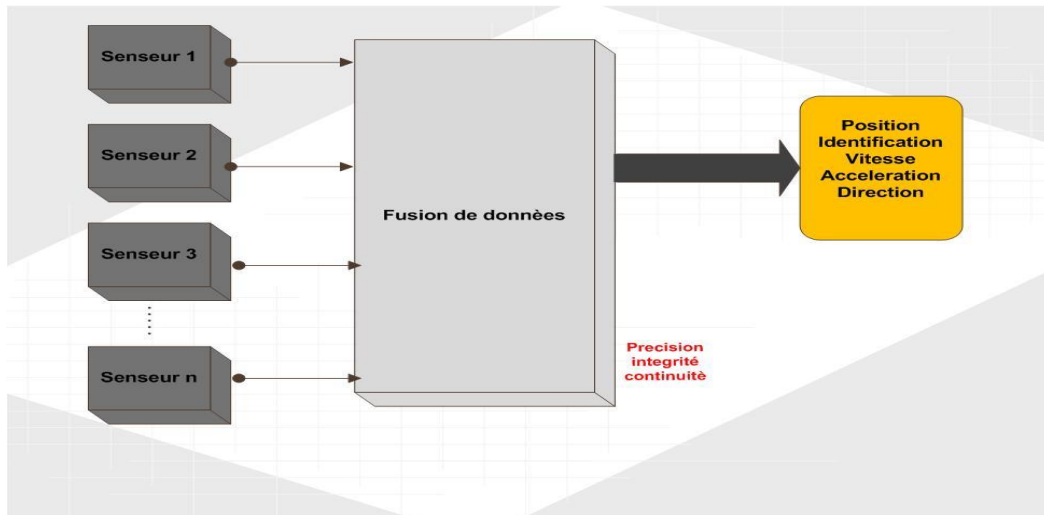


Figure 34:la fonction surveillance

6.3.3.2 Le routage

La fonction routage est celle qui va désigner une route pour chaque mobile. En mode manuel cette route est proposée au contrôleur qui la transmet au mobile concerné. En mode automatique cette route est transmise directement au mobile, le contrôleur en étant seulement informé mais ayant toujours la possibilité d'intervenir.

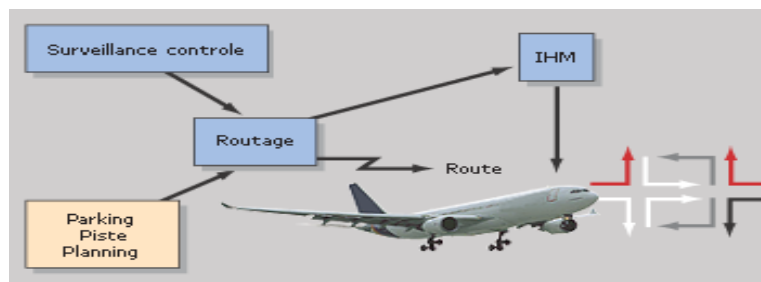


Figure 35:la fonction routage

6.3.3.3 Le guidage :

La fonction guidage est celle qui va donner aux pilotes et conducteurs de véhicule des indications claires et précises leur permettant de suivre leur route. Lorsque les conditions de visibilité permettent un acheminement sûr, ordonné et rapide des mouvements autorisés, la fonction guidage sera essentiellement fondée sur les aides visuelles normalisées. Si les délais d'acheminement sont augmentés en raison d'une mauvaise visibilité, d'autres équipements au sol ou embarqués seront nécessaires pour compléter les aides visuelles afin de maintenir la cadence d'écoulement du trafic et d'appuyer la fonction guidage.

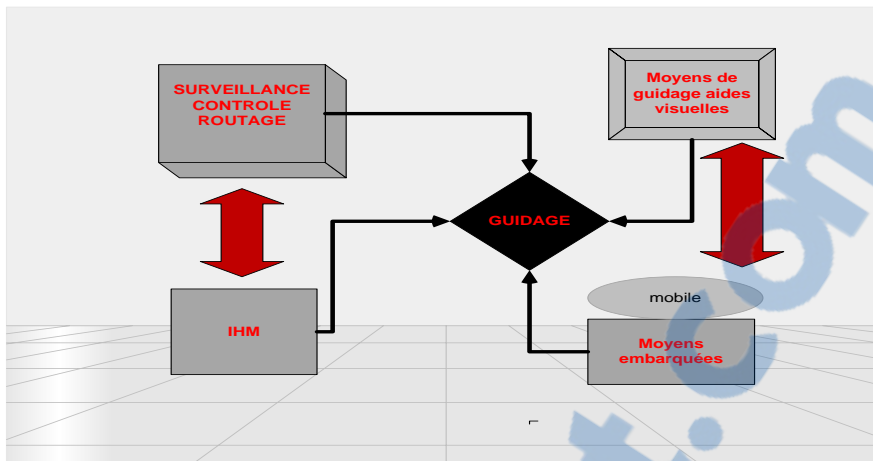


Figure 36: la fonction guidage

6.3.3.4 Le contrôle

La fonction contrôle est celle qui vient assister le contrôleur ou s'y substituer dans son rôle d'organisateur et de garant de la sécurité. Elle doit être capable d'organiser l'ensemble du trafic, de maintenir les séparations nécessaires entre les mobiles et avec les obstacles, de détecter toute forme de conflits et de les résoudre. Elle peut déclencher des alertes à moyen terme pouvant être résolues par une modification de planification et à court terme demandant une réaction immédiate des acteurs concernés.

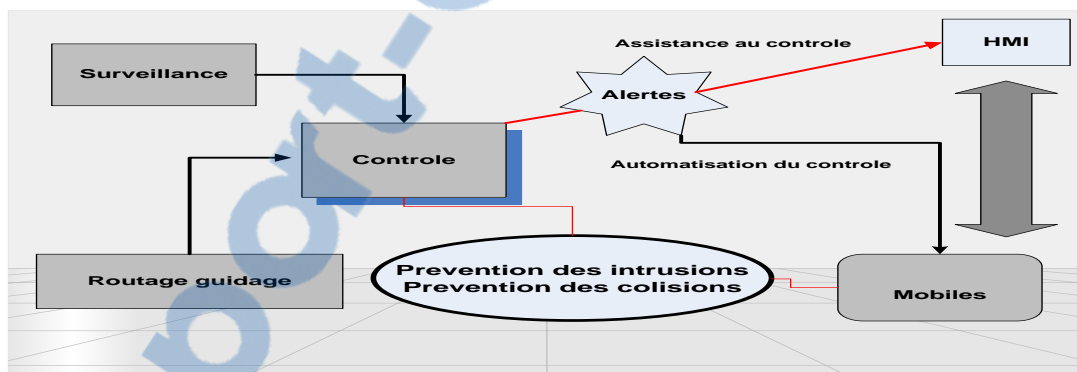


Figure 37: la fonction contrôle

6.3.4 Les classifications des A-SMGCS :

L'OACI qui indique clairement que les A-SMGCS doivent être modulaires et doivent pouvoir s'adapter à tous les aéroports, propose une classification des besoins en fonction des aéroports et des conditions d'exploitation.

Les trois critères retenus sont :

- Les conditions de visibilité
- La densité de trafic qui correspond à la moyenne des heures de pointe journalière.
- La disposition générale de l'aérodrome ou la complexité

6.3.5 Les techniques de l'A-SMGCS :

Aucun senseur unique, même le radar le plus perfectionné ne permet d'obtenir à la fois la position et l'identification de tous les mobiles en temps réel avec la meilleure fiabilité et intégrité. La seule voie est donc de faire intervenir plusieurs senseurs et plusieurs techniques complémentaires dont les résultats sont fusionnés, ensuite exploitées dans les différents modules de l'A-SMGCS.

senseur	Non coopératifs	Coopératifs
Non dépendant Couverture totale	Les moyens humains Radar primaire de surface	Multilatération VHF ou UHF Multilatération mode S
Non dépendant Couverture ponctuelle	Capteurs hyperfréquences Capteurs optiques Capteurs acoustiques Capteurs infrarouge Boucles magnétiques	Porte mode S Radar secondaire dans l'axe d'approche
Dépendant		ADS ADS/B

Figure 38:classification des senseurs dans l'application A-SMGCS

6.4 Futur systèmes de surveillance embarqués ACAS/TCAS :

6.4.1 Introduction :

Le *Traffic alert and Collision Avoidance System* (TCAS) en français, « système d'alerte de trafic et d'évitement de collision » est un instrument à bord d'avion destiné à éviter les collisions en vol entre aéronefs.

Qu'est ce que l'ACAS

ACAS est une abréviation d'AIRBORNE COLLISION AVOIDANCE SYSTEM, ce sont les normes définis par l'OACI.

On distingue :

- ACAS I fournit les alertes trafics « TAs » et l'acquisition d'une aide visuelle du trafic.
- ACAS II fournit les TA et les conseils de résolution « RAs » et informe le pilote comment modifier la vitesse verticale pour éviter la collision.
- ACAS III fournit des « RAs » dans les plans horizontal et vertical.

Qu'est ce que le TCAS

Le TCAS est une implémentation du concept de l'ACAS .on distingue :

- TCAS I est un équipement ACAS I.

- TACS II conforme aux normes ACAS II.
- TCAS III/IV projets non terminés.

6.4.2 Fonctionnalités :

Le TCAS signale au pilote tout autre avion équipé d'un TCAS (ou d'un transpondeur en Mode C) dès l'intrusion à un environnement entre aéronefs de 2.5 à 30 Nm.

En cas de collision potentielle, une alerte auditive doit être émise par le « Traffic Advisory » (TA). Ce dernier informe le pilote qu'un autre avion se trouve à proximité, en annonçant vocalement "*traffic, traffic*", mais ne suggère pas de manœuvre d'évitement.

Si la situation s'aggrave et que la collision semble imminente, un message audio et une alerte visuelle doivent être produits par le « Resolution Advisory » (RA), indiquant l'avion concerné et signalant l'action à effectuer par le pilote, à savoir de maintenir la trajectoire actuelle, monter, descendre ou encore surveiller la vitesse verticale. Bien souvent, le TCAS indique à un avion de monter et à l'autre de descendre, ce qui augmente considérablement la distance entre les deux appareils.

Quand l'alerte est terminée, le système annonce "*clear of conflict*" (plus de conflit).

