



DCS F-15C EAGLE

Manuel de Vol

F-15C : DCS Flaming Cliffs ou **F-15C for DCS World** est le module F-15C de DCS World.

©2014 OOO "BelSimTek"

Forum de discussion général : <http://forums.eagle.ru>

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES.....	3
INTRODUCTION AU F-15C	7
HISTOIRE DU F-15	9
ORIGINES.....	9
ÉVOLUTIONS	16
PROGRAMME DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT.....	21
ENTRÉE EN SERVICE DES F-15	22
LES F-15 AU COMBAT	23
MODE AVIONIQUE SIMPLIFIÉE (ARCADE).....	30
MODE NAVIGATION	31
MODE AIR-AIR.....	32
INSTRUMENTS DU COCKPIT DU F-15C.....	35
AFFICHAGE DE SITUATION VERTICALE (VSD)	36
ÉCRAN D’AFFICHAGE TEWS	37
ÉCRAN COULEUR MULTI-FONCTIONS (MPCD) DU PANNEAU DE COMMANDE DE L’ARMEMENT	38
VITESSE INDIQUÉE / BADIN (IAS) ET MACHMÈTRE	39
INDICATEUR D’INCIDENCE (AOA).....	40
ACCÉLÉROMÈTRE (G).....	40
HORIZON ARTIFICIEL (ADI).....	41
INDICATEUR DE SITUATION HORIZONTALE (HSI).....	42
ALTIMÈTRE	42
VARIOMÈTRE (INDICATEUR DE VITESSE VERTICALE / VVI)	43
TACHYMÈTRE	43
INDICATEURS DE TEMPÉRATURE D’ENTRÉE DE TURBINE	44
DÉBITMÈTRES CARBURANT	44

INDICATEUR DE POSITION DES TUYÈRES	45
JAUGE CARBURANT	45
ALTIMÈTRE DE PRESSION CABINE	46
VOYANTS DE LEURRES EM ET IR.....	46
MODES OPÉRATIONNELS DU HUD (VTH) DU F-15C	48
<i>Symbologie de base du HUD du F-15C</i>	48
<i>Mode Navigation</i>	49
<i>Modes de tir au canon</i>	51
<i>Modes "Air-Air" missile courte portée (SRM) et AIM-9M/P Sidewinder</i>	53
<i>Mode asservi radar</i>	55
<i>Modes "Air-Air" missile moyenne portée (MRM) et AIM-7M Sparrow</i>	57
<i>Modes "Air-Air" missile moyenne portée (MRM) et AIM-120 AMRAAM</i>	60
<i>Modes Radar d'Auto ACQuisition (AACQ)</i>	64
RADAR AN/APG-63(V)1	66
<i>Mode de recherche longue portée (LRS : Long Range Search)</i>	69
<i>Mode poursuite de cible unique (STT : Single Target Track)</i>	71
<i>Mode poursuite avec balayage (TWS : Track While Scan)</i>	72
<i>Mode guidage sur brouilleur (HOJ : Home On Jam)</i>	73
<i>Mode AACQ balayage vertical (VS : Vertical Scan)</i>	74
<i>Mode AACQ axial (BORE)</i>	75
<i>Mode AACQ canon auto (GUN)</i>	76
<i>Mode FLOOD</i>	77
SYSTEMES DE CONTRE MESURES	79
SYSTÈME D'ECM INTERNE AN/ALQ-135	79
SYSTÈMES D'ALERTE RADAR (RWS)	80
RÉCEPTEUR D'ALERTE AN/ALR-56C	81
MISSILES AIR-AIR	88
MISSILES MOYENNE PORTÉE	90
<i>AIM-120 AMRAAM</i>	90
<i>AIM-7 Sparrow</i>	93
MISSILE COURTE PORTÉE	95
<i>AIM-9 Sidewinder</i>	95

COMMUNICATIONS RADIO ET MESSAGES	99
COMMANDES RADIO.....	99
MESSAGES RADIO	106
MESSAGE VOCAUX ET ALERTES	109
ENTRAÎNEMENT THÉORIQUE	112
VITESSE INDIQUÉE (IAS) ET VITESSE VRAIE (TAS)	112
VECTEUR DE VITESSE	112
INDICATEUR D'INCIDENCE (AOA).....	112
TAUX ET RAYON DE VIRAGE.....	113
TAUX DE VIRAGE.....	115
VIRAGES SOUTENUS ET VIRAGES INSTANTANÉS.....	117
GESTION DE L'ÉNERGIE	117
BASES DU COMBAT OPERATIONNEL	119
TACTIQUES DE COMBAT AÉRIEN.....	119
<i>Recherche de cible</i>	<i>119</i>
<i>Combat hors de portée visuelle (BVR).....</i>	<i>120</i>
<i>Manœuvres.....</i>	<i>120</i>
<i>Utilisation du canon en combat aérien.....</i>	<i>121</i>
<i>Tactiques d'utilisation des missiles Air-Air.....</i>	<i>123</i>
ÉVITEMENT DE MISSILE.....	123
DYNAMIQUE DE VOL DU F-15C	130
<i>Décollage</i>	<i>130</i>
<i>Montée</i>	<i>131</i>
<i>En vol</i>	<i>131</i>
<i>Approche.....</i>	<i>132</i>
<i>Remise des gaz.....</i>	<i>132</i>
<i>Atterrissage.....</i>	<i>132</i>
MANOEUVRABILITÉ DU F-15C EAGLE	133
<i>Notions fondamentales de la manœuvrabilité d'un avion.....</i>	<i>133</i>
ENVELOPPE D'ALTITUDES ET DE VITESSES.....	133
<i>Limites d'enveloppe</i>	<i>133</i>

<i>Vol stratosphérique</i>	135
<i>Vol de croisière</i>	135
<i>Caractéristiques des contrôles latéraux et directionnels</i>	135
<i>Vol à basse vitesse</i>	136
<i>Vol en palier à forte incidence (AOA)</i>	136
<i>Décrochage dynamique</i>	137
<i>Vol à haute vitesse et forte incidence (AOA)</i>	137
<i>Vol en suivi de terrain</i>	138
FACTEUR DE CHARGE (FORCE G).....	139
<i>Facteur de charge</i>	139
<i>Facteur de charge maximum instantané</i>	139
<i>Le facteur de charge soutenu</i>	140
<i>Facteur de charge maximum soutenu (en PC Max)</i>	141
<i>Facteur de charge longitudinal</i>	142
EFFETS DES FACTEURS EXTERNES SUR LES CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DE MANOEUVRABILITÉ....	143
<i>Masse</i>	143
<i>Emports externes</i>	144
<i>Conditions atmosphériques</i>	144
CHECK-LISTS DU F-15C	146
DÉMARRAGE	146
ROULAGE ET DÉCOLLAGE	146
NAVIGATION	147
ATTERRISSAGE	147
UTILISATION DE L'ARMEMENT AIR-AIR	148
<i>AIM-120 AMRAAM</i>	148
<i>AIM-7 Sparrow</i>	148
<i>AIM-9 Sidewinder</i>	149
<i>Canon M-61</i>	149
SUPPLÉMENTS	152
CRÉDITS : TRADUCTION FRANÇAISE	152
LISTE D'ACRONYMES	153

INTRODUCTION AU F-15C

Le F-15C a souvent été considéré comme le meilleur chasseur au monde. Conçu en réponse à l'excellent Mig-25 Foxbat Soviétique, le F-15C a été l'épine dorsale de l'U.S Air Force durant trois décennies. Avec une avionique et un armement amélioré par rapport au F-15A, le palmarès du F-15C a atteint plus de 100 victoires aériennes, sans aucune perte, sous les couleurs d'Israël, de l'Arabie Saoudite et des Etats-Unis.



Figure 1. Le F-15C

Le F-15C règne en maître dans l'arène hors de portée visuelle (BVR). Sans être maladroit en combat rapproché, il excelle à trouver des cibles, les identifier comme hostiles et les engager avec des missiles AMRAAM AIM-120C avant que l'ennemi ne puisse répondre.

Son radar Doppler pulsé polyvalent peut rechercher des cibles à haute comme à basse altitude sans être gêné par les échos du sol. Il peut détecter et suivre les avions et les petites cibles rapides qu'ils soient proches ou au-delà de la portée visuelle ainsi qu'à des altitudes descendant jusqu'à la cime des arbres. Le radar fournit les informations sur les cibles à l'ordinateur central pour une utilisation efficace de l'armement. En combat rapproché, le radar acquiert automatiquement l'avion ennemi et projette l'information sur le viseur tête haute.

L'Eagle peut également être redoutable en combat rapproché même si le Sidewinder AIM-9M, une arme fiable utilisée depuis les années 1960, n'a pas la capacité de "dépointage" élevé des missiles infrarouges russes récents. Les pilotes de F-15C doivent généralement favoriser le «combat à haute énergie» à vitesse élevée plutôt que le duel en virage à basse vitesse, en particulier contre les adversaires agiles. Cependant, dans un combat à faible vitesse, les grandes gouvernes de l'Eagle sont un outil puissant entre les mains d'un pilote expérimenté.

F-15 HISTORY



HISTOIRE DU F-15

ORIGINES

Le McDonnell Douglas F-15 est légitimement considéré comme l'un des meilleurs chasseurs au monde. Créé dans les années 1970, avec une phase de conception passionnante suivie d'une riche histoire opérationnelle, ce chef-d'œuvre de la conception aéronautique a une liste impressionnante de faits d'armes.

Le F-15 Eagle est le cheval de bataille principal de l'armée de l'air des États-Unis. Initialement désigné comme chasseur de supériorité aérienne, il a été conçu pour s'adapter à tous les combats dans toute guerre aérienne future. Ayant subi près de 40 ans de constantes modifications et améliorations, les Eagles continuent à jouer un rôle important dans la stratégie américaine de défense aérienne. Un dérivé, la variante F-15E Strike Eagle reste le plus puissant appareil d'attaque disponible pour les forces de l'OTAN.



Figure 2. F-15

L'histoire de ce chasseur illustre commence par la recherche et le développement fait depuis 1962, quand le Republic F-105 Thunderchief était le meilleur avion tactique dans l'arsenal de l'US Air Force.

Les premières étapes de la longue route menant éventuellement au F-15 n'ont concerné que la recherche et n'ont pas immédiatement donné lieu à un programme de conception. Alors que la guerre du Vietnam reprenait son rythme en novembre 1965, l'USAF émettait des exigences pour le programme FX (Fighter X, ou Fighter eXperimental) devant ouvrir la voie à une nouvelle génération d'avions de chasse. L'objectif principal du programme FX était la création d'une toute nouvelle flotte de chasseurs remplaçant tous les avions de la génération contemporaine comme les F-4C, F-4D et F-

4E, les F-101B, F-102, et les intercepteurs F-106. Le programme FX devait permettre à l'USAF de rester compétitif dans les années à venir et de maintenir sa supériorité aérienne sur tout adversaire.



Figure 3 : F-4E

Les spécifications préliminaires pour le programme FX ont été finalisées en décembre 1965. En mars de l'année suivante, trois fabricants aéronautiques, Boeing, Lockheed Martin et North American, ont obtenu des contrats pour commencer à travailler sur leurs études concurrentes. Selon les spécifications, l'appareil devait avoir une vitesse maximale de Mach 3.0, être monoplace et utiliser une gamme d'armes à moyenne et longue portée, missiles guidés inclus. Ces spécifications ont été en grande partie émises en réponse au nouvel appareil Soviétique, le MiG-25 Foxbat.

Le cahier des charges ne prêtait guère attention aux capacités du nouvel appareil en combat rapproché. Il était généralement envisagé qu'il suive les traces du F-111 en tant qu'intercepteur universel de défense aérienne.

Cependant, la guerre du Vietnam a rapidement mis en évidence un défaut majeur dans cette approche. Il s'est avéré que les combats rapprochés faisaient toujours partie de la guerre aérienne. Même le meilleur missile air-air du moment, le AIM-7 Sparrow, ne dépassait pas plus de 20% du total des victoires, la majorité étant obtenue avec des AIM-9 Sidewinder et des canons à courte portée. Ces statistiques ont mené à une révision radicale des spécifications FX en 1967. L'USAF voulait désormais un chasseur très manœuvrable, meilleur que le Mig-21 Fishbed en combat rapproché et supérieur à moyenne et longue portée.

Une manifestation aérienne soviétique en 1967 à l'aérodrome de Domodedovo a également contribué au changement. Les nouveaux développements soviétiques affichés fièrement dans le ciel de Moscou ont fait comprendre aux Etats-Unis et à l'OTAN que les Russes étaient encore bien présents dans la partie.

Le Congrès des États-Unis a par la suite lancé des audiences à huis clos pour enquêter sur les questions liées à l'aviation de combat, y compris la capacité de l'US Air Force à combattre efficacement les nouveaux avions soviétiques comme l'intercepteur Tu-128 Fiddler, le Su-15 Flagon, les MiG-23 Flogger, 25 Foxbat, le bombardier supersonique Tu-22K Blinder et l'avion d'attaque Su-17 Fitter. Les experts considérant que ces avions étaient les plus performants à disposition du bloc soviétique, ces audiences conférèrent un caractère d'urgence au programme FX. Un chasseur de nouvelle génération capable de contenir la menace soviétique devait entrer en production dès que possible. Une fois de plus, les Etats-Unis devaient mobiliser leurs énormes ressources intellectuelles et manufacturières pour répondre à une menace émergente.

Un nouvel acteur inattendu a rejoint le programme en 1967. Le Dr John S. Foster, directeur de l'organisation de recherche et d'ingénierie du département de la défense, a insisté pour que l'administration nationale de l'air et de l'espace soit également incluse dans le programme FX. La NASA possédant les talents les plus avancés et ayant amené de nombreux progrès dans le domaine de l'aviation, son implication contribuerait à introduire des technologies de pointe et à minimiser les risques des développements futurs.

La nouvelle équipe de recherche a proposé quatre concepts très différents :

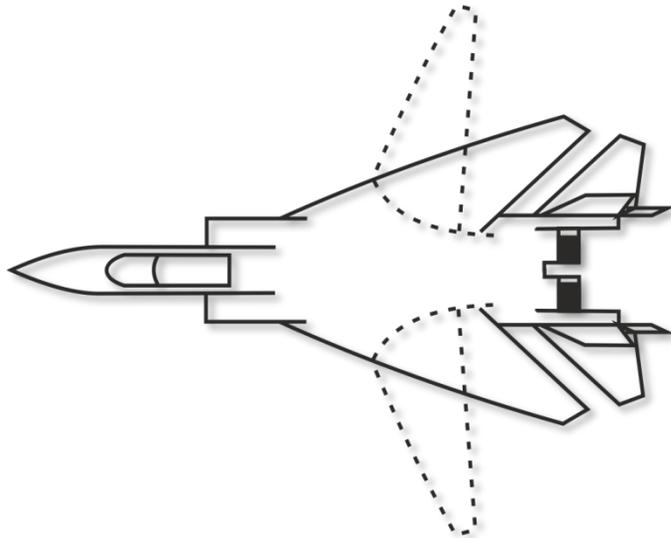


Figure 4 : LFAX-4 - Chasseur à ailes à géométrie variable

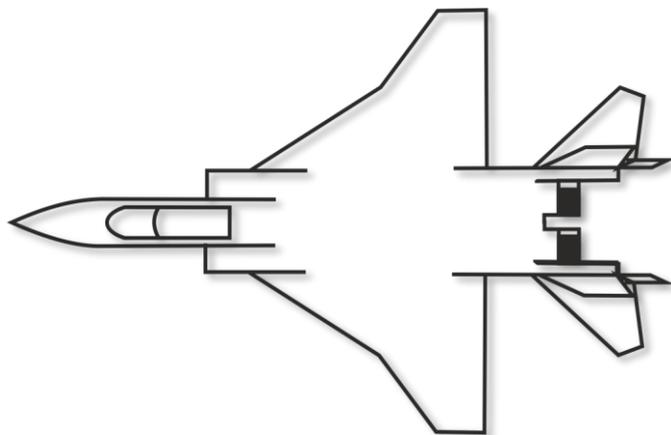


Figure 5 : LFAF-8 – Variante du LFAF-4 à ailes fixes

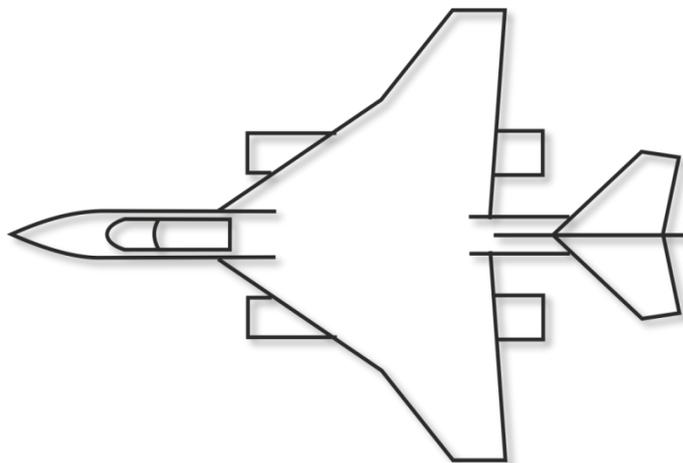


Figure 6 : LFAF-9 – Chasseur bimoteur montés sous les ailes

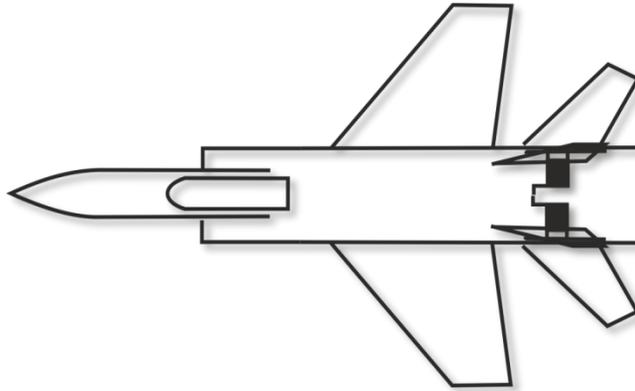


Figure 7 : LFA-X-10 – Chasseur très similaire au Mig-25 Soviétique

Les équipes de conception des fabricants et la NASA ont souvent échangé des informations et étudié les avantages et inconvénients de chaque configuration en détail. Les LFA-X-4 et LFA-X-8 sont devenus les propositions les plus influentes, chacune finissant par être produite en série respectivement en tant que Grumman F-14 Tomcat et McDonnell Douglas F-15 Eagle. Les concepteurs de McDonnell Douglas ont trouvé l'apport de la NASA très précieux. Ils ont finalement décidé que la variante LFA-X-8 était la plus adaptée aux spécifications. Toutefois, l'équipe de conception a dû s'éloigner d'un LFA-X-8 à ailes à double flèche une fois que les spécifications ont à nouveau évolué pour se focaliser encore plus sur la maniabilité subsonique. Un autre changement pendant cette étape a été une malheureuse augmentation de la traînée due à un radar plus grand que prévu logé dans le nez. Cela a eu un effet négatif sur l'aérodynamisme perfectionné par la NASA. Toutefois les performances requises pour le radar et la technologie de l'époque impliquaient un nez plus grand.

En juin 1969, Fairchild-Republic, North American Rockwell et McDonnell Douglas ont toutes présenté leurs propositions. L'armée de l'air a mis plusieurs mois pour les étudier.

Le modèle F-15 de Fairchild-Republic était un chasseur monoplace bimoteur montés sous des ailes en delta, avec les stabilisateurs horizontaux fixés aux nacelles moteurs.

L'idée principale du projet Fairchild-Republic était d'éviter que le fuselage interfère avec les entrées d'air. Il s'agissait d'un problème sur le F-111 avec ses entrées d'air situées directement sur le côté du fuselage. Éloigner les moteurs permettrait également d'éviter l'ingestion des gaz chauds du canon monté dans le fuselage lorsqu'il tirait. Enfin, cette conception devait augmenter la survivabilité. L'expérience de combat du F-4 Phantom au Vietnam a montré que bien que bimoteur, celui-ci avait pratiquement le même taux de survie qu'un F-105 monomoteur en raison de leur proximité sur le Phantom.

Dans le même temps, le design du F-15 de Fairchild-Republic avait ses inconvénients. La visibilité arrière était médiocre, l'aile était interrompue par les nacelles moteurs et, plus important encore, l'avion serait très difficile à piloter sur un seul moteur en cas d'urgence.

Le prototype F-X de North-American misait tout sur l'aérodynamique. Il comportait des ailes fines et une entrée d'air intégrée au fuselage. Comme la conception FX devait être utilisée entre M 0,8 et 2,5, l'aile était un ensemble de conceptions originales optimisées à la fois pour les vitesses subsoniques et supersoniques. La prise d'air intégrée dans le fuselage était encore une autre caractéristique unique basée sur des tas de données de North-American Aviation recueillies lors du projet de bombardier XB-70 Valkyrie .

Aérodynamiquement, tous les prototypes ont été un progrès énorme comparé à la génération des chasseurs contemporains.

L'étude gagnante a été annoncée le 23 décembre 1969. Le F-15 McDonnell Douglas deviendrait la quatrième génération de chasseur de supériorité aérienne de l'OTAN. La décision a été motivée par les mérites individuels du design ainsi que par la grande expérience de son fabricant dans la production de masse de chasseurs pour l'USAF et l'USN. L'appareil a été officiellement nommé F-15 Eagle (Aigle).

Le contrat pour une somme énorme (à l'époque) de 1,16 milliard de dollars concernait la livraison initiale de 20 appareils monospace et 2 avions d'entraînement biplace TF-15. L'équipe de conception était dirigée par George Graff. L'utilisation massive d'ordinateurs a permis de terminer la phase de conception plus rapidement que jamais pour un avion de cette complexité. Dans le même temps, le fabricant et les membres de l'Air Force ont adopté une approche conservatrice dans la plupart des choix de conception afin de minimiser les problèmes potentiels.

Plus de 500 propositions de conception ont été étudiées tout au long du projet. Plus de 23 000 heures d'essais en soufflerie ont été effectuées, soit quatre fois plus que lors du développement du F-4 Phantom. Un modèle à l'échelle a fait l'objet d'essais en vol libre et en vol contrôlé. Un avion-mère B-52 prenait le modèle et le relâchait en altitude. Beaucoup de données aérodynamiques ont été rassemblées, en particulier sur les décrochages et les vrilles.

Le F-15 est devenu le premier avion dans l'arsenal américain pouvant supporter jusqu'à 9 G. Sa vitesse était comparable à celle du MiG-25 soviétique. Initialement prévu pour voler à Mach 3 pendant de longues périodes, cette exigence a finalement été revue à la baisse quand il a été réalisé que ces vitesses extrêmes conduiraient à l'envolée des coûts de fabrication.



Figure 8 : McDonnell-Douglas YF-15A-1-MC Eagle n°71-0280 a Edwards AFB

Le premier F-15, désigné YF-15A avec préfixe Y pour le prototype de service, est sorti d'usine le 26 juin 1972. Le 27 juillet, le pilote d'essai de la compagnie, Irving Burrows, l'a fait voler pour la première fois. Le TF-15, la variante biplace, a volé en juillet 1973.

Les essais en vol se déroulaient sans incidents. Les premiers F-15A et F-15B biplace sont sortis de la chaîne de production en septembre 1974. Chacun des 10 premiers avions était destiné à des tâches spécifiques dans le programme d'essais en vol, allant des essais moteurs et avioniques à l'armement et à l'évaluation tactique.

Le calendrier de livraison général correspondait presque exactement aux livraisons du nouveau chasseur soviétique MiG-23ML Flogger. Chaque nouveau F-15 coûtait 12,5 millions de dollars, ce qui en faisait l'un des chasseurs les plus chers à ce jour.



Figure 9 : F-15A avec des missiles AIM-7 et AIM-9

Les pilotes de chasse sont vite tombés amoureux du F-15. Questionné par des journalistes, un pilote de chasse l'appelait «le meilleur du monde». Sans aucun doute, l'USAF avait un gagnant entre les mains. Le F-15 n'a pas eu de vrais rivaux pendant près d'une décennie avant que le Su-27 Flanker n'entre en production en 1982.

Une suite complète d'équipements, un armement puissant et d'excellentes performances en vol ont permis au F-15 de combattre et de gagner dans toutes les conditions, de jour comme de nuit, par temps clairs ou mauvais, au ras du sol ou à la limite de la stratosphère. L'avion était également beaucoup plus difficile à repérer que son prédécesseur le F-4 en raison de son nouveau camouflage et des moteurs qui fumaient trois fois moins que ceux du F-4. Un Viseur Tête Haute, ou HUD révolutionnaire, affichait les informations importantes sur un verre transparent face au pilote, supprimant la nécessité de regarder vers le bas sur le tableau de bord. Le HOTAS, ou Hands On Throttle And Stick (Mains sur la manette des gaz et sur le manche), était un autre système universellement apprécié par les pilotes. La plupart des commandes le plus souvent utilisées pour les moteurs, les armes et les systèmes de communication étaient regroupées sur le manche et la manette des gaz, réduisant considérablement la charge de travail dans l'habitacle.

De plus, la maintenance par heure de vol du F-15 a été réduite de 44% comparé au F-4 Phantom, et de presque moitié moins du temps nécessaire au ravitaillement et réarmement après une mission. Le moteur pouvait être changé en 30 minutes. Tout cela grâce à une conception permettant un accès facile depuis le sol et sans échelle, avec des panneaux d'accès à la plupart des équipements embarqués, dont 40% pouvaient être ouverts sans matériel supplémentaire. Le moteur, le radar et l'équipement électronique étaient pour la plupart modulaires, accélérant considérablement la maintenance. Comparé à beaucoup d'avions précédents, les pièces de rechange étaient produites à un très haut niveau d'interchangeabilité facilitant les réparations. Enfin, une unité de puissance auxiliaire (APU) était utilisée pour démarrer de façon autonome les moteurs et l'avionique, réduisant à nouveau grandement la charge de travail de l'équipe au sol.

ÉVOLUTIONS

McDonnell Douglas et l'Armée de l'Air ont commencé à travailler sur l'amélioration du F-15 à peine les premiers F-15A sortis de la ligne de production. Le F-15C amélioré avec sa variante à deux places F-15D devaient être équipés d'armes améliorées, la plus importante étant le tout nouveau missile AA BVR AIM-120 AMRAAM, tir et oublie et à guidage actif. La portée opérationnelle de 30-40 nm (55-74 Km) du nouveau missile était très impressionnante.

Le F-15C/D est entré en production en 1978. Avec un radar amélioré, des entrées d'air et d'autres éléments de cellule renforcés et un poids maximum au décollage considérablement augmenté lui permettant d'emporter près de 2.000 livres de carburant supplémentaire. À l'inverse, le programme AIM-120 a subi de longs retards et le F-15C/D n'a pas reçu les nouveaux missiles avant une décade pendant laquelle son prédécesseur le missile AA AIM-7M Sparrow à guidage radar semi-actif a dû continuer à faire le boulot.



Figure 10 : F-15C avec réservoirs conformes FAST PACK (sur les chariots)

Une autre caractéristique notable du F-15C/D était les réservoirs de carburant conformes (CFT). L'accroissement du rayon d'action toujours été l'une des principales exigences pour les chasseurs de nouvelle génération. McDonnell Douglas a commencé à travailler sur le FAST PACK (Fuel and Sensor Tactical PACK) du F-15 au début des années 1970. Deux réservoirs de carburant transportant 849 Gallons (3400L) chacun s'ajustent parfaitement entre le fuselage et l'aile. Ces CFT ont eu un effet énorme sur le rayon de combat du F-15, l'augmentant de 71% à un incroyable 1200 nautiques (MN). Le rayon de combat prend en compte l'aller, le retour et le temps sur zone, mais une valeur est encore plus impressionnante, c'est la distance de convoyage du F-15C/D qui est de 3450 MN.

Les réservoirs de carburant FAST PACK sont des conteneurs semi-monocoques en alliage d'aluminium. En plus de transporter du carburant, ils augmentent les capacités du F-15. Des points d'emports situés sur les conteneurs peuvent recevoir 6 bombes supplémentaires Mk.82 de 500 livres. Des variantes de réservoir supplémentaires ont également été créées afin d'emporter un pod pour le système de capteur infrarouge de navigation et de ciblage (d'où la partie Sensor Tactical de la désignation), ou un mélange eau-méthanol pour augmenter les performances du moteur et même un emplacement pour le moteur fusée AR2-3A de 6 600 livres de poussée. L'idée était d'utiliser les moteurs fusée pour le décollage assisté à une altitude allant jusqu'à 75 000 pieds.

L'ensemble de la phase d'étude des conteneurs n'a duré que 139 jours, du début jusqu'aux essais en vol. Un F-15 équipé de prototypes FAST PACK a pris l'air le 27 juillet 1979. Un mois plus tard, un F-15 FAST PACK a volé sans escale jusqu'au Farnborough Air Show en Angleterre, parcourant 3000 miles en 4 heures et 59 minutes avec un poids au décollage de 66 600 lb. Les essais en vol ont montré qu'un F-15 FAST PACK pouvait atteindre Mach 2 et pouvait encore monter jusqu'à 5 G. Selon les rapports d'essais en vol, la perte de manœuvrabilité était minimale.

Cependant, peu de F-15C/D ont fini par utiliser les FAST PACK. La perte de performance en supersonique s'est révélée trop importante. Les réservoirs de carburant conformes ne sont devenus standard que sur la version F-15E. Les variantes de ciblage et de fusée d'appoint n'ont jamais été matérialisées.

Bien que les F-15A et F-15C puissent théoriquement transporter des armes air-sol, les pilotes de F-15 n'ont jamais été formés à l'attaque au sol. Le F-15 a été utilisé comme un chasseur de supériorité aérienne pur, et les seules armes qu'il transportait opérationnellement étaient des missiles air-air.

McDonnell Douglas voulait y remédier. En 1976, le constructeur, agissant de sa propre initiative, a commencé à travailler sur l'augmentation de la capacité air-sol du F-15. Il était évident que le concept était assez polyvalent et qu'une simple refonte le rendrait capable de missions d'interdiction profonde. Le nouveau projet a été officieusement surnommé le Strike Eagle. Quand l'USAF a lancé l'étude des besoins tactiques tous temps en 1978 pour chercher un remplaçant au F-111 vieillissant, le Strike Eagle était prêt. L'USAF s'est vu offrir de nombreuses autres options, toutes basées sur des avions existants tels que les General Dynamics F-16 et F-111, le Fairchild A-10, le Vought A-7, le McDonnell Douglas F-4 et le F/A-18, le Grumman F-14 et A-6, et même l'avion de combat européen Tornado.

Utilisant ses fonds propres, McDonnell Douglas a converti une ancienne cellule TF-15B en F-15B AFCD (Advanced Fighter Capability Demonstrator). Il a pris l'air le 8 juillet 1980. Le Strike Eagle se différencie du F-15B biplace par l'ajout des conteneurs FAST PACK ainsi que par l'équipement radar amélioré avec de larges capacités air-sol. Le nouvel avion d'attaque devait intégrer une suite d'équipements dernier cri lui permettant de voler à basse altitude dans toutes les conditions météorologiques tout en étant en mesure d'identifier une multitude de cibles mobiles et de les engager avec un large éventail d'armes comprenant des missiles air-sol, des bombes non guidées et

de précision guidées par laser. L'objectif global était un appareil multirôle pouvant effectivement engager des cibles aussi bien au sol que dans les airs.

Le projet, se révélant très prometteur, a poussé l'USAF à publier une nouvelle spécification en vue d'obtenir un "Enhanced Tactical Fighter" ou Chasseur Tactique Amélioré (ETF). Le principal concurrent du Strike Eagle était le General Dynamics F-16XL, un dérivé du F-16 monomoteur à succès. Quatre prototypes F-15 ont effectué au total 216 vols d'essai, tandis que deux F-16XL ont réalisé 387 vols.

L'USAF a annoncé le vainqueur le 24 février 1984. Le nouveau chasseur multirôle serait basé sur le concept du F-15 et désigné F-15E.

La victoire du F-15 était basée sur de nombreux facteurs, notamment le fait que le Strike Eagle autofinancé était plus mature et que la plupart des équipements embarqués avaient déjà fait l'objet de nombreux tests. En outre, les membres de l'Armée de l'Air étaient sceptiques sur un chasseur multirôle monoplace alors que le développement à partir d'un F-16 biplace demanderait beaucoup plus de temps et d'argent.

La première pré-production du F-15E a pris l'air le 11 décembre 1986. Les premiers exemplaires de série ont commencé à sortir des lignes de production le 29 décembre 1988. Le Strike Eagle de série diffère grandement des prototypes initiaux. Environ 60% de la cellule a été redessinée pour tenir compte d'une augmentation du poids au décollage. Les technologies avancées ont augmenté la durée de vie de l'avion à 16 000 heures, par rapport à seulement 4 000 dans l'étude initiale. De nombreux éléments qui souffraient le plus d'usure et de déchirure, ainsi que l'ensemble du fuselage arrière, sont désormais fabriqués en titane superplastique soudé par diffusion. Cela a rendu les baies moteur plus spacieuses, permettant d'y loger le moteur plus grand et plus puissant General Electric F110 en plus du moteur original Pratt & Whitney F100.



Figure 11 : F-15E

Le F-15E a également reçu un tout nouveau radar de suivi de terrain, lui permettant de voler à des altitudes n'excédant pas 100 pieds.

Les F-15 continuent d'être utilisés comme bancs d'essai volants. Par exemple : un F-15A a été utilisé en 1982 pour tester le nouveau moteur F100-DEEC équipé du "Digital Electronic Engine Control". 30 vols d'essai ont été effectués, prouvant que le moteur pouvait être commandé par la toute nouvelle méthode numérique, et qu'elle était nettement supérieure à l'ancienne qui était hydraulique. Par exemple, le passage par le DEEC du ralenti à la postcombustion n'a duré que 4 secondes, au lieu des 7 secondes pour le modèle précédent. Des données précieuses recueillies au cours de ces essais ont ensuite été incorporées au moteur F100-PW-229.

Le Laboratoire de dynamique de vol de l'USAF et le Laboratoire d'avionique de la Base aérienne Edwards ont effectué plus de 60 vols d'essai entre 1981 et 1983 en utilisant un F-15 modifié avec le système "Integrated Flight and Fire Control" (IFFC Firefly). Il comprenait un module de suivi laser / TV ATLAS II utilisé pour le ciblage ainsi qu'un logiciel sophistiqué de contrôle de tir. Le système avait une caractéristique révolutionnaire pour son époque, permettant au chasseur qui en était équipé d'attaquer des cibles terrestres et aériennes simultanément quelle que soit l'incidence imaginable. Les tests en vol ont montré qu'un F-15 équipé de la sorte pourrait attaquer ses cibles et revenir à la base en un tiers du temps nécessaire à un F-15 de série. Des capteurs sophistiqués et des armes intelligentes permettaient d'attaquer toute cible à portée.

En juin 1983, un autre F-15 d'essai volait à Edwards essayant cette fois un nouveau système numérique de commande de vol FCS. Comparé aux anciens systèmes analogiques, le nouveau système "semi-fly-by-wire" permettait d'assister le contrôle de l'appareil en reliant les commandes de vol aux systèmes de commande du moteur et de tir ainsi qu'aux systèmes de navigation. L'effet global a été très positif. Le nouveau FCS a grandement amélioré les capacités de F-15 sans modifications coûteuses de la cellule ou du moteur.

Simultanément, l'USAF demanda une nouvelle variante du F-15 avec des capacités de décollage plus court. Une variante expérimentale de F-15STOL (Short Take-Off and Landing), en cours depuis quelque temps, a volé en réponse aux nouvelles spécifications. L'avion possédait certaines caractéristiques novatrices, comme la vectorisation de la poussée, des buses éjectrices de jet, et des avant-plans canard dérivés de stabilisateurs de F/A-18. Les tuyères de poussée bidimensionnelle à 20 degrés développées par Pratt & Whitney ont nécessité une refonte significative du système de refroidissement du chasseur. L'appareil a également reçu un tout nouveau système de commande de vol qui gère les surfaces de contrôle traditionnelles ainsi que les avant-plans canard, le moteur, les buses de jet, la roue avant et les freins des roues principales, tout en même temps. La principale caractéristique du nouveau système de commande était son adaptabilité. Il a été conçu pour maintenir l'avion en vol en cas de panne individuelle du système, redistribuant les commandes aux dispositifs disponibles pour maintenir l'avion aussi stable que possible. Le train d'atterrissage a également été renforcé pour permettre une vitesse verticale accrue à l'atterrissage. Associés à des pneumatiques basse pression, le train d'atterrissage amélioré a permis au nouveau F-15 de fonctionner sur des pistes mouillées, endommagées par les bombes et même non revêtues. L'avion a également reçu un nouveau pilote automatique d'atterrissage qui pouvait se poser par mauvais temps ou dans des conditions de faible visibilité. Le radar AN/APG-70 amélioré offrait une résolution nettement améliorée de 8,5 ft pour une distance allant jusqu'à 13 MN et de 17 ft pour un maximum de 24 MN. Tous ces changements ont également eu un effet négatif. L'équipement supplémentaire a considérablement augmenté le poids de l'avion. Le nouveau radar pesait à lui seul 2 400 lbs (1,08 t) de plus que l'ancienne version.

