



Air-air 3.1.3

Modes radar BVR



Table des matières

Introduction	3
fonctionnement du radar APG68	4
VOLUME DE SCAN	4
La représentation B.....	6
Le radar sur le MFD	7
Les differents modes radar	9
Le mode RWS.....	9
Mode normal	9
Mode SAM (Situational Awareness Mode).....	11
Mode TTS (Two Target Sam).....	12
Mode STT (single target track).....	13
Le mode TWS	14
Mode normal	14
Mode SMT (Sam Multi-target Track)	16
Le mode STT	16
Le mode ULS.....	16
Le mode VSR.....	16
Le NTCR (Non-Cooperative Target Recognition)	16
Quel mode choisir ?.....	18
Le datalink et le radar	19



INTRODUCTION

Le radar **Air/Air** AN/APG68 est un radar numérique Doppler basé sur l'étude de l'effet Doppler-Fizeau. Son principe veut que toute onde qui vienne (ou revienne) d'un objet en déplacement connaisse un décalage de fréquence fonction de la vitesse de rapprochement de cet objet. Un radar Doppler ne s'intéresse donc au retour d'un signal venant d'une cible que s'il y a un décalage de fréquence.

Les avantages sont nombreux, et tout d'abord que ce type de radar a des capacités look-down/shoot-down. Autrement dit, il peut voir et guider une arme sans aucun problème vers le bas. En effet, le sol et tous les objets présents dessus se "déplacent" à la même vitesse que l'avion, il n'y a donc pas de décalage en fréquence du signal reçu : le signal est totalement filtré, et ne fait apparaître que les objets en déplacement pour peu qu'ils aillent à une vitesse suffisante... de même un hélicoptère sera trahi par ses pales qui, en tournant à grande vitesse, génèrent un décalage de fréquence...

Vitesse suffisante, car c'est la force d'un radar Doppler qui fait sa faiblesse : une cible allant à la même vitesse que l'avion dans la même direction, ou même en secteur travers, c'est-à-dire allant dans une direction à 90° par rapport à celle du radar sera tout simplement invisible parce que sa vitesse de rapprochement sera nulle, donc filtrée.

Pas étonnant donc que l'une des tactiques de base pour éviter un radar Doppler adverse, soit de le mettre très vite à 90° de son avion, (c'est géré dans BMS si on y fait un peu attention). Ainsi, le pilote adverse va voir disparaître notre avion de son scope, ou son radar va continuer à faire sa poursuite sur les derniers paramètres mémorisés...

Une tactique réelle utilisée en combat :

Faire monter son avion en voyant une menace Doppler sur le RWR, se coller en secteur travers (à 90° sur la visu), et après quelques secondes, plonger vers le sol... Le pauvre gars en face va continuer à suivre un plot qui gagne de l'altitude alors que l'avion est quelques milliers de pieds au dessous, hors de sa tranche de détection...

Mais le corollaire veut aussi que tout pilote disposant d'un radar de ce type se doit de conserver un bon angle de présentation par rapport à sa cible...

FONCTIONNEMENT DU RADAR APG68

VOLUME DE SCAN

L'antenne radar permet de scanner vers l'avant avec un débattement de $\pm 60^\circ$ à gauche et à droite, ainsi que $\pm 60^\circ$ de haut en bas. Autrement dit, le radar du F16 peut scanner un block de 120° par 120° .

Vous contrôlez le « regard » du radar tout d'abord en pointant votre avion dans la direction approximative qui vous intéresse. Ensuite, vous affinez l'espace en précisant les ampleurs de l'azimut et de l'élévation de recherche. Vous pouvez également pointer physiquement le radar de haut en bas et de droite à gauche dans ses limites de $\pm 60^\circ$.

Alors que l'antenne a cette capacité, il est important de comprendre qu'en réalité vous ne serez pas capable de scanner le volume entier d'un seul tenant. Plus le volume de recherche sera réduit plus la vitesse de rafraichissement sera importante permettant de trouver d'autant plus vite un contact.