Le TCAS est un système interrogatif, qui questionne les avions proches sur la fréquence 1030 MHz. L'avion répond ensuite sur la fréquence 1090 MHz

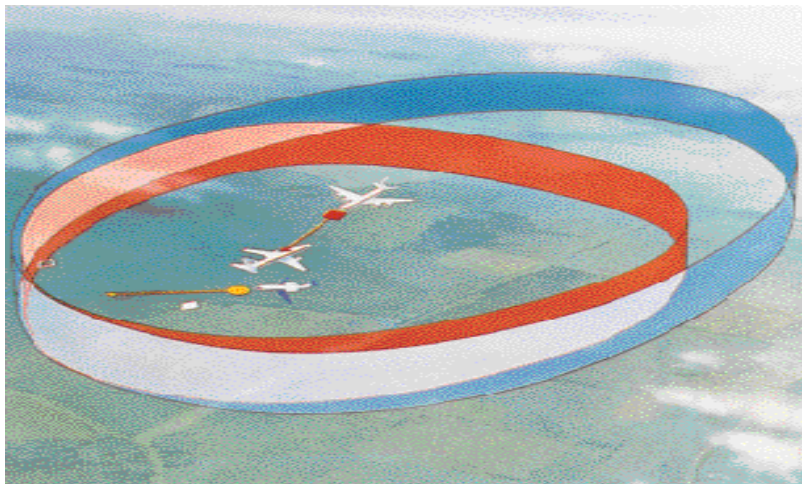


Figure 39:interaction entre deux avions équipés de TCAS

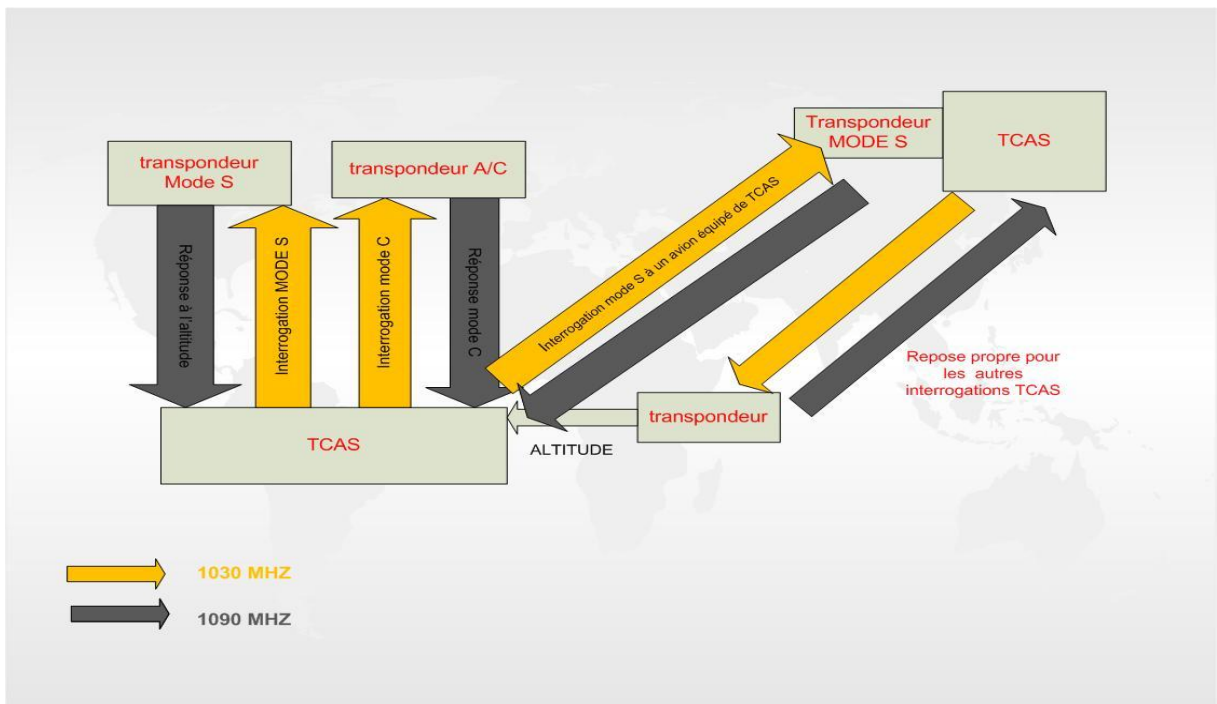


Figure 40: principe de transactions entre les avions équipés de TCAS

6.4.3 Zone protégée par le TCAS :

Le TCAS utilise des symboles conventionnels standards de l'industrie. Le nombre indique la position de l'intrus en 100 pieds au-dessus (+) ou (-) au-dessous de l'avion.

Une flèche vers le haut ou vers le bas apparaîtra, si l'intrus prend ou perd de l'altitude à un taux de 500 pieds.

Les symboles sont les suivants :

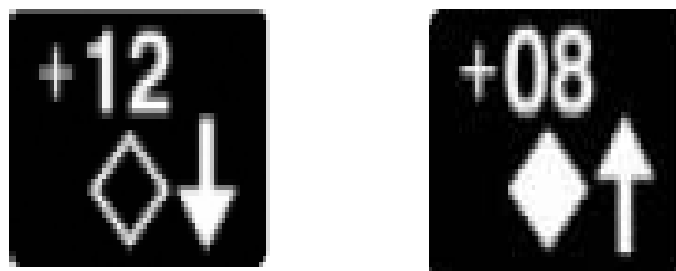


Figure 41: les symboles affichés par le TCAS

- Le trafic ne représente pas une menace:
 - H relative > \pm 1200 pieds ou avec un rayon > 5 nm
- un losange vide : l'intrus n'est pas une menace.
- L'intrus est à proximité à H relative = \pm 1200 pieds et/ou dans rayon < 5 nm
- Losange blanc rempli : l'intrus est considéré comme une menace

CONCLUSION

Le Mode S est grâce à l'interrogation sélective a permis de résoudre beaucoup de problèmes liés au secondaire classique tel que l'enchevêtrement des réponses. Aussi le mode S avec une quantité d'adresses de 24bits a permis d'avoir beaucoup plus d'adresses qu'un radar monopulse.

ADS-B et ADS-C présentés comme les futurs systèmes Radar de nos jours permettent de fournir des informations très importantes comme l'altitude, la vitesse, le changement de cap, etc... à toutes les entités qui possèdent un récepteur.

CHAPITRE 7

ASTERIX : Protocole de l'Eurocontrol pour la transmission de données Radar

L'ASTERIX est un nouveau format de transmission des données radars qui est développé par l'Organisation Européenne Eurocontrol. La présente Norme Eurocontrol décrit la structure des messages, connue sous l'acronyme ASTERIX, (All Purpose Structured Eurocontrol Radar Information eXchange). L'objectif est de permettre un transfert d'informations entre deux entités d'applications au moyen d'un accord des données à échanger.

7.1 Les catégories :

La catégorie définit le type de données qui vont suivre dans les enregistrements. Les catégories vont de 0 à 255.

Catégorie 0 à 127 : Applications "standard" civile et militaire

-> Utilisé pour l'Air Traffic Control (ATC) et la météo

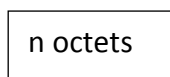
Catégorie 128 à 240 : Applications spéciales pour le domaine militaire

Catégorie 241 à 255 : Application non standard civile et militaire recherche, test, expérimentation ...

7.2 Le message :

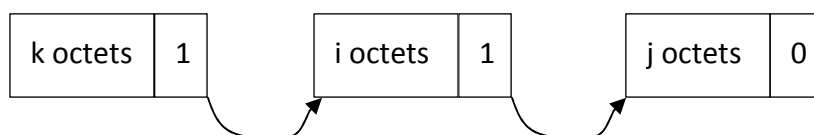
Les champs de chaque catégorie ASTERIX sont définis par une norme EUROCONTROL. Ces champs sont de tailles fixes ou variables. Nous proposons à travers les graphiques suivants de mieux comprendre la structure du message.

7.2.1 Champ fixe :



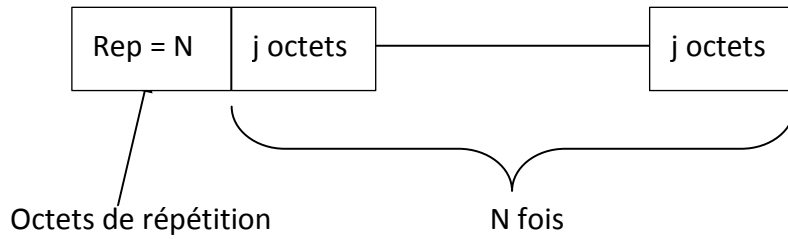
Les champs fixes sont des multiples d'octets.

7.2.2 Champ étendu :



La valeur du bit de poids faible de l'octet permet d'étendre ou non le champ. S'il vaut 1 le champ est étendu à l'octet suivant, s'il vaut 0, le champ s'arrête.

7.2.3 Champ répétitif :



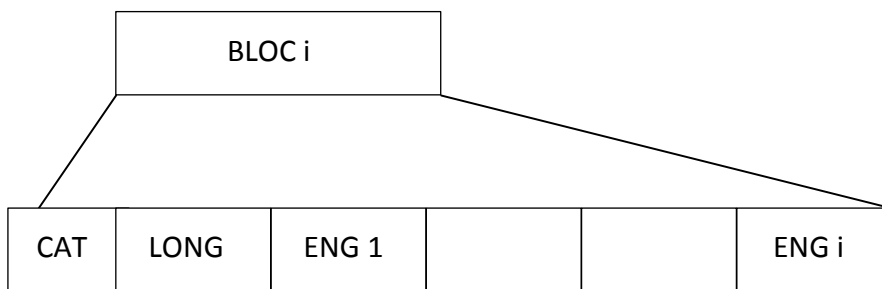
Certains champs se répètent plusieurs fois, la valeur d'un octet nous informe alors sur le nombre de fois où les champs apparaissent dans la trame.

7.2.4 Message



Un message peut contenir plusieurs blocs de données, chaque bloc contenant une catégorie ASTERIX différente.

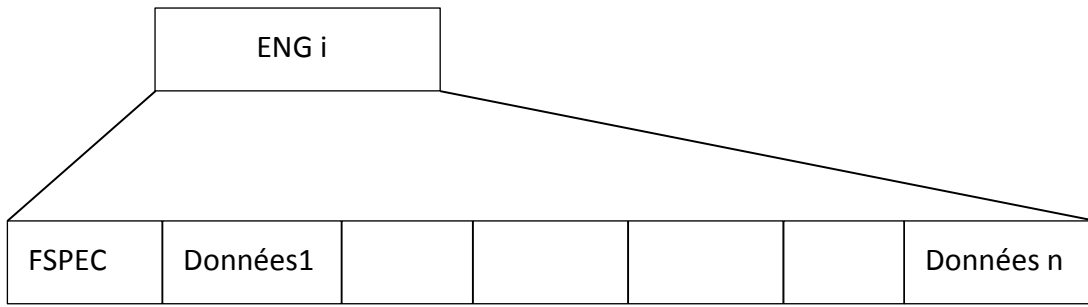
7.2.5 Bloc :



Le champ cat (catégorie) indique sur un octet à quelle catégorie ASTERIX appartiennent les données du bloc. Il y aura par exemple une catégorie pour le STR, une pour les radars aviation, une pour les radars météo, ...

Le champ long (longueur) indique sur 2 octets la longueur (en nombre d'octets) du bloc.

7.2.6 Enregistrement :



Un enregistrement commence par un champ appelé FSPEC (un ou plusieurs octets) signifiant Field SPECification.

Chaque bit de FSPEC indique la présence ou l'absence de la donnée du rang i pour la catégorie en cours.