Le banc d'essai STOL, plus tard désigné STOL / MTD (Démonstrateur de décollage et d'atterrissage/manœuvre court), a été prêté à la NASA pour des recherches supplémentaires. Il a été utilisé dans le programme ACTIVE (technologie de contrôle avancé pour les véhicules intégrés) où Boeing et Pratt & Whitney ont également collaboré. Le programme a duré 7 ans entre 1993 et 1999.



Figure 12 : F-15 ACTIVE d'essai en vol. 14 Avril 1998

À la fin du programme ACTIVE, les buses éjectrices de l'appareil ont été presque complètement redessinées. Elles peuvent maintenant diriger le jet vers l'avant, l'extérieur ou à un angle pouvant aller jusqu'à 20 degrés par rapport à l'axe de l'avion, ce qui permet un réglage plus précis du tangage et du roulis. Les buses éjectrices assistent l'appareil à la fois au décollage, à l'atterrissage ainsi que pour la manœuvrabilité générale à toutes les vitesses entre 0 et Mach 2. Le système de contrôle de l'avion a été à nouveau amélioré. Le F-15 ACTIVE a effectué 15 vols d'essai en 1999, date à laquelle le programme a été arrêté. La NASA avait également un autre F-15B modifié en prêt qui continue d'être utilisé pour divers tests.

PROGRAMME DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT

Plusieurs problèmes ont été identifiés sur les nouveaux modèles F-15A et B entrés en service. Par exemple, les entrées d'air se sont révélées structurellement faibles et des limites G plus strictes ont dû être imposées. Les entrées d'air ont dû être repensées afin de permettre au F-15 de fonctionner selon les spécifications. Cela signifiait aussi une adaptation des structures existantes. Il s'agissait de la première étape du programme d'amélioration F-15 multi-niveaux (MSIP) qui a continué depuis. En 1984, l'USAF a accordé 155 millions de dollars à McDonnell Douglas pour, d'une part, effectuer des améliorations de la cellule afin d'augmenter les limites de 7 à 9 G pour les F-15A / B / C / D de série et d'autre part renforcer le train d'atterrissage pour augmenter le poids au décollage de près de 5,9T. L'avion devait aussi recevoir un nouvel ordinateur de bord, un nouveau système de contrôle de tir avec des MFD couleur et une suite ECM améliorée incluant des contre-mesures automatiques contre certaines menaces. Un nouveau prototype F-15C MSIP s'est envolé le 20 juin 1985.

Une autre étape importante du MSIP à la fin des années 1990 a équipé le F-15C/D d'un nouvel affichage multifonction qui l'a relié au réseau tactique militaire d'échange de données "Link 16". Le système relie le F-15 au système conjoint de distribution d'information tactique (JTIDS) lui permettant d'améliorer considérablement son accès aux données d'alerte avancée aéroportée, à celles des radars terrestres, des défenses aériennes avancées et des autres appareils tactiques. Le programme prévoyait de mettre à niveau tous les F-15 de l'USAF aux premières lignes ainsi que 100 F-15 de la Garde nationale.

Les attaques du 11 septembre ont provoqué une extension rapide du programme MSIP comprenant également les F-15E. Les anciens MFD CRT ont été remplacés par de nouveaux écrans LCD. Le changement le plus important a toutefois été le remplacement du radar AN/APG-63 vieillissant par un système d'antenne active à balayage électronique AN/APG-63 (V) 2. 18 F-15C basés à Elmendorf Air Force Base en Alaska ont été les premiers à recevoir le nouveau radar.

En 2006, il y avait 396 chasseurs F-15C/D en service dans l'USAF, ainsi que 126 F-15A/B/C/D dans les unités de la Garde nationale aérienne. L'USAF avait également 217 F-15E multirôle. Les F-15C devaient être remplacés par les nouveaux F-22A Raptor à partir de 2005. Cependant, des 648 prévus à la fin des années 1990, la portée du programme F-22A a finalement été réduite à moins de 200 appareils. Cela signifiait que dans l'USAF, jusqu'à 250 F-15C/D resteraient en service jusqu'en 2020, et jusqu'à 200 F-15E pour une période indéterminée encore plus longue. En conséquence, le programme d'amélioration multi-niveaux a démarré une autre phase.

La nouvelle phase comprend de nombreuses améliorations des F-15C/D et F-15E. Elle concerne des mises à niveau de l'avionique, ainsi que le nouveau système de visée monté sur casque (JHMCS). Certains chasseurs F-15C/D ont également reçu le nouveau radar amélioré d'abord testé sur le F-15K d'exportation destiné à la Corée du Sud. Les améliorations apportées à la cellule du F-15 incluent des extrémités d'ailes en nid d'abeille et le remplacement par des composants plus récents moins sensibles à la corrosion par l'eau.

Le programme vise également à standardiser les ordinateurs de bord F-15C/D et F-15E. L'avion recevra également un système ILS amélioré, ainsi que des améliorations du moteur. Enfin, le F-15C/D sera équipé du tout dernier missile air-air courte portée AIM-9X Sidewinder.

D'autres pays ont également apporté leurs propres modifications au F-15. Le 28 juillet 2003, le Japonais Mitsubishi Heavy Industries (MHI) a fait voler un chasseur F-15J modifié. La première étape

de modification comprenait l'installation d'un nouveau radar Raytheon ainsi qu'une nouvelle unité centrale de Lockheed Martin. La seconde a équipé l'avion d'une nouvelle unité de radar japonais. Le programme prévoyait l'amélioration de 12 F-15J à livrer à l'armée de l'air japonaise à la fin de 2005.

En conclusion, le programme d'amélioration à plusieurs niveaux a été très efficace pour maintenir un concept de près de 40 ans concurrentiel tout au long de son service actif. Il est clair que les F-15 resteront en service en première ligne une bonne partie du 21ème siècle. Compte tenu des étapes d'amélioration actuelles et prévues, nous pouvons être assurés que les F-15 Eagle continueront à faire évoluer le domaine de l'aviation de chasse dans les années à venir.

ENTRÉE EN SERVICE DES F-15

Malgré quelques défauts de conception des premiers F-15A/B de série, ces avions étaient les meilleurs appareils tactiques dans l'arsenal de l'USAF du début des années 1980. Les unités de l'USAF basées en Europe occidentale ont affiché les niveaux de disponibilité opérationnelle les plus élevés. En mars 1982, la disponibilité opérationnelle de tous les F-15 de l'USAF était de 64,5%, tandis que celle des avions stationnés en Europe était évaluée à 73,1%. La 36e escadre tactique basée sur le terrain de Bitburg en Allemagne a affiché ses plus bas niveaux à 71,4% lors de son rééquipement avec les derniers modèles F-15C et D. Mais au fil du temps les équipages se sont habitués aux nouvelles cellules, augmentant sensiblement le niveau de disponibilité opérationnelle à Bitburg à 92,8%.

Le 36e TFW a utilisé 79 F-15 au début des années 1980. Trois escadrons de chasse ont utilisé 72 chasseurs, 7 autres restants en réserve, prêts à remplacer les pertes au combat ou les indisponibilités temporaires durant l'entretien. Bitburg AFB a joué un rôle clé dans la stratégie de défense aérienne de l'OTAN tout au long de la guerre froide. Quatre avions de la 36e Escadre étaient maintenus en alerte, prêts à décoller en moins de cinq minutes. Les pilotes d'Eagle sont continuellement entraînés à un décollage et une interception rapide, affichant souvent des résultats inférieurs à 4 minutes, avec un record de 3 minutes et 37 secondes. Les équipages s'entraînaient constamment, avec une moyenne mensuelle de 50-60 décollages d'urgence.



Figure 13 : Tir d'un AIM-7

Le personnel au sol du 36e TFW a suivi les pilotes. À l'atterrissage, les F-15 pouvaient être ravitaillés et réarmés en à peine 12 minutes. Certaines équipes ont même réussi à terminer l'ensemble de la procédure en moins de 11 minutes. Pour ce faire, des modifications de terrain ont été apportées à l'avion. Par exemple, des modifications locales ont consisté à enlever les panneaux extérieurs sur les tuyères moteur augmentant légèrement la trainée mais diminuant le temps de maintenance de près de 10%.

Les Eagles ont également démontré leurs capacités exceptionnelles à l'autre bout du monde. Au cours de l'exercice Team Spirit 82, dans le Pacifique occidental, 24 chasseurs F-15A basés sur la base aérienne de Kadena (Okinawa) ont effectué 418 sorties simulées en 9 jours, dont 233 en seulement 3 jours. Les niveaux de préparation au combat pour les F-15 basés en Asie étaient presque de 100%.

Le F-15 a également établi de nouveaux records en matière de sécurité des vols. En avril 1982, l'Eagle avait cumulé plus de 523 000 heures de vol, le taux moyen d'accidents étant situé juste après l'A-10A (l'USAF considère tout événement comme un accident de vol si le montant des dégâts de l'avion s'élève à au moins 500 000 dollars). En 1984, le taux d'accident de la flotte de F-15 avait encore diminué, devenant le plus bas de la force aérienne des États-Unis. Il y reste à ce jour, avec une moyenne de 2,4 accidents par 100 000 heures de vol.

La grande fiabilité et la résistance de l'appareil sont mieux illustrées par des exemples précis. Un F-15 a heurté un autre avion pendant un combat aérien simulé. La collision a cisailé le côté gauche du stabilisateur gauche et du gouvernail, ainsi que de la plupart du stabilisateur vertical gauche. L'avion a cependant réussi à voler jusqu'à sa base et à atterrir en toute sécurité. Un autre combat simulé contre un A-4 Skyhawk s'est également soldé par une collision. Un F-15 israélien a presque entièrement perdu son aile droite, ne laissant qu'une section de 2 pieds à la base de l'aile. Néanmoins, le pilote du F-15 constatant que l'avion était toujours contrôlable a décidé d'atterrir. Il s'est posé à une vitesse de 330 mph, près de deux fois la vitesse d'atterrissage normale, et a dû utiliser la crosse pour s'arrêter. Les experts de McDonnell Douglas ont analysé l'incident en détail et ont constaté que le F-15 pouvait produire suffisamment de portance pour un vol contrôlé avec seulement le fuselage et une aile.

Dans un autre incident, le réservoir largable central d'un F-15 a été frappé par la foudre, ce qui a enflammé les vapeurs. Plus de 200 éclats ont frappé la partie inférieure du fuselage et l'avion a été gravement endommagé par le feu. Néanmoins, cet avion a également réussi à atterrir en toute sécurité.

En fin d'année 1999, les F-15 de l'armée de l'air américaine ainsi que ceux servant avec Israël, l'Arabie saoudite et le Japon ont effectué un total de plus de 3,5 millions d'heures de vol, se montrant extrêmement fiable et démontrant un des meilleurs taux de disponibilité au combat de l'histoire de l'aviation.

Les F-15 au combat

Le premier pays à utiliser le F-15 au combat a été Israël au cours d'une guerre civile multi-faction complexe qui a débuté au Liban en 1975. L'influence syrienne sur le conflit a été forte dès le premier jour et a continué à se développer. En 1976, la Ligue arabe a voté l'envoi de 40 000 soldats pour le maintien de la paix au Liban, principalement issus des forces armées syriennes. Israël a brièvement envahi le sud du Liban en 1978 et s'est ensuite retiré pour maintenir un corridor de sécurité de 12

NM le long de la frontière sud. Cela a été le début d'une confrontation entre les forces aériennes israéliennes et syriennes.

Les F-15 israéliens sont entrés dans le conflit pour la première fois le 27 juin 1979. Des chasseurs israéliens, escortés par un vol de F-15, se dirigeaient vers les positions palestiniennes dans le sud du Liban lorsque deux vols de MiG-21bis furent lancés pour les intercepter. Le Fishbed était le chasseur le plus moderne alors disponible pour les Syriens. Les avions d'escorte israéliens, six F-15 et une paire de chasseurs IAI Kfir furent envoyés en interception, dirigés par un Northrop Grumman E-2C Hawkeye, avion d'alerte avancée en station au dessus de la Méditerranée. Après un combat en dogfight, les F-15 ont revendiqué quatre MiG-21 et un autre a été partagé entre un F-15 et un Kfir. Quatre des cinq revendications de victoire ont finalement été confirmées. Un autre MiG a été endommagé, mais le pilote a réussi à le faire atterrir sur la base aérienne de Rayak en Libye. Israël a affirmé n'avoir subi aucune perte de son côté.

La bataille aérienne suivante a eu lieu le 19 septembre. Les pilotes des F-15 israéliens ont revendiqué quatre autres Fishbeds. Un grand combat rapproché a eu lieu le 24 septembre où les F-15 ont à nouveau joué un rôle important et ont ajouté quatre autres victoires au compte de l'armée de l'air israélienne.

Un F-15A a revendiqué un autre MiG le 24 août 1980. Un autre combat aérien le 31 décembre 1980 a donné lieu à des revendications contradictoires. Les Israéliens ont réclamé deux MiG sans aucune perte, alors que les Syriens ont prétendu avoir perdu un seul Fishbed et avoir détruit un chasseur israélien.

En général, les combats aériens au Liban ont montré que l'armée de l'air israélienne équipée de chasseurs de quatrième génération et d'avions d'alerte avancée avait un avantage significatif sur les Syriens.

L'action la plus remarquable à laquelle les F-15 israéliens aient pris part fut l'opération Opéra, également connue sous le nom d'opération Babylone, l'attaque surprise d'un réacteur nucléaire irakien le 7 juillet 1981. L'attaque elle-même a été menée par huit F-16A pendant que six F-15A assuraient leur couverture aérienne. Le groupe d'attaque a décollé de la base aérienne d'Etzion dans la péninsule du Sinaï. Les F-16 ont contourné les défenses aériennes jordaniennes du sud, puis ont pénétré via le désert saoudien dans l'espace aérien irakien. Les F-15 n'ont jamais traversé l'Irak. Les F-16 ont largué seize bombes Mark 84 de 2 000 lb, dont au moins huit ont frappé le complexe du réacteur Osirak.



Figure 14 : F-15A israélien

Les premières pertes confirmées de F-15 ont eu lieu les 13 et 14 mai 1981. Alors que les Israéliens s'avancèrent plus profondément au Liban, un système mobile de missiles sol-air 2K12 Kvadrat a abattu deux F-15A. Les débris de l'un d'entre eux ont été montrés à la télévision. Dans le même temps, les Syriens insistèrent avec succès pour obtenir des Soviétiques l'envoi de chasseurs MiG-23MF. Le Flogger n'était pas l'avion le plus moderne dont les Soviétiques disposaient, mais était quand même supérieur au MiG-21 vieillissant. Le Flogger allait devenir la menace la plus sérieuse pour les F-15 israéliens.

Les Israéliens ont également reçu quelques nouveautés. L'Escadron IAF 133 a commencé à se convertir aux nouveaux F-15C/D en août 1981. À l'été 1982, ils disposaient d'une supériorité aérienne totale au dessus du Liban. En plus des 48 F-15, ils ont également mis en service 75 F-16. L'avion devait jouer un rôle de premier plan dans la prochaine opération Paix en Galilée pendant laquelle les Israéliens visaient à atteindre la Méditerranée près de Beyrouth, détruire toute opposition palestinienne et encercler les troupes syriennes dans la vallée de la Beqaa. Les frappes aériennes massives sur les camps palestiniens ont été déclenchées le 6 juin. Dans le même temps, les divisions mécanisées israéliennes ont attaqué sur un large front sur le terrain. Les Syriens ont rapidement déplacé leurs divisions de chars vers la ligne de front et ont engagé les Israéliens. Au début de la matinée, alors que la bataille allait commencer, deux MiG-23MF syriens ont intercepté un appareil sans pilote BQM-34 israélien et l'ont détruit avec un missile air-air R-23 tiré d'une distance de 11 km. Au retour les chasseurs syriens ont été interceptés par les F-15 israéliens guidés par un Hawkeye E-2C. Les Syriens réussirent à s'échapper indemnes, évitant tous les missiles israéliens, puis repliant leurs ailes à géométrie variable à l'angle maximum, accélèrent encore et se mirent hors de portée.

Le lendemain, des avions israéliens ont frappé les forces syriennes dans la vallée de la Beqaa. Le profil d'attaque standard consistait en un Hawkeye E-2C devant prendre position au dessus des eaux neutres au large des côtes du Liban. Le Hawkeye servait à la fois à surveiller les menaces risquant d'arriver et à la guerre électronique. Il serait couvert par deux ou quatre F-15 restant hors de portée des radars syriens. Un autre ensemble de deux à quatre vols de F-15 et F-16 devait alors aller en station proche de Beyrouth, prêt à attaquer toute menace émergente. Un groupe d'attaque de F-4 Phantom arriverait en dernier. Les avions israéliens s'approcheraient du Liban à une altitude d'environ

6 000 pieds, restant à l'écart des radars syrien jusqu' au dessus de la côte, où ils seraient détectés de toute façon par des observateurs au sol. Dans le même temps, le Hawkeye israélien pourrait surveiller tout avion syrien dépassant 300 pieds d'altitude.

Les Israéliens réservaient une autre surprise tactique à l'ennemi au-dessus du Liban. Au lieu d'utiliser des F-15 à long rayon d'action plus lourds, ils engageraient les avions ennemis avec des F-16A plus légers qui ne porteraient que des armes de moyenne à courte portée. Les F-16 s'approcheraient à basse altitude en ligne, puis se sépareraient par paire pour tenter de prendre en sandwich les chasseurs syriens et les abattre. Si le piège des F-16 ne fonctionnait pas, les F-15 entreraient dans la bataille avec un avantage tactique significatif.

Les principaux groupes des forces israéliennes et syriennes se sont affrontés le 9 juin au dessus de la rivière El Zahrani ou le combat aérien a atteint son paroxysme. Les Syriens ont affirmé que deux MiG-23MF ont attaqué une paire de F-16 le matin, en abattant un, avant de perdre un des MiG par le Falcon restant. Ailleurs, les syriens affirmèrent qu'une autre paire de MiG réussit à abattre un F-15, perdant également un MiG-23 par un missile air-air de F-15. Cela n'a jamais été confirmé. 14 heures de batailles non-stop n'ont pas fait plus de pertes. En fin de soirée, les pilotes du 133e Escadron ont abattu deux MiG-23MF et deux MiG-23MS. Un des pilotes syriens survivant a déclaré plus tard que la destruction de son avion avait été une surprise totale. En plus des six MiG-23 Floggers plus récents, les Israéliens ont également revendiqués six MiG-21 Fishbed vieillissants ce jour-là sans aucune perte de F-15 confirmée.

Les Syriens ont affirmé avoir abattu six avions israéliens ce jour-là, dont deux F-15. Toutefois, ces affirmations ne sont pas confirmées par l'armée de l'air israélienne ni par toute autre source vérifiable.

Le lendemain, 10 juin, a vu la bataille aérienne la plus intense avec jusqu' à 350 avions en vol des deux côtés. Les Israéliens ont revendiqué un total de 26 victoires, dont sept par les F-15. Les Syriens ont confirmé la perte de 22 avions. Le 11 juin, les Syriens ont admis avoir perdu deux MiG-23 et quatre MiG-21 par les F-15.



Figure 15 : MiG-23ML syrien.

Au total, les pilotes de chasse israéliens ont revendiqué 47 chasseurs arabes entre le 6 et le 11 juin, dont quatre MiG-23MS, six MiG-23MF, vingt-six MiG-21bis et onze MiG-21MF. La plupart des victoires

ont été obtenues par des F-15A et des F-15C. Dans le même temps, les chasseurs F-16 et F-15 volant à basse altitude, conjointement avec les défenses aériennes au sol, ont revendiqué sept chasseurs-bombardiers Su-22M et quatorze MiG-23BN ainsi que trois hélicoptères. Les données sur les pertes de la Force aérienne israélienne sont floues. Les Syriens ont affirmé avoir abattu 42 avions israéliens, dont au moins cinq F-15, ainsi que 1 ou 2 avions sans pilote. Les Israéliens prétendent qu'aucun F-15 n'a été perdu et aucune évidence n'a jamais prouvé le contraire.

L'arme principale utilisée par l'IAF en juin 1982 était le missile air-air à courte portée Python 3. L'AIM-7F, le missile air-air semi-actif Sparrow a été légèrement moins efficace. Plusieurs avions ennemis ont été abattus au canon.

Principalement en raison de l'action au Liban, l'armée de l'air israélienne totalise plus de la moitié de toutes les victoires aériennes de F-15 jamais enregistrées.

Le F-15C a également joué un rôle important dans la guerre du Golfe en 1991. 120 chasseurs américains et saoudiens ont effectué plus de 5 900 sorties pendant l'opération Tempête du Désert, revendiquant 37 des 39 victoires aériennes. Les F-15 américains ont revendiqué 35 de ces victoires, dont des Mirage F1, MiG-23, MiG-25, Su-22 et Su-25. Deux autres Mirage F1 ont été abattus par un pilote saoudien en un seul combat. Toutes les victoires ont été obtenues avec des AIM-7 ou des AIM-9, et toutes ont eu lieu pendant des interceptions guidées par des radars aéroportés d'alerte avancée.

Les F-15C étaient également les chasseurs les plus puissants utilisés pendant le conflit des Balkans de 1999. Ils ont accompli diverses missions, y compris l'escorte de bombardiers stratégiques ainsi que diverses missions air-air. Les F-15C du 48e Escadron de chasse furent dirigés par un E-3 Sentinelle vers un vol de chasseurs serbes pénétrant dans l'espace aérien bosniaque. Les chasseurs américains ont rapporté avoir abattu deux MiG-29, dont un s'est écrasé sur le territoire bosniaque, le pilote ayant réussi à échapper à la capture. Les serbes, à leur tour, ont faussement prétendu avoir abattu deux F-15 sans perte.



Figure 16 : A-4KU Skyhawk koweïti et F-15C Eagle de la Force aérienne des États-Unis sur un aérodrome avant une mission lors de l'opération Tempête du Désert le 2 février 1991

Le résultat final des F-15 de l'OTAN utilisés pendant l'opération Allied Force est de quatre MiG-29 abattus par des missiles AIM-120 sans aucune perte.

Les F-15 de l'US Air Force et de l'Air National Guard ont commencé à patrouiller activement dans l'espace aérien américain après les attaques terroristes du 11 septembre 2001.

Les F-15C ont également été largement utilisés dans les opérations de combat ultérieures dans le golfe Persique. Pendant l'opération Iraqi Freedom en 2003, les combats air-air en Irak étaient très limités. La Force aérienne irakienne a refusé de prendre l'air, l'armée de l'air n'a réalisé qu'une seule sortie par un MiG-25RB de reconnaissance. Les F-15 ne risquaient pas d'abattre quoi que ce soit dans de telles circonstances. Cependant, ils patrouillaient régulièrement dans l'espace aérien irakien en conjonction avec les avions radar d'alerte avancée. Alors que les défenses aériennes irakiennes sont demeurées actives, le F-15 fut l'un des rares types d'avions à ne subir aucune perte sous le feu de l'ennemi.

L'USAF est actuellement en train de remplacer les F-15 par les nouveaux F-22A Raptor. De nombreux éléments révolutionnaires du nouveau chasseur en font un digne successeur du vénérable F-15.

GAME AVIONICS MODE



MODE AVIONIQUE SIMPLIFIÉE (ARCADE)

Le mode simplifié propose une avionique de "style arcade" qui rend le jeu plus accessible au joueur occasionnel.

Ce mode peut être sélectionné depuis l'onglet des options de jouabilité ou en choisissant le préréglage "Jeu".

Affichage radar du mode avionique simplifiée



Figure 17. Affichage radar en mode simplifié

L'affichage, localisé dans l'angle supérieur droit de l'écran, est une vue de dessus avec votre appareil (cercle vert) situé en bas au centre. Les symboles au-dessus du vôtre sont devant votre appareil, ceux à droite et à gauche sont situés sur vos côtés.

L'image ci-dessous illustre les différentes possibilités du mode simplifié. Notez que les symboles seront différents en fonction du mode dans lequel se trouve l'appareil : Navigation, Air-Air ou Air-Sol.

Cependant, chaque mode aura les données suivantes en commun :

- **Mode.** Figure à l'extérieur du coin supérieur gauche de l'affichage. Il peut indiquer NAV (Navigation), A2A (Air-Air) ou A2G (Air-Sol).

Touches de mode :

- Navigation : **[1]**

- Air-Air : [2], [4] ou [6]
- Air-Sol : [7]
- **Portée radar.** A l'extérieur du coin supérieur droit de l'affichage se trouve la portée actuelle du radar simplifié.

Touches de portée radar :

 - Zoomer : [=]
 - Dézoomer : [-]
- **Vitesse Vraie (TAS).** La vitesse vraie de votre appareil est indiquée à l'extérieur du coin inférieur gauche de l'affichage.
- **Altitude Radar.** L'altimètre radar à l'extérieur du coin inférieur droit de l'affichage indique votre altitude par rapport au sol ou à l'eau.
- **Cap actuel.** Le cap magnétique suivi est indiqué à l'intérieur de l'affichage en haut au centre.

Mode Navigation

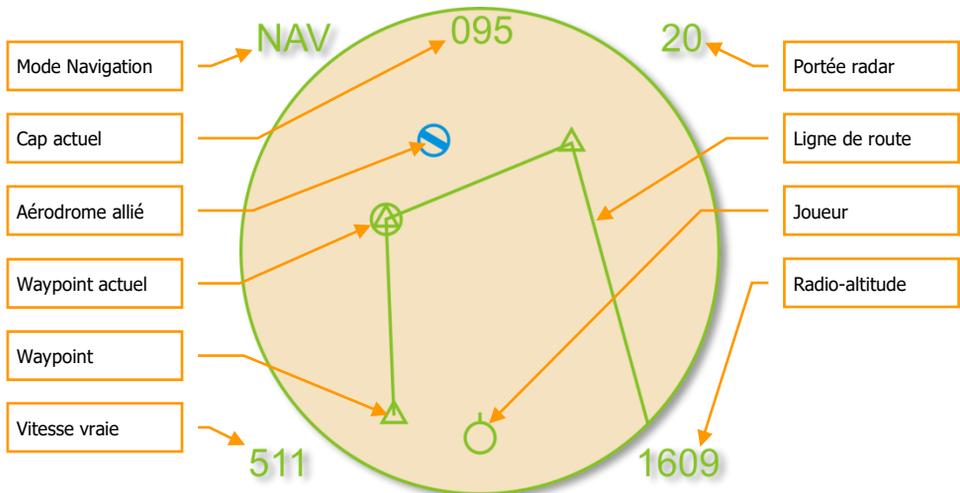


Figure 18. Mode Navigation

Le mode Navigation comprend les symboles suivants :

- **(Symbole du joueur).** Votre appareil est indiqué par un cercle vert en bas de l'affichage.

- **(Symbole d'aérodrome allié).** Ce symbole bleu indique les aérodromes alliés.
- **(Symbole de waypoint actuel).** Ce cercle vert indique le waypoint actuel. Vous pouvez changer de waypoint avec la touche [LCtrl - ~] (tilde).
- **(Symbole de waypoint).** Ces triangles verts représentent les autres waypoints de votre plan de vol.
- **(Ligne de route).** Des lignes de route vertes relient les waypoints de votre plan de vol.

Mode Air-Air

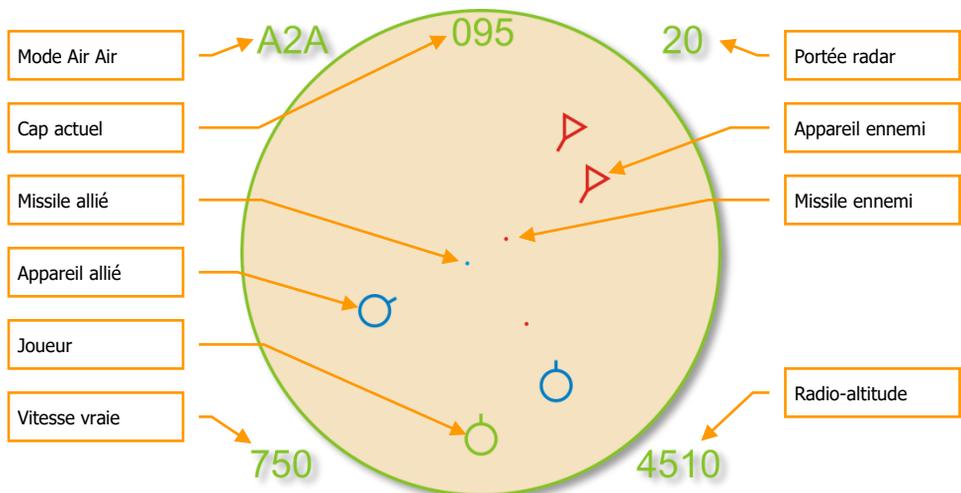


Figure 19. Mode Air-Air

Le mode Air-Air comprend les symboles suivants :

- **(Symbole du joueur).** Votre appareil est indiqué par un cercle vert en bas de l'affichage.
- **(Appareil allié).** Tous les appareils alliés sont indiqués par des cercles bleus avec un trait indiquant la direction de leur déplacement.
- **(Appareil ennemi).** Tous les appareils ennemis sont indiqués par des triangles rouges avec un trait indiquant la direction de leur déplacement.
- **(Missile allié).** Un missile allié est indiqué par un point bleu.
- **(Missile ennemi).** Un missile ennemi est indiqué par un point rouge.

Touches utiles pour le mode Air-Air :

- Verrouillage automatique de l'appareil au centre : **[RAIt - F6]**
- Verrouillage automatique de l'appareil le plus proche : **[RAIt - F5]**
- Verrouillage automatique de l'appareil suivant : **[RAIt - F7]**
- Verrouillage automatique de l'appareil précédent : **[RAIt - F8]**

COCKPIT INSTRUMENTS



INSTRUMENTS DU COCKPIT DU F-15C

Le F-15C est un chasseur de supériorité aérienne. C'est pourquoi ses instruments sont concentrés autour de l'écran radar et de l'affichage TEWS positionnés un peu en dessous du HUD. La partie inférieure du tableau de bord comprend les instruments permettant de gérer le moteur, la navigation, l'armement, le carburant et les contre-mesures.

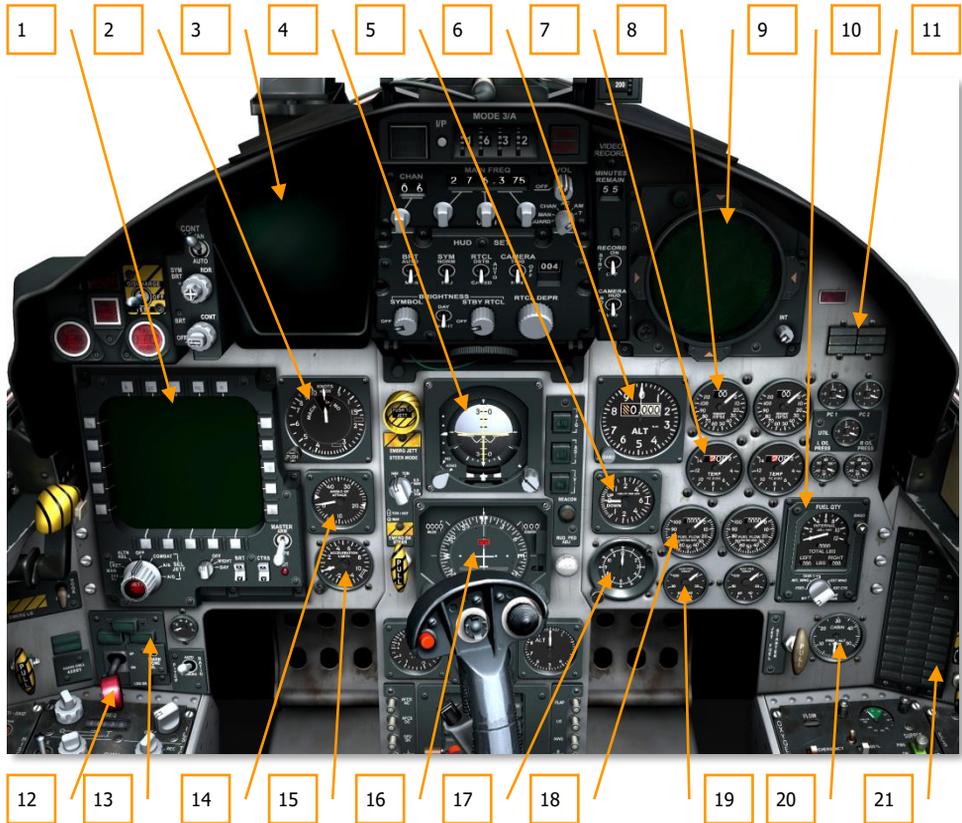


Figure 20. Tableau de bord du F-15C

1. Ecran couleur multi-fonctions (MPCD)
2. Vitesse Indiquée / Badin (IAS) et Machmètre

3. Affichage de Situation Verticale (VSD)
4. Horizon artificiel (ADI)
5. Variomètre (Indicateur de Vitesse Verticale / VVI)
6. Altimètre
7. Indicateur de température d'entrée de turbine (FTIT)
8. Tachymètres moteurs
9. Ecran d'affichage TEWS (Tactical Electronic Warfare System, système tactique de guerre électronique)
10. Jauge carburant
11. Voyants de leurres électromagnétiques et infrarouge
12. Levier de commande du train d'atterrissage
13. Indicateur de position du train d'atterrissage
14. Indicateur d'incidence (AoA)
15. Accéléromètre (G)
16. Indicateur de Situation Horizontale (HSI)
17. Horloge
18. Débitmètres carburant
19. Indicateur de position des tuyères moteurs
20. Altimètre de pression cabine
21. Tableau des voyants d'alerte

Affichage de Situation Verticale (VSD)

L'affichage de situation verticale (VSD), également nommé "écran radar", occupe le coin supérieur gauche du tableau de bord. Il affiche la situation aérienne devant l'appareil, en fournissant des informations sur les appareils détectés par le radar. Des informations détaillées concernant le fonctionnement du radar figurent dans le chapitre correspondant.

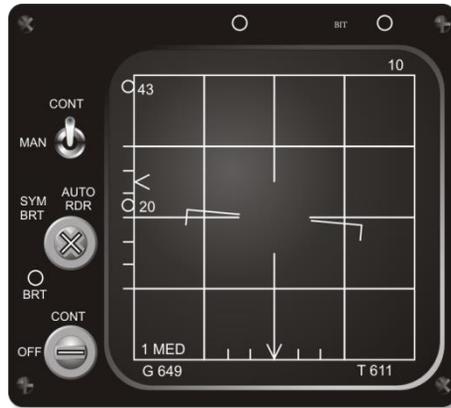


Figure 21. VSD

Écran d'affichage TEWS

Le TEWS (Tactical Electronic Warfare System) est situé dans le coin supérieur droit du tableau de bord. Il affiche les informations sur les radars balayant votre avion. Ces informations présentées sous forme de symboles indiquent le type et la direction des radars ainsi que l'activité des brouilleurs d'auto-défense. Des informations détaillées concernant la fonctionnement du TEWS figurent dans le chapitre correspondant.



Figure 22. TEWS

Écran couleur multi-fonctions (MPCD) du panneau de commande de l'armement

Le panneau de commande de l'armement, situé dans la partie inférieure gauche du tableau de bord, affiche l'état actuel de l'armement, des contre-mesures et le nombre de réservoirs de carburant externes.