Vous contrôlez l'ouverture en ajustant l'azimut qui, selon les modes, peut être de $\pm 60^\circ$ (la largeur totale du scope radar), $\pm 30^\circ$, $\pm 20^\circ$ ou $\pm 10^\circ$.

Réduire l'azimut, et c'est là son principal intérêt, réduit considérablement le temps de traitement du volume scanné.

$\pm 10^\circ$

$\pm 30^\circ$

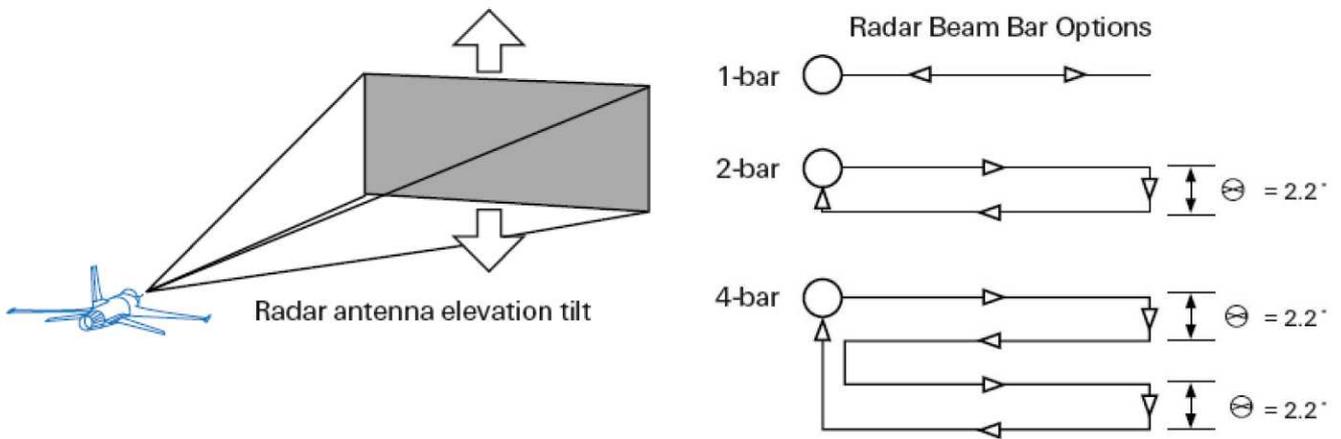
$\pm 60^\circ$



L'élévation de l'antenne est contrôlée, d'une part en réglant son inclinaison, et d'autre part en spécifiant le nombre de barres scannées.

Si le radar ne fait que balayer de gauche à droite, cela est considéré comme n'étant qu'une seule barre. Mais le radar peut scanner un plus grand espace vertical s'il se déplace vers le bas après un passage.

Sur un balayage à deux barres, par exemple, le radar balaye de gauche à droite, descend de quelques degrés et balaye au retour de droite à gauche. L'antenne radar ayant pointé plus bas, le balayage retour correspond à une zone différente du balayage aller. Les balayages à deux et quatre barres se superposent légèrement (environ 2°) ce qui évite d'avoir des zones aveugles dans le volume regardé.



L'altitude de balayage du radar est indiquée sur le curseur du radar (en bas valeur minimal en haut valeur max en millier de pied) celle-ci varie avec la distance (plus on regarde loin plus on peut voir large en hauteur).

NB la valeur inférieure est bleu si au dessus du sol et passe rouge si l'antenne est « plantée » dans le sol.