7.2.7 Exemple :

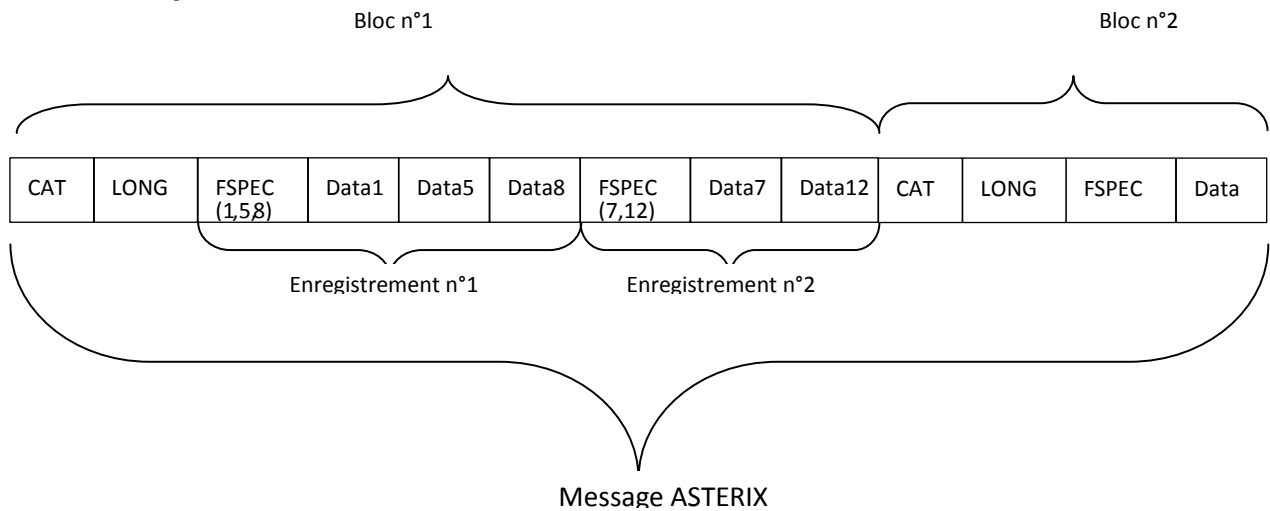


Figure 42:Message Asterix

Le message ASTERIX peut être composé de plusieurs blocs. Chaque bloc correspond à une catégorie. La longueur est relative à la taille d'un bloc. Enfin dans chaque bloc nous pouvons trouver plusieurs enregistrements. Les données des enregistrements sont détaillées dans les champs FSPEC. Ainsi chaque bit à un du champ FSPEC annonce une donnée particulière définie par la norme. FSPEC, Field Special, est un champ étendu, c'est-à-dire que sa taille est variable.

Exemple de décodage associé à la catégorie 1 sur de l'Ethernet

La catégorie 1 collecte les informations issues des radars primaires et secondaires

FSPEC

Un octet extensible. Octet 1:

8	7	6	5	4	3	2	1
IDEN	ESC	UM	OSU	OSX	VIT	MODA	EXT

Octet 2:

8	7	6	5	4	3	2	1
MCD	PTU	LOT	UIS	OPP	IST	UAL	EXT

Octet 3:

8	7	6	5	4	3	2	1
OD2	QA	QC	Q2	WEC	SP	FS	EXT

Octet 4 (jamais transmis):

8	7	6	5	4	3	2	1
0	0	0	0	0	0	0	EXT

Par nature même, le champ FSPEC est présent pour chaque plot pisté.

Par principe:

- Chaque bit de chaque octet de FSPEC indique, lorsqu'il est positionné à 1, la présence du champ correspondant dans le plot pisté courant. Certains bits sont fixés à la valeur 0; ils correspondent à des champs prévus mais qui sont inutilisés dans le cadre de la présente application radar secondaire mono-impulsion (champs réservés au radar primaire ou optionnels).

On trouve, dans l'octet No 3, un bit **SP** et un bit **RFS** indicateurs de présence respectivement d'un champ de données non standard et de champs organisés en séquence aléatoire (**RFS** = Random field Séquence). Ces bits ne seront jamais positionnés dans le cadre de notre application, mais leur utilisation est prévue par ASTERIX.

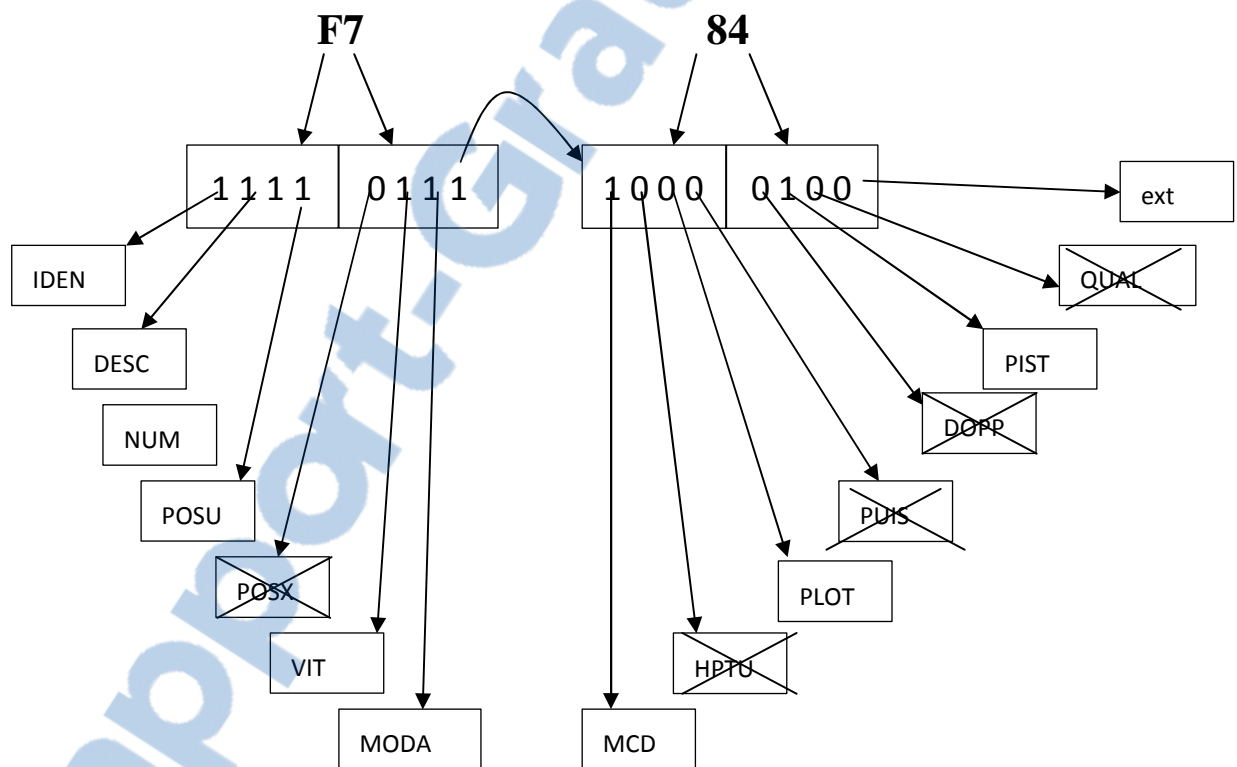
- Un octet de FSPEC dont tous les bits sont à 0 (absence des champs correspondants), y compris le bit d'extension, n'est pas transmis. C'est le cas de l'octet No 4 qui est prévu par EUROCONTROL mais qui ne sera jamais transmis ici.

Voici une capture de trame ethernet :

FD FF FF FF 08 02 00 80 02 00 00 15 00 92 34 34 03 01 00 83 **F7 84** 08 05 A8 01 A8 70
 21 BD 88 09 09 26 68 00 89 85 50 68 **77 84** A8 00 21 68 BC B9 D4 08 1B A7 28 4D A0 45
 C8 48 **77 84** A8 01 7D 57 A9 B8 70 08 0E FE 0E 0A E8 05 78 48 **77 84** A8 00 88 48 3E BF 34
 08 1F 2A B8 02 06 04 D8 48 **77 84** A8 00 8B 4 E B7 BC CC 07 05 82 08 06 E 6 02 0C 48
77 84 A8 01 4F 4A FA BE 00 08 37 7B 00 04 C8 05 C8 48 77 84 A8 00 31 18 3A BC 50
 01 E1 07 D0 0D 40 00 70 68 02 00 0C F4 08 05 02 C0 3D 81 AF 20 ...

La première chose à faire est d'examiner le FSPEC. Examen du FSPEC pour connaître les champs de données qui seront présents ou absent dans les données utiles.

FSPEC = F7 84



Le Champ *IDEN* se décompose en deux sous champs très importants :

- Le **SAC**, Source Area Code qui définit l'origine géographique de l'émetteur,
- Le **SIC**, Source Identification Code (numéro du radar)

CONCLUSION

Asterix est un protocole de transmission de données chargé d'interpréter les informations qui circulent entre les entités du radar. Parmi ces informations, l'altitude de l'avion, le code du pays, le code de la station, le numéro de piste, etc...

Le fichier ASTERIX est composé de plusieurs champs tels que champ fixe, champ étendu et champ répétitif.

CHAPITRE 8

APPLICATION

8.1 Présentation :

Il s'agit d'une petite application qui a comme rôle d'extraire des informations concernant l'émetteur Radar tel que la puissance fournie, voltage, module de puissance, coupure de transmission, puissance du pré-ampli et du amplificateurs de puissances

Tous ces informations permet de savoir si les module Amplificateurs de puissances fonctionnent correctement.

Grace à une capture via **wireshark** des donnes qui circule dans le réseau (entre les entités du radar), mon application permet le décryptage de ces donnes pour extraire des informations utiles.

L'Application est réalisée en Matlab 2009 et sera exécuter sur mon ordinateur accompagné d'une capture déjà faite que j'ai réalisé dans mon lieu de travail en Espagne.