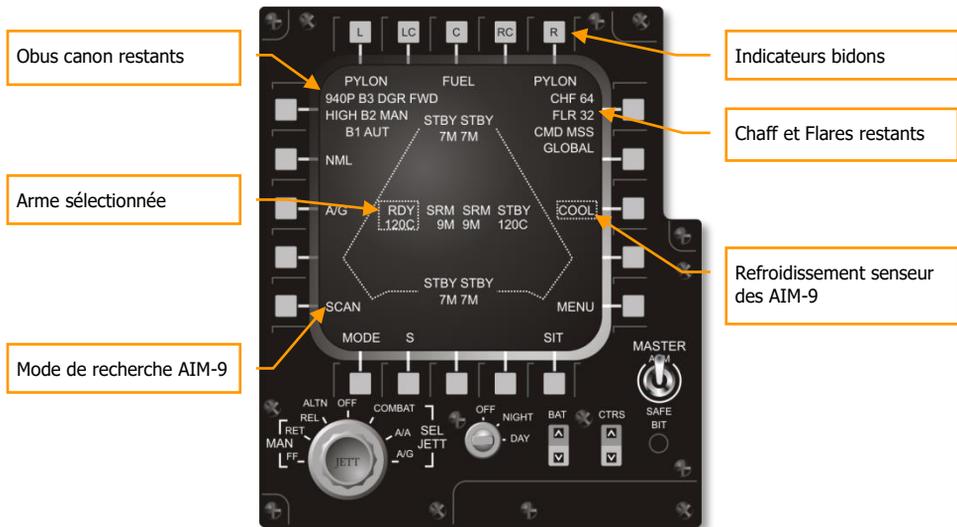


Figure 23. Écran MPCD

Le nombre de réservoirs externes est indiqué dans la partie supérieure de l'écran. Les indicateurs "L", "C" et "R" signalent la présence ou l'absence des réservoirs externes, respectivement en point humide gauche, central et droit. La mention "FUEL" indique la présence du réservoir, dans le cas contraire c'est "PYLON" qui est affiché.

Dans la partie gauche de l'écran est affiché l'état du canon interne. Le nombre en face de l'indicateur correspond à la quantité de munitions restante. Durant le tir, cette valeur diminue par décrets de 10.

L'indicateur de type de balayage SCAN montre qu'un AIM-9 est sélectionné et fonctionnera dans ce mode. Dans la partie Utilisation de l'Armement, vous trouverez plus d'informations sur l'emploi de ce mode.

Le côté droit de l'écran indique l'état des armes ainsi que le nombre de leurres électromagnétiques (paillettes / "chaff") et infrarouges ("flares") restants. Les indicateurs "CHF" et "FLR" montrent respectivement la quantité disponible de leurres EM et IR. L'appareil peut emporter 64 paquets de leurres EM et 32 cartouches de leurres IR.

L'indicateur "COOL" informe le pilote que l'AIM-9 est prêt à être utilisé. Si l'interrupteur "Master arm" est en position "ARM", l'indicateur "COOL" est encadré. Le cadre disparaît quand l'interrupteur "Master arm" est remis en position "SAFE".

La partie centrale de l'écran fournit des informations sur les types de missiles emportés et sur leur état. L'avion dispose de huit points d'emports pour les armes : quatre sous le fuselage et deux sur chaque pylône d'aile. Les missiles "air-air" se divisent en deux catégories. Les différentes versions d'AIM-9 sont désignées par l'indicateur SRM (Short Range Missiles : Missiles à Courte Portée) ; celles d'AIM-7 et d'AIM-120 sont désignées par l'indicateur MRM (Medium Range Missiles : Missiles à Moyenne Portée). Le type et l'état de chaque missile est affiché à l'emplacement du pylône correspondant.

Si vous choisissez un missile de type MRM, le pylône sélectionné apparaît comme "RDY" (Ready : Prêt) ; tous les autres missiles du même type sont marqués "STBY" (Standby : En attente).

Si vous choisissez un missile de type SRM, le pylône sélectionné apparaît comme "RDY" ; tous les autres missiles du même type sont marqués "STBY".

Le tableau suivant montre les différents missiles que le F-15C peut utiliser.

Désignation	Modèle	Catégorie
7M	AIM-7M	MRM
120B	AIM-120B	MRM
120C	AIM-120C	MRM
9M	AIM-9M	SRM
9P	AIM-9P	SRM

Vitesse Indiquée / Badin (IAS) et Machmètre

Le cadran de Vitesse Indiquée / Badin (IAS) et Machmètre est installé à droite du MPCD. L'échelle fixe de la vitesse indiquée est graduée de 50 à 1000 nœuds (knots). L'échelle mobile du Machmètre donne la valeur du nombre de Mach dans les limites de vitesses et d'altitudes opérationnelles. Le nombre de Mach commence à être affiché à partir d'une vitesse indiquée de 200 nœuds.

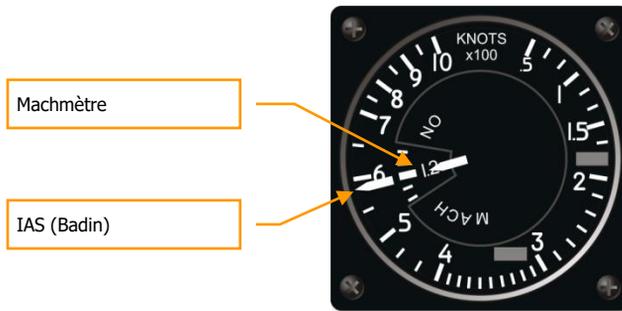


Figure 24. IAS et Machmètre

Indicateur d'incidence (AoA)

L'indicateur d'incidence (AoA : Angle of Attack) est placé sur le tableau de bord sous le Machmètre. Il indique la valeur courante de l'incidence entre les valeurs limites de 0 et 45 unités. Les valeurs indiquées ne correspondent pas à des degrés réels. Un index matérialise l'AoA requis à l'atterrissage (20-22 unités).



Figure 25. Indicateur d'incidence (AoA)

Accéléromètre (G)

L'accéléromètre indique les valeurs d'accélération positives ou négatives (facteur de charge G). Les repères correspondent aux valeurs positives et négatives maximales admissibles. Cet instrument est indépendant et moins précis que les indications du HUD.



Figure 26. Accéléromètre

Horizon artificiel (ADI)

L'ADI se situe dans la partie centrale du tableau de bord. La sphère rotative indique les angles de tangage et de roulis actuels. L'échelle de tangage est graduée tous les 5 degrés, et celle de roulis tous les 10 degrés. Sur la partie avant de l'instrument, deux barres verticale et horizontale indiquent l'écart par rapport à la route planifiée de l'appareil.



Figure 27. ADI

L'indicateur de virage et de dérapage se trouve dans la partie inférieure de l'instrument. Si l'aiguille n'est pas centrée, corrigez au palonnier en direction de celle-ci jusqu'à ce qu'elle le soit. Ceci vous permet d'effectuer des virages coordonnés.



Figure 29. Altimètre

La fenêtre de l'altimètre est un compteur affichant l'altitude actuelle de façon numérique.

Variomètre (Indicateur de Vitesse Verticale / VVI)

Le variomètre (VVI) indique la vitesse verticale de l'appareil. Par exemple, le taux de montée ou de descente en milliers de pieds par minute. Quand la flèche de l'indicateur se déplace dans la moitié supérieure du cadran, l'appareil monte. Quand la flèche se déplace dans la moitié inférieure, il descend.



Figure 30. Variomètre (VVI)

Tachymètre

Cette paire de tachymètres indique la vitesse de rotation des moteurs en pourcentage de plein gaz sec. L'arc blanc correspond à la zone où la post combustion est disponible.



Figure 31. Tachymètre

Indicateurs de température d'entrée de turbine

Les deux indicateurs de température d'entrée de turbine sont positionnés sous les tachymètres et gradués tous les 100 degrés Celsius. La zone avec un liseré blanc est la zone des hautes températures dangereuses pour les turbines.



Figure 32. Indicateurs de température d'entrée de turbine (FTIT)

Débitmètres carburant

Les débitmètres carburant mesurent et indiquent les valeurs actuelles de débit de carburant pour chaque moteur, en livres par heure.



Figure 33. Débitmètres carburant

Indicateur de position des tuyères

Ces deux indicateurs sont placés dans le coin inférieur droit du tableau de bord. Ils indiquent la position de chaque tuyère en pourcentage de l'ouverture maximale (taux d'ouverture). En post-combustion, les tuyères sont complètement ouvertes.



Figure 34. Indicateur de position des tuyères

Jauge carburant

La jauge de carburant indique la quantité de carburant dans les réservoirs de l'appareil. L'aiguille indique la quantité totale contenue dans les réservoirs internes. Les trois indicateurs numériques dans la partie basse de l'instrument indiquent respectivement la quantité totale disponible (réservoirs internes et externes), et la quantité restante dans les réservoirs externes gauche et droit. La quantité de carburant est mesurée en livres.



Figure 35. Jauge carburant

Altimètre de pression cabine

L'altimètre de pression cabine indique à quelle altitude la pression atmosphérique est identique à la pression dans le cockpit. En cas de dommages au cockpit, la pression dans celui-ci va diminuer ; i.e. l'altitude indiquée va augmenter. Si la pression dans le cockpit chute à une valeur correspondant à une altitude de 10 000 pieds, vous devez redescendre immédiatement.



Figure 36. Altimètre de pression cabine

Voyants de leurres EM et IR

Les voyants de leurres EM et IR signalent le largage des contremesures et alertent lorsqu'une quantité minimum est atteinte.



Figure 37. Voyants de leurres EM et IR

Le voyant CHAFF clignote environ 3 secondes lors du largage de leurre EM.

Le voyant FLARE clignote environ 3 secondes lors du largage de leurre IR.

Le voyant d'alerte MINIMUM s'allume quand la quantité de leurres EM ou IR est basse.

Modes opérationnels du HUD (VTH) du F-15C

Symbologie de base du HUD du F-15C

Un ensemble de symboles restent inchangés quel que soit le mode opérationnel du HUD.

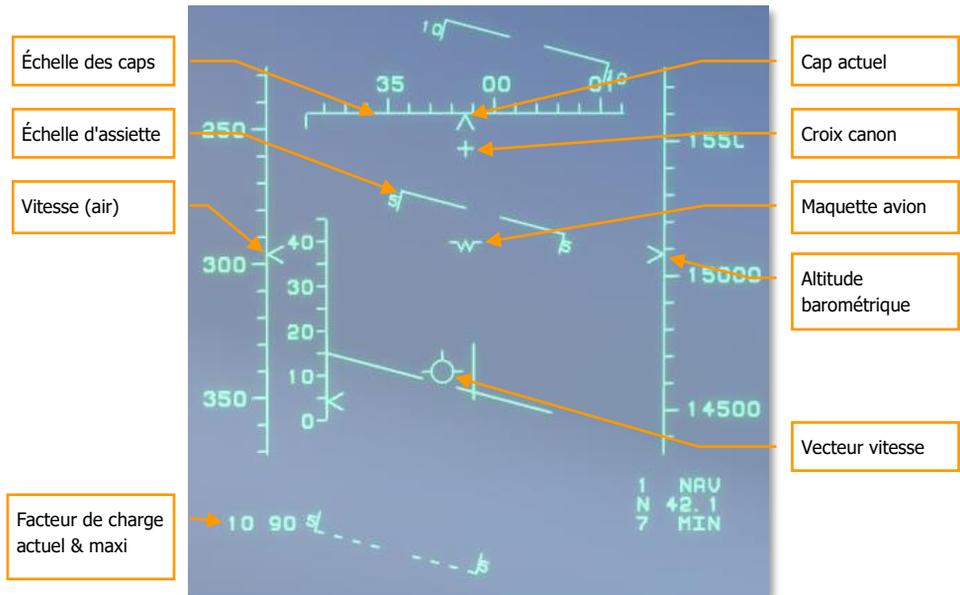


Figure 38. Symbologie de base du HUD du F-15C

- Au centre du HUD se trouve une représentation de l'avion en "W", qui indique la position de l'axe longitudinal de l'appareil.
- Le vecteur de vitesse total (marqueur de trajectoire) se déplace dans le HUD en fonction des manœuvres de l'appareil. Il indique la trajectoire actuelle de l'avion.
- L'échelle de cap est affichée dans la partie haute du HUD. Le symbole " ^ " sous l'échelle indique le cap actuel de l'avion (par exemple, 04 correspond à 40 degrés).
- Sur l'échelle de vitesse, placée du côté gauche du HUD, la Vitesse Indiquée (IAS) de l'appareil est affichée en nœuds. Les vitesses inférieures à 150 nœuds ne sont pas indiquées. Le symbole " < " sur l'échelle indique la vitesse actuelle de l'avion.
- Sur l'échelle d'altitude, placée du côté droit du HUD, l'altitude absolue (barométrique) de l'appareil est indiquée en pieds. Le symbole " > " sur l'échelle indique l'altitude actuelle de l'avion.

- L'échelle de tangage est placée dans la partie centrale du HUD, et liée au vecteur vitesse. Elle est graduée tous les 5 degrés. En fonction de l'inclinaison, l'échelle s'incline à droite ou à gauche, indiquant la direction du roulis et sa valeur. En fait, elle répète l'indicateur de roulis de l'ADI.
- Le réticule canon est un symbole fixe en forme de croix en haut au centre du HUD, aligné avec le canon interne.
- Dans l'angle inférieur gauche du HUD, sont affichés le facteur de charge G actuel (deux chiffres considérés séparés par un point décimal virtuel) ainsi que le maximum admissible.

Mode Navigation

En mode navigation, le HUD présente divers types d'informations. Dans le mode de navigation principal (NAV), la direction vers le waypoint sélectionné est indiquée sur le HUD. Dans le mode atterrissage (ILSN), ce sont les informations nécessaires à l'atterrissage qui sont affichées.

Mode Navigation (NAV)

Dans le mode NAV, sont présentées les informations permettant de se diriger vers le waypoint sélectionné. En complément des indicateurs de base, les éléments suivants sont affichés sur le HUD :

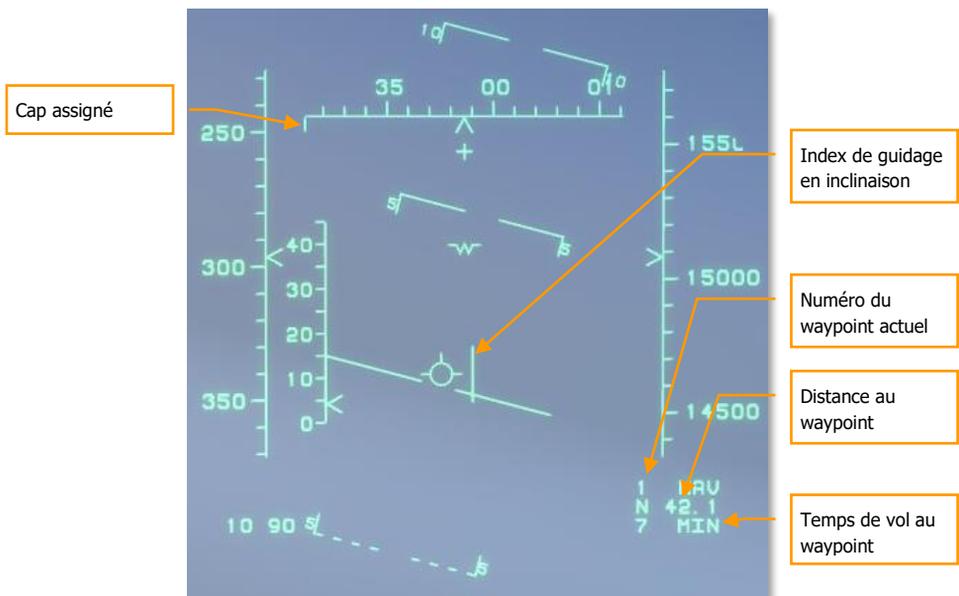


Figure 39. Mode Navigation du HUD

- L'index de direction est une ligne verticale qui se déplace à droite ou à gauche du HUD et vous indique la direction à prendre pour rejoindre le waypoint sélectionné. Inclinez l'avion

pour maintenir l'index au centre du HUD afin de rejoindre le waypoint sélectionné en suivant la ligne du plan de vol.

- La marque de cap assigné sur l'échelle de cap vous permet de rejoindre directement le waypoint sélectionné en l'alignant avec la marque de cap actuel au centre de l'échelle.
- Dans l'angle inférieur droit du HUD en mode NAV, sont affichés le mode de navigation actuel ainsi que le numéro de waypoint sélectionné (1 NAV).
- En dessous de l'indication de mode HUD se trouve la distance au waypoint sélectionné en milles marins (nautiques ou NM) (N 42.1).
- En bas de ce bloc de données, le temps pour atteindre le waypoint sélectionné (en maintenant la vitesse actuelle) est affiché (7 MIN).

Mode atterrissage aux instruments (ILSN)

Dans le mode ILSN, des informations supplémentaires sont affichées :

- Dans l'angle inférieur droit du HUD, l'indicateur ILSN vous informe du mode actuel et du numéro de waypoint.
- Dans l'angle inférieur droit du HUD, sous l'indication de temps avant le prochain waypoint, se trouve l'indicateur de plan de descente. Quand l'avion est en dessous du plan de descente, l'indication GSUP est affichée ; quand il est au-dessus, il s'agit de l'indication GSDN.
- A une altitude inférieure à 1000 pieds, sur le côté droit du HUD apparaît l'altimètre radar, gradué en centaines de pieds. Le marqueur d'altitude radar se déplace sur le côté gauche de cette échelle.
- Juste à droite de l'échelle de vitesse, une petite échelle d'incidence (AoA) est affichée. Elle indique l'incidence actuelle mesurée en unités, pas en degrés. L'atterrissage doit se faire à environ 22 unités.
- La croix de guidage à l'atterrissage vous guide afin d'adopter le bon angle de tangage et de roulis pour atterrir. Manœuvrez l'avion afin de superposer le vecteur vitesse et la croix de guidage pour faire une approche en toute sécurité.



Figure 40. Mode atterrissage du HUD

Modes de tir au canon

Il existe deux modes de tir au canon ; l'un nécessite un verrouillage radar, l'autre non.

Utilisation du canon sans verrouillage radar

Pour sélectionner le canon M-61, avant de verrouiller une cible, appuyer sur la touche [C].

Dans ce cas, le HUD affiche les informations suivantes :

- Sous le réticule canon apparaît un viseur statique sous la forme d'un point entouré de deux cercles concentriques.
- Le nombre d'obus restants est indiqué en haut du bloc d'informations de l'angle inférieur gauche du HUD. Le nombre 940, par exemple, signifie qu'il reste 940 obus PGU-38.
- En dessous du nombre d'obus restants est affichée la vitesse actuelle de l'avion en Mach.

Pour verrouiller une cible pour un tir canon en utilisant le viseur LCOS :

- 1- Allumez le radar en appuyant sur la touche [I]
- 2- Activez le canon en appuyant sur la touche [C]

3- Manœuvrez l'avion pour placer la cible dans le viseur statique.

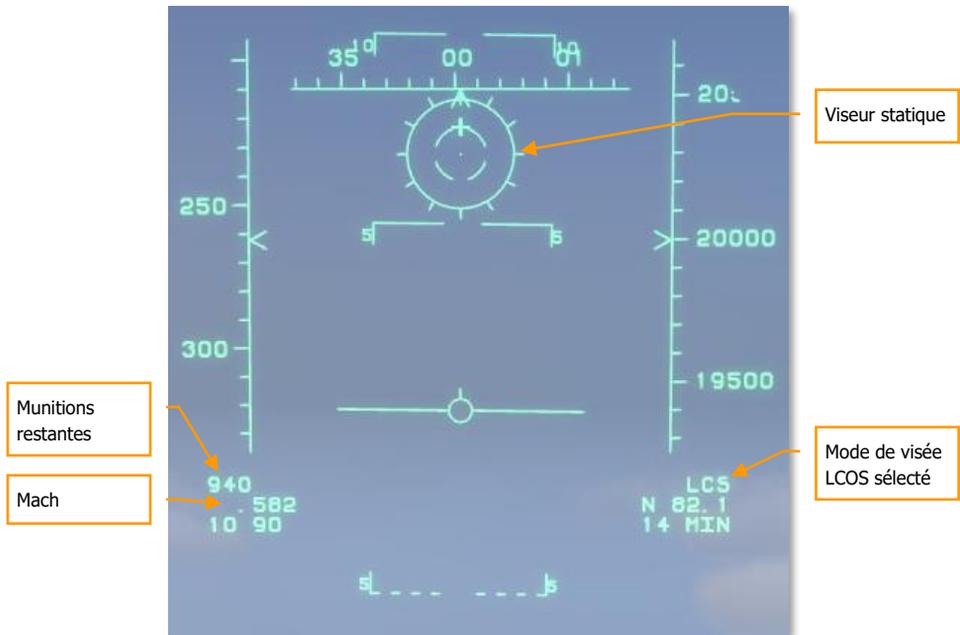


Figure 41. Tir canon sans verrouillage radar

Visueur prédictif GDS (Gun Director Sight)

Quand une cible est verrouillée par le radar et le canon est sélectionné, le HUD passe en mode GDS. Le mode GDS du HUD affiche les informations suivantes :

- Autour de la cible verrouillée apparaît un repère carré indiquant sa position dans le champ du HUD. Lorsque le viseur se superpose à ce repère, ce dernier disparaît.
- Sur le côté droit du HUD se trouve une échelle de distance allant de 0 à 10 nautiques. Un index en "V" se déplace sur cette échelle pour indiquer la distance actuelle de la cible.
- Le viseur prédictif GDS indique le point où les obus intercepteront la trajectoire de la cible. Pour la toucher, vous devez placer le viseur sur celle-ci.
- Le cercle gradué du GDS indique la distance de la cible. Chaque graduation correspond à 1000 pieds. Au fur et à mesure que la distance diminue, le secteur intérieur décroît en sens inverse des aiguilles d'une montre. Le point indiquant le temps de vol des obus indique également la portée efficace de tir.
- Un indicateur numérique de distance est affiché sur la partie inférieure droite du HUD. La distance correspond au nombre suivant la lettre R.

- Un indicateur d'aspect de la cible est situé sous l'affichage numérique de distance. Il indique l'angle entre l'axe longitudinal de la cible et la ligne de visée. Un T (Tail = queue) est affiché quand la cible s'éloigne et un H (Head = tête) quand elle se rapproche. Le R ou le L correspondent à l'aspect droite ou gauche de la cible.
- Dans la partie inférieure gauche du HUD, trois données s'affichent quand la cible est verrouillée : le niveau de munitions de l'arme sélectionnée, votre vitesse en Mach et celle de la cible en Mach (TM : Target Mach).

ATTAQUER UNE CIBLE SUR UNE TRAJECTOIRE DE POURSUITE AUGMENTE LA PROBABILITE DE COUP AU BUT

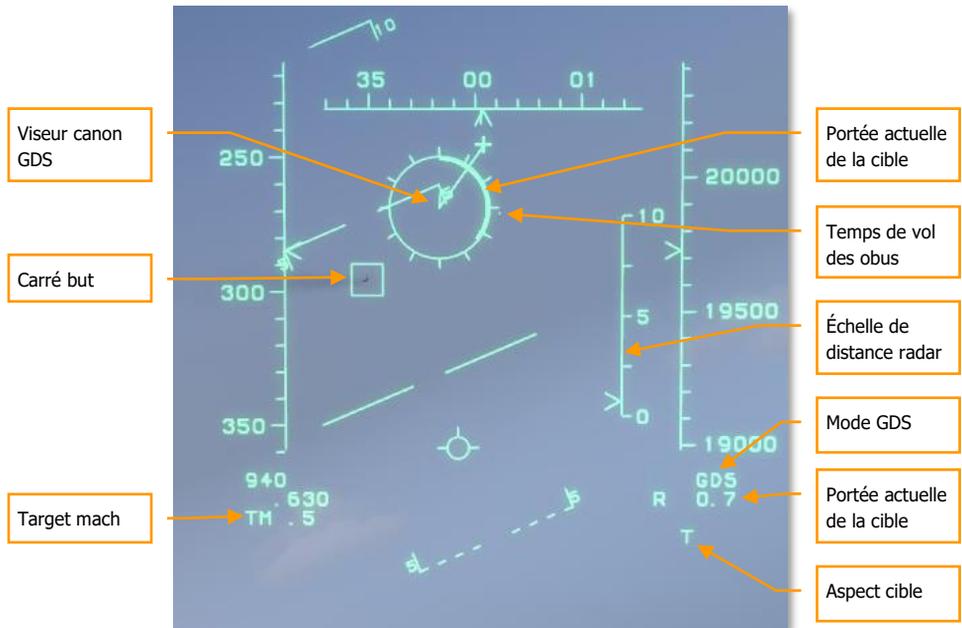


Figure 42. Mode viseur prédictif GDS

Modes "Air-Air" missile courte portée (SRM) et AIM-9M/P Sidewinder

La partie suivante traite des modes HUD pour l'emploi du AIM-9M Sidewinder. L'autodirecteur infrarouge (IRH : Infrared Homing) du missile fonctionne indépendamment du radar. Il peut verrouiller une cible avec ou sans verrouillage radar. Après le tir, le missile ne requiert aucune assistance de l'avion lanceur. C'est véritablement un missile à vol autonome (Fire and forget : "tirez et oubliez").

Mode "dans l'axe" (Sans balayage)

Pour verrouiller une cible uniquement avec l'autodirecteur du missile, appuyer sur la touche [6] pour bloquer l'autodirecteur dans l'axe. Appuyer ensuite sur la touche [D] pour sélectionner le missile AIM-9M. Un "S" apparaît alors dans le HUD. À la suite du "S" sont indiqués le nombre et le modèle de missile disponibles. Par exemple : "S2M" indique que vous disposez de 2 AIM-9M. Un réticule symbolisant la position et le champ de vision (FOV : Field Of View) de la tête du missile alignée avec l'axe longitudinal de l'avion apparaît dans le HUD. Si la cible est dans ce réticule et que l'autodirecteur détecte un contraste thermique suffisant par rapport à l'arrière-plan, vous pouvez verrouiller la cible. Si toutefois la cible sort du réticule, le verrouillage est perdu.



Figure 43. Mode "dans l'axe" du AIM-9M

En mode "dans l'axe", l'autodirecteur ne peut pas suivre la cible en dehors du réticule, même si celle-ci est verrouillée. Ce mode est utile pour verrouiller une cible spécifique au sein d'un groupe compact.

Mode "libre" (Avec balayage)

L'appui sur la touche [6] alterne entre les modes "dans l'axe" et "libre". Ce réglage est indiqué sur le MPCD. En mode "libre", deux réticules de diamètres différents apparaissent dans le HUD. Le plus grand représente le champ de vision du missile, et le plus petit indique la direction vers laquelle est pointé l'autodirecteur.

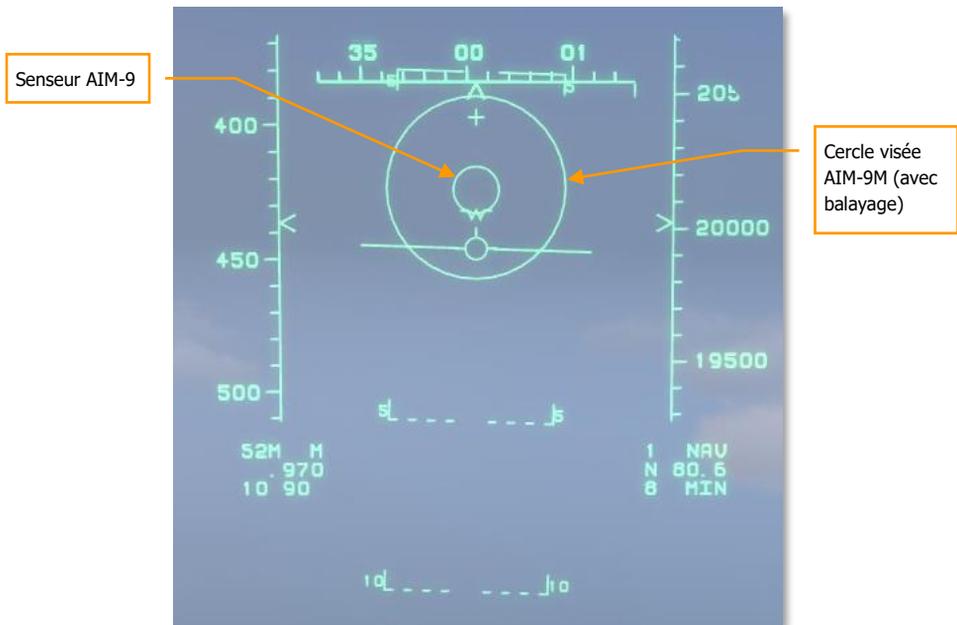


Figure 44. Mode "libre" (Avec balayage)

Le cercle extérieur du réticule est toujours fixe. Il disparaît dès que l'autodirecteur du missile verrouille la cible. Une fois verrouillé, le petit réticule entoure la cible et la suit au travers du HUD dans les limites du cardan de l'autodirecteur. Lorsque l'autodirecteur du missile commence à poursuivre la cible, le pilote entend une tonalité aiguë signalant le verrouillage.

Le verrouillage de cible par l'autodirecteur IR est une bonne tactique pour des attaques discrètes. L'absence d'émission n'alertant pas le système d'alerte radar (RWS : Radar Warning System) de votre ennemi, il a peu de chances de détecter votre attaque venant de l'arrière, et par conséquent de prendre des mesures défensives.

Mode asservi radar

Dans les modes de manœuvres de combat aérien (ACM) Balayage Vertical [3] ou Ligne de visée [4], l'asservissement de l'autodirecteur IR au verrouillage radar fournit des informations de ciblage complémentaires sur le HUD. Si la distance de la cible est supérieure à 12000 pieds (en dehors de la portée efficace du missile AIM-9M), les symboles et indications suivants apparaissent :

- Le cercle ASE (Angle Steering Error) montre l'erreur de direction maximum admissible. L'erreur de direction est proportionnelle à l'écart du point de direction par rapport au centre du cercle.
- Le cercle ASE montre la zone dans laquelle le point de direction doit se trouver et les limites angulaires pour engager la cible. La taille du cercle augmente quand la distance de

la cible diminue ou que l'angle d'aspect augmente. Cela signifie que quand la distance de la cible diminue, le missile peut être lancé avec une erreur de direction plus importante.

- La ligne d'angle de queue (Angle off) est située sur le cercle ASE. Elle indique l'angle d'aspect de la cible par rapport à votre avion dans une vue en plan. Si elle est située dans la partie supérieure du cercle, alors la cible s'éloigne de vous. Si elle se trouve dans la partie inférieure, la cible arrive en face de vous.
- Le carré but (TD) montre la position relative de la cible par rapport à votre avion.
- L'échelle de distance de la cible est située sur la partie droite du HUD. Elle est graduée de 0 à 10 nautiques. Un index en "V" se déplace sur cette échelle pour indiquer la distance actuelle de la cible. Le nombre à gauche de cet index indique la vitesse de rapprochement de la cible. Il y a également des barres de portée maximale et minimale pour le tir du AIM-9. Quand la distance de la cible se trouve entre ces barres, elle est dans la zone de lancement admissible.
- Des informations supplémentaires sont affichées dans le coin inférieur droit du HUD. La valeur numérique de distance de la cible en nautiques est indiquée après le symbole "R", et le temps avant interception (TTI : Time To Intercept) en secondes est affiché après le "S".

BIEN QUE LE MISSILE AIM-9 SOIT DE TYPE "TOUS SECTEURS", IL EST PREFERABLE D'ATTAQUER LES CIBLES EN SECTEUR ARRIERE. CELA AUGMENTE VOTRE PROBABILITE DE COUP AU BUT (PK : PROBABILITY OF KILL).

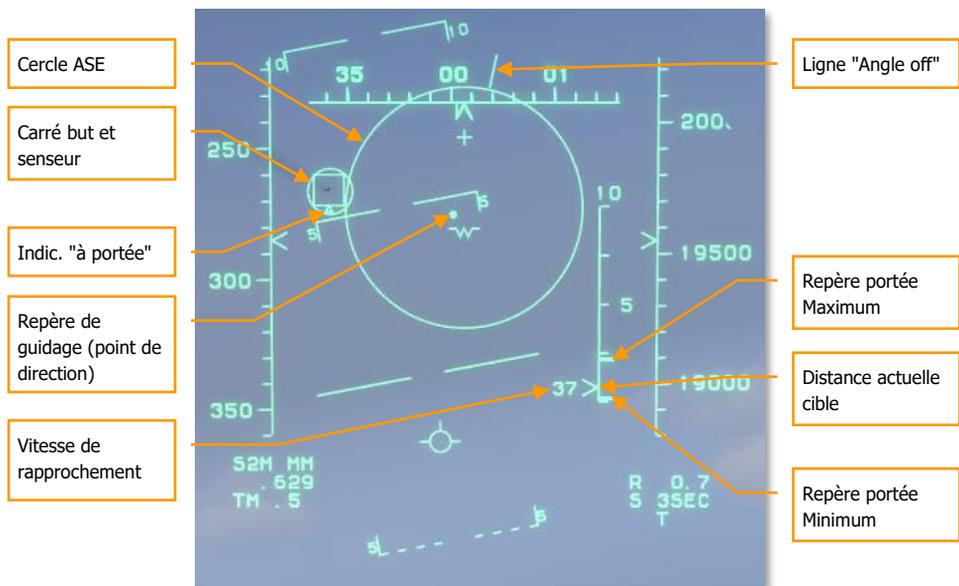


Figure 45. AIM-9 asservi radar

Modes "Air-Air" missile moyenne portée (MRM) et AIM-7M Sparrow

L'AIM-7M est un des deux types de missiles air-air moyenne portée utilisés par le F-15C. Son autodirecteur à guidage radar semi-actif (SARH) requiert une illumination constante de la cible en mode STT (Single Target Tracking : Poursuite de cible unique), et ce pendant l'intégralité de son temps de vol.

Le HUD utilise la symbologie suivante pour l'AIM-7M :

Mode "Flood"

Le mode "Flood" est le plus souvent utilisé en combat rapproché lorsque le verrouillage radar est impossible. Accessible en appuyant sur la touche [6], il est indiqué par un grand réticule sur le HUD, qui représente l'émission fixe du faisceau radar avec un angle de 12 degrés. Après le tir, le missile tente d'intercepter une cible située dans le réticule et réfléchissant des ondes radar vers l'autodirecteur. La cible doit être maintenue dans le réticule pendant tout le temps de vol du missile, et ne nécessite pas d'être verrouillée avant le tir. Le mode "FLOOD" est indiqué dans le coin inférieur droit du HUD. Si plusieurs cibles se trouvent dans le réticule, le missile tente d'intercepter celle qui a la plus grande Section Equivalente Radar (SER) ou la plus proche. Si la cible est trop éloignée ou quitte les limites du réticule, le missile perd la poursuite et continue sa course en balistique.

Dans l'angle inférieur gauche du HUD, le type et le nombre de missiles disponibles sont affichés. Pour l'AIM-7M, l'indication comprend un premier "M" pour le type, et un second pour la version. Par exemple : quatre AIM-7M emportés seront indiqués par M4M.