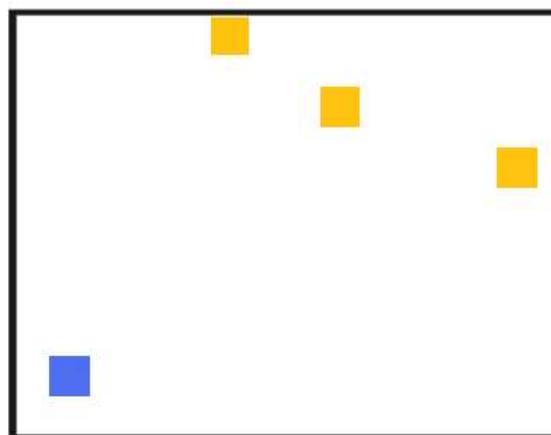
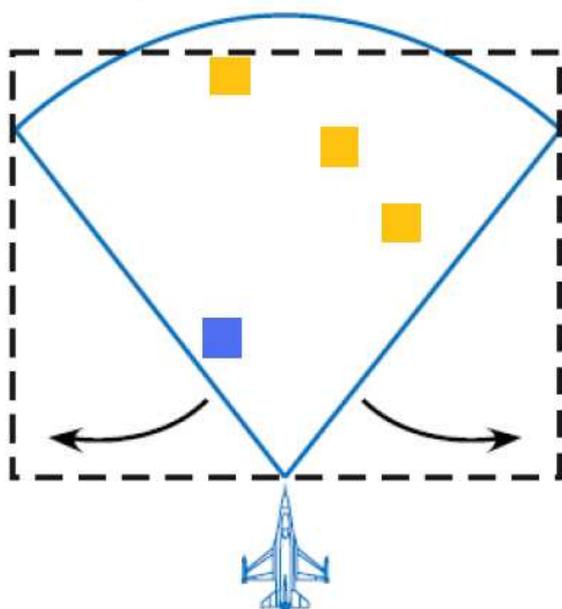
Le cadre vert montre le nombre de barre, 4 ici.

Le cadre rouge montre la distance NM.

Le cadre jaune montre le curseur radar avec les valeurs d'altitude couverte.

LA REPRÉSENTATION B

Le scan du radar est un tétraèdre dont un des sommets est le nez de l'avion. Sur un seul plan le scan est triangulaire or la représentation du scan sur le MFD est carrée. C'est la représentation B.