8.2 Fonctionnement :

- Etat de l'amplificateur de puissance (PA1)

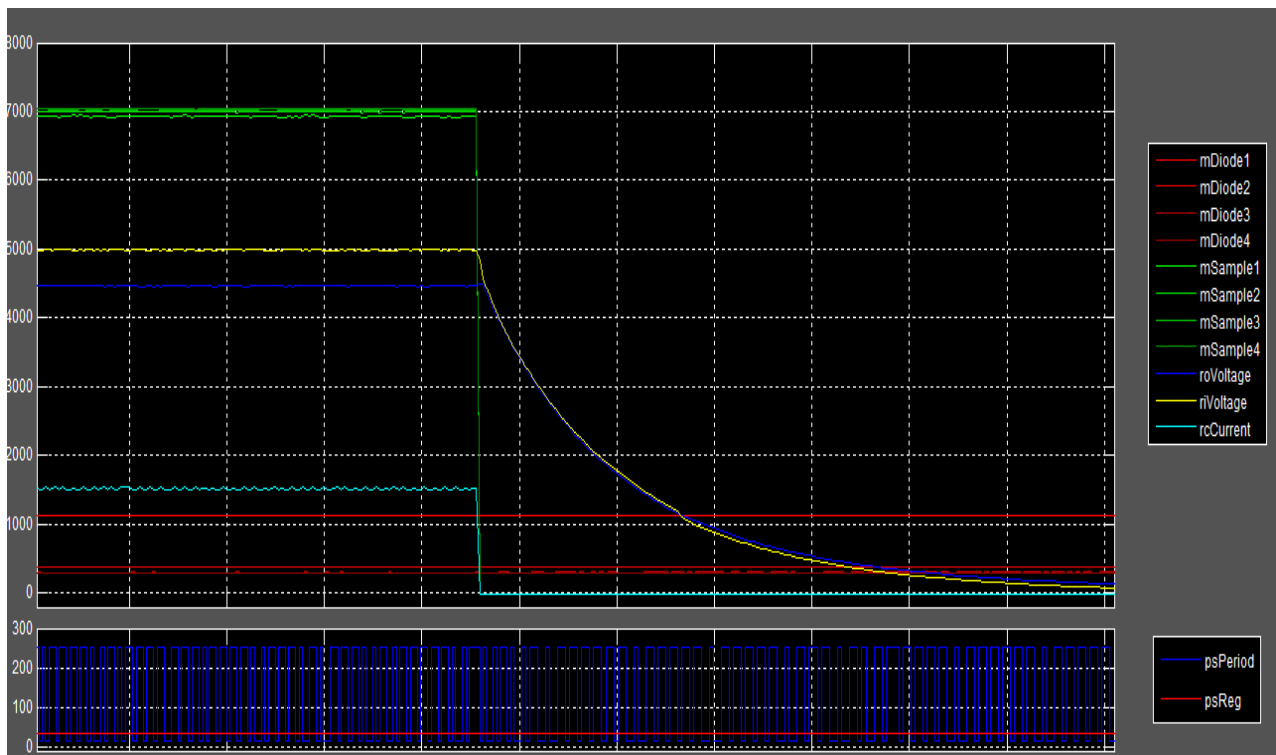


Figure 43:Etat D'Amplificateur de Puissance

Cette figure nous renseigne sur l'état des 4 bloques de transistors qui ont comme rôle l'amplification du signal d'entrée de 15W a 2KW.

➤ Etat du pré-ampli (PRPA1)

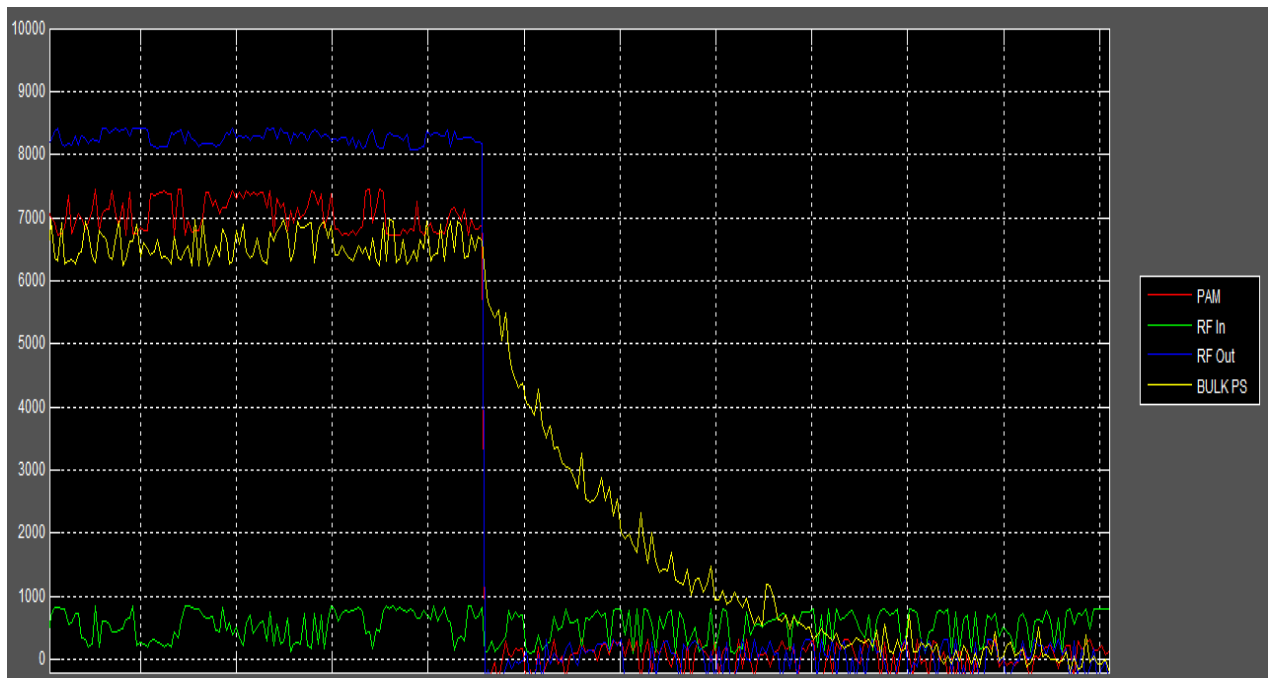


Figure 44:Etat de fonctionnement du Préamplificateur

Cette figure donne une idée sur l'état d'entrée et sortie du signal RF, aussi sur l'alimentation fournit au pré-ampli.

➤ Face principal de l'application

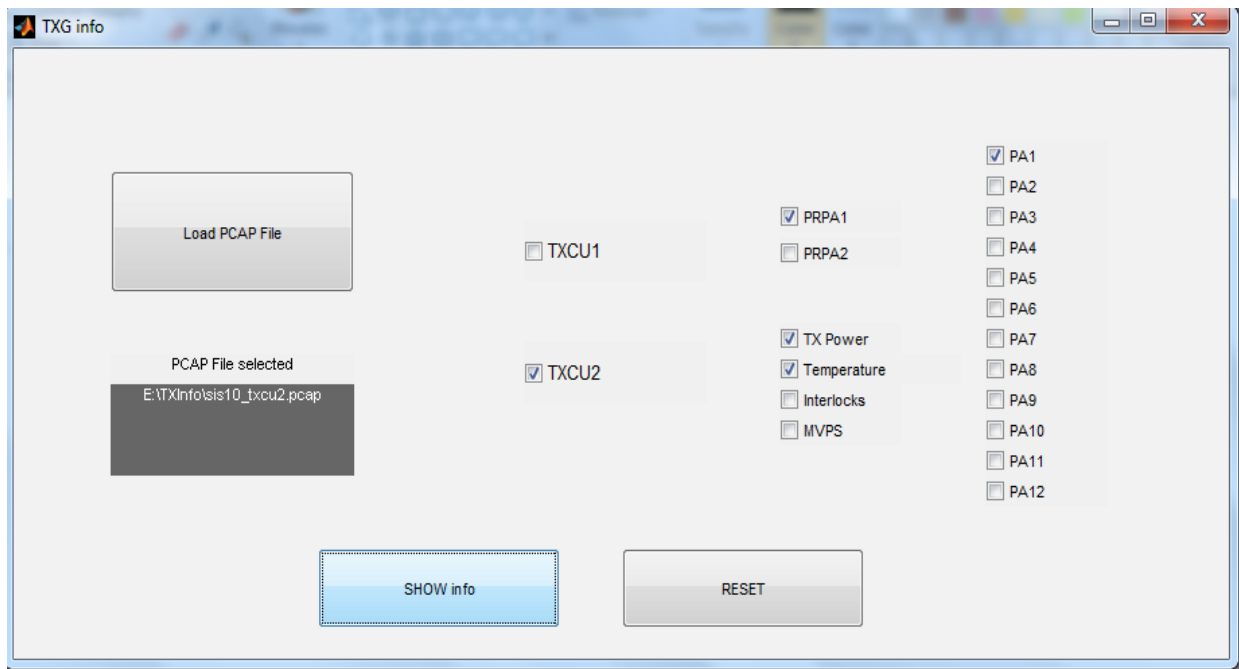


Figure 45:Vue principal

C'est la face principale de l'application ou on peut voir :

Load PCAP File : c'est là où on récupère le fichier du wireshark qu'on veut visualiser

TXCU : carte qui contrôle tous les modules d'amplifications

PRPA : c'est le module de pré-amplification

Tx Power : puissance d'émetteur

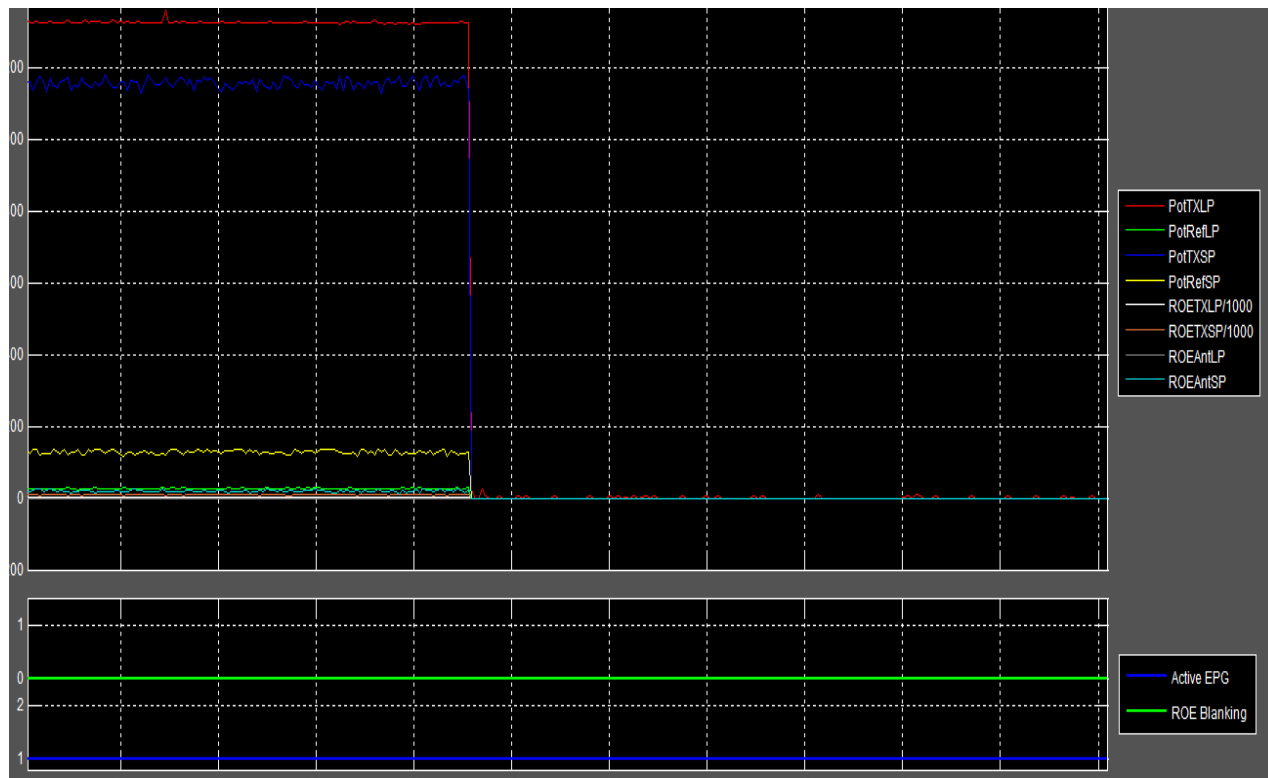
Température : température dans le bloc TXG