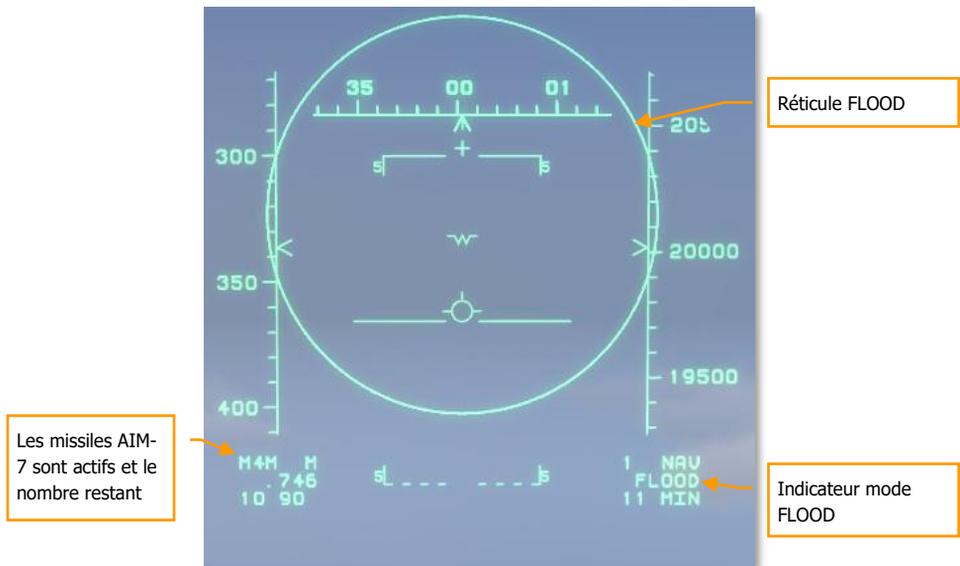


Figure 46. Mode FLOOD

Mode Poursuite de cible au radar

C'est le mode de base en combat longue portée pour le AIM-7M. Après verrouillage de la cible en mode recherche longue portée (LRS : Long Range Search), activable avec la touche [2], le radar transfère automatiquement toutes les données de poursuite au mode STT. Des informations supplémentaires apparaissent alors sur le HUD :

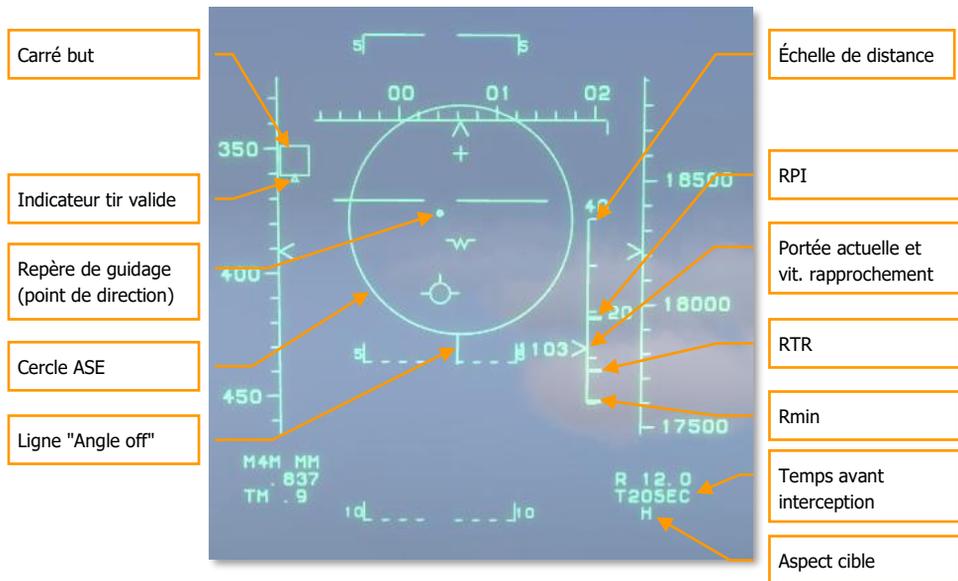


Figure 47. Mode STT de l'AIM-7M

- Le carré but montre la position relative de la cible par rapport à votre avion.
- Le cercle ASE indique la probabilité d'erreur de direction maximum. La valeur de l'erreur de direction est proportionnelle à l'écart entre le point de direction et le centre du cercle. Le cercle ASE indique la zone dans laquelle doit se trouver le point de direction avant le lancement pour toucher la cible avec une bonne chance de destruction. La taille du cercle augmente quand la distance de la cible diminue, signifiant que le missile peut être lancé avec une erreur de direction plus importante. Il est nécessaire, en manœuvrant l'avion, de s'assurer que le point de direction est aussi près que possible du centre du cercle ASE.
- La ligne Angle off est située sur le cercle ASE. Elle indique l'angle d'aspect de la cible par rapport à votre avion dans une vue en plan. Si elle est située dans la partie supérieure du cercle, alors la cible s'éloigne de vous. Si elle se trouve dans la partie inférieure, la cible arrive en face de vous.
- L'échelle de distance de la cible est située sur la partie droite du HUD. La limite supérieure de l'échelle correspond au réglage actuel de portée radar. Trois barres horizontales sur l'échelle indiquent la portée minimale du missile (Rmin), sa portée maximale sur cible manœuvrante (Rtr), et sa portée maximale sur cible non manœuvrante (Rpi). Un index en "V" se déplace sur cette échelle pour indiquer la distance actuelle de la cible. Le nombre à gauche de cet index indique la vitesse de rapprochement de la cible.
- Des informations supplémentaires sont affichées dans le coin inférieur droit du HUD, dont la valeur numérique de distance de la cible, qui est indiquée après le symbole "R".

- En dessous de la distance est affiché le temps avant interception (TTI : Time To Intercept) du dernier missile tiré.
- Un indicateur d'aspect de la cible est situé sous l'affichage numérique de distance. Il indique l'angle entre l'axe longitudinal de la cible et la ligne de visée. Un T (Tail = queue) est affiché quand la cible s'éloigne et un H (Head = tête) quand elle se rapproche. Le R ou le L correspondent à l'aspect droite ou gauche de la cible.
- Sous le repère de cible, un triangle clignotant s'affiche quand la cible est verrouillée et se trouve dans les paramètres valides de tir. Un tir valide est déterminé par le fait que la cible est à portée de tir du missile sélectionné et que le point de direction est l'intérieur du cercle ASE.
- Dans la partie inférieure gauche du HUD, trois données s'affichent quand la cible est verrouillée : l'arme sélectionnée et la quantité disponible, votre vitesse en Mach et celle de la cible en Mach (TM : Target Mach).

RPI - Distance maximum de probabilité d'interception en suivant la direction actuelle, sous réserve que la cible soit non manœuvrante et à vitesse constante.

RTR (Range Turn and Run) - Indique la distance maximum de tir, en suivant la direction actuelle, sur une cible effectuant une manœuvre évasive pour s'enfuir au lancement du missile.

Rmin - Distance minimum de tir du missile permettant l'armement du détonateur et le suivi de cible.

Modes "Air-Air" missile moyenne portée (MRM) et AIM-120 AMRAAM

Le missile AIM-120B/C est l'arme moyenne portée principale du F-15C. Contrairement au AIM-7M, l'AIM-120 est équipé d'un autodirecteur radar actif (ARH : Active Radar Homing). Quand il est tiré à longue portée, le missile utilise d'abord un guidage inertiel corrigé par liaison de données depuis l'avion lanceur. En phase terminale, l'autodirecteur radar actif se met automatiquement en fonction et finalise l'interception de façon autonome.

Mode VISUEL

Le mode d'engagement visuel est utilisé en combat aérien à portée visuelle quand un verrouillage radar ne peut être obtenu ou lorsqu'un tir rapide est nécessaire. Avec l'AIM-120 sélectionné comme arme active, appuyez sur la touche **[6]** pour entrer en mode visuel. Ce mode permet le tir d'AIM-120, surnommés "Slammer", sans utiliser le radar de l'avion pour verrouiller la cible au préalable. Il est à noter que pour verrouiller une cible avec l'autodirecteur, elle doit être à moins de 10 nautiques et se trouver dans son champ de vision (FOV) tel qu'affiché sur le HUD.

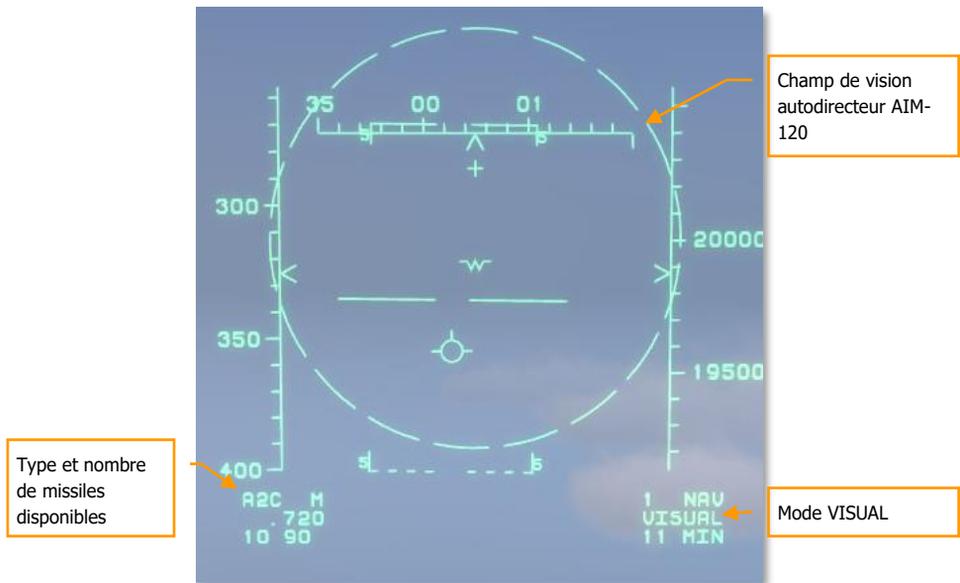


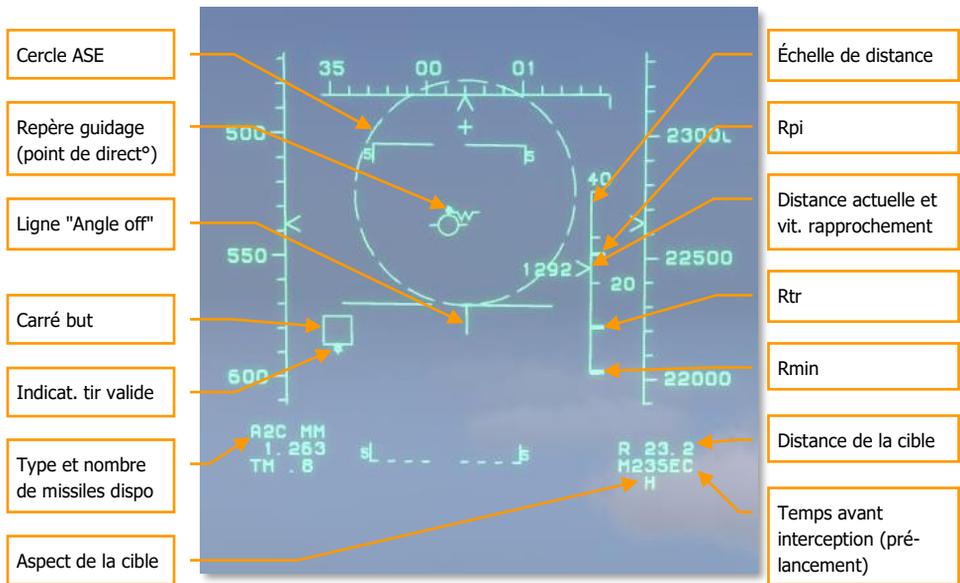
Figure 48. Missiles AIM-120 en mode VISUEL

L'indication "VISUAL" apparaît dans la partie inférieure droite du HUD. Dans l'angle inférieur gauche sont affichées les informations concernant le type et le nombre de missiles disponibles. Les missiles AIM-120 sont notés "A". Le chiffre qui suit est le nombre de missiles disponibles, et la dernière lettre indique la version (B ou C). Par exemple : deux AIM-120C emportés seront indiqués "A2C". En dessous de ce champ, la vitesse en Mach et le facteur de charge G sont affichés.

Avant de tirer un AIM-120 en mode Visuel, il est nécessaire de manœuvrer votre appareil pour amener la cible à l'intérieur du réticule en pointillés. Le missile ne donnera aucune indication de sa disponibilité pour le lancement. Deux secondes après le tir, il activera son autodirecteur radar actif (ARH), et le "Slammer" cherchera une cible dans son champ de vision. Si plusieurs cibles sont détectées, l'autodirecteur radar engagera la plus proche. Si deux cibles sont à la égale distance du missile, il engagera celle qui a la plus grande Section Equivalente Radar (SER) (RCS : Radar Cross Section).

Mode poursuite de cible au radar, avant lancement

Désigner une ou plusieurs cibles avec le radar de l'avion est la méthode principale d'engagement de cibles à longue distance. Désigner une cible en mode LRS (touche **[2]**) ou la désigner deux fois en mode TWS **[RAIt-1]** bascule le radar en mode poursuite de cible unique STT. Ceci a pour effet de focaliser toute l'attention du radar sur cette cible. Dans ce mode d'engagement, la symbologie est similaire à celle du AIM-7M décrite plus haut. Les informations supplémentaires suivantes apparaissent sur le HUD :

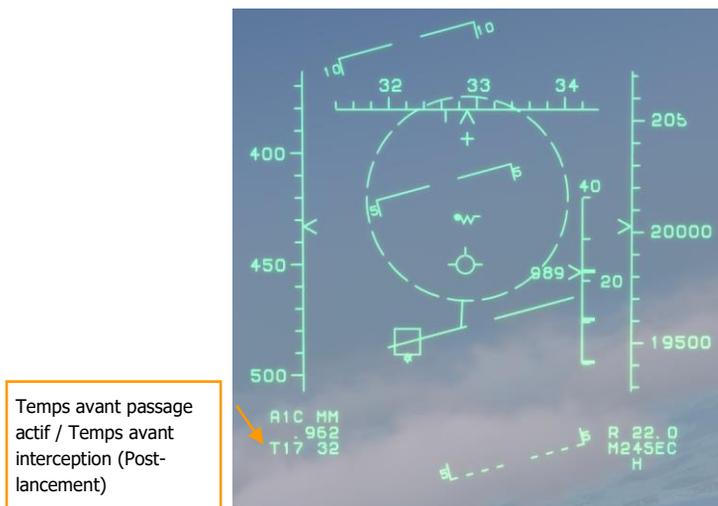


- Le carré but montre la position relative de la cible par rapport à votre avion.
- Le cercle ASE en pointillé indique la probabilité d'erreur de direction maximum. La valeur de l'erreur de direction est proportionnelle à l'écart entre le point de direction et le centre du cercle. Le cercle ASE indique la zone dans laquelle doit se trouver le point de direction avant le lancement pour toucher la cible avec une bonne chance de destruction. La taille du cercle augmente quand la distance de la cible diminue, signifiant que le missile peut être lancé avec une erreur de direction plus importante. Il est nécessaire, en manœuvrant l'avion, de s'assurer que le point de direction est aussi près que possible du centre du cercle ASE.
- La ligne Angle off est située sur le cercle ASE. Elle indique l'angle d'aspect de la cible par rapport à votre avion dans une vue en plan. Si elle est située dans la partie supérieure du cercle, alors la cible s'éloigne de vous. Si elle se trouve dans la partie inférieure, la cible arrive en face de vous.
- L'échelle de distance de la cible est située sur la partie droite du HUD. La limite supérieure de l'échelle correspond au réglage actuel de portée radar. Trois barres horizontales sur l'échelle indiquent la portée minimale du missile (Rmin), sa portée maximale sur cible manœuvrante (Rtr), et sa portée maximale sur cible non manœuvrante (Rpi). Un index en "V" se déplace sur cette échelle pour indiquer la distance actuelle de la cible. Le nombre à gauche de cet index indique la vitesse de rapprochement de la cible.
- Des informations supplémentaires sont affichées dans le coin inférieur droit du HUD, dont la valeur numérique de distance de la cible, qui est indiquée après le symbole "R".

- Un indicateur d'aspect de la cible est situé sous l'affichage numérique de distance. Il indique l'angle entre l'axe longitudinal de la cible et la ligne de visée. Un T est affiché quand la cible s'éloigne et un H quand elle se rapproche. Le R ou le L correspondent à l'aspect droite ou gauche de la cible.
- Sous le carré but, un triangle clignotant s'affiche quand la cible est verrouillée et se trouve dans les paramètres valides de tir. Un tir valide est déterminé par le fait que la cible est à portée de tir du missile sélectionné et que le point de direction est à l'intérieur du cercle ASE.
- Dans la partie inférieure gauche du HUD, trois données s'affichent quand la cible est verrouillée : l'arme sélectionnée et la quantité disponible, votre vitesse en Mach et celle de la cible en Mach (TM : Target Mach).
- Le temps avant interception du missile est précédé d'un M et indique en secondes la durée estimée avant que le missile atteigne la cible s'il est lancé à cet instant.

Mode poursuite de cible au radar, après lancement

Après le lancement d'un AIM-120B/C, les informations supplémentaires de temps avant interception sont affichées sur le HUD :



Temps avant passage actif / Temps avant interception (Post-lancement)

Figure 50. Mode STT du AIM-120 après lancement

- Quand un AIM-120 est tiré, les indications temps après lancement avant passage actif (T) / temps avant interception (M) sont affichées clignotantes dans l'angle inférieur gauche du HUD. Quand le T est affiché, le premier nombre à sa droite indique le temps en secondes avant l'activation de l'autodirecteur. Le second affiche le temps estimé avant interception. Quand le missile atteint la distance d'activation de son autodirecteur, le M remplace le T et seul demeure le temps avant interception.

Modes Radar d'Auto ACQuisition (AACQ)

Le F-15C peut utiliser trois modes d'acquisition radar automatique en combat courte portée. Ces modes permettent le verrouillage radar automatique d'un appareil ennemi lors d'un engagement ACM. La portée maximum de verrouillage dans ces modes est de 10 nautiques.

DANS UN MODE DE VERROUILLAGE AUTOMATIQUE, LE RADAR POURSUIT LA PREMIERE CIBLE DETECTEE.

Mode AACQ axial (Boresight)

Le mode axial (BORESIGHT, touche [4]) permet le verrouillage automatique d'une cible située dans un cône étroit devant vous. Dans ce mode, le champ de vision (FOV) du radar est directement devant l'avion, et le réticule extérieur représente la zone balayée. Le radar verrouille la première cible entrant dans le FOV.

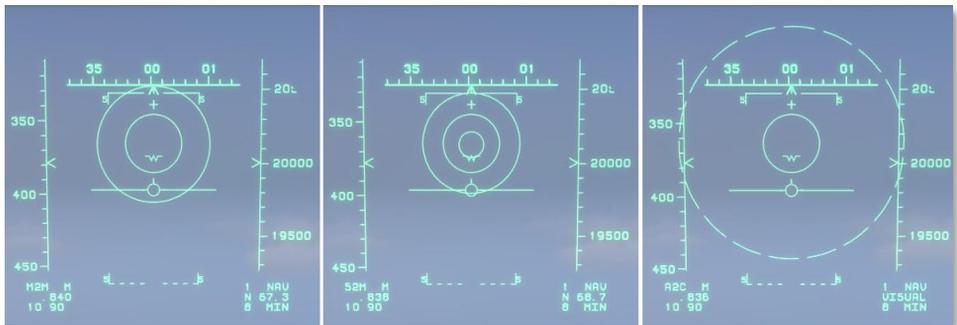


Figure 51. Mode axial des AIM-7, AIM-9 et AIM-120

Après verrouillage de la cible, le radar passe en mode STT.

Mode AACQ balayage vertical (VS : Vertical Scan)

Le mode balayage vertical (VERTICAL SCAN, touche [3]) permet de verrouiller des cibles se trouvant dans un plan vertical devant et au dessus de votre avion. Il assure le verrouillage automatique de cibles en combat aérien (ACM) sous facteur de charge (G) élevé. Dans ce mode, le radar balaie une zone d'une largeur de 7,5 degrés dans le plan horizontal, et allant de -2 à 50 degrés dans le plan vertical. Deux lignes verticales sont affichées sur le HUD. Pour verrouiller une cible, celle-ci doit se situer entre ces deux lignes ou le long de votre vecteur de portance. La hauteur maximum de balayage correspond à environ deux hauteurs de HUD au dessus du cadre supérieur du vôtre.



Figure 52. Mode balayage vertical des AIM-7, AIM-9 et AIM-120

Après verrouillage de la cible, le radar passe automatiquement en mode STT.

Radar AN/APG-63(V)1

Depuis la seconde guerre mondiale, la caractéristique déterminante d'un "chasseur tous temps" est la présence à son bord d'un système radar d'interception aérienne. Grâce à la capacité des ondes radio à pénétrer les nuages, ce puissant capteur permet au chasseur de détecter des cibles aériennes et de guider vers elles des armes, de jour comme de nuit, indépendamment des conditions atmosphériques qui peuvent dégrader la détection visuelle ou infrarouge. Le radar peut également assurer une détection à très longue distance, ce qui en fait le capteur de prédilection pour le combat aérien moderne au delà de la portée visuelle (BVR : Beyond Visual Range).

Le chasseur F-15C a été équipé de plusieurs versions du radar APG-63 au cours de sa carrière opérationnelle. La plupart sont des radars en "bande X" (10 GHz), avec des antennes disques à fentes et à balayage mécanique. Le Mig-29 et le Su-27 emportent respectivement les radars N019 et N001, qui fonctionnent dans les mêmes fréquences mais utilisent des antennes Cassegrain à réflecteur double similaires à celles des anciens chasseurs soviétiques.

Les caractéristiques et les limites de ces radars d'interception aérienne dictent en grande partie les tactiques employées pendant la phase BVR d'un duel aérien. Bien que de nombreux détails restent secrets, suffisamment d'informations sont devenues accessibles pour faire un portrait intéressant de la dynamique de combat BVR, dans lequel chaque adversaire cherche à prendre l'avantage en exploitant les limites matérielles de l'autre.

Le radar fonctionne en émettant des ondes radio concentrées en un faisceau étroit, puis en analysant les signaux reçus par réflexion depuis la cible. Cette émission concentrée est réalisée par l'antenne radar, et l'étalement du faisceau influence la portée maximum de détection radar et la résolution cible. Afin de diminuer l'encombrement sur un chasseur tout en équipant la plus grande antenne possible ayant la meilleure puissance de focalisation, une seule antenne est utilisée en mode pulsé, basculant entre les modes émission et réception des milliers de fois par seconde. Cette fréquence de répétition d'impulsions de modulation (PRF) est distincte de la fréquence de fonctionnement beaucoup plus élevée (par exemple, bande X) des ondes radio elles-mêmes.

Pendant la guerre du Vietnam, les chasseurs Nord-Vietnamiens apprirent à voler à basse altitude pour rester cachés des appareils américains équipés de radars à impulsions. En volant plus bas que l'adversaire, ils faisaient en sorte que l'antenne du radar ennemi doive être braquée vers le bas, en direction du sol. Dans cette géométrie "look-down", les signaux radar réfléchis par la cible étaient noyés dans les échos du fond environnant de la terre, rendant pratiquement impossible la détection et la poursuite de la cible par le radar. Les avantages défensifs procurés par la géométrie "look-down" engendrèrent toute une génération d'appareils d'attaque de l'OTAN, dont le F-111 et le Tornado, conçus pour pénétrer les défenses aériennes à très basse altitude, à l'abri d'une interception.

Les radars Doppler modernes tels que les APG-63(V)1, N019 et N001 utilisent des oscillateurs stables et cohérents qui leur permettent d'intégrer de multiples signaux réfléchis afin de détecter de faibles variations de fréquence. L'effet Doppler permet de mettre en évidence une différence de fréquence entre les signaux réfléchis depuis des cibles aériennes (en approche ou en éloignement) et ceux en provenance du sol. Les radars Doppler à impulsion possèdent ainsi une capacité "look-down / shoot-down" (mot à mot "regarder en bas / tirer vers le bas") leur permettant de détecter, de poursuivre et d'engager la plupart des cibles aériennes indépendamment de l'altitude relative. L'apparition du MiG-29 dans les forces soviétiques a conduit à un changement de doctrine de l'OTAN privilégiant les appareils multi-rôles et «furtifs» à la pénétration à basse altitude.

Le radar Doppler à impulsion dépend de la vitesse de rapprochement ou d'éloignement des cibles à basse altitude pour distinguer celles-ci de l'arrière plan de la surface de la terre. Un appareil sur la défensive peut souvent rompre un verrouillage radar Doppler par la tactique nommée "beaming" ou "flying the notch", qui consiste à adopter une trajectoire perpendiculaire à celle du faisceau radar hostile. Le pilote sur la défensive observe la menace radar sur son récepteur d'alerte radar (RWR : Radar Warning Receiver) et manœuvre pour placer celle-ci en position "trois heures" ou "neuf heures", il ne vole ni vers elle ni ne s'en éloigne en lui tournant le dos. Ainsi, sa vitesse de rapprochement est identique à celle du terrain survolé pour une configuration "look-down", ou à celle d'une contremesure électromagnétique pour une configuration "look-up".

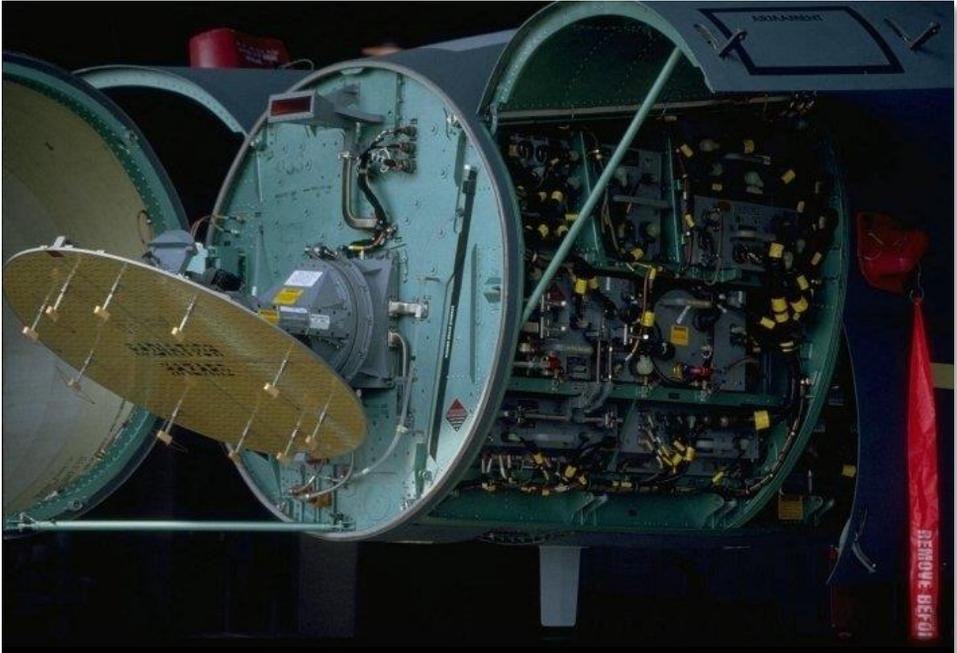


Figure 53. Radar AN/APG-63

Le taux de rapprochement du terrain environnant génère un "cran" primaire dans la sensibilité du radar, du fait des signaux réfléchis par le sol ("image de fond") reçus le long de l'axe du faisceau principal. Les signaux de la cible dans ces "échos d'image de fond" sont rejetés par les filtres comme s'il s'agissait d'échos fixes, ce qui permet à la cible de rompre le verrouillage radar. Le faisceau de l'antenne n'est jamais parfait, cependant, et une certaine quantité d'énergie est émise dans des directions non souhaitées appelées lobes secondaires. Cette énergie peut aussi être réfléchiée par le sol, et revenir dans l'antenne depuis les lobes secondaires. Si un chasseur vole à basse altitude, les signaux réfléchis par le sol peuvent revenir dans le radar et apparaître sur l'écran comme image de fond supplémentaire, avec un taux de rapprochement égal au taux de montée ou de descente du

chasseur, et une distance égale à l'altitude du chasseur. Si le chasseur est en poursuite contre une cible en fuite se déplaçant à la même vitesse et à la même distance, les signaux de la cible peuvent se perdre dans l'image de fond des lobes secondaires, rompant ainsi le verrouillage. Cela peut créer un "cran" secondaire dans la sensibilité du radar du chasseur.

L'image de fond des lobes secondaires est généralement filtrée («compensée») à l'aide d'une petite antenne de surveillance à cornet. L'antenne de surveillance est conçue pour être plus sensible que l'antenne principale dans les directions des lobes secondaires, mais moins sensible le long de l'axe du faisceau principal. Les signaux reçus sur les canaux principaux et de surveillance sont alors comparés et rejetés en tant qu'image de fond des lobes secondaires s'ils sont plus forts sur le canal de surveillance.

Le cornet de surveillance est fixé à la matrice à fente dans les antennes disque comme celle de l'APG-63 et balaie en même temps que celle-ci pour une bonne compensation dans toutes les directions de balayage. Cependant dans les radars Cassegrain Russes comme le N109 et le N001, le cornet de surveillance n'est pas fixé au réflecteur de balayage mais est fixe et dirigé vers le bas. Incliner le chasseur à basse altitude lors d'un verrouillage radar sur une cible peut ainsi détourner la trompe de surveillance du sol, dégrader la compensation des lobes secondaires et casser le verrouillage en raison de l'image de fond. Durant le balayage normal en mode recherche, l'ensemble de l'antenne radar Cassegrain est stabilisé en roulis par un cardan pour la maintenir orientée vers l'horizon. Dans ce mode, les cibles recherchées peuvent être perdues si le roulis du chasseur dépasse les limites du cardan (110-120 degrés d'inclinaison). Les pilotes de MiG-29 et de Su-27 doivent donc faire attention aux décisions prises concernant l'altitude pendant un engagement, car si les hautes altitudes réduisent l'image de fond des lobes secondaires, maximisant ainsi la performance de leur radar, elles permettent également aux cibles "look-down" de rompre plus facilement le verrouillage en volant perpendiculairement au faisceau. Les pilotes de F-15C ont moins de restrictions en matière de performances radar, et peuvent plutôt baser leurs décisions en fonction de l'effet de l'altitude sur la performance des missiles.

Tous les avions de combat modernes sont équipés de systèmes d'alerte radar RWS. Un RWS identifie l'azimut et le type de radar qui émet. Après avoir identifié le type de système radar, il est généralement possible d'en déduire le type (ou la catégorie) du système d'arme qui l'emporte.

Les radars modernes peuvent fonctionner dans une grande variété de modes, avec différentes fréquences de répétition d'impulsions (PRF) et différentes zones de balayage. Le PRF est le nombre d'impulsions radar par seconde. Sa modification est utilisée pour augmenter la sensibilité du radar lors de la détection de cibles volant sous différents angles d'aspect. Un PRF élevé est utilisé pour détecter les cibles volant en direction de votre appareil (angle d'aspect élevé), et un PRF moyen est utilisé pour des cibles à faible vitesse de rapprochement ou en éloignement. Dans le mode de fonctionnement par défaut, le radar alterne entre PRF haut et moyen pour assurer la détection de cibles tous aspects. Cela s'appelle un mode entrelacé. Dans les modes de recherche, le radar balaie des zones larges. Dans les modes de poursuite de cible, le radar balaie des zones étroites. Le radar passe en mode poursuite après verrouillage d'une cible.

De nombreux radars modernes ont un mode de poursuite avec balayage (TWS : Track While Scan) permettant le suivi simultané de plusieurs cibles. Le principal avantage de ce mode est qu'il fournit des informations détaillées sur une large zone de l'espace aérien. Cependant, aucune information n'est fournie sur les cibles en dehors de la zone de balayage. Les mouvements des cibles dans ce mode sont souvent déduits par prédiction. Bien que la période de balayage soit relativement courte, les cibles rapides et manœuvrantes peuvent effectuer une manœuvre brusque et quitter la zone de balayage, alors que sur l'écran radar, la trajectoire prédite de la cible sera affichée. La mise à jour de

la position suivante est faite seulement après une période de temps définie et quand un fichier de piste a été calculé.

Dans le mode poursuite avec balayage, des informations détaillées sur un grand nombre de cibles sont affichées. Cependant, la prédiction de position de la cible étant effectuée pendant la période de balayage, la cible peut quitter la zone balayée en effectuant une manœuvre inattendue.

Dans cette simulation, le radar du F-15C est le radar Doppler à impulsion AN/APG-63(V)1. Allumez le radar en appuyant sur [I]. Les informations radar sont alors indiquées sur l'affichage de situation verticale (VSD) dans la partie supérieure gauche du tableau de bord. Le radar a plusieurs modes comme décrit ci-dessous.

Mode de recherche longue portée (LRS : Long Range Search)

Le mode LRS (touche [2]) est le mode radar principal du F-15C pour l'acquisition et l'engagement à longue portée. Le pilote peut régler la portée d'acquisition (10, 20, 40, 80 ou 160 nautiques) et modifier la largeur et l'élévation du balayage. Les informations concernant les emplacements des contacts radar sont indiquées sur l'affichage de situation verticale (VSD), mais aucune donnée concernant la vitesse, l'altitude et le cap des contacts n'est fournie.

Le VSD montre l'image radar selon une vue en plan, correspondant à l'échelle de distance choisie, depuis le dessus de votre avion. Les contacts de cibles, également appelés buts, sont affichés sur le VSD en fonction de leur distance par rapport à votre appareil, les plus proches étant situées au bord inférieur du VSD et les plus éloignées en haut. Le radar peut suivre jusqu'à 16 cibles simultanément. Il effectue également de façon automatique des interrogations des amis ou ennemis (IFF : Identify Friend or Foe) sur toutes les cibles. Les réponses amicales sont signalées par des cercles et les hostiles par des rectangles.

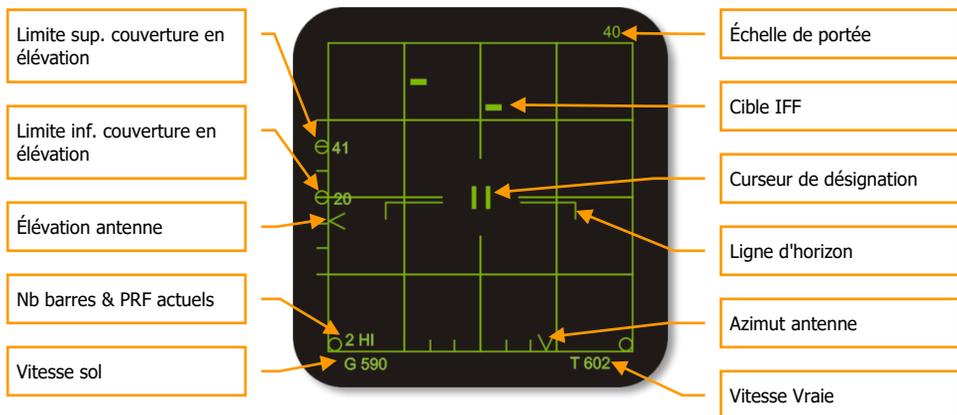


Figure 54. Mode LRS du VSD

Dans le coin supérieur droit du VSD, la portée actuelle du radar est affichée (10, 20, 40, 80 ou 160 nautiques).

La zone de balayage en élévation du radar est affichée sur le côté gauche du VSD. Les chiffres proches des petits cercles montrent les limites de couverture haute et basse du curseur de

désignation de cible (TDC : Target Designation Cursor) à sa distance actuelle sur le VSD. Puisque le faisceau radar est un cône qui se développe à partir de l'antenne, la couverture en élévation s'élargit à mesure que la distance du TDC augmente. Vous pouvez incliner l'axe du faisceau radar de 60 degrés vers le haut et vers le bas avec les touches **[MajD+;]** et **[MajD+.]**. Les cercles de limites de couverture en élévation se déplacent vers le haut et vers le bas en conséquence. Chaque barre de balayage a une couverture angulaire de 2,5 degrés. En déplaçant le TDC vers les limites supérieure ou inférieure du VSD, vous pouvez automatiquement "sauter" à la portée supérieure ou inférieure.

Les valeurs de vitesse sol "G" et de vitesse vraie "T" sont affichées sur le bord inférieur du VSD. La barre d'élévation et la fréquence de répétition d'impulsions (PRF), qui changent constamment, sont affichées dans l'angle inférieur gauche. L'alternance constante entre les PRF "HI" et "MED" est nécessaire pour détecter des cibles volant avec différents angles d'aspect. La fréquence élevée "HI" PRF permet de détecter les cibles en rapprochement à grande distance. La fréquence moyenne "MED" PRF a moins de portée mais est plus performante pour la détection de cibles avec un taux de rapprochement (Vc) moins élevé. Ceci est appelé mode entrelacé et c'est le mode LRS standard pour le F-15C dans le jeu. Vous pouvez alterner entre HI, MED et entrelacé en appuyant sur **[MajD + I]**.

Le bas du VSD comporte une échelle qui correspond à la largeur de zone de balayage horizontal sélectionnée. La largeur est par défaut $\pm 60^\circ$, mais en appuyant sur la touche **[CtrlD+-]**, on peut sélectionner $\pm 30^\circ$. Les deux cercles le long de l'échelle représentent les limites de balayage en azimut de l'antenne, et à l'intérieur de cette zone un marqueur mobile affiche la position actuelle de l'antenne. Alors que le réglage $\pm 60^\circ$ procure une zone de balayage plus large, le $\pm 30^\circ$ fournit des mises à jour de contacts plus rapides.

Pour que le radar se verrouille, déplacez le TDC sur un contact à l'aide des touches **[;]**, **[,]**, **[.]**, **[/]**, et appuyez sur la touche **[Entrée]**. Si toutes les conditions de verrouillage sont remplies, le radar bascule automatiquement vers le mode de poursuite de cible unique (STT).

Mode poursuite de cible unique (STT : Single Target Track)

Après avoir verrouillé la cible en mode LRS, le radar passe en mode STT. Il concentre désormais toute son énergie sur une seule cible et fournit des mises à jour constantes. Toutefois, il ne détectera plus d'autres contacts et l'ennemi pourra être averti par ce verrouillage. L'affichage VSD en mode STT reste sensiblement le même qu'en mode LRS. L'indicateur STT apparaît dans l'angle inférieur gauche du VSD. La cible verrouillée est affichée comme une étoile avec une ligne de vecteur de vol, ce qui indique qu'elle est la cible principale désignée (PDT : Primary Designated Target).