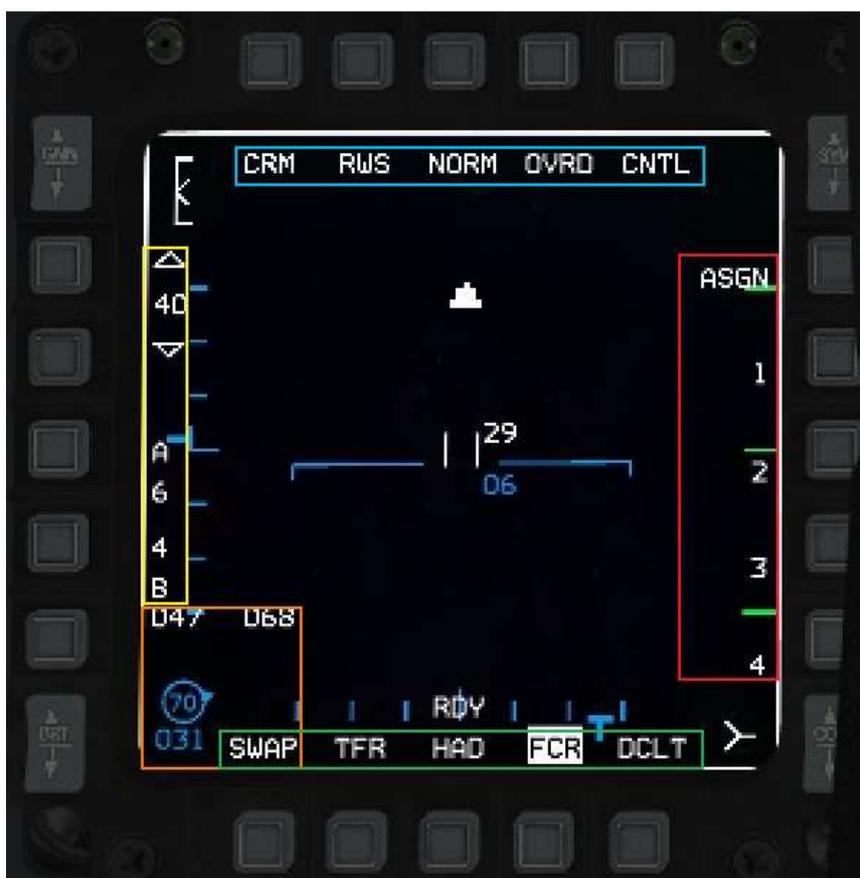
Représentation du MFD

Comme on le voit la représentation sur le MFD montre la position des contacts par rapport au scope et non par rapport au nez de l'avion. Voilà pourquoi le contact bleu est très à gauche du MFD alors qu'il est quasi face à l'avion.

La représentation B permet donc de savoir facilement quel contact risque de sortir du cône radar et donc d'agir en conséquence. Il ne permet toutefois pas de savoir exactement où se trouve le contact par rapport au nez de l'avion (avec de l'expérience on peut en avoir une idée en combinant position sur le MFD et distance).

Le radar balayant en cône il est donc plus difficile de trouver un contact proche de son avion (il faut l'avoir presque face à soi) qu'un contact plus éloigné. La prudence est donc de mise et montre l'importance de se construire une image de la situation le plus rapidement possible (quand les éventuels contacts sont encore loin).

LE RADAR SUR LE MFD



En vert : les autres pages présélectionnée du MFD (sauf swap qui échange les 2 mfd et DCLT qui permet de retirer certaines informations affichée).

En rouge : donnée concernant le datalink nous en parlerons plus tard

En jaune : de haut en bas : la portée (40 NM), l'ouverture du radar ($\pm 60^\circ$), le nombre de barre(4). Tout ceci est modifiable par clic sur l'osb correspondant.

En orange : donnée concernant le bullseye. En haut coordonnées bullseye du curseur radar (47° 68 NM). En bas dans le petit cercle la distance de l'avion par rapport au bullseye (70 NM) et en dessous l'angle par rapport au bullseye (31°). La petite « pointe » sur le cercle indique où se trouve le bullseye par rapport à votre nez.

En bleu les menus de la page radar :

- CRM : indique que l'on est en mode Combined radar mode. Un clic dessus permet de passer sur les modes radar ACM ou air-sol.
- RWS : Sous-mode radar sélectionné parmi les 4 disponibles en BVR.
- NORM : Indique que le radar est en mode normal un clic dessus passe en EXP (zoom).
- OVRD : indique que le radar émet. Un clic sur l'osb bascule le radar en mode standby (OVRD est alors en surbrillance).
- CTNL : **Sort du cadre de l'EDC**



Le triangle est le point de passage sélectionné.

Le « cercle bleu » représente le bullseye (visible uniquement si à portée et que le nez de l'avion est dans la bonne direction).

La barre bleue au centre du MFD est un horizon artificiel.

LES DIFFERENTS MODES RADAR

LE MODE RWS

Mode de recherche général permettant d'obtenir rapidement une vue d'ensemble de l'espace aérien devant soi.

Portée : 5, 10, 20, 40, 80 et 160 NM (optimal en dessous de 80)

Azimut : $\pm 10^\circ$, $\pm 30^\circ$, $\pm 60^\circ$

Barres : 1, 2 et 4

Probabilité d'être détecté : 2/5, SAM 3/5, STT 5/5

Mode normal



Les contacts sont représentés par des carrés blancs. Au fur et à mesure des rafraichissements les carré deviennent de moins en moins visibles et finissent par disparaître. Cet effet permet d'avoir l'historique du contact et ainsi avoir une idée de son déplacement. Une petite ligne indique la direction prise par le contact et sa longueur donne une idée de sa vitesse. Le passage du curseur sur un contact permet d'en connaître son altitude.

Comme on le voit ce mode est très épuré.

Ce mode possède une fonction zoom (Hotas Pinky-Switch ou clic sur l'osb NORM en haut de la page Radar) permettant de distinguer les avions d'un vol en patrouille serrée. Disponible dans tous les modes et sous modes radar.