Interlock : c'est l'alarme due a inhibition de la transmission

MVPS : alimentation

PA1-PA10 : amplificateurs de puissance

- Etat de puissance de l'émetteur



Cette figure montre la puissance émise pour l'impulsion court et longue, aussi une indice sur la puissance réfléchié par l'antenne

8.3 Code source :

Le code source de l'application est repartie en 2 fichiers: **analisi_TXCU_v2.m** et **readTXCUBitePCAP.m**

- **analisi TXCU v2.m :**

```
%MENU
function analisis_TXCU_v2(~,~)

close all;
f_menu=figure;
set(f_menu,'Name','TXG
info','NumberTitle','off','Units','normalized','OuterPosition',[0.3 0.2 0.5
0.5],'MenuBar','none','Color',[0.95 0.95 0.95]);

global pa1;global pa2;global pa3;global pa4;global pa5;global pa6;global
pa7;global pa8;global pa9;global pa10;global pa11;global pa12;
pa1=icontrol('Parent',f_menu,'Style','checkbox','String','PA1','Units','nor
malized','Position',[0.8 0.8 0.1 0.05]);
pa2=icontrol('Parent',f_menu,'Style','checkbox','String','PA2','Units','nor
malized','Position',[0.8 0.75 0.1 0.05]);
pa3=icontrol('Parent',f_menu,'Style','checkbox','String','PA3','Units','nor
malized','Position',[0.8 0.7 0.1 0.05]);
pa4=icontrol('Parent',f_menu,'Style','checkbox','String','PA4','Units','nor
malized','Position',[0.8 0.65 0.1 0.05]);
pa5=icontrol('Parent',f_menu,'Style','checkbox','String','PA5','Units','nor
malized','Position',[0.8 0.6 0.1 0.05]);
pa6=icontrol('Parent',f_menu,'Style','checkbox','String','PA6','Units','nor
malized','Position',[0.8 0.55 0.1 0.05]);
pa7=icontrol('Parent',f_menu,'Style','checkbox','String','PA7','Units','nor
malized','Position',[0.8 0.5 0.1 0.05]);
pa8=icontrol('Parent',f_menu,'Style','checkbox','String','PA8','Units','nor
malized','Position',[0.8 0.45 0.1 0.05]);
pa9=icontrol('Parent',f_menu,'Style','checkbox','String','PA9','Units','nor
malized','Position',[0.8 0.4 0.1 0.05]);
pa10=icontrol('Parent',f_menu,'Style','checkbox','String','PA10','Units','n
ormalized','Position',[0.8 0.35 0.1 0.05]);
pa11=icontrol('Parent',f_menu,'Style','checkbox','String','PA11','Units','n
ormalized','Position',[0.8 0.3 0.1 0.05]);
pa12=icontrol('Parent',f_menu,'Style','checkbox','String','PA12','Units','n
ormalized','Position',[0.8 0.25 0.1 0.05]);

global prpa1;global prpa2;
prpa1=icontrol('Parent',f_menu,'Style','checkbox','String','PRPA1','Units',
'normalized','Position',[0.63 0.7 0.1 0.05]);
prpa2=icontrol('Parent',f_menu,'Style','checkbox','String','PRPA2','Units',
'normalized','Position',[0.63 0.64 0.1 0.05]);

global pot;global temp;global interlocks;global fuentes_mv;
pot=icontrol('Parent',f_menu,'Style','checkbox','String','TX
Power','Units','normalized','Position',[0.63 0.5 0.1 0.05]);
temp=icontrol('Parent',f_menu,'Style','checkbox','String','Temperature','Un
its','normalized','Position',[0.63 0.45 0.15 0.05]);
interlocks=icontrol('Parent',f_menu,'Style','checkbox','String','Interlocks
','Units','normalized','Position',[0.63 0.4 0.1 0.05]);
fuentes_mv=icontrol('Parent',f_menu,'Style','checkbox','String','MVPS','Uni
ts','normalized','Position',[0.63 0.35 0.1 0.05]);

global txcu1_mon;global txcu2_mon;
txcu1_mon=icontrol('Parent',f_menu,'Style','checkbox','String','TXCU1','Uni
ts','normalized','Position',[0.42 0.62 0.15 0.1],'fontsize',10);
```

```

txcu2_mon=icontrol('Parent',f_menu,'Style','checkbox','String','TXCU2','Units',
'normalized','Position',[0.42 0.42 0.15 0.1],'fontsize',10);

global File
File=icontrol('Parent',f_menu,'Style','pushbutton','String','Load PCAP
File','callback',@FileSelect,'Units','normalized','Position',[0.08 0.6 0.2
0.2]);
icontrol('Parent',f_menu,'Style','text','String','PCAP File
selected','Units','normalized','Position',[0.08 0.3 0.2 0.2]);

global File_sel
File_sel=icontrol('Parent',f_menu,'Style','text','String','none','Units','n
ormalized','Position',[0.08 0.3 0.2 0.15]);
set(File_sel,'BackgroundColor',[0.4 0.4 0.4]);
set(File_sel,'ForegroundColor',[ 1 1 1]);
align(File_sel,'VerticalAlignment','Middle');

global reset;
reset=icontrol('Parent',f_menu,'Style','pushbutton','String','RESET','Enabl
e','off','callback',@Reset,'Units','normalized','Position',[0.5 0.05 0.2
0.13]);

global Start;
Start=icontrol('Parent',f_menu,'Style','pushbutton','String','SHOW
info','Enable','off','callback',@Start_analisis,'Units','normalized','Positi
on',[0.25 0.05 0.2 0.13]);

end

function FileSelect(~,~)
global File_sel
global Start
global path
global browser
[browser,path,index]=uigetfile({'*.pcap','.pcap'},'Captura','D:\')
set(File_sel,'String',[path,browser]);
set(Start,'Enable','on');
end

function Reset(~,~)
close all;
clear all;
clc;
analysis_TXCU_v2;
end

function Modify_Toolbar(~,~)
a=findall(gcf,'tooltipstring','New Figure');
b=findall(gcf,'tooltipstring','Open File');
c=findall(gcf,'tooltipstring','Rotate 3D');
d=findall(gcf,'tooltipstring','Data Cursor');
e=findall(gcf,'tooltipstring','Link Plot');
f=findall(gcf,'tooltipstring','Insert Colorbar');
g=findall(gcf,'tooltipstring','Insert Legend');
h=findall(gcf,'tooltipstring','Hide Plot Tools');
i=findall(gcf,'tooltipstring','Show Plot Tools and Dock Figure');
j=findall(gcf,'tooltipstring','Edit Plot');
k=findall(gcf,'tooltipstring','Brush/Select Data');
l=findall(gcf,'tooltipstring','Print Figure');
delete(a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l);

```

```

end
function Start_analisis(~,~)
global reset
global path
global browser
global txcu1_mon;global txcu2_mon
global pa1;global pa2;global pa3;global pa4;global pa5;global pa6;global
pa7;global pa8;global pa9;global pa10;global pa11;global pa12;
global prpa1;global prpa2;
global pot;global temp;global interlocks;global fuentes_mv;

%verification des element a visualizer
txcu1_show=get(txcu1_mon,'value');txcu2_show=get(txcu2_mon,'value');

pa_show(1)=get(pa1,'value');pa_show(2)=get(pa2,'value');pa_show(3)=get(pa3,'
value');pa_show(4)=get(pa4,'value');pa_show(5)=get(pa5,'value');

pa_show(6)=get(pa6,'value');pa_show(7)=get(pa7,'value');pa_show(8)=get(pa8,'
value');pa_show(9)=get(pa9,'value');pa_show(10)=get(pa10,'value');
pa_show(11)=get(pa11,'value');pa_show(12)=get(pa12,'value');
prpa_show(1)=get(prpa1,'value');prpa_show(2)=get(prpa2,'value');
power_show=get(pot,'value');
temp_show=get(temp,'value');
interlock_show=get(interlocks,'value');
mvps_show=get(fuentes_mv,'value');

%vérifier si a été sélectionné pour le moins un TXCU et autre élément

num_elem_show=pa_show(1)+pa_show(2)+pa_show(3)+pa_show(4)+pa_show(5)+pa_show
(6)+pa_show(7)+pa_show(8)+pa_show(9)+pa_show(10)+pa_show(11)+pa_show(12)+...
prpa_show(1)+prpa_show(2)+power_show+temp_show+interlock_show+mvps_show;
num_txcus_show=txcu1_show+txcu2_show;

if num_txcus_show>0 && num_elem_show>0
set(reset,'Enable','on');
%Analyse et visualisons des éléments sélectionné

analisiis_v2([path,browser],txcu1_show,txcu2_show,pa_show,prpa_show,power_sho
w,temp_show,interlock_show,mvps_show);

elseif num_txcus_show==0%a choisir...
f_err=figure;
set(f_err,'Units','normalized','OuterPosition',[0.4 0.4 0.2
0.15],'Name','Error','NumberTitle','off','MenuBar','none','Color',[0.95 0.95
0.95])
uicontrol('Parent',f_err,'Style','text','String','No TXCU
selected','Units','normalized','Position',[0.1 0.5 0.8 0.22],'fontsize',13);
elseif num_elem_show==0%a choisir....
f_err=figure;
set(f_err,'Units','normalized','OuterPosition',[0.4 0.4 0.2
0.15],'Name','Error','NumberTitle','off','MenuBar','none','Color',[0.95 0.95
0.95])
uicontrol('Parent',f_err,'Style','text','String','No elements
selected','Units','normalized','Position',[0.1 0.5 0.8 0.22],'fontsize',13);
end
end