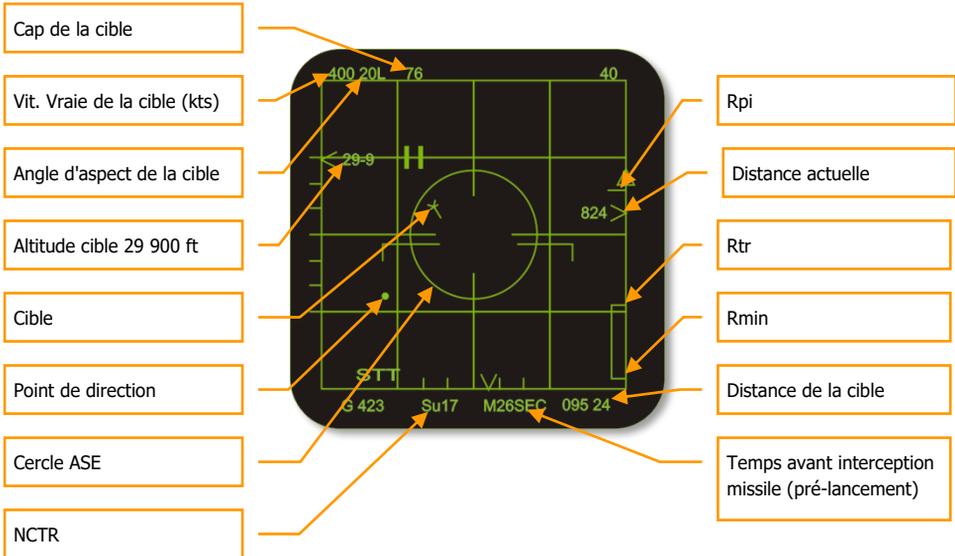


Figure 55. Mode STT du VSD

POUR LANCER L'AIM-7, IL EST NECESSAIRE D'ENTRER EN MODE STT OU DE PASSER EN MODE FLOOD A COURTE PORTEE

Le système de reconnaissance de cible non coopérative (NCTR : Non-Cooperative Target Recognition) tente automatiquement d'identifier (prendre l'empreinte de) la cible verrouillée. Le système stocke en mémoire une bibliothèque d'échantillons de signatures radar d'appareils différents et essaie de les comparer à la cible verrouillée. La méthode d'identification de la signature est basée sur le retour radar, partiellement déterminé par les aubes du premier étage du compresseur de la cible. Si la signature correspond à une entrée de la bibliothèque, le nom de la cible s'affiche près du centre inférieur du VSD. Une telle méthode n'offre pas une garantie de succès à 100%. La distance, la différence d'altitude et l'aspect de la cible peuvent tous influencer l'empreinte NCTR.

La vitesse, l'angle d'aspect et le cap de la cible sont affichés le long de la partie supérieure gauche du VSD. L'altitude de la cible est affichée par rapport au niveau de la mer le long de l'échelle d'élévation.

Une altitude de 29 900 pieds sera affichée 29-9. De plus, la distance de la cible et sa vitesse de rapprochement sont affichées dans la partie inférieure droite du VSD.

Les données sur l'utilisation des missiles fournies en mode STT vous permettent de savoir quand tirer. Le grand cercle sur le VSD est le cercle d'erreur de direction admissible (ASE : Allowable Steering Error). Il fonctionne de la même manière que décrit plus haut pour le HUD. Plus le cercle est grand, plus grande est l'erreur de direction admissible et la probabilité de destruction (Pk, prononcé P sous K). La taille de l'ASE dépend du missile sélectionné, des manœuvres de la cible, de son angle d'aspect, de sa vitesse... etc. Pour assurer une meilleure Pk, souvenez vous de la simple rime "Center the dot before taking the shot", littéralement "Centrez le point avant de tirer".

Le long du côté droit du VSD, une échelle verticale indique la zone de lancement dynamique (DLZ : Dynamic Launch Zone) de l'arme sélectionnée par rapport à la cible verrouillée. Des barres horizontales le long de cette échelle fournissent des indications de lancement. De bas en haut : Rmin - distance de lancement minimale, Rtr - distance de lancement maximale sur une cible à haute manœuvrabilité, Rpi - distance de lancement maximale contre une cible non-manœuvrante. Au sommet de l'échelle, un triangle indique la "Raero", qui est la portée balistique maximale du missile indépendamment de la cible.

Au-dessous de l'échelle, dans la partie inférieure droite du VSD, sont affichés le cap de la cible et un affichage numérique de sa distance.

Le temps estimé pour que le missile sélectionné atteigne la cible apparaît au bas du VSD. Le temps en secondes est précédé d'un M si un AIM-120 est sélectionné, d'un T si c'est un AIM-7, ou d'un S si c'est un AIM-9. Notez que les informations post-lancement ne sont affichées que sur le HUD.

Mode poursuite avec balayage (TWS : Track While Scan)

Le mode TWS est très informatif, mais plus complexe que le LRS. Ce mode combine les informations spécifiques aux modes LRS et STT. Il permet d'avoir des données détaillées sur un contact tout en recherchant d'autres cibles. Lorsque le mode TWS est activé avec la touche **[Alt+D+I]**, l'indicateur de mode dans l'angle inférieur gauche du VSD passe à "TWS". Globalement, l'affichage TWS du VSD est très similaire à celui du LRS. Cependant, chaque contact a une ligne vectorielle indiquant sa direction, ainsi qu'une indication numérique d'altitude.

VOUS POUVEZ UTILISER LE MODE TWS POUR LE TIR SIMULTANÉ DE MISSILES AIM-120 SUR PLUSIEURS CIBLES.

Contrairement au LRS où la désignation d'un contact bascule le radar en mode STT, la désignation initiale d'un contact en TWS définit celui-ci comme cible principale désignée (PDT), mais le radar continue à rechercher et à afficher des contacts supplémentaires dans la zone de balayage. Par la suite, en désignant d'autres contacts, ceux-ci sont définis comme cibles désignées secondaires (SDT : Secondary Designated Targets). Les cibles SDT sont affichées sous la forme de rectangles creux, alors que la PDT est affichée sous la forme d'une étoile (comme en mode STT). En désignant une seconde fois une PDT ou une SDT, une piste STT sera lancée sur cette cible. Lorsque plusieurs missiles AIM-120 sont lancés en salve, le premier sera dirigé vers la PDT et les suivants intercepteront les SDT dans l'ordre de leur désignation. Le compteur de temps d'interception concerne la PDT.



Figure 56. Mode TWS

VOUS NE POUVEZ PAS LANCER UN AIM-7 EN MODE TWS. POUR LANCER UN TEL MISSILE, VOUS DEVEZ PASSER EN MODE STT EN DESIGNANT LA CIBLE UNE SECONDE FOIS

Le TWS a plusieurs restrictions. Le radar tentera de créer des fichiers de piste pour chaque contact, mais étant donné le volume de balayage important, il y aura un temps d'actualisation important entre les balayages. Pendant chaque balayage, le radar tentera de prédire la position du contact pour le prochain balayage. Cependant, si la cible effectue des manœuvres évasives à facteur de charge élevé et change rapidement sa trajectoire et sa vitesse, le radar peut perdre sa piste en faisant une prédiction de fichier de piste incorrecte. En utilisant une telle tactique défensive, le chasseur peut rapidement devenir la proie. Le radar essaiera cependant de centrer son balayage d'azimut sur la PDT.

Le TWS, lorsqu'il est combiné avec l'AIM-120, offre une puissante capacité à engager de multiples cibles simultanément. Néanmoins, la fiabilité de suivi de cible est inférieure à celle du LRS et encore plus à celle du STT. Contrairement au STT en revanche, un tir en TWS avec AIM-120 ne fournira à l'appareil ennemi aucune indication de verrouillage ou de lancement. Ainsi, la première alerte que le pilote ennemi obtiendra vraisemblablement se produira lorsque l'autodirecteur du AIM-120 passera en mode actif près de la cible.

Mode guidage sur brouilleur (HOJ : Home On Jam)

Lorsque le radar et le récepteur d'alerte radar (RWR) détectent des contre-mesures électroniques actives (ECM : Electronic Counter-Measures), une série verticale de rectangles creux est affichée sur le VSD le long de l'azimut du brouilleur. Cette indication ECM est celle d'un générateur de bruit et est appelée un stroboscope. Afin de verrouiller la cible en utilisant son propre stroboscope ECM, placez le TDC sur l'un des rectangles creux et appuyez sur la touche **[Enter]** pour le désigner. Notez que vous ne verrouillez pas une cible sur le radar. Une fois que l'émetteur ECM est verrouillé, la série de rectangles aura une ligne verticale pleine les traversant ; l'émetteur ECM est le long de cette ligne.

Le VSD est maintenant en mode guidage sur brouilleur, l'indicateur HOJ apparaît sur le VSD et le HUD. Les missiles AIM-120 et AIM-7M peuvent tous deux être lancés dans ce mode lorsqu'un verrouillage radar est impossible en raison de l'ECM ennemi. Notez que lorsqu'il est tiré dans ce

mode, le missile adoptera une trajectoire de poursuite pure moins efficace et que la probabilité de destruction est beaucoup plus faible. Notez également qu'aucune information de distance n'est fournie, il est donc suggéré de contacter un AWACS allié afin d'en obtenir. Attaquer dans un tel mode ne fournit à l'ennemi aucune alerte car une attaque HOJ est complètement passive.

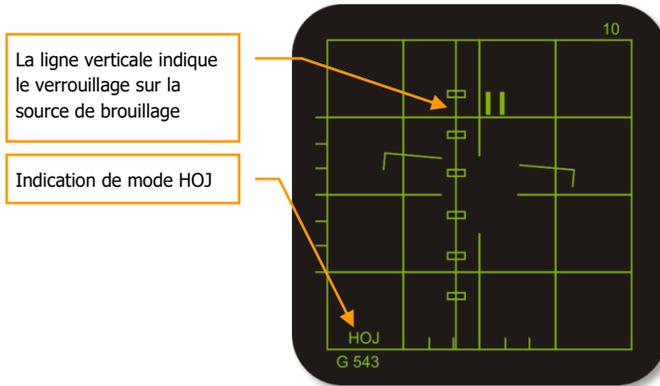


Figure 57. Mode HOJ

LE MODE HOJ FOURNIT L'AZIMUT DE LA CIBLE MAIS NE FOURNIT AUCUNE DONNEE CONCERNANT LA DISTANCE, L'ASPECT, LA VITESSE OU L'ALTITUDE

A courte distance, l'énergie du radar dépasse celle du brouilleur, et le radar obtient suffisamment d'énergie réfléchi par la cible pour former une piste. C'est ce qu'on appelle "burn through" (époussetage). A ce stade, le radar passe automatiquement en mode STT indépendamment du mode de désignation préalable (LRS ou TWS). Le "burn through" d'une ECM est généralement de 15 à 23 nautiques.

Mode AACQ balayage vertical (VS : Vertical Scan)

En mode balayage vertical (touche [3]), le radar recherche dans une zone de 2,5 degrés en largeur et de -2 à +55 degrés en hauteur. La distance de verrouillage est de 10 nautiques. Le radar se verrouille automatiquement sur la cible la plus proche dans cette zone. Lorsqu'elle est verrouillée, la cible est automatiquement suivie en mode STT.

Ce mode est le plus souvent utilisé en combat aérien rapproché (ACM, ou "dogfight"). Au cours de tels combats, vous tentez souvent de placer la cible sur le vecteur de portance et de «l'amener» dans le HUD. En mode VS, vous pouvez souvent verrouiller la cible plus tôt, même si elle est bien au-dessus du cadre du HUD.

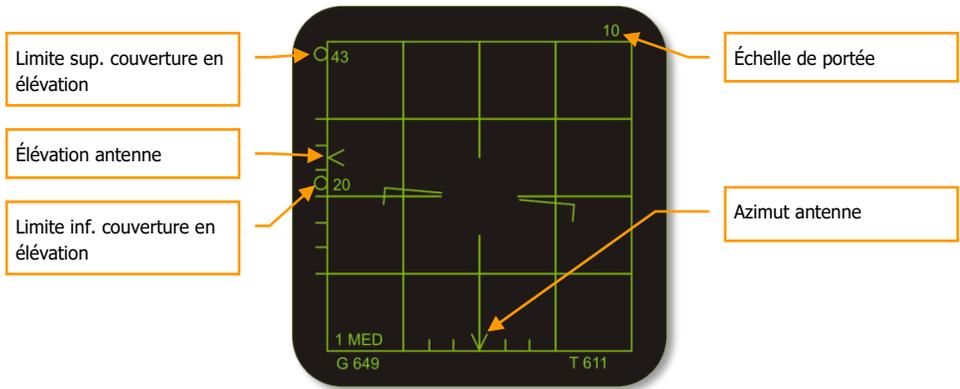


Figure 58. Mode VS

Les marqueurs d'élévation radar haut et bas indiquent la zone de balayage. Le marqueur d'azimut d'antenne fixe au centre montre que l'antenne radar ne balaie pas horizontalement.

Mode AACQ axial (BORE)

En mode BORE (touche [4]), le verrouillage de la cible se produit automatiquement lorsqu'elle se trouve dans le réticule Bore et à une distance maximale de 10 nautiques. Le mode axial est utile pour verrouiller rapidement une cible dans la plage visuelle (WVR) et permet un contrôle angulaire précis quant à la cible à verrouiller.

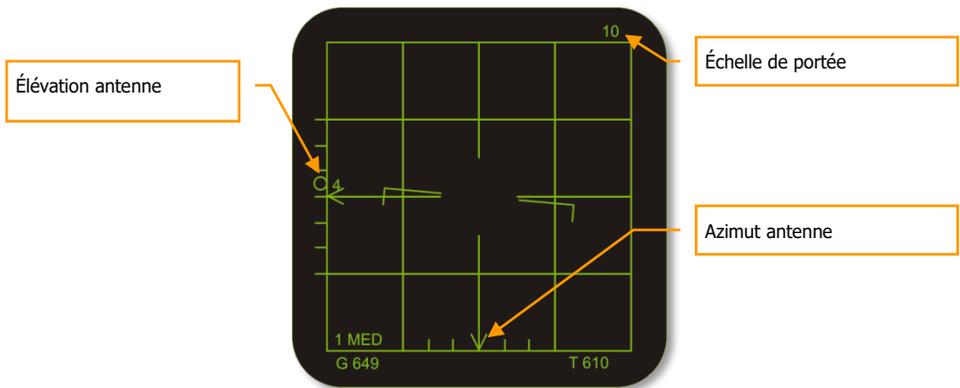


Figure 59. Mode Bore sight

Mode AACQ canon auto (GUN)

Le mode Auto Gun est utilisé exclusivement pour le combat à courte distance avec le canon M61 de 20mm. La zone de balayage radar est centrée sur le réticule fixe du canon et mesure 60 degrés en largeur (± 30 degrés) et 20 degrés en hauteur. La distance maximale de verrouillage est de 10 nautiques. Une fois que la cible est verrouillée, le radar bascule en STT.

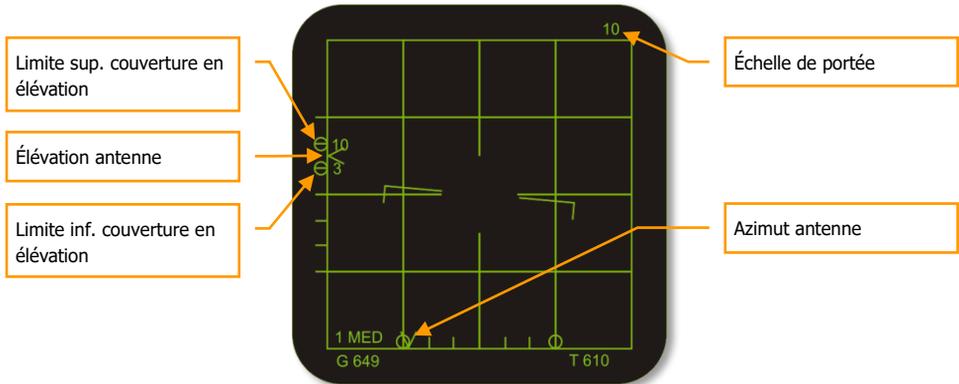


Figure 60. Mode Auto Guns

Mode FLOOD

Le mode FLOOD (touche [6]), est utilisé en combat rapproché avec l'AIM-7M. L'antenne est limitée à un cône de 12 degrés qui est inondé d'énergie à onde continue (CW : Continuous Wave). En mode Flood, le radar ne verrouille jamais la cible ; au lieu de cela, l'autodirecteur du missile se dirige automatiquement vers la cible se trouvant dans le réticule Flood et présentant la plus grande surface équivalente radar (SER). La distance d'engagement est limitée à 10 nautiques. "FLOOD" est affiché sur le VSD et le HUD.

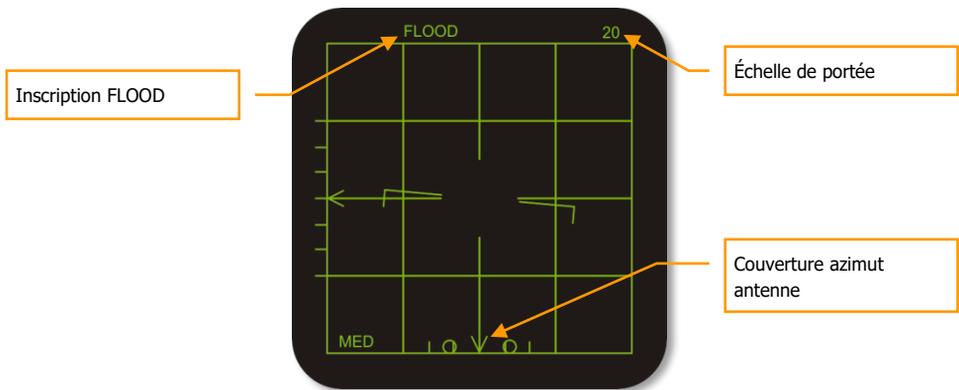


Figure 61. Mode Flood

COUNTERMEASURE SYSTEMS



Systèmes de contre mesures

La guerre électronique (GE ou EW pour Electronic Warfare) est un sujet vaste et complexe qui couvre la longue histoire de l'opposition et de la rapide évolution des capteurs, tactiques, armes et autres équipements de nombreux pays. Nous ne considérerons ici que les systèmes de contre-mesures (ECM) radar actives (récemment nommées "attaque électronique") destinées à protéger l'avion qui en est équipé. Quand le joueur pilote un appareil équipé d'un tel système de contre-mesures (interne ou monté en pod sur un point d'emport d'arme), il peut l'activer ou l'arrêter durant une mission en appuyant sur la touche [E]. Le brouilleur actif a pour but de réduire la distance de guidage des radars ennemis ou de dégrader les performances des radars de guidage des missiles vous poursuivant. Toutefois, l'utilisation par le joueur d'un brouillage actif a un prix car, non seulement il interfère avec les autodirecteurs radar de vos propres missiles avant et pendant le tir, mais s'il réduit la distance de guidage des radars ennemis, il en augmente la distance de détection. En plus il est vu par les missiles adverses comme une balise sur laquelle ils peuvent se guider en mode "home on jam" (HOJ). Pour une meilleure défense contre les missiles, le brouillage actif doit être combiné avec le brouillage passif (leurres EM/ chaff) et les manœuvres de vol perpendiculaires "beaming" à basse altitude.

Système d'ECM interne AN/ALQ-135

La station ECM interne AN/ALQ-135 est entrée en service en tant qu'élément intégré du système tactique de guerre électronique (TEWS) du F-15 Eagle, faisant de lui le premier chasseur de supériorité aérienne conçu dès le début avec un espace interne réservé à une suite de brouillage actif.

Le système est capable de produire à la fois des signaux de bruit de barrage et un brouillage de leurrage pour contrer une variété de radars à fréquences fixes et variables fonctionnant dans les bandes de 2 à 20 GHz (bandes OTAN entre E et J). Les antennes d'émission assurent une protection de 360° contre les missiles «surface-air» (SAM) et «air-air» (AAM) guidés par radar. Le système dispose de 20 processeurs programmables fonctionnant en parallèle, afin d'assurer réactivité et flexibilité face aux changements d'environnement et de menace.

Le brouilleur AN/ALQ-135 s'adapte en fonction des types de menace signalés par le récepteur d'alerte radar AN/ALR-56C, qui est également intégré aux TEWS de l'Eagle.

Dans sa configuration d'origine, l'AN/ALQ-135 se compose de six unités remplaçables en ligne (LRU ou "boîtes noires"), trois oscillateurs et trois amplificateurs qui génèrent les signaux de brouillage pour la couverture dans la bande de chevauchement 1 (OTAN E à G) et la bande 2 (OTAN G à I).

Le F-15C a par la suite reçu une partie de l'équipement AN/ALQ-135B du Strike Eagle F-15E en tant que mise à niveau, assurant la couverture de la bande 3 (OTAN H à J) contre les radars modernes à courte portée SAM, AAA et d'avions intercepteurs. Deux nouvelles antennes d'émission ont été installées derrière le radôme de nez, devant le pare-brise et sous l'appareil ainsi qu'une antenne en cornet installée dans la flèche de queue du fuselage tribord pour la couverture de l'hémisphère arrière. Celles-ci s'ajoutent aux antennes lames de la "Bande 1.5" (en remplacement des bandes 1 et 2) installées sous le nez.

Malgré le rythme opérationnel élevé lors de l'opération Tempête du Désert en 1991, aucun F-15 équipé de l'AN/ALQ-135 n'a été abattu par des SAM ou des missiles AA guidés par radar (deux F-15E Strike Eagles, toujours dépourvus de la bande 1.5 du F-15C à l'époque, ont été détruits par des tirs venus du sol).

Les travaux sur les systèmes AN/ALQ-135 et TEWS se sont poursuivis au milieu des années 1990. Après leur évaluation opérationnelle en 1994, le Commandement de l'US Air Force a noté que les «exigences techniques requises des systèmes modernes d'ECM étaient respectées ou dépassées».

L'état du système ECM est indiqué au centre de l'affichage TEWS sous la forme d'une étoile ouverte. Lorsqu'elle clignote, l'ECM se met sous tension, quand elle est fixe, il est actif.

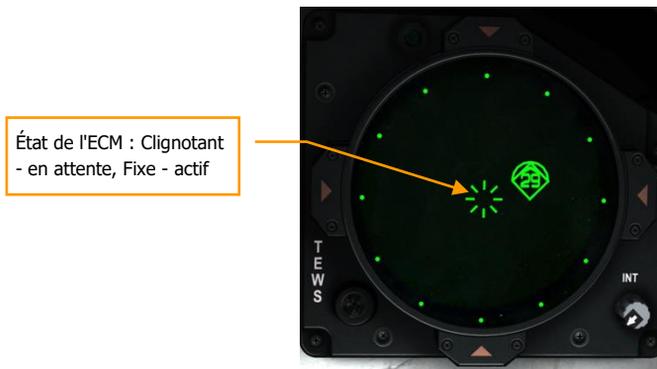


Figure 62. Indication ECM du TEWS

Systèmes d'Alerte Radar (RWS)

Les radars installés sur les avions, les navires et les véhicules terrestres servent à l'acquisition puis au guidage de l'armement vers divers types de cibles. La plupart des avions modernes sont équipés de systèmes d'alerte radar (RWS) qui détectent l'illumination du radar ennemi. Bien que les entreprises et les bureaux d'études aient leurs propres approches pour la conception de tels systèmes, tous les RWS ont des principes opérationnels communs.

Le RWS est un système passif, c'est-à-dire qu'il n'émet aucune énergie. Il détecte les émetteurs radar et les classe selon une base de données des types de radar connus. Il peut également déterminer la direction de l'émetteur et son mode de fonctionnement, le verrouillage par exemple, mais ne peut cependant pas définir sa distance.

Les systèmes RWS inclus dans le jeu sont similaires dans leurs capacités fonctionnelles. Chaque système peut détecter les balayages du radar, les signaux d'onde continue (avertissement de verrouillage) et les signaux de liaison de données de commande de missile (avertissement de lancement).

Pour une meilleure compréhension de la situation tactique (Situational Awareness), il est recommandé d'utiliser les différents modes du RWS. La sélection du mode permet au RWS d'identifier uniquement les radars fonctionnant en recherche ou ceux qui transmettent des signaux de guidage pour les missiles SARH ou ceux des têtes chercheuses actives (ARH) de missiles.

Notez que le RWS ne dispose pas de capacité d'identification ami/ennemi (IFF).

Le RWS peut utiliser un algorithme permettant de déterminer une menace primaire et une liste de menaces secondaires dans l'ordre dégressif suivant :

1. Soit un missile à radar actif, soit un signal de guidage missile (tir missile) ;
2. Un radar transmettant en mode Single Target Track (ou n'importe quel autre mode de verrouillage sur cible) ;
3. la priorité d'une menace est classée selon son type. Voici la liste des types de menace :
 - Radar aéroporté (chasseur) ;
 - Radar sol longue portée ;
 - Radar sol moyenne portée ;
 - Radar sol courte portée ;
 - Radar de veille/surveillance au sol 'Early Warning' (EW);
 - Radar de veille/surveillance aéroporté (AWACS).
4. La menace est à son niveau de puissance de signal maximum.

LE RWS NE DONNE PAS LA DISTANCE DE L'ÉMETTEUR

Récepteur d'alerte AN/ALR-56C

Sur l'écran RWR, la position centrale indique l'emplacement de votre avion vu du dessus, les radars qui l'éclairent sont affichés autour. Un émetteur au-dessus de votre appareil sur l'écran est devant vous, un émetteur à droite de votre avion est à votre droite... etc.

- Le RWR AN/ALR-56C fait partie du TEWS (Tactical Early Warning System) du F-15C / D Eagle.
- Le système RWR assure une détection des signaux radars de +/- 180° en azimut et +/- 45° en élévation.
- Nombre maximum de menaces affichées à l'écran : 16.
- Délai d'affichage de l'historique des menaces : 7 secondes.
- Modes fonctions du RWR : Tout (acquisition) ou verrouillage.
- La distance de l'émetteur radar par rapport au centre de l'écran du RWR correspond à la puissance du signal de l'émetteur. Les radars émettant avec une plus grande puissance sont affichés plus près du centre.

- Les radars de veille et les symboles AWACS ne seront jamais affichés dans la zone de l'anneau intérieur.
- Lorsqu'une nouvelle menace est détectée, une tonalité sonore aiguë est émise une seule fois, et le symbole de la menace est surmonté d'un demi-cercle.
- Lorsque le RWR détecte un radar en mode d'acquisition, un son bourdonnant est émis.
- Lorsqu'une menace verrouille votre avion, la tonalité du RWR passe de périodique à continue.

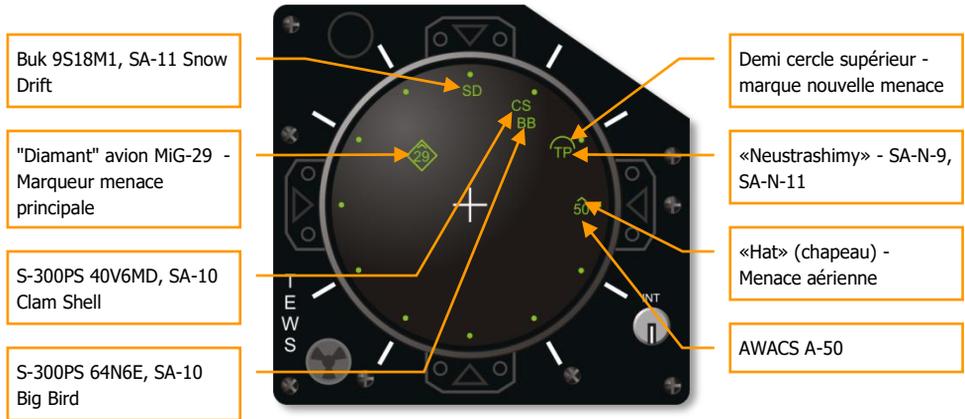


Figure 63. Symbologie de l'écran TEWS du F-15C

L'image ci-dessus montre un exemple d'affichage de situation sur l'écran TEWS.

- A 12 heures votre appareil est illuminé par le radar d'acquisition (Snow Drift) du système SAM "Buk".
- A 1 heure votre avion est illuminé par un radar d'acquisition 64N6E (Big Bird) et un radar d'acquisition basse altitude sur mât 40V6MD (Clam Shell). Tous deux font partie d'une batterie de SAM S-300PS (SA-10C).
- Depuis les 2 heures votre appareil est illuminé par le radar naval d'un navire de patrouille classe "Neustrashimy". Comme c'est un nouvel émetteur détecté, il est surmonté d'un demi-cercle
- depuis les 3 heures votre avion est illuminé par un AWACS A-50U.
- La menace primaire, inséré dans un losange est un Mig-29 entre 10 et 11 heures.

De l'analyse ci-dessus, nous pouvons conclure que la principale menace est le Mig-29 qui peut utiliser son armement n'importe quand. En conséquence il est nécessaire de l'engager ou de quitter la zone pour l'empêcher de tirer. Une attaque contre le Mig-29 peut être réalisé seul ou à l'aide de votre allier.

En complément du Mig-29, le complexe S-300 présente une menace potentielle localisée dans vos 1 heure. En planifiant de futures manœuvres, la possibilité d'entrer dans la zone de lancement de ce système SAM doit être prise en compte.

Si un lancement de missile est détecté, un son d'alerte de tir se fera entendre. Il sera répété toutes les 15 secondes jusqu'à ce que la menace soit écartée.

Si un missile ARH (radar homing actif) est détecté, il est classé comme étant la menace hautement prioritaire. Un symbole "M" inscrit dans un losange est alors affiché dans la bague intérieure. À sa position initiale le symbole de l'ARH détecté sera situé à proximité du symbole de l'aéronef attaquant, environ à la moitié de la distance de la bague intérieure.

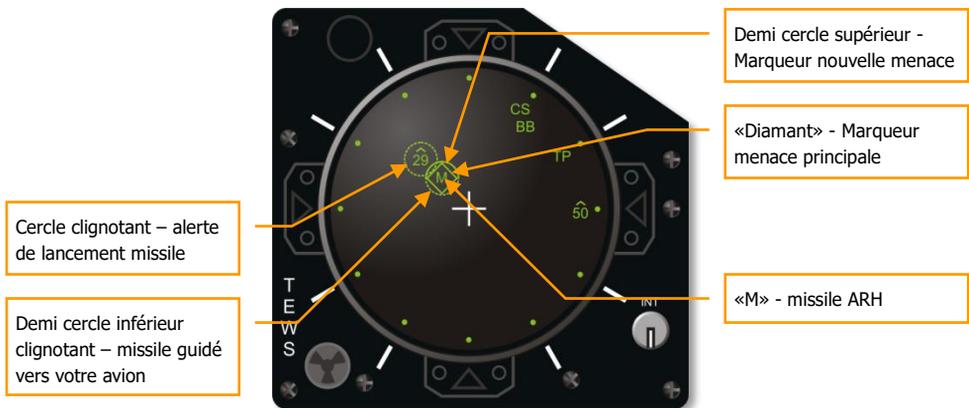


Figure 64. Symbologie de l'écran TEWS au lancement d'un missile ARH

L'image ci dessus montre un exemple d'affichage du TEWS.

- A 1 heure votre avion est illuminé par un radar d'acquisition 64N6E (Big Bird) et un radar d'acquisition basse altitude sur mât 40V6MD (Clam Shell). Tous deux font partie d'une batterie de SAM S-300PS (SA-10C).
- Depuis les 2 heures votre appareil est illuminé par un radar naval d'un navire de patrouille classe "Neustrashimy".
- depuis les 3 heures votre avion est illuminé par un AWACS A-50U.
- Le MiG-29 situé entre vos 10 et 11 heures a tiré un missile – le cercle est clignotant autour du symbole.
- La menace principale est inscrite dans un losange. Il s'agit d'un missile ARH (symbole "M") lancé par le Mig-29, signalé comme étant une nouvelle menace (demi cercle supérieur) pour intercepter votre avion (demi cercle inférieur clignotant).

Dans ce cas, vous avez peu de temps pour réfléchir et devez réagir rapidement - exécutez une manœuvre agressive à haut facteur de charge (G) perpendiculaire à la trajectoire de vol du missile tout en larguant des leurres EM (chaff) [Inser] contre les missiles guidés par radar et IR (flare) [Suppr] contre les missiles guidés par infrarouge.

Compte tenu de l'efficacité des missiles ARH modernes, la probabilité d'être touché reste élevée, même après une évasive anti missile appropriée. En conséquence, il est préférable d'éviter le lancement d'un missile sur vous plutôt que d'essayer de leurrer une fois lancé.

Les symboles et marqueurs suivants sont présents sur le TEWS.



Radar aéroporté. Tous les radars de ce type sont indiqués par la marque ^, qui apparaît au dessus du symbole de type d'avion. Les désignations des symboles des radar terrestres et navals sont indiquées dans le tableau ci-dessous.



Le demi-cercle supérieur représente une nouvelle menace. Elle apparaît sur la plus récente détectée.



«Diamant» (losange) - signale la principale menace. Représentant la menace la plus dangereuse elle est positionné très près de votre avion ou de l'appareil ennemi lanceur.



Le cercle clignotant indique un lancement de missile détecté.



Cercle clignotant avec un «diamant» autour d'un symbole «M» - activité de missile ARH (R-77, AIM-120C, AIM-54C, MICA-AR). Les missiles actifs sont toujours la principale menace.

Symboles TEWS

Il est à noter que les symboles et les marques peuvent être combinés. Par exemple : la marque d'une nouvelle menace (le demi-cercle supérieur) avec la marque d'un lancement de missile détecté (le cercle clignotant). En conséquence, un cercle avec la partie inférieure clignotante sera affiché.

Le symbole du type et de la classe radar peut fournir des informations détaillées sur le type de sous-système attaquant. Dans le tableau ci-dessous, vous pouvez trouver les symboles TEWS et RWR et leurs types de radar correspondants.

Radars aéroportés

Plate-forme	Symbole RWS
MiG-23	23
MiG-29, Su-27/33	29
MiG-31	31
Su-30	30
F-4E	F4
F-14A	14
F-15C	15
F-16C	16
F/A-18C	18
A-50	50
E-2C	E2
E-3C	E3

Radars navals

Plate-forme	Systèmes SAM	Symbole RWS
Frégates classe Albatros, Grisha V	SAM "Osa-M" (SA-N-4 Gecko)	HP
Porte avion Kuznetsov	SAM "Kinzhal" (SA-N-9 Gauntlet) AAA "Kortik" (SA-N-11 Grison)	SW
Frégates classe Rezky, Krivak II	SAM "Osa-M" (SA-N-4 Gecko)	TP
Croiseur classe Moskva, Slava	SAM S-300F "Fort" (SA-N-6 Grumble) SAM "Osa-M" (SA-N-4 Gecko)	T2
Frégate classe Neustrashimy, Jastreb	SAM "Kingal" (SA-N-9 Gauntlet) AAA "Kortik" (SA-N-11 Grison)	TP
Carl Vinson, CVN-70	RIM-7 Sea Sparrow	SS
Oliver H. Perry, FFG-7	SM-2 Standard Missile	SM
CG-47 Ticonderoga	SM-2 Standard Missile	SM

Radars terrestres

Systèmes SAM	Classification OTAN	Symbole RWS
S-300PS 40V6M	SA-10	10
S-300PS 40V6MD	SA-10 Clam Shell	CS
S-300PS 5N63S	SA-10	10
S-300PS 64N6E	SA-10 Big Bird	BB
Buk 9S18M1	SA-11 Snow Drift	SD
Buk 9A310M1	SA-11	11
Kub 1S91	SA-6	6
Osa 9A22	SA-8	8
Strela-10 9A33	SA-13	13
PU-13 Ranzhir	Dog Ear	DE
Tor 9A331	SA-15	15
2S6 Tuguska	2S6	S6
ZSU-23-4 Shilka	ZSU-23-4	23
Roland ADS	Roland	RO
Radars Roland	Giraffe	GR
Radars de recherche et de poursuite Patriot	Patriot	P
Gepard	Gepard	GP

radar de recherche Hawk	I-HAWK PAR	HA
radar de poursuite Hawk	I-HAWK HPI	H
Vulcan	M-163	VU
Radar S-125 P-19	SA-3 Flat Face B	FF
S-125 SNR	SA-3 Low Blow	LB

AIR-TO-AIR MISSILES



Missiles air-air

Tous les chasseurs modernes - et la plupart des avions d'attaque - sont équipés de missiles air-air (AAM). Bien que possédant des avantages significatifs sur les canons, ils ont de nombreuses limitations opérationnelles. Pour réussir un tir de missile, il est nécessaire de suivre strictement une séquence précise. Il existe des étapes spécifiques de pré-lancement pour chaque type de missile.