Une boîte de référence de 2 Nm x 2 Nm est affichée autour du curseur. Et la distance affichée n'est plus que d'1/4 de la distance de l'échelle de portée sélectionnée.

Note : Le zoom en STT existe mais est inutile

Mode SAM (Situational Awareness Mode)



On passe en mode SAM en effectuant un TMS-Up sur un contact.

Ce mode permet de poursuivre une cible tout en continuant un balayage en mode RWS autour du curseur radar (la largeur du scan devient plus faible ainsi que le nombre de barre mais le curseur reste mobile) et ainsi garder un œil sur les alentours.

On obtient dès lors plus d'information sur le contact

- Son angle d'aspect (18R)
- Son cap Magnétique (130)
- Sa vitesse (399)
- La vitesse de rapprochement (+1500 si on s'en éloignait on aurait un -).

Ce mode permet d'effectuer un tir de missile.

Mode TTS (Two Target Sam)



On passe en TTS en effectuant un TMS-up sur une autre cible alors que l'on en suit déjà une en mode SAM. Ceci a pour effet de définir la deuxième cible comme étant la cible secondaire. Le curseur radar peut avoir des « difficultés » à quitter sa première cible pour aller chercher la deuxième il est souvent nécessaire d'insister sur le mouvement du curseur avant que celui-ci ne se déplace (parfois 4-5 vraies secondes).

Ce mode permet de poursuivre 2 cibles tout en maintenant un balayage RWS centrée sur la deuxième cible (la cible secondaire).

Le balayage s'ajuste automatiquement en fonction de la distance. Lorsque les deux cibles se trouvent à plus de 10 nautiques du radar, le volume de recherche est fixé à 20 degrés en azimut et 3 barres en élévation. Le volume de balayage est centré en azimut autour des curseurs, et est contrôlé en élévation via la commande habituelle.

Lorsque chacune des deux cibles se trouve à moins de dix nautiques, la recherche est suspendue et le radar passe en poursuite continue alternativement sur la cible primaire et la cible secondaire (ping-pong).

Quand la cible primaire se trouve à moins de trois nautiques, le radar abandonne alors automatiquement la poursuite sur la cible secondaire, et passe en STT sur la cible primaire.

Mode STT (Single Target Track)



On passe en STT si on effectue un TMS-up sur une cible déjà suivie en SAM ou lorsque l'on est en mode STT et que la cible primaire passe à moins de 3 NM de nous.

Le Single Target Track (STT) verrouille l'antenne radar sur la cible et déploie toute l'énergie radar à la tâche de poursuite de la cible (ce qui fait perdre de la SA). Le STT fournit la meilleure probabilité de maintenir la poursuite mais peut aussi activer le RWR de l'appareil cible. Etant possible de tirer en mode SAM ce mode est donc à éviter.

Utilisation du TMS

Un TMS-UP permet de passer en mode SAM ou en STT si la cible est déjà poursuivie en SAM (déconseillé).

Il permet aussi de passer en TTS en ciblant une autre cible alors que l'on poursuit déjà une cible en SAM.

Un TMS-Down permet de passer au sous mode précédent.

Un TMS-droit de moins d'une seconde permet d'échanger la cible primaire avec la cible secondaire. Plus d'une seconde et l'on passe en TWS en maintenant la cible verrouillée.

LE MODE TWS

Mode permettant d'obtenir plus de renseignement sur les contacts aux prix d'un scan moins large en hauteur et d'un rafraîchissement plus lent ainsi que d'un maximum de 10 cibles affichées.

Portée : 5, 10, 20, 40, 80, 160

Azimut : $\pm 10^\circ$, $\pm 30^\circ$, $\pm 60^\circ$

Barres : 1, 2 et 3

Probabilité d'être détecté : 3/5, Bugged target 4/5, STT 5/5

NB : Il n'est pas possible de modifier le nombre de barre sans modifier l'azimut et inversement. Si on réduit l'azimut automatiquement le nombre de barres va augmenter.