```

```
%%%FONCTION PRINCIPAL %%%
```

```
function
```

```
data=analysis_v2(archivoPCAP,txcu1_show,txcu2_show,pa_show,prpa_show,power_s  
how,temp_show,interlock_show,mvps_show)
```

```
%pour visuelisation d'1 ou 2 TXCU
```

```
pos_graph1=[0 0 1 1];  
pos_graph1_2=[0 0.5 1 0.5];  
pos_graph2_2=[0 0 1 0.5];
```

```
if txcu1_show==1 && txcu2_show==1  
    num_txcu=2;  
else  
    num_txcu=1;  
end
```

```
% visualizer 1 TXCU
```

```
if txcu1_show==1 && num_txcu==1
```

```
    IPSource='10.188.133.120';
```

```
    txcu_mon=' -TXCU1- '
```

```
    pos_graph_txcu=pos_graph1;
```

```
    data = readTXCUBitePCAP (archivoPCAP,IPSource)%on lit les message des BIT  
de TXCU1 presentent dans la capture .pcap
```

```
elseif txcu2_show==1 && num_txcu==1
```

```
    IPSource='10.188.133.220';
```

```
    txcu_mon=' -TXCU2- '
```

```
    pos_graph_txcu=pos_graph1;
```

```
    data = readTXCUBitePCAP (archivoPCAP,IPSource)% on lit les message des BIT  
de TXCU2 presentent dans la capture .pcap
```

```
end
```

```
%Visualizer 2 TXCU
```

```
for i=1:num_txcu
```

```
if txcu1_show==1 && txcu2_show==1 && i==1%Visualiser premièrement le TXCU1
```

```
    IPSource='10.188.133.120';
```

```
    txcu_mon=' -TXCU1- '
```

```
    pos_graph_txcu=pos_graph1_2;
```

```
    data = readTXCUBitePCAP (archivoPCAP,IPSource)% on lit les message des BIT  
de TXCU2 presentent dans la capture .pcap
```

```
elseif txcu1_show==1 && txcu2_show==1 && i==2
```

```
    IPSource='10.188.133.220';
```

```
    txcu_mon=' -TXCU2- '
```

```
    pos_graph_txcu=pos_graph2_2;
```

```
    data = readTXCUBitePCAP (archivoPCAP,IPSource)% on lit les message des BIT  
de TXCU2 presentent dans la capture .pcap
```

```
end
```

```
%numero de msg dans la capture
```

```
num_msg=size(data.intTxStatus);
```

```
num_msg=num_msg(2)
```

```
%eje x
```

```
x=zeros(1,num_msg);
```

```
x(1,:)=data.tStamp;
```

```
%Masque interlocks
```

```
RFDISMask= '0000001';
```

```

CLOCKMask= '0000010';
VSWRMask= '0000100';
BULKMask= '00001000';
ANTENAMask= '00010000';
PRPASWMask= '00100000';
AIRFLOWMask='01000000';
INPUTSWMask='10000000';
%Masque SWPRPAPos
SWPos1Mask= '00001000';
SWPos2Mask= '00010000';

sep=1.5;%separation de eje et entre signaux digitales dans le meme axe
y=1:num_msg;
xmax=x(1,num_msg);

% %%%%%%%%%%INTERLOCKS%%%%%%%%%
if interlock_show==1
%Etat interlocks
for k=1:1:num_msg

interlock=data.intTxStatus(1,k);
%BITE interlock
RFDIS(k)=bitand(interlock,bin2dec(RFDISMask))/bin2dec(RFDISMask);
CLOCK(k)=bitand(interlock,bin2dec(CLOCKMask))/bin2dec(CLOCKMask);
VSWR(k)=bitand(interlock,bin2dec(VSWRMask))/bin2dec(VSWRMask);
BULK(k)=bitand(interlock,bin2dec(BULKMask))/bin2dec(BULKMask);
ANTENA(k)=bitand(interlock,bin2dec(ANTENAMask))/bin2dec(ANTENAMask);
PRPAS(k)=bitand(interlock,bin2dec(PRPASWMask))/bin2dec(PRPASWMask);
AIRFLOW(k)=bitand(interlock,bin2dec(AIRFLOWMask))/bin2dec(AIRFLOWMask);
INPUTSW(k)=bitand(interlock,bin2dec(INPUTSWMask))/bin2dec(INPUTSWMask);

end

%GUI Interlocks
f_int=figure;
set(f_int,'Name',['TX
INTERLOCKS'],txcu_mon,archivoPCAP,'NumberTitle','off','Units','normalized','
OuterPosition',pos_graph_txcu,...
'MenuBar','none','ToolBar','figure');
Modify_Toolbar();
hold on;whitebg('k')
xlabel('seg')
axis([0 xmax -0.2 8*sep]);
stairs(x,RFDIS(y),'r','LineWidth',1.5)
stairs(x,CLOCK(y)+1*sep,'g','LineWidth',1.5)
stairs(x,VSWR(y)+2*sep,'b','LineWidth',1.5)
stairs(x,BULK(y)+3*sep,'y','LineWidth',1.5)
stairs(x,ANTENA(y)+4*sep,'w','LineWidth',1.5)
stairs(x,PRPAS(y)+5*sep,'m','LineWidth',1.5)
stairs(x,AIRFLOW(y)+6*sep,'c','LineWidth',1.5)
stairs(x,INPUTSW(y)+7*sep,'Color',[0.6 0.5 0],'LineWidth',1.5)
legend('RF Disable','Clock','VSWR','BULK
PS','Antena','PRPAs','Blowers','PRPA SW','location','bestOutside');
Axis_label=gca;
get(Axis_label,'YTick');
set(Axis_label,'Position',[0.075 0.12 0.79 0.8]);
ynum=[0 1 1*sep 1*sep+1 2*sep 2*sep+1 3*sep 3*sep+1 4*sep 4*sep+1 5*sep
5*sep+1 6*sep 6*sep+1 7*sep 7*sep+1 8*sep 8*sep+1];
set(Axis_label,'YTickLabel',ynum);
ytext=get(Axis_label,'YTickLabel');
ytext=['0';'1';'0';'1';'0';'1';'0';'1';'0';'1';'0';'1';'0';'1';'0';'1';
'];

```



```

set(Axis_label, 'YTickLabel', ytext);
set(Axis_label, 'fontsize', 9);
grid on;
hold off;
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%TX_POWER%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if power_show==1
    f_ps=figure;
    set(f_ps, 'Units', 'normalized', 'OuterPosition', pos_graph_txcu, 'Name', ['TX
POWER', txcu_mon, archivePCAP], 'NumberTitle', 'off', 'MenuBar', 'none', 'ToolBar',
'figure')
    Modify_Toolbar();
    whitebg('k')
    xmax=x(1, num_msg);
    axes1 = axes('Parent', f_ps, ...
'Position', [0.07 0.32 0.81 0.6], 'XTickLabel', ' '); xlim(axes1, [1 xmax]);
    Axis_label=gca;
    set(Axis_label, 'fontsize', 9);
    box(axes1, 'on'); grid(axes1, 'on'); hold(axes1, 'all');

    %mis a l'echelle ROETXLP & ROETXSP a /1000
    ymatrix=[data.ROE.Pot(1, :);          data.ROE.Pot(2, :);          data.ROE.Pot(3, :);
data.ROE.Pot(4, :); data.ROE.coef(1, :)/1000; ...
data.ROE.coef(2, :)/1000; data.ROE.coef(3, :); data.ROE.coef(4, :)];

    plot1=plot(x, ymatrix, 'Parent', axes1);
    set(plot1(1), 'Color', 'r', 'DisplayName', 'PotTXLP');
    set(plot1(2), 'Color', 'g', 'DisplayName', 'PotRefLP');
    set(plot1(3), 'Color', 'b', 'DisplayName', 'PotTXSP');
    set(plot1(4), 'Color', 'y', 'DisplayName', 'PotRefSP');
    set(plot1(5), 'Color', 'w', 'DisplayName', 'ROETXLP/1000');
    set(plot1(6), 'Color', [0.8 0.4 0.2], 'DisplayName', 'ROETXSP/1000');
    set(plot1(7), 'Color', [0.5 0.5 0.5], 'DisplayName', 'ROEAntLP');
    set(plot1(8), 'Color', [0 0.8 0.8], 'DisplayName', 'ROEAntSP');
    legend('location', 'bestoutside')
    legend1 = legend(axes1, 'show');
    set(legend1, ...
'Position', [0.895 0.55 0.09 0.12], 'fontsize', 9);
    ylabel('mV');
    xlabel(' ');

    axes2 = axes('Parent', f_ps, 'YTickLabel', ['1'; '2'; '0'; '1'; ' '], ...
'YTick', [0 1 1*sep 1*sep+1 2*sep], ...
'Position', [0.07 0.11 0.81 0.18]);
    xlim(axes2, [1 xmax]);
    ylim(axes2, [-0.2 3]);
    box(axes2, 'on'); grid(axes2, 'on'); hold(axes2, 'all');

    data_sw_EPG=zeros(num_msg, 1);
    data_sw_EPG(:, 1)=data.swEpg(1, :)-1;
    data_ROE_blk=zeros(num_msg, 1);
    data_ROE_blk(:, 1)=data.ROE.blk(1, :)+1*sep;

    ymatrix2=[data_sw_EPG, data_ROE_blk];
    stairs1 = stairs(x, ymatrix2, 'LineWidth', 1.75, 'Parent', axes2);
    set(stairs1(1, :), 'Color', 'b', 'DisplayName', 'Active EPG');
    set(stairs1(2, :), 'Color', 'g', 'DisplayName', 'ROE Blanking');
    legend2 = legend(axes2, 'show');
    set(legend2, 'Position', [0.899 0.15 0.08 0.08], 'fontsize', 9);
    xlabel('seg');

```

```

Axis_label=gca;
set(Axis_label, 'fontsize', 9);
hold off;

linkaxes([axes1, axes2], 'x'); %zoom simultanée
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%PRPA1%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if prpa_show(1)==1

f_prpa1=figure;

set(f_prpa1, 'Units', 'normalized', 'OuterPosition', pos_graph_txcu, 'Name', ['PRP
A1', txcu_mon, archivoPCAP], 'NumberTitle', 'off', ...
'MenuBar', 'none', 'ToolBar', 'figure')
Modify_Toolbar();

axes1 = axes('Parent', f_prpa1, ...
'Position', [0.067 0.3 0.795 0.6], 'XTickLabel', ' ', ' '); xlim(axes1, [1
xmax]); ylim(axes1, [-200 10000]);
Axis_label=gca;
set(Axis_label, 'fontsize', 9);
box(axes1, 'on'); grid(axes1, 'on'); hold(axes1, 'all'); whitebg('k');
ymatrix=[data.IPA(1,1).levels(1,:); data.IPA(1,1).levels(2,:);
data.IPA(1,1).levels(3,:); data.IPA(1,1).levels(4,:)];
plot1 = plot(x, ymatrix, 'Parent', axes1);
set(plot1(1), 'Color', 'r', 'DisplayName', 'PAM');
set(plot1(2), 'Color', 'g', 'DisplayName', 'RF In');
set(plot1(3), 'Color', 'b', 'DisplayName', 'RF Out');
set(plot1(4), 'Color', 'y', 'DisplayName', 'BULK PS');
legend1 = legend(axes1, 'show');
set(legend1, 'Position', [0.885 0.55 0.09 0.12], 'fontsize', 9);
ylabel('mV');

axes2 = axes('Parent', f_prpa1, 'YTickLabel', ['0'; '1'; '0'; '1'; ' '], ...
'YTick', [0 1 1*sep 1*sep+1 2*sep], ...
'Position', [0.067 0.11 0.795 0.17]);
xlim(axes2, [1 xmax]);
ylim(axes2, [-0.2 3]);
Axis_label=gca;
set(Axis_label, 'fontsize', 9);
box(axes2, 'on'); grid(axes2, 'on'); hold(axes2, 'all');

SWPosition1=zeros(1, num_msg);
SWPosition2=zeros(1, num_msg);

SWPosition1(1,:) = bitand(data.intTxStatus(3,:), bin2dec(SWPos1Mask))/bin2dec(S
WPos1Mask);

SWPosition2(1,:) = bitand(data.intTxStatus(3,:), bin2dec(SWPos2Mask))/bin2dec(S
WPos2Mask);

SW1=zeros(num_msg, 1);
SW2=zeros(num_msg, 1);
SW1(:, 1) = SWPosition1(1, :);
SW2(:, 1) = SWPosition2(1, :)+1*sep;

ymatrix2=[SW1, SW2];
stairs1 = stairs(x, ymatrix2, 'LineWidth', 1.5, 'Parent', axes2);
set(stairs1(1,:), 'Color', 'b', 'DisplayName', 'PRPA SwPos 1');
set(stairs1(2,:), 'Color', 'y', 'DisplayName', 'PRPA SwPos 2');
legend2 = legend(axes2, 'show');