Les AAM sont un ensemble de composants intégrés constitués de l'autodirecteur, de la charge et du moteur. La combustion du moteur ne peut durer qu'une période limitée variant généralement de 2 à 20 secondes, selon le type de missile.

Au lancement, le missile accélère à sa vitesse maximale. Quand le carburant moteur est épuisé, le missile continue sur l'énergie acquise. Plus la vitesse initiale de l'avion tireur est élevée et plus la vitesse du missile est grande donc, plus sa portée est longue.

La portée des missiles, ou MEZ (Missile Employment Zone), est fortement influencée par l'altitude de l'avion au moment du lancement. Cela est dû en grande partie à la densité de l'air beaucoup plus importante à basse altitude. Si l'altitude de vol augmente de 20 000 pieds, la portée maximale est doublée. Par exemple, la portée de l'AIM-120 à 20 000 pieds est deux fois plus grande qu'au niveau de la mer. Lorsqu'il attaque une cible plus haute ou plus basse que son avion tireur, la portée maximale du missile équivaut à celle de l'altitude moyenne entre les deux aéronefs.

POUR AUGMENTER LA PORTEE MAXIMALE D'UN MISSILE, VOUS DEVEZ LE LANCER A PARTIR D'ALTITUDES ELEVEES

L'angle d'aspect de la cible peut aussi grandement influencer la zone d'emploi du missile (MEZ). La portée de tir augmente quand vous volez l'un vers l'autre. On appelle ça un engagement à aspect élevé. Lorsque vous tentez d'attaquer une cible par l'arrière, cette dernière s'éloigne de vous ce qui peut réduire la MEZ du missile de façon significative. C'est un engagement à aspect faible. Afin d'augmenter la portée de vos attaques, essayez d'intercepter vos cibles avec des angles d'aspects élevés.

VOUS DEVEZ ESSAYER D'ATTAQUER LES CIBLES VENANT VERS VOUS, CELA AUGMENTE LA PORTEE DE LANCEMENT DE VOS MISSILES.

Les missiles volent selon les mêmes lois physiques que les avions. En manœuvrant sous fort facteur de charge, le missile consomme de l'énergie. Une cible manœuvrante peut faire en sorte qu'il effectue des corrections de trajectoires importantes et épuise ainsi son énergie. Cela peut conduire à ce que le missile soit incapable de poursuivre l'interception.

AUX GRANDES PORTEES, UNE CIBLE PEU MANOEUVRANTE SERA PLUS FACILEMENT ATTEINTE.

Les missiles air/air sont destinés à détruire des aéronefs. Ils sont divisés en plusieurs classes, selon leurs portées et leurs types de guidage. En fonction de la portée :

- Missiles courte portée. Moins de 15km. (R-73, R-60, AIM-9 et autres)
- Missiles moyenne portée. De 15km à 75km. (R-27, R-77, AIM-7, AIM-120 et autres)
- Missiles à longue portée. Plus de 75km (R-33, AIM-54 et autres)

Ces missiles utilisent toute une variété de systèmes de guidage :

- Infrarouge passif. Détecteur de cible infrarouge (R-60, R-73, R-27T, AIM-9)

- Radar passif. Le radar cible l'émetteur/brouilleur, habituellement combiné à un ciblage actif ou semi-actif, c'est le mode de ciblage des missiles modernes comme l'AIM-7M, l'AIM-120 et le R-27. On parle aussi de mode "Home On Jam" (HOJ).
- Guidage à radar semi-actif (SARH). Ces autodirecteurs suivent l'énergie réfléchi de l'onde radar continue émise par l'appareil lanceur (R-27R/ER, AIM-7, R-33).
- Guidage à radar actif (ARH). Les systèmes actifs possèdent leur propre radar logé dans le missile (R-77, AIM-120, AIM-54)

Les missiles à moyenne et longue portée sont souvent équipés d'un système de navigation inertielle (INS) et d'un émetteur/récepteur de consigne de guidage (liaison de données) leur permettant d'être tirés sur une cible plus éloignée que la distance à laquelle leur radar peut l'illuminer et la verrouiller.

Les systèmes à guidage passifs infrarouges et radar n'émettent aucun signal. Ils sont en fait guidés vers la cible en se verrouillant sur son émission radar ou infrarouge. Ce sont des missiles "tire et oublie" totalement autonomes après le tir.

Les capteurs de missiles semi-actifs se guident sur l'énergie radar réfléchi par la cible. L'appareil lanceur doit maintenir un verrouillage radar jusqu'à ce que le missile atteigne sa cible. Cela peut conduire à une joute entre appareils armés de SARH.

Les missiles actifs longue portée possèdent les mêmes caractéristiques que les systèmes semi-actifs ; à savoir que l'appareil lanceur doit poursuivre la cible et fournir un guidage au missile. Une fois le missile à 10 ou 20 km de sa cible, le radar embarqué s'active et continue l'interception sans besoin de support de la part du radar de l'appareil lanceur. De tels systèmes n'ont été mis en service que récemment.

Les AAM volent en respectant les mêmes lois aérodynamiques que les avions. Ils sont affectés par les mêmes forces de gravitation et de traînée. Pour voler, un missile doit générer des forces de portance qui à cause de la petite taille des ailes des AAM, sont généralement fournies plus par la vitesse que par la forme de l'aile.

Après le lancement, le missile est accéléré par son moteur, généralement à carburant solide, qui fonctionne de 2 à 15 secondes. Après l'accélération à Mach 2 ou 3 il poursuit son vol, surmontant la traînée et la gravité grâce à l'énergie cinétique accumulée. Comme la vitesse diminue, il devient de plus en plus difficile pour le missile de manœuvrer en raison de la diminution de l'efficacité de ses surfaces de contrôle. Lorsque sa vitesse tombe sous les 1000 - 800 km/h, il devient presque incontrôlable et continue à voler en vol balistique jusqu'à ce qu'il s'écrase au sol ou s'autodétruit.

La portée maximale d'un missile n'est pas une valeur constante, elle dépend d'un certain nombre de variables : les altitudes médianes initiales de vol, les vitesses air combinées et l'angle d'aspect de la cible. Pour atteindre la portée maximale d'un missile, il est préférable de le lancer à haute altitude, à haute vitesse, avec un angle d'aspect élevé. Notez que la portée ne correspond pas nécessairement à l'autonomie des missiles. Par exemple, dans une rencontre à angle d'aspect élevé où le missile est lancé à 50 km, il ne volera que sur 30-35 km parce que la cible se dirige vers lui. Près du niveau du sol où la densité de l'air est très élevée, la portée est réduite de plus de la moitié.

En attaquant un ennemi par l'arrière, la portée de tir diminue significativement car le missile doit rattraper la cible alors que cette dernière s'éloigne. En hémisphère arrière, faible aspect, les portées de tir sont habituellement deux à trois fois plus faibles qu'en tir sur des cibles à fort aspect. Voici des exemples de portées de tir du R-27ER selon différents aspects et altitudes :

- Portée de tir maximale en hémisphère avant à l'altitude de 10 000m - 66km
- Portée de tir maximale en hémisphère avant à l'altitude de 1000m - 28km
- Portée de tir maximale en hémisphère arrière à une altitude de 1000m - 10km

La portée maximale est calculée en supposant que la cible n'effectuera aucune manœuvre après le lancement du missile. Si la cible commence à manœuvrer, le missile devra le faire également et perdra rapidement de l'énergie. C'est pourquoi il est plus pratique d'utiliser un critère différent de portée maximale, la plage de lancement maximale tenant compte de la manœuvrabilité de la cible (Rpi en terminologie occidentale). Le système de contrôle d'arme calcule constamment la portée maximale sur une cible non manœuvrante, ainsi que la Rpi. C'est une portée beaucoup plus faible que la portée maximum mais qui assure "une probabilité de tuer" beaucoup plus élevée. Dans le jeu, ces plages sont indiquées sur le HUD et HDD / VSD.

Missiles moyenne portée

AIM-120 AMRAAM

Le missile air-air AIM-120 AMRAAM (missile avancé air-air moyenne portée) a remplacé l'AIM-7 «Sparrow» et est entré en service opérationnel dans l'US Air Force en 1991. Par rapport au «Sparrow», l'AIM-120 est nettement plus léger, plus petit, plus efficace en vol. Les deux peuvent engager des cibles à haute manœuvrabilité à haute altitude ainsi qu'en environnement de contre-mesures électroniques intenses à basse altitude. Cela est devenu possible grâce aux progrès dans les théories du contrôle des missiles, des radars, de l'ingénierie informatique, des systèmes de propulsion et de l'armement.

Aujourd'hui l'AIM-120 est utilisé par les États-Unis, l'Allemagne, la Grande Bretagne et de nombreux autres membres de l'OTAN.



Figure 65. AIM-120C AMRAAM

L'AIM-120 est fabriqué selon les conceptions aérodynamiques standard et se compose de trois sections : avant, charge et queue. Il a une petite aile cruciforme qui fournit une bonne

manœuvrabilité aux vitesses basses et élevées et des ailettes de queue cruciformes. Le corps du missile est en acier, peint en gris, et peut endurer un échauffement cinétique considérable.

La section avant contient les systèmes de navigation automatique. Le pilote automatique du missile combine plusieurs sous-routines l'aidant à atteindre sa cible sans l'illumination continue du radar de l'avion lanceur, par la navigation inertielle corrigée pour les première et deuxième parties de sa trajectoire de vol et le radar actif pour la course terminale. Le système contient une plateforme inertielle et un récepteur de liaison de données non articulés, positionnés dans le bloc de buses de la section de queue du missile. Le poids de la plate-forme, où les gyroscopes miniatures sont installés, est inférieur à 1,4 kg. Le micro-ordinateur à haute performance, fonctionnant à 30 MHz, est utilisé pour les systèmes inertiels et radar. Il assure toutes les fonctions de contrôle, y compris : la liaison de données, l'équipement radar, le traitement des signaux du détonateur de la charge et la commande intégrée des principaux sous-systèmes et composants. L'introduction d'un tel micro-ordinateur a permis aux ingénieurs d'augmenter le nombre de paramètres utilisés pour calculer la trajectoire de vol la plus efficace, en fonction du point d'interception de la cible par le missile, de leurs vitesses de vol et de leurs caps. Par exemple : sur la base de la distance mesurée, de l'angle d'aspect de la cible et de la vitesse de leurs variations, le micro-ordinateur peut calculer l'accélération de la cible. L'accélération propre du missile étant connue (elle est reçue des systèmes inertiels) ; Le micro-ordinateur peut calculer les manœuvres possibles d'interception et choisir la trajectoire optimale garantissant d'atteindre la cible.

La liaison de données est utilisée lorsqu'il est nécessaire de corriger la trajectoire du missile pendant la première moitié du vol. Un radar actif fournissant un guidage indépendant s'active après un blocage de sécurité. Il utilise des répétitions d'impulsions élevées et moyennes pour détecter et suivre la cible. L'antenne radar est placée derrière un radôme radio-transparent (de 530 mm de long et de 178 mm de diamètre à sa base), fait en céramique renforcée par de la fibre de verre.

La section de la charge contient la charge proprement dite, un détecteur de proximité et les mécanismes de sécurité d'armement. La tête explosive utilise la fragmentation par soufflage et assure la dispersion des fragments dans un champ étroit ou vers un secteur limité lorsque le missile intercepte la cible à un angle d'aspect défini. Quand le missile frappe directement la cible, un détonateur de contact déclenche la charge militaire. Le système de propulsion comporte un moteur fusée à propergol solide à deux étages, à haute impulsion spécifique. Il utilise un carburant sans fumée, sans aluminium, pesant 45 kg.

La trajectoire typique du missile est divisée en trois parties : inertielle corrigée, inertielle propre et radar actif. La détection de cible est effectuée à l'aide du radar de bord de l'avion lanceur. Le radar AN / APG-70, sur le F-15C, peut utiliser les caractéristiques comme la distance et la vitesse de rapprochement pour choisir les dix cibles les plus importantes et les suivre simultanément en mode TWS. Après que le pilote ait désigné les cibles, leurs positions sont automatiquement envoyées au système inertielle du missile. Jusqu'au moment du lancement, le radar de l'aéronef fournit au missile des calculs d'interception. Une fois le missile lancé, les positions des cibles ne sont suivies que par le radar de l'avion de lancement. Si la cible ne manœuvre pas, le guidage inertielle du missile l'amènera à proximité de la cible où le radar actif du missile prendra le relais.

Lorsqu'une cible manœuvre, une correction des données de position est effectuée. Les données de position sont entrées dans le système de navigation inertielle du missile avant le lancement. Après, les commandes de correction sont envoyées en liaison de données par les lobes latéraux de l'antenne radar de l'aéronef avec une périodicité correspondant au balayage de l'antenne. Ces commandes sont reçues par le récepteur de liaison de données du missile. Des instructions de guidage par liaison de données peuvent être envoyées à huit missiles AIM-120 simultanément lancés vers différentes cibles.

Le temps restant avant que le missile n'active son radar embarqué est indiqué dans le cockpit de l'avion. Cela permet au pilote de mettre fin à la connexion de liaison de données de soutien aux missiles quand ils sont en mode d'auto-guidage. Les commandes de liaison de données peuvent cesser si la cible cesse de manœuvrer. Le missile peut alors être guidé vers la cible par son propre système de navigation inertielle. Les méthodes de guidage décrites ci-dessus ne peuvent être utilisées qu'en absence de brouillage. Si la cible utilise un brouilleur actif, les systèmes embarqués du missile peuvent passer en mode de guidage Home-On-Jam (HOJ) plusieurs fois dans les portions intermédiaires et finales de la trajectoire. En combat aérien rapproché lorsque la cible est visible, le mode de guidage radar actif est utilisé.

L'AIM-120 peut être chargé sur deux dispositifs de lancement différents : rails guides et éjection forcée par éjecteurs. Le premier est construit de sorte que même l'AIM-9 "Sidewinder" puisse être chargé. Le deuxième type de dispositif nécessite une modification des lanceurs LAU-17 et LAU-92 existants. Les F-15 et F-18 sont équipés de tels lanceurs pouvant être utilisés à la fois pour le chargement de AIM-7 "Sparrow" et d'AIM-120. Ces dispositifs permettent de disposer de six missiles sur les F-15, F-16, F-18 et Tornado F.2 et de quatre sur le Phantom F-4F.

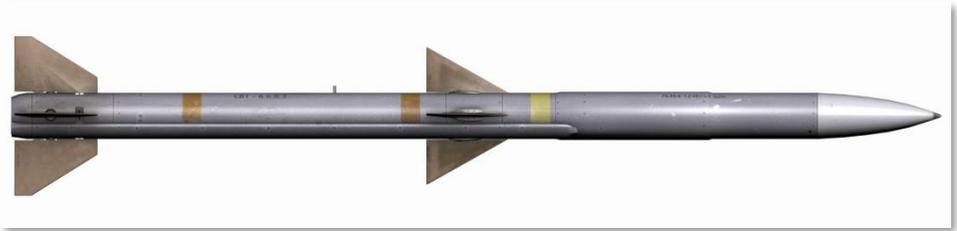


Figure 66. AIM-120B

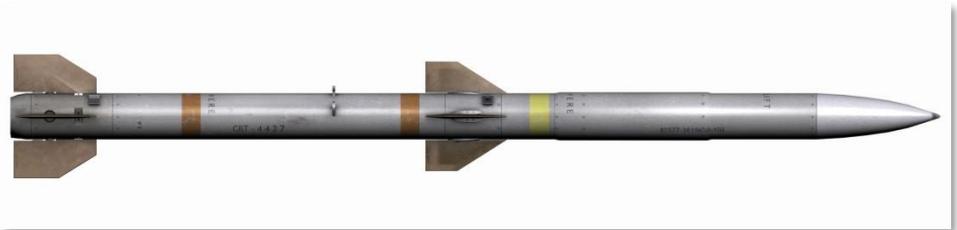


Figure 67. AIM-120C

Il y a aujourd'hui trois modèles d'AIM-120 :

- L'AIM-120A est la première version du missile, produite jusqu'en 1994.
- L'AIM-120B qui est la version modernisée du A avec une meilleure programmabilité grâce au connecteur de câble sur le container de transport.

- L'AIM-120C est produit depuis 1996, et a été modifié pour être chargé dans le F/A-22A. La version C a une taille réduite, une vitesse améliorée, une meilleure manœuvrabilité et une plus grande portée que les modèles antérieurs.

Un petit nombre de chasseurs F/A-18, équipés de l'AIM-120, ont été transférés dans la région du Golfe Persique dans le cadre de l'opération «Tempête du désert». Cependant, le missile n'a pas été utilisé au combat. La première utilisation en combat de l'AIM-120 (surnommé Slammer) s'est produite en décembre 1992 quand un F-16C américain a abattu un MiG-25 de la Force aérienne irakienne.

L'AIM-120 est peut-être le missile air-air le plus efficace de l'OTAN. Il a une longue portée, une réserve d'énergie élevée, de bonnes caractéristiques de manœuvre, et un système de guidage performant.

AIM-7 Sparrow

Le développement du Sparrow III (AIM-7C) a débuté en 1954 et il est devenu opérationnel avec les forces américaines en 1958. Le missile a été initialement monté sur les chasseurs Demon (F3H et F3H-2) et Phantom II (F-4B, F-4C, F-4M). Six missiles pouvaient être emportés et ils avaient une portée de 12 km.

Tous les modèles de missiles Sparrow III utilisent le même concept aérodynamique de système de stabilisation et d'aile transversale mobiles. Le missile se compose de quatre sections : nez, aile, charge et moteur. Chaque modèle se fixe de la même manière et a une taille identique. Cela permet à un appareil d'emporter des modèles différents. L'AIM-7 utilise un système de navigation proportionnelle et est équipé d'un radar semi-actif (SARH). L'énergie radar réfléchiée par la cible est reçue par l'antenne de l'autodirecteur et un signal est renvoyé à l'avion lanceur à partir de l'antenne arrière. Le mécanisme de commande est installé dans la section des ailes et il les oriente en fonction des signaux de commande.



Figure 68. AIM-7M Sparrow

Une charge à fragmentation annulaire est installée dans l'AIM-7. Elle crée un anneau de tiges en acier qui s'étend rapidement, conçu pour détruire un aéronef. La charge utilise à la fois un capteur de proximité radar (lorsque le missile passe près de la cible) et un détonateur à l'impact (lors d'un coup direct).

Le moteur à propergol solide possède deux niveaux de poussée : une phase d'accélération et une phase de maintien de vitesse. Le combustible solide a un canal en forme d'étoile traversant le centre du moteur. Cela permet une efficacité maximale de combustion.

L'AIM-7D est entré en service en 1961 et sa portée est de 15 km. Il est équipé d'un radar semi-actif qui nécessite l'illumination continue de la cible par le radar de l'avion lanceur. Le moteur à propergol solide LR44-RM2 qui a également été installé sur l'AIM-7C a été plus tard remplacé par le moteur Rocketdyne Mk.38/39 (les deux moteurs avaient un seul niveau de poussée). La production du missile AIM-7D a pris fin en 1963 lorsque le nouveau AIM-7E est entré en production.

L'AIM-7E avait un autodirecteur plus sophistiqué que le modèle D et un nouveau moteur Aerojet Mk.52.Mod.2. Le poids du moteur était de 68,5 kg, avec un temps de combustion de seulement 2,8 s, et une portée de 25 km. Pour ce nouveau moteur, le polybutadiène a été utilisé comme combustible et le perchlorate d'ammonium comme oxydant. Grâce au nouveau moteur, le missile pourrait atteindre des vitesses et des portées supérieures aux modèles plus anciens de l'AIM-7. La portée augmentée était également due à l'autodirecteur amélioré.

Basé sur l'AIM-7E, le "Sea Sparrow" a été développé et utilisé comme système défensif pour les navires des États-Unis et de plusieurs autres pays. Plus tard, l'AIM-7E a servi de base à plusieurs systèmes de défense aérienne de l'OTAN : "Spada" (terrestre) et "Albatros" (naval). De nombreux pays ont également développé leurs propres missiles «air-air» basés sur l'AIM-7E. Des essais au sol réussis et une bonne publicité ont valu une renommée mondiale au missile AIM-7E.

Cependant, une bonne presse ne signifie pas de bons résultats en combat. Au Vietnam, de 1965 à 1969, un AIM-7E sur dix a frappé sa cible. L'expérience du combat a révélé plusieurs lacunes telles qu'une grande distance minimale de tir et un long processus de verrouillage de cible. Ces missiles étaient particulièrement inefficaces pour frapper des cibles très manœuvrables. Étant donné que l'AIM-7E a été conçu pour engager les bombardiers soviétiques lourds à longue portée, ces résultats ne sont pas surprenants.

Après la guerre du Vietnam, l'analyse des combats a engendré le développement d'un nouveau modèle de Sparrow : l'AIM-7E2. Cette modification est entrée en service en 1968 avec une portée maximale de 50 km à haute altitude.

Lors de la conception de ce modèle, une grande attention a été accordée à l'obtention de caractéristiques nécessaires dans les engagements à portée visuelle. Le temps d'armement du détonateur a été réduit, l'autodirecteur, le système de commande et les actionneurs des surfaces mobiles ont été améliorés. En conséquence, le nouveau modèle était plus manœuvrable et avait une portée minimale d'engagement réduite.

En 1973, l'AIM-7F est devenu opérationnel. La portée maximale d'engagement à haute altitude allait de 50 km à 70 km. Son autodirecteur pouvait opérer en deux modes : impulsion-Doppler et onde continue, permettant au missile d'être compatible avec une multitude de radars.

La charge à fragmentation annulaire améliorée avait une plus grande portée. Contrairement aux modifications précédentes, la charge du missile est installée entre le nez et la section d'aile. Cela est devenu possible en réduisant l'espace nécessaire pour les instruments qui utilisaient auparavant des tubes à vide en les remplaçant par de simples puces d'ordinateur pour contrôler l'autodirecteur, les systèmes de commande et la charge. En outre, la fiabilité des missiles s'est accrue, le temps moyen entre pannes s'élevait à 470 heures, huit fois plus que pour l'AIM-7E.

Le missile est équipé d'un nouveau moteur à deux niveaux de poussée, le Hercules Mk.58 Mod.2. Avec une augmentation significative de la portée par rapport à l'AIM-7E2, l'AIM-7F est mieux adapté au combat de proximité.

Une des faiblesses était cependant la faible résistance de l'AIM-7F au brouillage par les signaux radar réfléchis par le sol. Cela est particulièrement important lors de l'attaque de cibles à basse altitude dans une configuration "look-down shoot-down". Pour résoudre ce problème, le travail a commencé en 1975 sur un modèle amélioré de l'AIM-7F. Ce nouveau modèle serait équipé d'un émetteur radar mono-impulsion pour la recherche de cible avec une meilleure résistance au brouillage.

En 1976-77, le nouveau AIM-7M a été testé en vol. La portée maximale à haute altitude était de 50 km à 70 km. Néanmoins, le missile AIM-7M avait toujours le défaut d'un radar de recherche semi-actif (SARH). Un tel autodirecteur limite considérablement la manœuvrabilité de l'avion lanceur en exigeant l'illumination de la cible jusqu'au moment de l'impact : jusqu'à 60 secondes pour un tir hors de portée visuelle et 20 secondes si la cible est à portée visuelle. L'autodirecteur SARH est également très vulnérable aux contre mesures électroniques modernes. En fait, cela empêche l'une des principales exigences des armes modernes, à savoir le "tire et oublie", c'est-à-dire un guidage autonome après le lancement.

Les appareils F-4, F-15, F-14, F-16, F/A-18 sont équipés de ce missile

Missile courte portée

AIM-9 Sidewinder

La conception du Sidewinder a commencé en 1948 et les essais en vol des modèles de développement ont été réalisés de 1952 à 1954. En 1956, le premier modèle, l'AIM-9A Sidewinder, est entré en service opérationnel dans l'armée de l'air des États-Unis.

Le Sidewinder est conçu suivant une configuration aérodynamique en canard. Il a un corps cylindrique d'un diamètre de 127 mm et une aile trapézoïdale en croix. Des "rollerons" sont installés sur les bords de fuite de la queue. Ils stabilisent le missile sur son axe longitudinal. Tous les modèles du Sidewinder ont le même nombre de composants primaires : le système de guidage et de contrôle (comprenant l'autodirecteur, les commandes pneumatiques des surfaces de contrôle, la source d'énergie électrique et le détonateur d'impact), le capteur de proximité, la charge et le moteur. Tous les Sidewinders, à l'exception de l'AIM-9C et de l'AIM-9R, sont équipés d'autodirecteur infrarouges qui sont performants dans de bonnes conditions météorologiques. L'AIM-9C est équipé d'un radar de recherche, par conséquent, il peut attaquer des cibles dans de bonnes et mauvaises conditions météorologiques.

La source d'alimentation, à l'exception de l'AIM-9D qui dispose d'une batterie électrique, est un générateur de gaz alimenté par les gaz chauds générés par la combustion d'une cartouche de combustible.



Figure 69. AIM-9P Sidewinder

La charge est à fragmentation annulaire. Sa détonation est commandée par le capteur de proximité lorsque le missile passe à 5-6 m de la cible. Dans le cas d'un coup direct, le détonateur à l'impact déclenche la charge. Le moteur est à propergol solide à deux étages (accélération et maintien de la vitesse).

Les Sidewinders ont été largement utilisés dans les conflits locaux des années 1960 aux années 1990. Pendant la guerre des Malouines, selon des sources anglaises, les Harriers ont lancé 27 missiles Sidewinder qui ont frappé 16 avions et hélicoptères argentins. L'excellente performance du Sidewinder était principalement due à autodirecteur tous aspects avancé. Cependant, même cet autodirecteur pouvait avoir des difficultés avec des cibles dispersant leur signature thermique. Les avions de transport propulsé par hélices est un bon exemple. Il est connu qu'un Harrier a lancé 2 Sidewinders vers un C-130 argentin de transport, l'un l'a manqué et l'autre a endommagé une aile. Après quoi, le pilote anglais a volé jusqu'au C-130 et a tiré 240 obus dans le fuselage. Cependant, contre les jets argentins le Sidewinder s'est avéré mortel.

AIM-9L - La guerre du Vietnam a illustré l'efficacité médiocre des premiers modèles de Sidewinder. Ces premiers modèles limitaient la manœuvrabilité de l'avion lanceur et il s'est avéré difficile de frapper n'importe quelle cible manœuvrant à des facteurs de charge élevés. De ce fait, le développement de l'AIM-9L a commencé en 1971. La portée maximale de l'AIM-9L à haute altitude était de 18 km.

Pour améliorer l'autodirecteur du AIM-9L la photorésistance d'origine au plomb sulfureux (PbS) a été remplacé par une photorésistance à l'indium antimonique (InSb). Cela a considérablement augmenté sa sensibilité et la capacité à verrouiller les cibles dans les hémisphères d'aspect arrière et avant. Une autre amélioration consistait à augmenter les limites d'orientation du cardan et à augmenter le taux de suivi cible.

Sur l'AIM-9L, le réservoir cryogénique d'argon nécessaire au refroidissement des photorésistances de l'autodirecteur du missile est situé dans son corps. Cela a permis aux armuriers de charger le missile sur l'avion sans avoir besoin d'équipements additionnels (les réservoirs des modèles antérieurs de Sidewinder étaient dans les rails de lancement).



Figure 70. AIM-9M Sidewinder

Pour l'AIM-9L, des puces de circuits électroniques sont utilisées et une génératrice thermique utilisée comme source d'alimentation.

L'AIM-9L était le premier missile "air-air" au monde équipé d'un détecteur de proximité laser. Sa section principale contient des éléments émetteurs et récepteurs. Comme on utilise une diode laser comme émetteur (arséniure de gallium), l'énergie réfléchie provenant du passage d'une cible est détectée par les éléments récepteurs (photodiode de silicium), déclenchant l'explosion de la charge.

La charge de l'AIM-9L est également nouvelle. Elle est composée de deux couches de tiges d'acier découpées pour avoir un poids défini. L'explosion est déclenchée par les impulsions simultanées du détonateur des deux cotés de la charge.

Le Sidewinder AIM-9L est en service depuis 1976 et est utilisé sur de nombreux types d'avions, comprenant les : F-4, F-5, F-14, F-15, F-16, Tornado, Sea Harrier et Hawk.

RADIO COMMUNICATIONS AND MESSAGES



COMMUNICATIONS RADIO ET MESSAGES

Au début du combat aérien, les communications entre pilotes étaient difficiles, souvent impossibles. En l'absence de radios, les premiers pilotes étaient limités à des signes faits avec les mains. La coordination entre pilotes, en particulier pendant un combat tournoyant, était généralement impossible.

Bien que l'électronique moderne ait grandement amélioré les capacités de communications, ces dernières ont encore certaines limitations frustrantes. Il peut y avoir des douzaines, voire même des centaines de combattants utilisant une même fréquence radio. Quand tout ce monde essaie de parler en même temps au plus fort de la bataille, les communications qui en résultent sont le plus souvent brouillées, coupées et incompréhensibles. En conséquence, les pilotes adoptent une discipline radio stricte pour chaque message, se conformant à un indicatif, une directive et un descriptif. L'indicatif indique à qui le message est adressé et de qui il émane, la directive contient une instruction brève pour le destinataire et le descriptif spécifie des informations complémentaires, par exemple :

Chevy 22, Chevy 21, hard right, bandits low 4 o'clock

Ce message a été envoyé par le #1 du vol Chevy2 vers le #2 du vol Chevy2. Chevy 21 a demandé à Chevy 22 d'exécuter un virage sec à droite. La partie descriptive de ce message en explique la raison... il y a des ennemis dans les 4 heures bas de la position de Chevy 22.

LES MESSAGES RADIOS DOIVENT ETRE BREFS ET DIRECTS

Il y a trois types de communications vocales dans le jeu :

- Les commandes radio que le joueur émet vers les autres appareils,
- Les messages radio envoyés vers le joueur par d'autres appareils, contrôleurs au sol... etc.
- Les messages vocaux et alertes sonores du propre appareil du joueur.

Commandes radio

Le tableau suivant décrit les types de messages que le joueur peut envoyer et liste les raccourcis clavier correspondants à chaque message. En fonction du type de commande, cela nécessitera de deux à trois appuis de touches pour émettre le message souhaité. Il existe également des raccourcis qui permettent d'envoyer des messages complexes sur un simple appui de touche.

- Destinataire - Cette colonne indique à qui le message est adressé. Cela peut être au vol entier, à un ailier spécifique, au contrôleur AWAC S/SGI ou au contrôleur aérien.
- Commande - La commande indique le type de message que vous souhaitez envoyer (comme une commande d'engagement ou de formation... etc.)

Sous-commande - Dans certains cas, la sous-commande spécifie le type exact de commande (comme "engagez ma cible" ou "formation line abreast")

Comme indiqué dans le tableau ci dessous, en fonction du type de commande, cela peut prendre de deux à trois appuis de touche pour générer le message désiré. Par exemple, pour commander à l'ailier #3 d'engager la cible du joueur, appuyez sur F3, F1, F1.

Commandes radios générées par le joueur

Destinataire	Commande	Sous-Commande	Définition de la commande	Réponse(s) à la commande
Vol ou ailier	Engager...	Ma cible	Le joueur demande aux ailiers d'attaquer la cible verrouillée par un capteur (radar ou EOS) ou au padlock. Quand la cible est détruite, les ailiers retourneront en formation.	Si l'ailier est en mesure d'effectuer la commande, il répondra " (x) Copy ", " (x) Roger " ou " (x) Affirm ", où (x) est le membre du vol. S'il n'est pas en mesure de l'effectuer, il répondra " (x) Negative " ou " (x) Unable ".
		Mon ennemi	Le joueur demande aux ailiers d'attaquer l'appareil ennemi qui l'attaque.	Si l'ailier est en mesure d'effectuer la commande, il répondra " (x) Copy ", " (x) Roger " ou " (x) Affirm ", où (x) est le membre du vol. S'il n'est pas en mesure de l'effectuer, il répondra " (x) Negative " ou " (x) Unable ".
		Bandits	Le joueur demande aux ailiers de quitter la formation et d'engager les bandits (appareils ennemis) à portée de capteur. Quand la cible est détruite, les ailiers retourneront en formation.	Si l'ailier est en mesure d'effectuer la commande, il répondra " (x) Engaging bandit ", où (x) est le membre du vol. S'il n'est pas en mesure de l'effectuer, il répondra, " (x) Negative " ou " (x) Unable ",
		Défenses anti aériennes	Le joueur demande aux ailiers de quitter la formation et d'attaquer toute défense anti-aérienne qu'ils détectent. Quand la cible est détruite, les ailiers retourneront en formation.	Si l'ailier est en mesure d'effectuer la commande, il répondra " (x) Attacking air defenses ", où (x) est le membre du vol. S'il n'est pas en mesure de l'effectuer, il répondra, " (x) Negative " ou " (x) Unable ".

	Cibles au sol	Le joueur demande aux ailiers de quitter la formation et d'attaquer les cibles ennemies au sol. Les cibles au sol valides incluent toute structure ou véhicule assigné comme ennemi dans l'éditeur de mission. Quand la cible est détruite, les ailiers retourneront en formation.	Si l'ailier est en mesure d'effectuer la commande, il répondra " (x) Attacking target ", où (x) est le membre du vol. S'il n'est pas en mesure de l'effectuer, il répondra " (x) Negative " ou " (x) Unable ".
	Cibles navales	Le joueur demande aux ailiers de quitter la formation et d'attaquer toute cible ennemie navale à portée de capteur. Quand la cible est détruite, les ailiers retourneront en formation.	Si l'ailier est en mesure d'effectuer la commande, il répondra " (x) Attacking ship " où (x) est le membre du vol. S'il n'est pas en mesure de l'effectuer, il répondra " (x) Negative " ou " (x) Unable ".
	Mission et rejoindre	Le joueur demande aux ailiers de quitter la formation et d'attaquer l'objectif de la mission défini dans l'éditeur de mission. Une fois accompli, l'ailier rejoindra la formation.	Si l'ailier est en mesure d'effectuer la commande, il répondra " (x) Attacking Primary ", où (x) est le membre du vol. S'il n'est pas en mesure de l'effectuer, il répondra " (x) Negative " ou " (x) Unable ".
	Mission et RTB	Le joueur demande aux ailiers de quitter la formation et d'attaquer l'objectif de la mission tel qu'identifié dans l'éditeur de mission. Une fois complété, l'ailier retournera à la base.	Si l'ailier est en mesure d'effectuer la commande, il répondra " (x) Attacking Primary ", où (x) est le membre du vol. S'il n'est pas en mesure de l'effectuer, il répondra " (x) Negative " ou " (x) Unable ".

Vol ou ailier	Aller à...	Retour à la base	Les ailiers quitteront la formation et iront atterrir à l'aéroport de destination. Si aucun aéroport n'est défini, ils iront atterrir sur l'aéroport ami le plus proche.	Si l'ailier est en mesure d'effectuer la commande, il répondra " (x) Copy ", " (x) Roger " ou " (x) Affirm ", où (x) est le membre du vol. S'il n'est pas en mesure de l'effectuer, il répondra " (x) Negative " ou " (x) Unable ".
		Route	Les ailiers quitteront la formation et continueront leur route selon le plan de l'éditeur de mission.	Si l'ailier est en mesure d'effectuer la commande, il répondra " (x) Copy ", " (x) Roger " ou " (x) Affirm ", où (x) est le membre du vol. S'il n'est pas en mesure de l'effectuer, il répondra " (x) Negative " ou " (x) Unable ".
		Maintenir position	Les ailiers quitteront la formation et voleront autour de leur position actuelle	Si l'ailier est en mesure d'effectuer la commande, il répondra " (x) Copy ", " (x) Roger " ou " (x) Affirm ", où (x) est le membre du vol. S'il n'est pas en mesure de l'effectuer, il répondra " (x) Negative " ou " (x) Unable ".
Vol ou ailier	Radar...	On	Le joueur demande à l'ailier d'activer le radar afin de rechercher.	L'ailier répondra " (x) Radar On ", où (x) est le membre du vol.
		Off	Le joueur demande à l'ailier de désactiver le radar.	L'ailier répondra " (x) Radar Off ", où (x) est le membre du vol.
Vol ou ailier	ECM...	On	Le joueur demande aux ailiers d'activer leur ECM.	L'ailier répondra " (x) Music On ", où (x) est le membre du vol.
		Off	Le joueur demande aux ailiers de désactiver leur ECM.	L'ailier répondra " (x) Music Off ", où (x) est le membre du vol.
Vol ou ailier	Fumigène	On	Le joueur demande aux ailiers d'activer leurs fumigènes.	L'ailier activera son fumigène et répondra " (x) Copy ", " (x) Roger ", ou " (x) Affirm ", où (x) est le membre du vol.