Mode normal

Dans ce mode les contacts apparaissent avec un vecteur vitesse indiquant leur direction ainsi que leur altitude sans devoir passer le curseur radar dessus ou les verrouiller (c'est là l'intérêt de ce mode de fournir une image plus précise de l'espace aérien).



Cible système et echo

Cible verrouillée



Le système affiche 4 types de contacts :

-ECHO : ressemblent au carré du mode RWS il s'agit d'écho n'ayant pu être suffisamment reconnu par le système et qui disparaîtront si le radar ne peut les identifier.

-Cibles systèmes : carrés vides, Il s'agit des cibles suivies par le système et classées automatiquement par ordre de priorité.

-Cible curseur : il s'agit d'une cible système survolée par le curseur radar afin de recevoir un rafraîchissement plus important. Le système passe automatiquement en balayage 3 barres $\pm 25^\circ$. Attention le balayage restera en 3 barres $\pm 25^\circ$ même si plus aucune cible n'est survolée.

-Cible verrouillée : Cible top priorité obtenue en désignant (TMS-up) une cible système (qui sera dès lors une cible curseur) ou en effectuant un TMS droit court (ce qui verrouillera la cible système considérée prioritaire par le système). Comme pour une cible curseur le système passe en balayage 3 barres $\pm 25^\circ$. Le système maintient le balayage centré sur la cible permettant de surveiller les alentours (cf mode SMT TWS).

Utilisation du TMS

Un TMS-up fait progresser la cible vers l'état suivant (un écho devient une cible système, une cible système devient buggée, une cible buggée passe en mode STT).

Un TMS-bas fait revenir le système en arrière.

Un TMS-droit long permet de passer du TWS au RWS et inversement.

Si aucune cible n'est verrouillée le TMS-droit court permet au système de verrouiller la cible qu'il estime prioritaire. Un deuxième basculera sur la deuxième et ainsi de suite.

Comme on le voit le TMS-up permet de choisir directement sa cible contrairement au TMS-droit. Il est par contre possible d'utiliser le TMS-up pour choisir sa cible par exemple la troisième et ensuite de faire un TMS-droit pour verrouiller la quatrième.

Mode SMT (Sam Multi-target Track)



Mode SMT

Mode SMT avec le zoom

Exactement le même principe que le mode SAM du RWS. Une cible est poursuivie en SAM mais le radar au lieu de continuer à scanner en RWS scanne en TWS. Par contre il n'est pas possible de faire sortir la cible du scan ce qui limite les possibilités de voir autour de la cible.

Le mode STT

Identique à celui du RWS.

LE MODE ULS

Même principe que le RWS mais son émission plus forte et son rafraîchissement plus lent le destine à une recherche au delà de 80 NM.

Portée : 5, 10, 20, 40, 80, 160

Azimut : $\pm 10^\circ$, $\pm 30^\circ$, $\pm 60^\circ$

Barres : 1, 2 et 4

Probabilité d'être détecté : 4/5, Bugged target 4/5, STT 5/5

Ce mode possède les sous-modes du RWS (SAM, TTS et STT) mais le radar utilisé est celui de l'ULS avec ses inconvénients de lenteur et de discrétion.

LE MODE VSR

NON IMPLÉMENTÉ

LE NTCR (NON-COOPERATIVE TARGET RECOGNITION)

Ce système a pour but d'analyser le retour des émissions du radar afin d'identifier quel type d'appareil nous avons verrouillé. Ce système est des plus efficaces à une distance inférieure à 25 NM, à une altitude proche de la cible et en face à face.

Si le système parvient à reconnaître la cible son nom est indiqué sur le radar (ex SU27). Dans le cas contraire un Unknow est affiché. Pendant l'analyse un wait apparait sur le radar.



Ce système se déclenche dans les situations suivantes :

- En STT du mode RWS et ULS.
- Dès qu'un contact est buggé en TWS (SMT et STT).



QUEL MODE CHOISIR ?