```

```

set(legend2,...
'Position',[0.89 0.16 0.08 0.08],'fontsize',9);
xlabel('seg');
hold off;

linkaxes([axes1,axes2],'x');%zoom simultanée
end

%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%PRPA2%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if prpa_show(2)==1
f_prpa2=figure;

set(f_prpa2,'Units','normalized','OuterPosition',pos_graph_txcu,'Name',['PRP
A2',txcu_mon,archivoPCAP],'NumberTitle','off','MenuBar','none','ToolBar','fi
gure')
Modify_Toolbar();

axes1 = axes('Parent',f_prpa2,...
'Position',[0.067 0.3 0.795 0.6],'XTickLabel',' ');xlim(axes1,[1
xmax]);ylim(axes1,[-200 10000]);
Axis_label=gca;
set(Axis_label,'fontsize',9);
box(axes1,'on');grid(axes1,'on');hold(axes1,'all');whitebg('k');
ymatrix=[data.IPA(1,2).levels(1,:); data.IPA(1,2).levels(2,:);
data.IPA(1,2).levels(3,:); data.IPA(1,2).levels(4,:)];
plot1 = plot(x,ymatrix,'Parent',axes1);
set(plot1(1),'Color','r','DisplayName','PAM');
set(plot1(2),'Color','g','DisplayName','RF In');
set(plot1(3),'Color','b','DisplayName','RF Out');
set(plot1(4),'Color','y','DisplayName','BULK PS');
legend1 = legend(axes1,'show');
set(legend1,'Position',[0.885 0.55 0.09 0.12],'fontsize',9);
ylabel('mV');

axes2 = axes('Parent',f_prpa2,'YTickLabel',['0';'1';'0';'1';' '],...
'YTick',[0 1 1*sep 1*sep+1 2*sep],...
'Position',[0.067 0.11 0.795 0.17]);
xlim(axes2,[1 xmax]);
ylim(axes2,[-0.2 3]);
Axis_label=gca;
set(Axis_label,'fontsize',9);
box(axes2,'on'); grid(axes2,'on');hold(axes2,'all');

SWPosition1=zeros(1,num_msg);
SWPosition2=zeros(1,num_msg);

SWPosition1(1,:)=bitand(data.intTxStatus(3,:),bin2dec(SWPos1Mask))/bin2dec(S
WPos1Mask);

SWPosition2(1,:)=bitand(data.intTxStatus(3,:),bin2dec(SWPos2Mask))/bin2dec(S
WPos2Mask);

SW1=zeros(num_msg,1);
SW2=zeros(num_msg,1);
SW1(:,1)=SWPosition1(1,:);
SW2(:,1)=SWPosition2(1,:)+1*sep;

ymatrix2=[SW1,SW2];
stairs1 = stairs(x,ymatrix2,'LineWidth',1.5,'Parent',axes2);
set(stairs1(1,:), 'Color','b','DisplayName','PRPA SwPos 1');
set(stairs1(2,:), 'Color','y','DisplayName','PRPA SwPos 2');

```

```

legend2 = legend(axes2, 'show');
set(legend2, ...
'Position', [0.89 0.16 0.08 0.08], 'fontsize', 9);
xlabel('seg');

linkaxes([axes1, axes2], 'x'); %zoom simultané
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if temp_show==1
    f_temp=figure;

set(f_temp, 'Units', 'normalized', 'OuterPosition', pos_graph_txcu, 'Name', ['Temp
TXG', txcu_mon, archivoPCAP], 'NumberTitle', 'off', ...
'MenuBar', 'none', 'ToolBar', 'figure')
Modify_Toolbar();
hold on; grid on;
plot(x, data.Temp(1, :), 'r');
plot(x, data.Temp(2, :), 'b');
plot(x, data.Temp(3, :), 'g');
plot(x, data.Temp(6, :), 'm');
legend('panelExhaust', 'Inlet', 'senTemp', 'refTemp', 'location', 'bestoutside')
xlabel('seg'); ylabel('°C');
v=axis;
axis([1 xmax -5 v(4)+10]);
Axis_label=gca;
set(Axis_label, 'Position', [0.07 0.12 0.81 0.8]);
set(Axis_label, 'fontsize', 9);
hold off;
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if mvps_show==1
    f_mvps=figure;

set(f_mvps, 'Units', 'normalized', 'OuterPosition', pos_graph_txcu, 'Name', ['MVPS
', txcu_mon, archivoPCAP], ...
'NumberTitle', 'off', 'MenuBar', 'none', 'ToolBar', 'figure');
Modify_Toolbar();

axes1
axes('Parent', f_mvps, 'YTickLabel', ['0'; '1'; '0'; '1'; '0'; '1'; '0'; '1'; '0'; '1'; '
0'; '1'; ' '; ], ...
'Position', [0.067 0.1 0.795 0.85], 'YTick', [0 1 1.5 2.5 3 4 4.5 5.5 6 7 7.5
8.5 9]);
xlim(axes1, [1 xmax]);
ylim(axes1, [0 9]);
Axis_label=gca;
set(Axis_label, 'fontsize', 9);
box(axes1, 'on'); grid(axes1, 'on'); whitebg('k');
hold(axes1, 'all');

data_FuenteMV=zeros(num_msg, 6);
data_FuenteMV(:, 1)=data.FuenteMV(1, :);
data_FuenteMV(:, 2)=data.FuenteMV(2, :);
data_FuenteMV(:, 3)=data.FuenteMV(3, :);
data_FuenteMV(:, 4)=data.FuenteMV(4, :);
data_FuenteMV(:, 5)=data.FuenteMV(5, :);
data_FuenteMV(:, 6)=data.FuenteMV(6, :);

ymatrix2=[data_FuenteMV(:, 1), data_FuenteMV(:, 2)+1*sep, data_FuenteMV(:, 3)+2*s
ep, data_FuenteMV(:, 4)+3*sep, ...

```

```

data_FuenteMV(:,5)+4*sep,data_FuenteMV(:,6)+5*sep];

stairs1 = stairs(x,ymatrix2,'LineWidth',1.75,'Parent',axes1);
set(stairs1(1,:), 'Color',[1 0 0], 'DisplayName','MVPS1 AC OK');
set(stairs1(2,:), 'Color',[0.8 0.1 0.1], 'DisplayName','MVPS1 DC OK');
set(stairs1(3,:), 'Color',[0.6 0.2 0.3], 'DisplayName','MVPS1 FAN OK');
set(stairs1(4,:), 'Color',[0 1 0], 'DisplayName','MVPS2 AC OK');
set(stairs1(5,:), 'Color',[0 0.8 0.2], 'DisplayName','MVPS2 DC OK');
set(stairs1(6,:), 'Color',[0 0.6 0.4], 'DisplayName','MVPS2 FAN OK');
legend2 = legend(axes1,'show');
set(legend2,'Position',[0.89 0.75 0.08 0.08], 'fontsize',9);
xlabel('seg');

end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%PAs%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
for j=1:12
    if pa_show(j)==1
        f_pa(i,j)=figure;
        nomPA=num2str(j);
        nomPA=['PA',nomPA];

set(f_pa(i,j), 'Units','normalized','OuterPosition',pos_graph_txcu,'Name',[no
mPA,txcu_mon,archivoPCAP], 'NumberTitle','off','MenuBar',...
'none','ToolBar','figure');
Modify_Toolbar();
axes1 = axes('Parent',f_pa(i,j),...
'Position',[0.067 0.38 0.795 0.55], 'XTickLabel', ' ');xlim(axes1,[1
xmax]);ylim(axes1,[-200 8000]);
Axis_label=gca;
set(Axis_label,'fontsize',9);
box(axes1,'on');grid(axes1,'on');hold(axes1,'all');whitebg('k')

    ymatrix=[data.PA(1,j).mDiode(1,:); data.PA(1,j).mDiode(2,:);
data.PA(1,j).mDiode(3,:); data.PA(1,j).mDiode(4,:);...
data.PA(1,j).mSample(1,:); data.PA(1,j).mSample(2,:);
data.PA(1,j).mSample(3,:);
data.PA(1,j).mSample(4,:);data.PA(1,j).roVoltage(1,:);...
data.PA(1,j).riVoltage(1,:);data.PA(1,j).rcCurrent(1,:)];

    plot1 = plot(x,ymatrix,'Parent',axes1);
set(plot1(1), 'Color',[1 0 0], 'DisplayName','mDiode1', 'linewidth',1.2);
set(plot1(2), 'Color',[0.85 0 0], 'DisplayName','mDiode2', 'linewidth',1.2);
set(plot1(3), 'Color',[0.7 0 0], 'DisplayName','mDiode3', 'linewidth',1.2);
set(plot1(4), 'Color',[0.55 0 0], 'DisplayName','mDiode4', 'linewidth',1.2);
set(plot1(5), 'Color',[0 1 0], 'DisplayName','mSample1', 'linewidth',1.2);
set(plot1(6), 'Color',[0 0.85 0], 'DisplayName','mSample2', 'linewidth',1.2);
set(plot1(7), 'Color',[0 0.7 0], 'DisplayName','mSample3', 'linewidth',1.2);
set(plot1(8), 'Color',[0 0.55 0], 'DisplayName','mSample4', 'linewidth',1.2);
set(plot1(9), 'Color','b', 'DisplayName','roVoltage', 'linewidth',1.2);
set(plot1(10), 'Color','y', 'DisplayName','riVoltage', 'linewidth',1.2);
set(plot1(11), 'Color','c', 'DisplayName','rcCurrent', 'linewidth',1.2);
legend1 = legend(axes1,'show');
set(legend1,'Position',[0.89 0.65 0.08 0.07], 'fontsize',9);
ylabel('mV');

    axes2 = axes('Parent',f_pa(i,j), 'Position',[0.067 0.24 0.795
0.12], 'XTickLabel', ' ');
xlim(axes2,[1 xmax]);
ylim(axes2,[-10 300]);
Axis_label=gca;
set(Axis_label,'fontsize',9);