		Off	Le joueur demande aux ailiers de désactiver leurs fumigènes.	L'ailier désactivera son fumigène et répondra " (x) Copy ", " (x) Roger ", ou " (x) Affirm ", où (x) est le membre du vol.
Vol ou ailier	Couvrez-moi		Le joueur demande aux ailiers d'attaquer l'appareil qui est le plus proche de l'appareil du joueur.	L'ailier répondra " (x) Copy ", " (x) Roger ", ou " (x) Affirm ", où (x) est le membre du vol.
Vol ou ailier	Larguer armes		Le joueur demande aux ailiers de larguer leurs armes.	Si l'ailier est en mesure d'effectuer la commande, il répondra " (x) Copy ", " (x) Roger " ou " (x) Affirm ", où (x) est le membre du vol. S'il n'est pas en mesure de l'effectuer, il répondra " (x) Negative " ou " (x) Unable ".
Vol	Prendre la formation	Rejoindre la formation	Les ailiers cesseront leur tâche courante et rejoindront le joueur.	Si l'ailier est en mesure d'effectuer la commande, il répondra " (x) Copy rejoint ", où (x) est le membre du vol. S'il n'est pas en mesure de l'effectuer, il répondra, " (x) Negative " ou " (x) Unable ".
		Line Abreast	Ordonne aux ailiers d'adopter la formation Line Abreast.	Si l'ailier est en mesure d'effectuer la commande, il répondra " (x) Copy ", " (x) Roger " ou " (x) Affirm ", où (x) est le membre du vol. S'il n'est pas en mesure de l'effectuer, il répondra " (x) Negative " ou " (x) Unable ".
		Trail	Le joueur est en tête et l'appareil deux 0,5 NM derrière le joueur. L'appareil trois est 0,5 NM derrière le deux et l'appareil quatre est 0,5 NM derrière le trois.	
		Échelon	Formation standard	

		Formation rapprochée	Le joueur demande que la formation ou les ailiers diminuent la séparation entre les appareils.	
		Relâcher formation	Le joueur demande que la formation ou les ailiers augmentent la séparation entre les appareils.	
AWACS	Indicatif AWACS	Request BOGEY DOPE	Le joueur demande le cap, la distance, l'altitude et l'aspect de l'appareil ennemi le plus proche.	Si l'AWACS/GCI a un contact avec un appareil ennemi il répondra : " (a), (b), bandits bearing (x)(x) for (y)(y)(y). (c) (d) ", où (a) est l'indicatif du joueur, (b) l'indicatif de l'AWACS, (x) (x) le cap vers la menace en degrés, (y)(y)(y) la distance de la cible en nautiques si l'AWACS est occidental ou en kilomètres s'il est russe, (c) l'altitude du contact et (d) son aspect. Si l'AWACS/GCI n'a pas de contact avec un appareil ennemi il répondra : " (a), (b), clean ", où (a) est l'indicatif du joueur et (b) celui de l'AWACS. Si l'appareil ennemi est à moins de 5 NM du joueur il répondra : " (a), (b), merged ", où (a) est l'indicatif du joueur et (b) celui de l'AWACS.
		Vector to Home Plate	Le joueur demande le cap et la distance de l'aéroport ami le plus proche.	" (a), (b), Home bearing (x)(x) for (y)(y)(y) " où (a) est l'indicatif du joueur, (b) celui de l'AWACS, (x)(x) le cap vers l'aéroport en degrés, et (y)(y)(y) la distance en nautiques ou en kilomètres selon que l'AWACS est occidental ou russe.

		Vector to Tanker	Le joueur demande le cap et la distance vers l'avion ravitailleur ami le plus proche.	" (a), (b), Tanker bearing (x)(x) for (y)(y)(y) ", où (a) est l'indicatif du joueur, (b) celui de l'AWACS, (x)(x) le cap vers l'avion ravitailleur en degrés, et (y)(y)(y) la distance en nautiques ou en kilomètres selon que l'AWACS est occidental ou russe. Si aucun avion ravitailleur est présent dans la mission, alors : " (a), (b), No tanker available "
		Request PICTURE	Le joueur demande le cap, la distance l'altitude et l'aspect de tous les appareils ennemis dans la zone.	Si l'AWAC S/GCI a un contact avec un appareil ennemi il répondra : " (a), (b), bandits bearing (x)(x) for (y)(y)(y). (c) (d) ", où (a) est l'indicatif du joueur, (b) l'indicatif de l'AWACS, (x) (x) le cap vers la menace en degrés, (y)(y)(y) la distance de la cible en nautiques si l'AWACS est occidental ou en kilomètres s'il est russe, (c) l'altitude du contact et (d) son aspect. Si l'AWACS/GCI n'a de contact avec aucun appareil ennemi : " (a), (b), clean "
		Request Taxi to Runway	Le joueur demande la permission de rouler vers la piste.	L'ATC répondra " (a), Tower, Cleared to taxi to runway (x)(x) ", où (a) est l'indicatif du joueur et (x)(x) le QFU de la piste.
ATC - Tour	Indicatif de l'aéroport	Request Takeoff	Le joueur demande l'autorisation à la tour de décoller.	Si aucun appareil ne décolle de la piste et/ou aucun appareil n'est en finale sur cette piste, alors l'ATC répondra : " (a), Tower, You are cleared for takeoff ", où (a) est l'indicatif du joueur.
		Inbound	Le joueur demande la permission d'atterrir sur la base amie la plus proche.	" (a), (b), fly heading (x)(x), QFE, runway (y) to pattern altitude " où (a) est l'indicatif du joueur, (b) l'indicatif de la base, (x)(x) le cap et distance, QFE est le Q-code d'altitude du terrain (Field Elevation) et (y) le QFU.

Equipe au sol		Rearm...	Le joueur demande à l'équipe au sol de réarmer l'appareil en fonction de la sélection du chargement.	L'équipe au sol répond : " Copy ". Une fois réarmé, il informe : " Rearming complete ".
		Refuel...	Le joueur demande à l'équipe au sol de remettre du carburant.	
		Request Repair	Le joueur demande à l'équipe au sol de réparer l'appareil	Les réparations sont effectuées au bout de 3 minutes.
Autres	D'autres messages peuvent être spécifiés par le créateur de la mission au travers des déclencheurs.			

Messages Radio

Les communications sont un processus à deux sens ; les informations envoyées par les autres appareils sont aussi importants que celles envoyées par le joueur. Elles décrivent la tâche accomplie ou à accomplir par l'ailier. Elles peuvent aussi avertir le joueur, donner une désignation de cible et fournir des caps vers différents objets ou bases aériennes. Le tableau suivant contient une liste complète des informations possibles.

- Émetteur - l'unité envoyant l'information - ailier, AWACS, tour... etc.
- Évènement - Action correspondante à l'information.
- Information radio - Le message entendu par le joueur.

Messages Radio

Émetteur	Évènement	Information radio
Ailier	Course au décollage	" (x), rolling ", où (x) est la position de l'ailier dans le vol.
	Train rentré après décollage	" (x), wheels up ", où (x) est la position de l'ailier dans le vol.
	Touché et endommagé par le tir ennemi	" (x) I'm hit " ou " (x) I've taken damage ", où (x) est le membre du vol. Exemple : "Two, I've taken damage."
	Est prêt à s'éjecter de l'appareil	" (x) Ejecting " ou " (x) I'm punching out ", où (x) est un membre US du vol. Exemple : "Three, I'm punching out." " (x) Bailing out " ou " (x) I'm bailing out ", où (x) est un

	<p>membre russe du vol. Exemple : "Three, I'm bailing out."</p>
<p>Retourne à la base suite à des dommages trop importants</p>	<p>"(x) R T B" ou "(x) Returning to base", où (x) est un membre du vol. Exemple : "Four, R T B."</p>
<p>Tir de missile air-air.</p>	<p>"Fox from (x)" de la part d'un appareil américain "Missile away from (x)" de la part d'un appareil Russe, où (x) est le membre du vol. Exemple : "Fox from two"</p>
<p>Tir au canon interne</p>	<p>"Guns, Guns from (x)", où (x) est le membre du vol. Exemple : "Guns, Guns from three."</p>
<p>Illuminé par un radar aéroporté ennemi</p>	<p>"(x), Spike, (y) o'clock", où (x) est le membre du vol et (y) un nombre de un à douze. Exemple : "Two, spike three o'clock."</p>
<p>Illuminé par un radar sol</p>	<p>"(x) Mud Spike, (y) o'clock" où (x) est le membre du vol et (y) un nombre de un à douze. Exemple : "Two, mud spike three o'clock."</p>
<p>Missile sol-air tiré sur un ailier</p>	<p>"(x) Sam launch, (y) o'clock", où (x) est un membre du vol et (y) un nombre entre un et douze. Exemple : "Two, Sam launch three o'clock."</p>
<p>Missile air-air tiré sur un ailier</p>	<p>"(x) Missile launch, (y) o'clock" où (x) est un membre du vol et (y) un nombre entre un et douze. Exemple : "Two, Missile launch three o'clock."</p>
<p>Contact visuel sur un appareil ennemi</p>	<p>"(x) Tally bandit, (y) o'clock" où (x) est un membre du vol et (y) un nombre entre un et onze ou nose. Exemple : "Two, Tally bandit three o'clock."</p>
<p>Effectue une manœuvre défensive contre une menace</p>	<p>"(x) Engaged defensive" où (x) est le membre du vol. Exemple : "Two, Engaged defensive."</p>
<p>Appareil ennemi abattu</p>	<p>"(x) Splash one", "(x) Bandit destroyed" ou "(x) Good kill, good kill", où (x) est le membre du vol. Exemple : "Two, Splash my bandit."</p>
<p>Structure, véhicule ou navire détruit</p>	<p>"(x) Target destroyed" ou "(x) Good hits", où (x) est le membre du vol. Exemple : "Two, Target destroyed."</p>
<p>L'ailier à repéré un appareil ennemi et souhaite l'attaquer</p>	<p>"(x) Request permission to attack", où (x) est le membre du vol. Exemple : "Two, Request permission to attack."</p>
<p>Bombe conventionnelle ou bombe à</p>	<p>"(x) Bombs gone", où (x) est le membre du vol. Exemple : "Two, Bombs gone."</p>

	fragmentation larguée	
	Missile air-sol tiré	" (x) Missile away ", où (x) est le membre du vol. Exemple : "Two, Missile away."
	Roquettes air-sol non guidées tirées	" (x) Rockets gone ", où (x) est le membre du vol. Exemple : "Two, Rockets gone."
	En route pour attaquer une cible une fois le point IP passé	" (x) Running in " ou " (x) In hot ", où (x) est le membre du vol. Exemple : "Two, Running in."
	Appareil ennemi détecté sur le radar	" (a) Contact bearing (x)(x) for (y)(y)(y) ", où (a) est le membre du vol, (x) le cap en degrés et (y) la distance en miles pour les appareils US et en kilomètres pour les Russes. Exemple : "Three, Contact bearing one eight for zero five zero."
	A atteint un niveau de carburant nécessitant de retourner à la base sous peine d'être à court de carburant	" (x) Bingo fuel ", où (x) est un membre US du vol. Exemple : "Two, Bingo fuel." " (x) Low fuel ", où (x) est un membre russe du vol. Exemple : "Two, Low fuel."
	Plus aucun armement disponible à bord de l'appareil ailier.	" (x) Winchester " quand l'ailier est US où (x) est le membre du vol. " (x) Out of weapons " quand l'ailier est Russe.
	Appareil ennemi derrière l'appareil du joueur.	" Lead, check six "
	L'appareil du joueur est sur le point d'exploser ou de se crasher.	" Lead, bail out "
Tour	Le joueur s'est arrêté après avoir atterri sur la piste.	" (x), Tower, taxi to parking area ", où (x) est l'indicatif de l'appareil. Exemple : "Hawk one one, Tower, taxi to parking area."
	Le joueur a atteint le point d'approche et est passé sous contrôle de la tour. La piste est libre pour l'atterrissage.	" (x), Tower, cleared to land runway (y)(y) ", où (x) est l'indicatif de l'appareil et (y) le QFU de la piste sur laquelle l'appareil doit atterrir. Exemple : "Hawk one one, Tower, cleared to land runway two seven."
	Le joueur a atteint le point d'approche et a	" (x), Tower, orbit for spacing ", où (x) est l'indicatif de l'appareil. Exemple : "Falcon one one, Tower, orbit for

	été transféré sous le contrôle de la tour. Néanmoins, un appareil est déjà dans le circuit.	spacing."
	Le joueur est au dessus du plan de descente en finale.	"(x), Tower, you are above glide path", où (x) est l'indicatif de l'appareil. Exemple "Eagle one one, Tower, you are above glide path."
	Le joueur est au dessous du plan de descente en finale.	"(x), Tower, you are below glide path", où (x) est l'indicatif de l'appareil. Exemple "Eagle one one, Tower, you are below glide path."
	Le joueur est sur le plan de descente en finale.	"(x), Tower, you are on glide path", où (x) est l'indicatif de l'appareil. Exemple "Eagle one one, Tower, you are on glide path."

Message vocaux et Alertes

La technologie informatique a révolutionné les avions de combat; les jets modernes s'auto diagnostiquent et fournissent des annonces, des alertes et même des instructions au pilote. À une époque où les femmes ne pouvaient devenir pilotes de combat, les ingénieurs ont décidé qu'une voix de femme (surnommée "Nadia" en URSS, "Betty" aux États-Unis) serait immédiatement perceptible au milieu de la clameur des voix masculines inondant les fréquences.

- Déclencheur du message - L'évènement annoncé par Betty.
- Message - La phrase exacte prononcée par Betty.

Messages du Voice Message System

Déclencheur du message	Message
Le moteur droit est en feu	"Engine fire right"
Le moteur gauche est en feu	"Engine fire left"
Le système de commandes de vol est endommagé ou détruit	"Flight controls"
Le train d'atterrissage a été déployé au delà des 250 nœuds	"Gear down"
Le train d'atterrissage n'est pas déployé et le joueur est en finale ILS	"Gear up"
L'appareil a juste assez de carburant pour atteindre la base amie la plus proche	"Bingo fuel"
Carburant restant 1500 livres/litres	"Fuel 1500"
Carburant restant 800 livres/litres	"Fuel 800"
Carburant restant 500 livres/litres	"Fuel 500"
Le système de contrôle automatique n'est pas fonctionnel	"ACS failure"
Panne du système de navigation	"NCS failure"
L'ECM n'est pas fonctionnel	"ECM failure"
Le système hydraulique de commande de vol n'est pas	"Hydraulics failure"

fonctionnel	
Le système d'avertissement de départ missile (MLWS) n'est pas fonctionnel	"MLWS failure"
Panne du système avionique	"Systems failure"
L'EOS n'est pas fonctionnel	"EOS failure"
Le radar n'est pas fonctionnel	"Radar failure"
L'ADI dans le cockpit ne fonctionne pas.	"Attitude indicator failure"
Dommages aux systèmes de l'appareil hors feu ou systèmes de commandes de vol.	"Warning, warning"
L'appareil a atteint ou dépassé l'incidence maximale.	"Maximum angle of attack"
L'appareil a atteint ou dépassé son facteur de charge maximal.	"Maximum G"
L'appareil a atteint ou dépassé sa vitesse maximale ou sa vitesse de décrochage.	"Critical speed"
Un missile ennemi se dirige vers l'appareil du joueur, est à moins de 15 km, de face et à une altitude inférieure à celle du joueur.	"Missile, 12 o'clock low"
Un missile ennemi se dirige vers l'appareil du joueur, est à moins de 15 km, de face et à une altitude supérieure à celle du joueur.	"Missile, 12 o'clock high"
Un missile ennemi se dirige vers l'appareil du joueur, est à moins de 15 km, à l'arrière et à une altitude inférieure à celle du joueur.	"Missile, 6 o'clock low"
Un missile ennemi se dirige vers l'appareil du joueur, est à moins de 15 km, à l'arrière et à une altitude supérieure à celle du joueur.	"Missile, 6 o'clock high"
Un missile ennemi se dirige vers l'appareil du joueur, est à moins de 15 km, à la droite et à une altitude inférieure à celle du joueur.	"Missile, 3 o'clock low"
Un missile ennemi se dirige vers l'appareil du joueur, est à moins de 15 km, à la droite et à une altitude supérieure à celle du joueur.	"Missile, 3 o'clock high"
Un missile ennemi se dirige vers l'appareil du joueur, est à moins de 15 km, à la gauche et à une altitude inférieure à celle du joueur.	"Missile, 9 o'clock low"
Un missile ennemi se dirige vers l'appareil du joueur, est à moins de 15 km, à la gauche et à une altitude supérieure à celle du joueur.	"Missile, 9 o'clock high"

THEORETICAL TRAINING



ENTRAÎNEMENT THÉORIQUE

Être efficace en combat aérien n'est pas chose facile. Les pilotes de chasse de tous les pays s'entraînent pendant de nombreuses années afin d'acquérir les compétences nécessaires pour tirer le maximum des performances de leurs avions. Bien qu'il soit impossible de modéliser chaque aspect de l'entraînement aérien, il est néanmoins important d'en comprendre certains principes.

Vitesse Indiquée (IAS) et Vitesse vraie (TAS)

En règle générale, la densité de l'air augmente lorsque l'altitude décroît. Une atmosphère plus dense contribue à augmenter la portance, mais augmente également la traînée. L'air moins dense à haute altitude réduit la portance de l'avion mais diminue aussi la traînée, permettant de plus hautes vitesses à haute altitude. Un avion volant à 700 km/h possède des caractéristiques de vol différentes de celles à 1000 km/h. La vitesse à laquelle un avion vole par rapport à la masse d'air environnante est appelée vitesse vraie (TAS=True Air Speed). La TAS est une vitesse corrigée suivant la pression et la densité de l'air. En relation avec la TAS, la Vitesse Sol (GS=Ground Speed) est la vitesse réelle de l'avion par rapport au sol. Elle est égale à la TAS plus ou moins le vent effectif.

La plupart des avions modernes possèdent des indicateurs de vitesse qui tiennent compte des variations de la densité et de l'humidité de l'air aux différentes altitudes. Lorsque ces variations ne sont pas prises en compte, la vitesse de l'avion est appelée Vitesse Indiquée (IAS=Indicated Air Speed). Pour les pilotes, l'IAS est la base pour définir les capacités de manœuvre de l'avion; elle est généralement affichée dans le HUD.

LE CADRAN DE L'INDICATEUR DE VITESSE AFFICHE LA VITESSE INDIQUEE DE L'AVION.

Vecteur de Vitesse

Le vecteur d'énergie totale est un équipement courant sur les HUD occidentaux ; il est également appelé Flight Path Marker (FPM). Le vecteur d'énergie totale indique la trajectoire de vol effective de l'aéronef, qui ne correspond pas forcément avec la direction vers laquelle pointe le nez de l'avion. Dans les faits, si vous placez le vecteur d'énergie totale sur un point au sol, l'avion volera directement vers ce point. Cet indicateur est un outil très important pour les pilotes et peut être utilisé pour les manœuvres de combat comme pour les procédures d'approche. Les avions modernes très maniables comme le F-15C peuvent voler à de très fortes incidences (Angles d'Attaque ou AoA), l'avion vole alors dans une direction pendant que son axe longitudinal est dirigé vers une autre.

Indicateur d'incidence (AoA)

Comme expliqué ci-dessus, le vecteur vitesse peut ne pas coïncider avec l'axe longitudinal de l'avion. L'angle entre la projection du vecteur vitesse de l'avion et son axe longitudinal est appelé incidence.

Lorsque le pilote tire sur le manche il augmente généralement l'incidence. Si, lors d'un vol rectiligne horizontal, le pilote réduit la poussée des moteurs, l'avion commence à perdre de l'altitude. Afin de rester en palier, on doit tirer le manche en arrière et ainsi augmenter l'AoA.

Incidence et IAS sont liés à la portance d'un avion. Lorsque l'incidence augmente jusqu'à une valeur critique, la portance aérodynamique augmente également. L'augmentation de la vitesse indiquée à incidence constante peut également contribuer à augmenter la portance. Cependant, la traînée induite augmente également lorsque incidence et vitesse augmentent. Il faut garder cela à l'esprit ou l'avion pourrait sortir de son domaine de vol. Par exemple, l'appareil peut décrocher si le pilote dépasse les limites d'incidence. Les limitations sont toujours indiquées sur l'incidencemètre de l'aéronef.

DES MANŒUVRES ABRUPTES, SOUS FORT FACTEUR DE CHARGE ET A FORTE INCIDENCE PEUVENT PROVOQUER LE DECROCHAGE DE L'APPAREIL.

Lorsque l'incidence de l'avion atteint des valeurs critiques, l'écoulement des filets d'air devient irrégulier sur les ailes et elles cessent de générer de la portance. Un écoulement asymétrique des flux d'air entre l'aile gauche et l'aile droite peut induire un mouvement latéral (lacet) et faire décrocher l'avion. Le décrochage apparaît lorsque le pilote dépasse les valeurs d'incidence permises. Il est particulièrement dangereux de décrocher en combat ; en vrille non contrôlée et vous devenez une cible facile pour l'ennemi.

En vrille, l'avion tourne autour de son axe vertical tout en perdant de l'altitude. Certains types d'appareils oscillent également en tangage et en roulis. Dans une vrille, le pilote doit concentrer toute son attention sur la récupération de son avion. Il existe plusieurs méthodes pour cela en fonction des types d'appareils. En règle générale on réduit la poussée, on actionne le palonnier dans le sens opposé à celui de la vrille et on maintient le manche en avant. Il faut conserver les commandes de vol dans cette position jusqu'à ce que l'avion arrête de tourner et redevienne contrôlable nez vers le bas. Après l'avoir récupéré, replacez l'avion en vol en palier, mais en faisant attention de ne pas repartir en vrille. La perte d'altitude durant une vrille peut atteindre plusieurs centaines de mètres.

POUR RECUPERER UNE VRILLE : REDUISEZ LA POUSSEE, ACTIONNEZ LE PALONNIER DANS LE SENS OPPOSE A LA VRILLE ET PUSSEZ LE MANCHE. MAINTENEZ LES COMMANDES DANS CETTE POSITION JUSQU'A L'ARRET DE LA VRILLE.

Taux et Rayon de Virage

Le vecteur de portance aérodynamique est orienté de manière oblique par rapport au vecteur vitesse. Tant que la force de gravité est contrée par la force de portance, l'avion reste en palier. Lorsque l'inclinaison de l'avion change, la projection de la portance sur le plan vertical diminue.

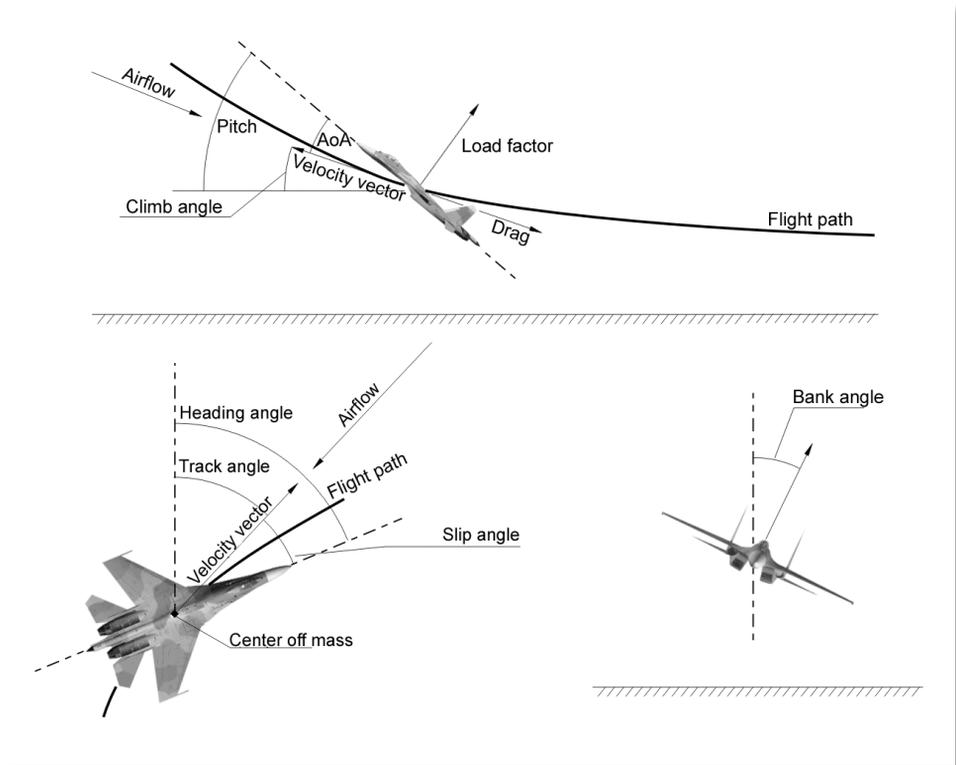


Figure 71. Forces aérodynamiques sur un avion

La portance disponible influence les caractéristiques de manœuvrabilité de l'avion, dont les indicateurs principaux sont le taux maximum de virage horizontal et le rayon de virage. Ces valeurs dépendent de la vitesse de l'avion, de son altitude et de ses caractéristiques de portance. Le taux de virage est mesuré en degrés par seconde. Plus il est élevé et plus l'avion peut changer rapidement de direction. Pour utiliser au maximum les capacités de votre appareil, vous devez différencier le taux de virage à vitesse maintenue (pas de perte de vitesse) et le taux de virage instantané (avec perte de vitesse). Suivant ces valeurs, le meilleur appareil doit être caractérisé par un petit rayon de virage et un taux de virage élevé dans une grande plage d'altitudes et de vitesses

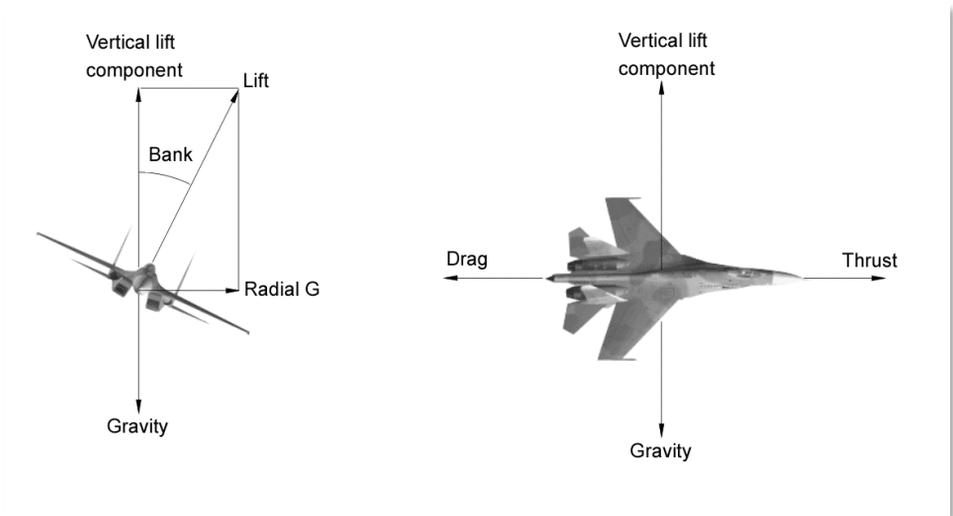


Figure 72. Forces agissant sur un avion manœuvrant

Taux de Virage

Lorsque le facteur de charge augmente, le taux de virage augmente et le rayon de virage diminue. Il existe un équilibre optimal pour lequel on a le taux de virage maximal et le plus petit rayon possible.

IL EXISTE UN EQUILIBRE OPTIMAL POUR LEQUEL ON A LE TAUX DE VIRAGE MAXIMAL AVEC LE PLUS PETIT RAYON POSSIBLE.

EN COMBAT TOURNOYANT (DOGFIGHT) VOUS DEVEZ RESTER AU PLUS PRES DE CETTE VITESSE

Le diagramme ci-dessous montre la relation entre le taux de virage et la KIAS (Knots Indicated AirSpeed) pour un chasseur moderne en mode postcombustion. La vitesse figure sur l'axe des X et le taux de virage en degrés par seconde sur l'axe des Y. La courbe ressemblant à une niche de chien ("dog house") illustre la performance en virage de l'avion. Les autres lignes représentent le facteur de charge (G-load) et le rayon de virage. Un tel diagramme est souvent appelé courbe "dog house" ou diagramme EM (Énergie Manœuvrabilité). Bien que le taux de virage à 950 km/h est à son maximum (18.2 degrés par seconde) la vitesse pour obtenir le plus petit rayon se situe vers 850-900 km/h. Pour d'autres avions cette vitesse variera. Pour des chasseurs classiques, ces vitesses (corner speeds) vont de 600 à 1000 km/h.

VOTRE VITESSE ET VOTRE ALTITUDE SONT DES ELEMENTS CRITIQUES DANS LA DETERMINATION DES PERFORMANCES EN VIRAGE DE VOTRE AVION. APPRENEZ VOTRE CORNER SPEED ET CELLES DE VOS ENNEMIS.

Par exemple : en effectuant un virage soutenu à 900 km/h, le pilote peut, si nécessaire, tirer le facteur de charge maximal pour augmenter son taux de virage à 20 degrés par seconde pour un court moment. Ceci diminue simultanément le rayon de virage. Se faisant, l'avion ralentira à cause du fort facteur de charge. En initiant un virage à facteur de charge soutenu, le taux de virage augmentera jusqu'à 22 degrés par seconde avec une diminution notable du rayon de virage. En maintenant l'incidence proche du maximum vous pouvez tenir ce rayon de virage et maintenir un taux de virage soutenu avec une vitesse constante de 600 km/h. L'utilisation de cette manœuvre vous aidera à obtenir une position avantageuse ou à dégager un bandit de vos six heures.

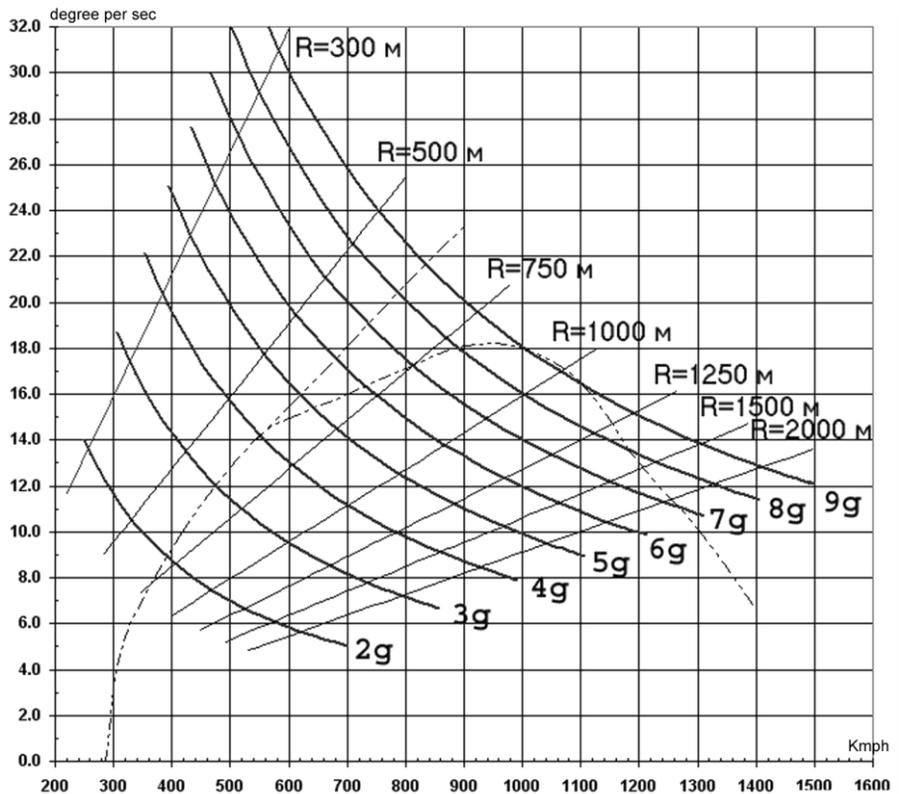


Figure 73 : Courbe typique en "niche de chien" montrant le taux de virage en fonction de la vitesse pour un avion de chasse moderne.

Virages Soutenus et virages Instantanés

Un virage instantané se caractérise par un fort taux de virage et une perte de vitesse durant la manœuvre. La perte de vitesse est due à l'importante traînée générée par le fort facteur de charge et la forte incidence. Ces paramètres peuvent fréquemment atteindre leurs valeurs maximales autorisées dans un virage instantané "à performance max". Bien, que cela ralentisse votre avion c'est la manière la plus rapide de placer votre nez vers la cible. Vous risquez toutefois de vous retrouver dans un "trou-d'énergie" après une telle manœuvre.

EN GENERAL LES VIRAGES INSTANTANES ENGENDRENT UNE IMPORTANTE PERTE DE VITESSE.

Lors d'un virage soutenu, la traînée et le facteur de charge sont contrebalancés par la poussée des moteurs. Le taux d'un virage soutenu est plus faible que celui d'un virage instantané mais il n'engendre pas de perte de vitesse. En théorie, un avion peut ainsi rester en virage stabilisé jusqu'à ce qu'il n'ait plus de carburant.

Gestion de l'énergie

En combat aérien, le pilote doit surveiller l'énergie de son avion. L'énergie totale de l'avion peut être présentée comme la somme de son énergie potentielle et de son énergie cinétique. L'énergie potentielle dépend de l'altitude de l'avion et l'énergie cinétique de sa vitesse. Parce que la puissance des moteurs est limitée, voler à de fortes incidences annule la poussée, et l'avion perd de l'énergie. Pour éviter cela en combat, le pilote doit manœuvrer son avion pour maintenir l'enveloppe de vol simultanément au taux de virage maximum et au rayon de virage minimum.

TROP DE VIRAGE SERRES AVEC UNE PERTE D'ALTITUDE LAISSERONT PEU D'ENERGIE A L'AVION.

Imaginez que l'énergie équivaut à de "l'argent" utilisé pour "acheter" des manœuvres. Considérez une rentrée d'argent constante (tant que les moteurs fonctionnent). Un contrôle optimal nécessite une dépense raisonnée de "l'argent" pour l'achat des manœuvres nécessaires. Virer sous fort facteur de charge engendre une perte de vitesse et donc une diminution des réserves de la "banque". Dans ce cas, vous pouvez dire que le taux de virage se paye cher. A présent, il vous reste peu d'argent en banque et vous devenez une cible facile pour un ennemi "plein aux as".

C'est pourquoi, en dehors d'une nécessité critique, vous devriez éviter les manœuvres sous fort facteur de charge se soldant par une perte de vitesse. Vous devriez également essayer de maintenir une haute altitude et ne pas la perdre sans de bonnes raisons (c'est également de l'argent dans votre banque d'énergie). En combat rapproché, essayez de maintenir une vitesse qui maximise votre taux de virage soutenu tout en minimisant votre rayon de virage. Si votre vitesse diminue de manière significative, vous devez réduire votre incidence en poussant le manche et en "soulageant" votre avion. Cela vous permettra de reprendre rapidement de la vitesse. Toutefois, prenez le temps de faire cela prudemment ou vous serez une cible facile à votre ennemi.

SI VOUS PERDEZ LE CONTROLE DE LA GESTION D'ENERGIE DE VOTRE AVION, VOUS VOUS RETROUVerez RAPIDEMENT AVEC PEU DE VITESSE ET D'ALTITUDE.

COMBAT OPERATION BASICS



Bases du combat opérationnel

Les tactiques modernes de combat aérien ont été révolutionnées en moins d'un siècle. Les petits chasseurs à hélice des décennies passées ont évolués vers les chasseurs modernes d'aujourd'hui.

La principale raison pour laquelle les pilotes virtuels s'écrasent ou sont souvent tués est due à l'incohérence entre une situation de combat et les armes qu'ils utilisent. Les avions d'aujourd'hui sont beaucoup plus puissants que leurs frères de la seconde guerre mondiale. Cependant, la puissance de feu ennemie est beaucoup plus précise et mortelle maintenant, et elle peut engager des cibles à des distances beaucoup plus grandes. Bref, le champ de bataille est devenu plus dangereux qu'il ne l'était avant.