Le RWS est à utilisé pour obtenir une idée rapide de l'espace aérien devant soi et ainsi savoir rapidement si des avions se trouvent devant nous. De plus nous disposons d'une information sur leur cap et pouvons connaître leur altitude par un survol du curseur.

Le TWS suit le RWS afin d'obtenir plus d'information sur des contacts que l'on suppose hostile au vue de ce que le RWS à montré (position et cap suivi notamment).

Le ULS lui est à utilisé pour l'**observation** de l'espace aérien au-delà de 40 NM le RWS étant plus efficace en dessous. Verrouiller une cible dans ce mode n'est pas très utile au vue de la distance séparant le tireur et le tiré (quand la distance diminue en dessous de 40 NM il est logique de passer en RWS ou TWS).

Au niveau des sous-modes il ne faut jamais oublier que les modes SAM, TTS et SMT permette de tirer un missile tout en restant discret sur le RWR (pas d'information de lock juste de notre présence) ennemi ce sont donc les modes à privilégier.

Le mode SAM (quelque soit le mode) sera utilisé pour tirer rapidement une cible.

Pour le tir multicible il faut passer par le TTS et le SMT.

Bien que le mode TTS permette de suivre 2 cibles et de les tirer il est préférable de passer en TWS pour avoir le SMT, le système permettant rapidement de changer de cible alors que le TTS demande un peu plus de travaille de la part du pilote (2 TMS-UP plus survol des 2 cibles au curseur). Néanmoins le TTS présente l'avantage de laisser le pilote décider qui est la cible prioritaire et qui est la secondaire ce que le SMT ne permet pas (le système classant lui-même les contacts selon leur menace d'après lui).

Le STT ne sera à utiliser que sur un contact proche d'un ailier afin de provoquer une alerte sur le RWR. Si une annonce Budy spike se fait entendre vous venez de verrouiller un ailier.

Dans le cas contraire il y a de grande chance que la cible soit hostile.

De plus le NTCR tentera de reconnaître l'appareil pouvant vous confirmer l'hostilité de la cible. Attention le NTCR peut ne pas pouvoir déterminer la nature de la cible ouvrez donc les oreilles toutes grandes pour entendre l'éventuel Budy spike. Ouvrez aussi les oreilles sur votre RWR afin d'annoncer au plus vite un Budy spike en cas de verrouillage ami sur vous.

L'autre intérêt du STT est de concentrer la puissance radar sur un point permettant d'éviter ou au moins de ralentir un éventuel décrochage dû notamment à un beam.

Si par malheur vous veniez à tirer un ailier malgré toutes ces précautions déverrouillez immédiatement le target et croisez les doigts que le missile ne soit pas encore pitbull et le perde.

Vous vous rendrez compte très vite que la théorie ne peut pas toujours être appliquée dans les faits étant donné la rapidité des engagements qui ne laissent parfois que peu de temps à la réflexion.

Le datalink et le radar

Le datalink permet à différents avions de s'échanger des informations sans entrer dans les détails il faut savoir que le leader peut assigner une cible à un membre de son vol.

La cible désignée apparaît sur le HSD et sur le radar si elle est dans le cône de recherche. Attention la cible apparaît même si l'élévation de l'antenne ne vous permet pas de la verrouiller. Ce détail est très important car on se retrouve vite à tenter de verrouiller une cible qui n'est absolument pas dans notre volume de recherche.

Malheureusement les contacts datalink apparaissent sur le radar en jaune comme les contacts ennemis du TWS la seule différence est la forme.



De gauche à droite :

- Contact RWS
- Contact TWS
- Contact Data link (carré non fermé altitude sur l'avant, numéro du lockeur à l'arrière).



Sur l'image radar du haut il nous serait impossible de verrouiller la cible (hors de notre cône de recherche). Il s'agit d'un piège courant que d'essayer de verrouiller une cible visible via le data link mais hors de notre champ radar (attention à l'altitude du cône radar).

Sources :

BMSdash34

Doc traduite du MLU par gille http://gil.checksix-fr.com/Docs_F-16.../Radar_A-A.pdf

Acrid de la FFW01