```

```

box(axes2, 'on');
grid(axes2, 'on');
hold(axes2, 'all');
psP=zeros(num_msg,1);
psR=zeros(num_msg,1);
psP(:,1)=data.PA(1,j).psPeriod(1,:);
psR(:,1)=data.PA(1,j).psReg(1,:);
ymatrix2=[psP(:,1), psR(:,1)];
stairs1 = stairs(x,ymatrix2, 'LineWidth',1.2, 'Parent', axes2);
set(stairs1(1,:), 'Color', 'b', 'DisplayName', 'psPeriod');
set(stairs1(2,:), 'Color', 'r', 'DisplayName', 'psReg');
legend2 = legend(axes2, 'show');
set(legend2, ...
'Position', [0.89 0.27 0.08 0.08], 'fontsize', 9);

axes3 = axes('Parent', f_pa(i,j), 'YTickLabel', ['0';'1';'0';'1';' '], ...
'YTick', [0 1 1.5 2.5 3 4], 'Position', [0.067 0.1 0.795 0.12]);...
xlim(axes3, [1 xmax]);ylim(axes3, [-0.2 3]);
Axis_label=gca;
set(Axis_label, 'fontsize', 9);
box(axes3, 'on');
grid(axes3, 'on');
hold(axes3, 'all');
rB=zeros(num_msg,1);
pB=zeros(num_msg,1);
rB(:,1)=data.PA(1,j).rnBit(1,:)+1*sep;
pB(:,1)=data.PA(1,j).pceBit(1,:);
ymatrix2=[rB, pB];
stairs2 = stairs(x,ymatrix2, 'LineWidth',2, 'Parent', axes3);
set(stairs2(1,:), 'Color', 'c', 'DisplayName', 'rnBit');
set(stairs2(2,:), 'Color', 'y', 'DisplayName', 'pceBit');
legend3 = legend(axes3, 'show');
set(legend3, ...
'Position', [0.89 0.12 0.08 0.08], 'fontsize', 9);
xlabel('seg');
linkaxes([axes1, axes2, axes3], 'x');%zoom simultanée

end
end
end
end

```

- **readTXCUBitePCAP.m**

```

function data = readTXCUBitePCAP (archivoPCAP, nMsg, IPSource)

NSMP = 8192;
SIZEPACK =1114;
SIZERADIAL = 16*SIZEPACK;

dd = dir(archivoPCAP);
fido = fopen(archivoPCAP, 'r', 'ieee-be');

% lire l'entête du PCAP
magic_number = fread(fido, 1, 'uint32');
version_major = fread(fido, 1, 'uint16');
version_minor = fread(fido, 1, 'uint16');
thiszone = fread(fido, 1, 'int32');
sigfigs = fread(fido, 1, 'uint32');

```

```

snaplen = fread(fido, 1, 'uint32');
network = fread(fido, 1, 'uint32');
bytesQuedan = dd.bytes - 24;

if nargin < 2
    nMsg = floor(bytesQuedan/479);
    IPSource = '';
elseif nargin == 2
    if ischar(nMsg)
        IPSource = nMsg;
        nMsg = floor(bytesQuedan/479);
    end;
end;
if ~isempty(IPSource)
    vb = sscanf(IPSource, '%d.%d.%d.%d');
    ipfilt = 256.^[3 2 1 0]*vb(:);
else
    ipfilt = -1;
end;

if ( magic_number ~= hex2dec('D4C3B2A1')) || ...
    (version_major ~= 2*256) || ...
    (version_minor ~= 4*256) || ...
    (network ~= 1*256^3)
    error('l'entete du fichier n'a pas la format esperée');
end

data.tStamp = zeros(1, nMsg);
data.ipSource = zeros(1, nMsg);
data.ipDest = zeros(1, nMsg);
data.intTxStatus = zeros(4, nMsg);
for i=1:2
    data.IPA(i).levels = zeros(4, nMsg);
    data.IPA(i).txEnable = zeros(1, nMsg);
    data.IPA(i).PowerOK = zeros(1, nMsg);
    data.IPA(i).Blanking = zeros(1, nMsg);
    data.IPA(i).biteFlags = zeros(1, nMsg);
end;
for i=1:12
    data.PA(i).mDiode = zeros(4, nMsg);
    data.PA(i).mSample = zeros(4, nMsg);
    data.PA(i).psPeriod = zeros(1, nMsg);
    data.PA(i).rnBit = zeros(1, nMsg);
    data.PA(i).roVoltage = zeros(1, nMsg);
    data.PA(i).pceBit = zeros(1, nMsg);
    data.PA(i).riVoltage = zeros(1, nMsg);
    data.PA(i).rcCurrent = zeros(1, nMsg);
    data.PA(i).psReg = zeros(1, nMsg);
end;
data.ROE.Pot = zeros(4, nMsg);
data.ROE.blk = zeros(1, nMsg);
data.ROE.coef = zeros(4, nMsg);
data.ROE.time = zeros(1, nMsg);
data.ROE.flags = zeros(3, nMsg);

data.FuenteMV = zeros(6, nMsg);
data.FuentePot.status = zeros(1, nMsg);
data.FuentePot.busVolt = zeros(1, nMsg);

data.Temp = zeros(6, nMsg);
data.swEpg = zeros(1, nMsg);

```

```

data.swMon = zeros(1,nMsg);
Quedan > 0)&& (iMsg < nMsg)
kk = fread(fido, 16, 'uint8');
tstmp = ww*kk(1:4) + 1e-6*(ww*kk(5:8));
szmsk = ww*kk(9:12);
if (szmsk ~= ww*kk(13:16) )
fclose(fido);
error(' valores de taille de datagrama incorrecte);
end;
if szmsk==463
ethHeader = fread(fido, 14, 'uint8');
ipHeader = fread(fido, 6, 'uint32');
if (ipfilt < 0 )||(ipfilt == ipHeader(4))
iMsg = iMsg+1;
data.tStamp(iMsg) = tstmp;
data.ipSource(iMsg) = ipHeader(4);
data.ipDest(iMsg) = ipHeader(5);
%fseek(fido,8, 0);
fseek(fido,6, 0);%
data.intTxStatus(:,iMsg) = fread(fido, 4, 'uint8');
fseek(fido,2, 0);%
for i=1:2
fseek(fido,2,0);
data.IPA(i).levels(:,iMsg) = fread(fido, 4, 'int16');
data.IPA(i).txEnable(iMsg) = fread(fido, 1, 'uint8');
data.IPA(i).PowerOK(iMsg) = fread(fido, 1, 'uint8');
data.IPA(i).Blanking(iMsg) = fread(fido, 1, 'uint8');
data.IPA(i).biteFlags(:,iMsg) = fread(fido, 1, 'int16');
end;
for i=1:12
fseek(fido,2,0);
data.PA(i).mDiode(:,iMsg) = fread(fido, 4, 'int16');
data.PA(i).mSample(:,iMsg) = fread(fido, 4, 'int16');
data.PA(i).psPeriod(iMsg) = fread(fido, 1, 'uint8');
data.PA(i).rnBit(iMsg) = fread(fido, 1, 'uint8');
data.PA(i).roVoltage(iMsg) = fread(fido, 1, 'int16');
data.PA(i).pceBit(iMsg) = fread(fido, 1, 'uint8');
data.PA(i).riVoltage(iMsg) = fread(fido, 1, 'int16');
data.PA(i).rcCurrent(iMsg) = fread(fido, 1, 'int16');
data.PA(i).psReg(iMsg) = fread(fido, 1, 'uint8');
end;
fseek(fido,2,0);
data.ROE.Pot(:,iMsg) = fread(fido, 4, 'int16');
data.ROE.blk(iMsg) = fread(fido, 1, 'uint8');
data.ROE.coef(:,iMsg) = fread(fido, 4, 'uint16');
data.ROE.time(iMsg) = fread(fido, 1, 'uint16');
data.ROE.flags(:,iMsg) = fread(fido, 3, 'uint8');
fseek(fido,2,0);
data.FuenteMV(:,iMsg) = fread(fido, 6, 'uint8');
fseek(fido,2,0);
data.FuentePot.status(iMsg) = fread(fido, 1, 'uint8');
data.FuentePot.busVolt(iMsg) = fread(fido, 1, 'int16');
fseek(fido,2,0);
data.Temp(:,iMsg) = fread(fido, 6, 'uint8');
data.swEpg(iMsg) = fread(fido, 1, 'uint8');
data.swMon(iMsg) = fread(fido, 1, 'uint8');
else
fseek(fido,szmsk-38, 0);
end;
else
fseek(fido,szmsk, 0);
end;
bytesQuedan = bytesQuedan - szmsk - 16;

```



```

end;
fclose(fid0);
if (iMsg < nMsg)
    data.tStamp(iMsg+1:end)=[];
    data.ipSource(iMsg+1:end)=[];
    data.ipDest(iMsg+1:end)=[];
    data.intTxStatus(:, iMsg+1:end)=[];
    for i=1:2
        data.IPA(i).levels(:, iMsg+1:end)=[];
        data.IPA(i).txEnable(iMsg+1:end)=[];
        data.IPA(i).PowerOK(iMsg+1:end)=[];
        data.IPA(i).Blanking(iMsg+1:end)=[];
        data.IPA(i).biteFlags(iMsg+1:end)=[];
    end;
    for i=1:12
        data.PA(i).mDiode(:, iMsg+1:end)=[];
        data.PA(i).mSample(:, iMsg+1:end)=[];
        data.PA(i).psPeriod(iMsg+1:end)=[];
        data.PA(i).rnBit(iMsg+1:end)=[];
        data.PA(i).roVoltage(iMsg+1:end)=[];
        data.PA(i).pceBit(iMsg+1:end)=[];
        data.PA(i).riVoltage(iMsg+1:end)=[];
        data.PA(i).rcCurrent(iMsg+1:end)=[];
        data.PA(i).psReg(iMsg+1:end)=[];
    end;
    data.ROE.Pot(:, iMsg+1:end)=[];
    data.ROE.blk(iMsg+1:end)=[];
    data.ROE.coef(:, iMsg+1:end)=[];
    data.ROE.time(iMsg+1:end)=[];
    data.ROE.flags(:, iMsg+1:end)=[];
    data.FuenteMV(:, iMsg+1:end)=[];
    data.FuentePot.status(iMsg+1:end)=[];
    data.FuentePot.busVolt(iMsg+1:end)=[];
    data.Temp(:, iMsg+1:end) = [];
    data.swEpg(iMsg+1:end)=[];
    data.swMon(iMsg+1:end)=[];
end;
data.tStamp = data.tStamp-data.tStamp(1);

```

CONCLUSION

Le but de l'application est de fournir des informations concernant le pré-ampli, les amplificateurs de puissance, l'alimentation et la transmission.

L'objectif est de démontrer cette application d'interprétation du fichier enregistré avec le logiciel wireshark, sous forme pcap, et de le convertir à fin d'extraire toutes les informations mentionnées antérieurement.

L'analyse de toutes ces données permet de localiser la faille si elle se présente dans toute la chaîne de transmission, ce qui permet de gagner beaucoup de temps.

CONCLUSION GENERALE

L'évolution des radars ne cesse de se développer au fil des années afin d'offrir le maximum de fiabilité et de stabilité au client partout dans le monde.

On a vu comment la technologie moderne à contourner quelques problématiques lie au radar primaire comme le cas du Solide Stat qui permet une bonne résolution tout en gardant une longue portée.

Je signale aussi l'apport du protocole Asterix qui a permis de faciliter le partage des données radar entre les entités du radar et l'extérieur.

L'application développé va permettre de contrôler l'état de l'émetteur ce qui va faciliter le travail des techniciens de maintenance pour localiser les failles.

Bibliographie :

- Guide de l'utilisateur de wireshark.
- www.enac.com
- Radar Technology Encyclopedia – 1998
- Help du Matlab 2009
- Radar Technology Encyclopedia(Artech) – Barton
- documentation technique de division Radar OACA.

Annexes :

- site officiel de l'école de l'aviation civile www.enac.fr
- www.eurocontrol.int
- www.radartutorial.eu