Tactiques de combat aérien

Les chasseurs modernes comme les Su-27, MiG-29 et F-15C ont été conçus pour obtenir la supériorité aérienne sur le champ de bataille. Bien qu'ils puissent porter un nombre limité d'armes air-sol, le combat aérien est leur tâche prioritaire. Pendant le combat aérien, il est préférable de détruire l'ennemi à longue distance et ne s'engager dans le combat à vue que si nécessaire. Avec l'avènement du R-73 russe et la visée de casque, cela est particulièrement vrai pour les avions occidentaux. Pour les intercepteurs tels que le Su-27 et le F-15C, il est important de commencer un engagement à longue portée, avant que l'ennemi n'approche avec ses armes. Dans l'idéal, l'avion ennemi sera endommagé ou détruit et ne pourra pas mener à bien sa mission. Il est souvent plus important d'empêcher l'ennemi d'accomplir sa mission que de détruire réellement l'avion ennemi.

Recherche de cible

Les chasseurs modernes ont souvent des radars puissants capables de détecter des cibles à longue portée. En plus du radar embarqué, il est également utile de disposer d'un appareil aéroporté d'alerte et de contrôle (AWACS) ou de stations radar terrestres de contrôle avancé (GCI) capables de surveiller l'espace aérien et de guider les ressources amies contre les forces ennemies. En utilisant l'AWACS et le GCI, il est possible de mener des missions discrètes en entrant dans l'espace aérien ennemi avec le radar embarqué en mode veille (sans émettre d'énergie pouvant être détectée) diminuant la possibilité d'être repéré par l'adversaire (vos émissions sont détectés deux fois plus loin que votre portée radar). De plus, pour une attaque discrète, les avions russes peuvent utiliser les systèmesIRST qui ne peuvent pas être détectés par les systèmes d'alerte radar. Si un appareil ennemi utilise des systèmes de brouillage, vous pouvez utiliser l'AWACS ou le GCI pour avoir les informations de distance.

Si un AWACS ou un GCI n'est pas disponible, le chasseur devra utiliser ses propres capteurs pendant la mission. Lorsqu'il y a plusieurs appareils dans un vol, le leader du vol peut commander une formation «en ligne» pour augmenter l'espace aérien couvert par les radars du vol.

Les pilotes doivent être conscients que la distance de détection dépend de la surface équivalent radar (SER) d'une cible. La règle simple est que plus la SER est grande, plus la distance de détection radar est grande. La SER n'a aucun effet sur les capteurs autres que radar tels l'IRST. Par exemple : un Su-27 volant en haute altitude peut détecter un bombardier stratégique avec une SER de 70 à 100 mètres carrés à une distance de 130 à 180 km. Un chasseur moderne avec une SER de 3 m² ne peut

être détecté qu'à 80 - 100 km. À basse altitude, les plages de détection sont réduites de manière significative en raison du bruit de réflexion du sol des lobes latéraux reçus par l'antenne. Ce bruit oblige le radar à diminuer le gain et donc sa sensibilité. Par exemple : un Su-27 volant à 200m a une distance de détection maximale de seulement 35 à 40 km contre les cibles à angle d'aspect élevé et de 20 à 25 km pour celles à angle d'aspect faible. Cette même restriction s'applique à la détection de cibles à des altitudes inférieures à la vôtre. Dans cette situation de "regard vers le bas", la sensibilité radar est réduite du fait de la réflexion excessive du sol. La conclusion est la suivante : le combat aérien à longue portée est sévèrement restreint à basse altitude et les performances des armes et des radars sont considérablement réduites. Le meilleur profil d'engagement est de voler au-dessus de 3000 m avec la cible légèrement au-dessus de vous avec un angle d'aspect élevé.

Combat hors de portée visuelle (BVR)

Vous avez détecté un avion ennemi et êtes prêt à l'attaquer avec des missiles à moyenne ou longue portée. Cependant, l'ennemi a les mêmes intentions et est équipé de missiles similaires aux vôtres. Dans une telle situation, la victoire n'est pas évidente et dépend en grande partie de plusieurs facteurs tels que le maintien d'un verrouillage stable de la cible et la portée maximale du missile. Lorsque ces facteurs sont égaux, les adversaires ont la même chance de victoire. Afin de prendre le dessus, il faut utiliser les tactiques BVR.

La manœuvre la plus courante est appelée le virage tactique. Elle consiste à lancer un missile à longue portée, puis à se détourner de la cible tout en la gardant à la limite du champ couvert par le radar. Bien que vous conserviez le verrouillage radar sur la cible et soutenez le missile lancé, la vitesse de rapprochement diminue. Avec une vitesse de rapprochement faible, l'ordinateur ennemi de commande de tir peut retarder l'autorisation de lancement ou le pilote peut attendre la Rpi pour tirer. Lorsque vous et l'ennemi tirez en même temps, un virage tactique amènera le missile ennemi à voler sur une trajectoire moins efficace, plus longue et à utiliser plus d'énergie. S'il parvient quand même à vous accrocher, une manœuvre à haut facteur de charge devrait facilement vaincre un missile ayant peu d'énergie.

Manœuvres

Si vous et l'ennemi parvenez à survivre à la joute BVR et à entrer dans la zone de combat à vue (WVR), le "dogfight" classique s'ensuivra souvent.

LE COMBAT AERIEN RAPPROCHE N'EST PAS UN JEU D'ECHECS. UN PILOTE NE PENSE PAS : "IL FAIT UNE BOUCLE ET JE DOIS TOURNER". IL S'AGIT D'UN ENVIRONNEMENT FLEXIBLE, DYNAMIQUE ET EN CONSTANTE EVOLUTION. UN PILOTE ESTIME OU IL DEVRAIT ETRE AFIN D'UTILISER SES ARMES ET ESSAIE D'ETRE A PORTEE DE TIR AVANT SON ADVERSAIRE.

Virage de combat

Le virage de combat est l'une des manœuvres fondamentales. Le pilote effectue un virage à 180 degrés tout en montant. Le but est d'accumuler de l'énergie pour la manœuvre suivante. Cette manœuvre doit être effectuée à la puissance MIL, voire avec la PC, pour l'accomplir rapidement et sans perte significative de vitesse.

Si vous êtes dans une position offensive avec un avantage de vitesse et que l'ennemi effectue une manœuvre défensive (comme un break), vous pouvez effectuer une manœuvre "Hi Yo-Yo" qui conservera votre position offensive et votre énergie.

Manœuvre "Hi Yo-Yo"

La manœuvre «Hi Yo-Yo» est semblable à un virage de combat. Effectuez d'abord une montée perpendiculaire à la trajectoire de vol de la cible. Pendant cette manœuvre, qui doit être accomplie un peu en arrière et plus haut que la cible, il est important que vous ne la perdiez pas de vue. Lorsque vous êtes au dessus de la cible, basculez dans le même plan de manœuvre qu'elle. Cela vous place avec à la fois un avantage de position et d'énergie. D'une manière générale, l'exécution d'une série de petites manœuvres «Hi Yo-Yo» est préférable à l'exécution d'une seule grande manœuvre. Faites attention au pilote ennemi qui reconnaît cette manœuvre et tourne vers vous ce qui peut alors se transformer en un combat en «ciseaux».

Manœuvre défensive en ciseaux

Si l'ennemi vous approche par l'arrière et est sur le point de tirer, vous devez agir immédiatement. Une des manœuvres les plus efficaces qui peut rapidement changer l'attaquant en attaqué est appelé les «ciseaux». Son principe est simple, utiliser l'avantage en vitesse de l'ennemi pour tourner vers lui et l'entraîner dans une série de virages et de croisements. Celui avec le taux de virage le plus élevé et avec la meilleure capacité de manœuvre à basse vitesse se retrouvera derrière l'autre.

Utilisation du canon en combat aérien

Utiliser le canon d'un appareil en mouvement contre un autre avion en déplacement n'est pas une tâche facile. Tout d'abord, le nombre d'obus à bord et la portée de l'arme sont assez limités. Lors d'un combat, un ennemi manœuvre constamment et il est très difficile d'estimer quand le pilote doit tirer. Les pilotes de la Seconde Guerre mondiale devaient calculer ce point «à vue» et estimer quand les obus tirés et l'avion ennemi convergeraient. En conséquence, il était très difficile pour un pilote d'anticiper la trajectoire des deux avions pour calculer rapidement de tête le bon angle de tir.

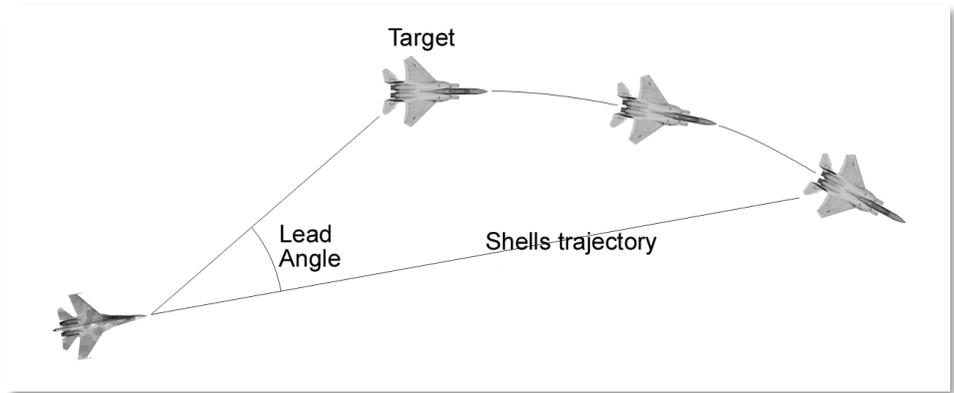


Figure 74. Canon utilisé en combat aérien

Pendant ce temps, l'avion attaquant est également en mouvement constant et vole le long d'une trajectoire curviligne. De l'intérieur de l'avion, la trajectoire de l'obus semble être "courbée", alors

qu'en fait, ils volent en ligne droite. Si tout se déroule comme prévu, le pilote vise avec l'angle de tir approprié, ouvre le feu, surveille la ligne "courbée" des obus et corrige le tir.

Sur la base de ce qui précède, nous pouvons conclure que pour toucher un autre avion avec le canon, la distance de la cible est l'un des facteurs les plus importants. Plus la cible est loin, plus longtemps les obus volent et plus ils sont affectés par la traînée et la gravité. Donc, le pilote doit envisager un angle de tir plus grand pour des obus plus gros. A cause de cette difficulté, de nombreux pilotes de la première et de la guerre mondiale n'ouvraient le feu que lorsqu'ils étaient suffisamment proches pour voir le visage du pilote ennemi. Cela minimisait l'effet de la traînée et de la gravité sur leurs projectiles. Plus la distance de la cible est faible, plus la possibilité de toucher est grande. L'angle de tir correct devient de plus en plus difficile à estimer à mesure que la distance de la cible augmente.

Dans un avion moderne, les pilotes sont maintenant capables de connaître le point de visée correct grâce au système de contrôle de tir qui le calcule en continu. Mais ces systèmes ont leurs limites. Pour calculer le point de visée il est nécessaire de connaître la distance de la cible. Cette information est fournie au WCS par un télémètre radar ou laser. En tenant compte des paramètres de déplacement relatif des deux appareils, le point de visée est calculé et indiqué sur le HUD sous la forme d'un viseur. Le pilote manœuvre alors l'avion pour placer le viseur sur la cible et faire feu. Les viseurs russe et américain semblent différents, mais leur fonctionnement est en grande partie identique.

Dans les situations où il est impossible d'obtenir la distance de la cible en raison d'un dysfonctionnement du radar ou d'ECM, d'autres systèmes de pointage d'armes sont disponibles comme «l'entonnoir» qui indique la trajectoire balistique des obus. Le centre de l'entonnoir est la trajectoire de vol des projectiles, les deux lignes extérieures indiquent l'envergure de la cible (également appelée «base cible»).

Pour viser avec l'entonnoir, vous devez y placer la cible afin d'avoir les extrémités de ses ailes qui touchent les lignes latérales. Si la visée est faite correctement contre une cible de la taille d'un chasseur, les obus l'atteindront. L'entonnoir n'est pas aussi précis contre les cibles d'aspect élevé en raison des valeurs de rotation angulaire. De même, viser des cibles qui manœuvrent avec une vitesse angulaire variable et / ou qui changent rapidement de direction est difficile.

Une attaque au canon suppose une approche relativement régulière de la cible, une position de tir maintenue puis l'ouverture du feu. D'autre part, des tirs d'opportunité sont possibles lorsque l'avion ennemi apparaît face à vous, possiblement de façon inattendue, à portée de vos armes. Il est nécessaire de saisir ce moment et de tirer dès que la cible est "prise" dans le viseur.

Quand vous manœuvrez sous de forts facteurs de charge, le viseur est habituellement situé au bord inférieur de votre HUD et il est difficile de viser dans ces conditions. Dans ce cas, pilotez à l'intérieur du plan de manœuvre de la cible et diminuez brusquement votre facteur de charge afin de tirer une rafale juste avant que la cible n'entre dans votre viseur. Cela permettra à votre rafale de la balayer.

La précision au canon demande beaucoup de compétences et surtout beaucoup d'entraînement. Essayer de rester dans le plan de manœuvre de votre cible permet une poursuite régulière pour tirer. Il existe deux vecteurs de manœuvre, le vecteur longitudinal et le vecteur de portance. Bien qu'un bon tireur puisse toucher des cibles dans les deux plans et dans la combinaison de ceux-ci, une cible ne manœuvrant pas ou le faisant sur un seul plan peut être une cible facile. Évitez de le faire ou vous pourriez à votre tour vous retrouver dans le viseur de quelqu'un d'autre.

Pour mieux suivre le plan de manœuvre de votre cible, essayez d'avoir les mêmes valeurs de roulis et de tangage. Vous pouvez obtenir un pourcentage de succès élevé en manœuvrant derrière l'ennemi et en vous adaptant à ses manœuvres. Si vous ajoutez à cela la prédiction de sa trajectoire, la cible sera bientôt dans votre viseur.

Tactiques d'utilisation des missiles Air-Air

Les bons pilotes de combat savent quels missiles utiliser pour le combat à portée visuelle et ceux à utiliser au-delà de la portée visuelle. L'emploi de ces systèmes de missiles est décrit en détail dans le chapitre correspondant, de même que la référence à différents types d'avions.

Avant qu'un missile radar puisse être lancé, il est généralement nécessaire d'établir un verrouillage radar et de sélectionner le meilleur missile en fonction de la distance de la cible. Pour un avion russe, le lancement est impossible tant que la commande WCS "Launch Authorized" n'est pas affichée. Lorsqu'il est donné, le WCS calcule s'il est sûr de lancer le missile et si le missile a une forte probabilité de tuer. Toutefois, en cas d'urgence, cette autorisation peut être outrepassée. Le F-15C, quant à lui peut lancer ses missiles à tout moment. Cependant, pour informer le pilote de la probabilité de tuer, il y a trois indicateurs : la portée de lancement minimale autorisée (Rmin), la portée de lancement maximale sur cible manœuvrante (Rtr) et la portée de lancement maximale sur cible non manœuvrante (Rpi).

Le lancement d'un missile à longue portée diminue la probabilité de frappe. Plus la distance à parcourir par le missile est faible, plus la possibilité de toucher est élevée.

Lorsqu'on arrive à portée visuelle des ennemis, le pilote doit s'efforcer de garder une bonne connaissance de la situation et de ne jamais perdre de vue sur ce qui se passe autour de lui. Ne perdez jamais l'ennemi de vue, surtout quand vous êtes sur la défensive. Rappelez-vous que les systèmes d'alerte ne vous informent pas du lancement d'un missile guidé par infrarouge. C'est pourquoi vous pouvez soudainement vous prendre un missile dans votre tuyère sans avertissement. A ce titre, il est souvent préférable d'utiliser des leurres préventivement lors d'un combat d'avions chargés d'armes infrarouges. Les seules manières de détecter le lancement d'un missile infrarouge sont vos propres yeux ou ceux d'un ailier. Dans l'arène d'un combat à vue, scrutez en permanence l'extérieur et recherchez-y la fumée du moteur d'un missile se dirigeant vers vous. Rappelez-vous également que vos moteurs sont des aimants pour les autodirecteurs infrarouges. Pour réduire votre vulnérabilité, évitez autant que possible la post-combustion. Pendant le combat, n'utilisez la PC que lorsque l'ennemi ne peut pas tirer sur vous. Si un missile à guidage infrarouge vous menace, réduisez les gaz à la puissance mil, larguez des leurres IR, et effectuez un virage à fort G lorsque le missile se rapproche. Pour un meilleur résultat, larguez 2 ou 3 leurres toutes les secondes jusqu'à ce que le missile ait manqué.

Évitement de missile

Les missiles sont une menace mortelle et difficile à vaincre. Ils sont beaucoup plus rapides que les avions, peuvent soutenir trois à quatre fois plus de G et sont assez difficiles à voir. Une défense réussie contre un missile dépend de nombreux facteurs tels que la détection en temps opportun, la distance au missile, son type, sa vitesse et son altitude. Selon les circonstances, vous pouvez utiliser des contre-mesures et effectuer des manœuvres anti-missiles.

Heureusement (pour l'avion cible), les missiles sont affectés par les mêmes lois physiques que les avions. Quand la combustion du moteur du missile est terminée, il ne vole plus que sur l'énergie accumulée pendant son accélération. Lorsque l'avion cible manœuvre, le missile doit également manœuvrer et cette dépense d'énergie réduit considérablement sa vitesse. À mesure qu'elle décroît, les surfaces de contrôle deviennent moins efficaces et finissent par être incapables de générer les G nécessaires pour intercepter la cible.

Alerte de lancement

L'alerte du lancement d'un missile radar vient du RWS. Dans certains cas, un ailier peut remarquer un lancement et faire un appel radio d'avertissement. Cette information est particulièrement utile lorsque qu'un missile infrarouge est tiré car votre RWS ne le détectera pas. Dans ce cas, le message d'un ailier peut être le seul avertissement donné. Dans tous les cas, vous devez essayer de détecter visuellement le tracé de la fumée d'un missile pour savoir quand déclencher votre manœuvre défensive. Lorsque vous êtes au-dessus d'un territoire ennemi, vous devez constamment surveiller l'espace aérien autour de vous pour détecter la fumée du moteur d'un missile. Notez que certains missiles, comme l'AIM-120, utilisent un moteur sans fumée.

N'oubliez pas qu'il n'y aura plus de trace de fumée quand le moteur se sera arrêté. Ainsi, la détection précoce est cruciale. Les missiles air-air à longue et moyenne portée utilisent une trajectoire de vol "loft" lorsqu'ils sont tirés à grande distance. Cela leur donne une trajectoire de vol en arc qui augmente leur portée. Soyez particulièrement attentif aux traînées en arc à l'horizon.

Le pouvoir de la connaissance

Votre principale arme pour améliorer votre situation est la connaissance des systèmes d'armes ennemis et la façon de les utiliser. Par exemple : un missile air / air de moyenne portée a une portée nominale de 30 km à une altitude de 5000 m. Sur votre radar et RWS vous détectez un avion ennemi à 30 km et vous entendez l'avertissement de lancement. Vous comprenez qu'un missile a été lancé à sa portée maximale pour cette altitude, et pour cette raison, vous pourrez peut-être y échapper. Tournez à 180 degrés, enclenchez la post-combustion et éloignez-vous. Votre succès dépend de la vitesse à laquelle vous tournerez sous un maximum de G (l'avion peut encaisser jusqu'à 9 G, 5 G à pleine charge) et à quelle vitesse vous accélérerez après le demi-tour. Si vous avez reçu un avertissement de lancement assez tôt, vous avez de bonnes chances d'échapper au missile. Si vous avez détecté le missile trop tard, ou si l'ennemi a attendu jusqu'à ce que vous soyez dans la plage Rpi, cette tactique peut ne pas fonctionner.

Moyens de guerre électronique

Les systèmes de contre-mesures électroniques (ECM) sont principalement conçus pour interférer avec les systèmes radar. Ils sont divisés en deux types généraux, les brouilleurs à bruit qui sont généralement montés sur des avions de guerre électronique dédiés et les brouilleurs de leurrage d'autoprotection qui sont montés en pods externes ou installés à l'intérieur sur les avions tactiques. Le brouillage d'autoprotection consiste à échantillonner le signal du radar de la menace et à envoyer en retour un signal modifié pour fournir des données incorrectes à l'opérateur radar ennemi. Les brouilleurs de leurrage ne sont généralement actifs que lorsque l'avion cible est illuminé par un radar. Il y a plusieurs types de brouillage de leurrage pouvant fausser la distance, la vitesse, les échos de sol et beaucoup d'autres signaux.

Les brouilleurs à bruit saturent une zone avec un brouillage qui couvre une large gamme de fréquences ou un brouillage focalisé sur une plage plus réduite. Un tel brouillage est souvent utilisé

pour masquer un groupe plus important d'aéronefs et est effectué de manière préventive. Le résultat est que le radar ennemi est incapable de verrouiller un avion. Il ne voit que le signal du brouilleur en provenance de l'azimut de celui-ci. Le radar ne peut déduire ni la distance ni l'altitude du brouilleur. L'envoi de faux signal de retour dans l'antenne du radar peut faire croire que l'avion est à des distances différentes de ce qu'il est réellement.

Cependant, au fur et à mesure que la distance entre le radar et le brouilleur diminue, le rapport entre le bon et le mauvais signal s'inverse permettant à l'opérateur radar de surmonter le brouillage. C'est ce que l'on appelle couramment «burn through».

Les systèmes ECM ont une grande lacune, en émettant, ils révèlent leur présence aux avions ennemis dans la zone. Imaginez une personne hurlant à pleins poumons lors d'une réunion. Le volume de bruit force les autres à garder le silence, mais il attire également l'attention sur la personne qui crie. Il en va de même pour les brouilleurs. Ils peuvent éliminer la menace actuelle, mais également attirer l'attention de l'ennemi. Les missiles air-air modernes comme le R-77, l'AIM-7 et l'AIM-120 ont la capacité de se verrouiller sur le signal de brouillage et d'intercepter son point d'origine. Cependant, ces indications ne sont pas très précises et le missile a une trajectoire de vol moins efficace.

Parmi les avions volants dans le jeu, seuls deux appareils ont des systèmes ECM embarqués, le MiG-29S et le F-15C. Le MiG-29A n'a pas la capacité de transporter d'ECM. Les autres appareils peuvent être équipés d'ECM en pods montés à l'extérieur. Pour activer l'ECM, appuyez sur la touche [E].

Manœuvre d'évitement de missile

Les manœuvres d'évitement de missiles sont divisées en deux types, casser le verrouillage radar et manœuvrer le missile.

Si vous avez été tiré par un missile guidé radar, la première chose à essayer est de casser le verrouillage radar. Sans verrouillage, le missile sera balistique. La façon la plus simple est d'activer votre système ECM s'il existe sur votre avion. L'ECM tentera de bloquer le radar ennemi et peut provoquer la perte du verrouillage. Rappelez-vous cependant que les missiles modernes peuvent intercepter les sources de brouillage. En réalité, sa probabilité de tuer est nettement inférieure à celle d'un tir guidé par radar car il n'a pas la donnée sur la distance de la cible et ne peut donc pas calculer une trajectoire de vol efficace. Malheureusement, l'ECM n'est pas la panacée lorsqu'elle est à moins de 25 km d'un radar car l'ennemi peut recevoir suffisamment d'énergie réfléchie par la cible pour obtenir un verrouillage valide. Dans ce cas, ou si vous n'avez pas ECM, vous pouvez essayer de casser le verrouillage par une autre méthode.

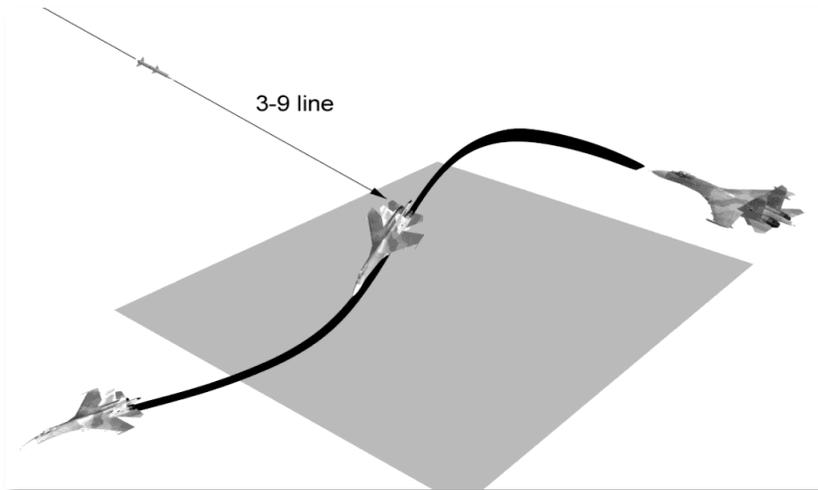


Figure 75 : Manœuvre d'évitement de missile

Les radars Doppler à impulsions modernes, avec tous leurs avantages, ont un sérieux inconvénient, ils ont des difficultés à repérer les cibles qui volent perpendiculairement à leur faisceau. Si la cible est également à une altitude inférieure et force le radar à regarder en bas, le suivi peut être très problématique. Cette zone est appelée l'entaille d'encombrement en look down. En conséquence, pour briser un verrouillage radar, on doit le placer à 3 ou 9 heures et descendre en dessous de son altitude.

LA MANŒUVRE OPTIMALE D'ÉVITEMENT DE MISSILE EST DE CASSER LE VERROUILLAGE RADAR EN DESCENDANT EN VIRAGE RAIDE JUSQU'À CE QUE L'ENNEMI SOIT SITUÉ SUR VOTRE LIGNE 3-9 TOUT EN ACTIVANT L'ECM ET EN LARGUANT DES LEURRES EM.

Si l'alerte cesse sur votre RWS, cela signifie que le radar a perdu le verrouillage et n'est plus capable de supporter le missile. À ce stade, vous pouvez passer à l'offensive ou utiliser le masquage du terrain et d'autres moyens pour empêcher le radar de vous verrouiller à nouveau.

Si le missile a un autodirecteur radar il peut continuer l'interception.

Il convient de noter que cette méthode ne s'applique qu'aux radars aéroportés. Les radars SAM fonctionnent différemment et ont la capacité de suivre les cibles «dans le beam» (perpendiculairement à la ligne de visée des radars), mais avec certaines limites.

Un autre ensemble de manœuvres d'évitement existent. Les missiles modernes calculent le point d'interception par rapport à la cible. Cela signifie que chaque fois que la cible change de direction, le missile doit également le faire. Le missile tentera de suivre une trajectoire optimale pour atteindre sa cible. Cette méthode de navigation est appelée navigation proportionnelle (Pro Nav). Si vous voyez un missile avec un angle constant par rapport à vous, c'est-à-dire que sa position visible sur votre verrière ne change pas, c'est un signe certain que le missile vous suit vers son point d'interception

calculé. Dans cette situation, vous devez prendre des mesures défensives comme l'activation de l'ECM ou le largage de leurres EM et IR. Si le missile se dirige derrière vous, cela signifie que le missile a probablement perdu le verrouillage ou a été attiré par une contre-mesure.

Les missiles, comme les avions, ont besoin d'énergie pour effectuer des manœuvres et chaque manœuvre épuise de l'énergie. Vous comme un missile perdrez plus de vitesse et d'énergie en augmentant le facteur de charge lors d'une manœuvre. Plus votre manœuvre sera agressive plus le missile devra augmenter son facteur de charge pour corriger sa trajectoire et vous intercepter.

Il ya quelques éléments supplémentaires à garder à l'esprit. Plus l'altitude est basse, plus la densité de l'air est grande. En conséquence, le missile va perdre de la vitesse et de la portée beaucoup plus rapide lorsque vous volez bas. Quand un missile vole vers vous, adoptez une trajectoire perpendiculaire à la sienne en larguant des leurres EM et IR. Pendant cette manœuvre, essayez de rester près de la "corner speed" de votre avion. Si le missile continue à vous suivre, effectuez une manœuvre de dernière chance. Lorsque le missile se trouve à environ 1 à 2 km de vous (en fonction de sa vitesse), effectuez un virage nez bas au facteur de charge maximum à l'intérieur de la trajectoire du missile. Pour que cela fonctionne, deux éléments doivent être en votre faveur. Premièrement, le missile doit avoir peu d'énergie et être incapable de réaliser une manœuvre à fort facteur de charge, deuxièmement, l'autodirecteur du missile, comme n'importe quel dispositif mécanique, a une vitesse limitée en orientation et un angle maximum de déflexion dans lequel il peut détecter des cibles. Si vous effectuez un virage assez important, il peut être incapable de suivre votre avion.

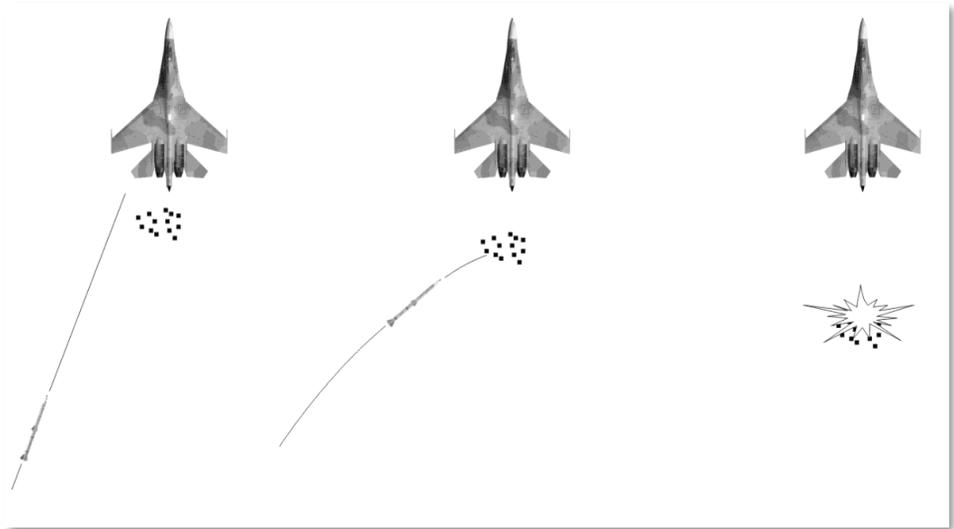


Figure 76. Leurrer les missiles avec des "chaff" et des "flares"

Vous devrez utiliser tous les moyens à votre disposition pour «détruire» le missile tiré vers vous, y compris le brouillage actif et passif en combinaison avec des manœuvres d'évitement de missiles. La

clé de la survie reste la détection précoce du lancement. Toutefois, quelle que soit la vitesse avec laquelle la menace est détectée et les contre-mesures que vous employez, il n'y a aucune garantie que le missile vous manquera, surtout quand plusieurs missiles sont lancés vers vous de différentes directions.

F-15C FLIGHT DYNAMICS



Dynamique de vol du F-15C

Décollage

Avant de décoller, roulez sur 10-15 mètres, alignez vous avec le centre de la piste, décélérez jusqu'à l'arrêt complet puis avancez la manette jusqu'à 80% de poussée.

Sortez les volets, vérifiez les instruments pour voir s'il n'y a ni avertissement ni alerte.



Figure 77 : Position de décollage

Quand vous êtes prêt pour le décollage, relâchez les freins et avancez les manettes de gaz sur MIL ou MAX comme désiré.

Pour un décollage normal, après avoir atteint 100 nœuds, tirer le manche à mi course pendant plus d'une seconde et maintenez une inclinaison de 10° après le décollage de la roue avant.

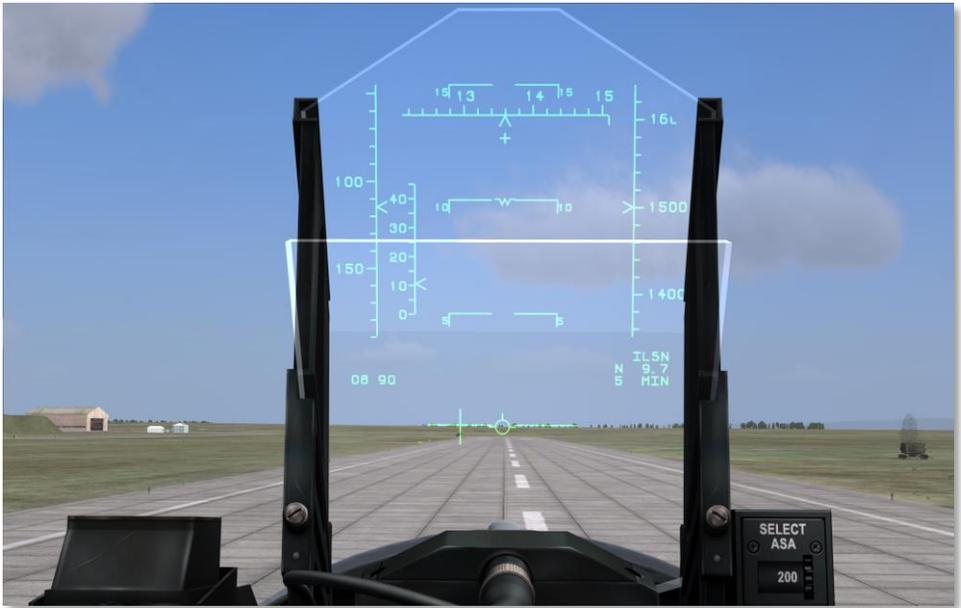


Figure 78 : Inclinaison de 10°

Pour diminuer le roulage, régler une inclinaison de 12° après le décollage de la roue avant

ATTENTION. UNE TRACTION EXCESSIVE SUR LE MANCHE (RAPIDE OU PLUS DE LA MOITIE DE LA COURSE) N'EST PAS RECOMMANDE CAR ELLE PEUT CONDUIRE A UNE VITESSE EXCESSIVE DE DECOLLAGE DE LA ROUE AVANT ET A UN TAUX DE TANGAGE TROP ELEVE.

Une fois en l'air, rentrez le train d'atterrissage et les volets.

Montée

A puissance MIL, grimper à 350 nœuds jusqu'à Mach 0.90 puis maintenez Mach 0.90.

A puissance MAX, grimper à 350 nœuds jusqu'à Mach 0,95. Si le Mach augmente au-dessus de 0,95 à une inclinaison de 40 °, maintenir 40 ° et laisser le Mach augmenter (Il augmentera légèrement avant de revenir à 0,95).

Contrôler la vitesse de montée en variant l'angle de tangage.

En vol

Surveiller continuellement tous les systèmes de l'avion tout au long du vol. Vérifiez fréquemment les instruments moteurs, la quantité et la consommation de carburant, la pression de la cabine et le fonctionnement du système d'oxygène.

12 unités d'incidence peuvent être utilisées pour une distance maximale et 14,5 unités pour une endurance maximale à toutes les altitudes de fonctionnement.

Approche

La vitesse d'approche recommandée est de 250 nœuds.

Normalement, pendant la descente, après avoir réglé la puissance à environ 72%, abaisser le nez à environ -10° et laisser la vitesse augmenter à 300 nœuds. Pour maintenir le taux de descente et empêcher son augmentation, utilisez l'aérofrein.

A proximité du point d'approche finale, ralentissez à 200-250 nœuds et sortez le train d'atterrissage et les volets.

Pendant la phase d'approche finale, une vitesse minimale de 180 nœuds est souhaitée. Une vitesse plus élevée peut être nécessaire si la masse est plus importante.

Remise des gaz

Quand une décision de remise de gaz est prise, augmenter la puissance à MIL ou MAX. Arrêtez graduellement la descente et rentrez le train d'atterrissage. A une vitesse de 200-250 nœuds, commencez à grimper et à rentrer les volets.

Atterrissage

Sur l'approche finale, réglez la vitesse sur 20-22 unités d'incidence. Au point d'arrondi, déplacer lentement les manettes vers le ralenti et réduisez le taux de descente de manière à terminer l'arrondi à 0,75 - 1,0 m au dessus du sol. À 0,75 - 1,0 m au-dessus du sol, prendre une attitude pour un atterrissage amorti sur les deux roues principales.

Augmenter l'incidence au-delà de 22 unités durant l'arrondi peut causer un atterrissage dur et le contact des tuyères avec le sol. Après le toucher, maintenir le contrôle directionnel par le palonnier. Maintenez le nez à une inclinaison d'environ 13° pour réaliser un freinage aérodynamique.

Le freinage aérodynamique est très efficace à des vitesses supérieures à 90 nœuds. Les volets doivent rester baissés car ils fournissent également une traînée aérodynamique accrue.

Lorsque la vitesse est réduite en dessous de 90 nœuds, touchez doucement avec la roue avant et, si nécessaire, utilisez les freins.

ATTENTION. LIMITER L'ASSIETTE A 15° POUR EVITER DE FAIRE TOUCHER LA QUEUE.

MANŒVRABILITÉ DU F-15C EAGLE

Notions fondamentales de la manœuvrabilité d'un avion

La manœuvrabilité d'un avion est sa capacité à changer rapidement son orientation, sa vitesse, son altitude et la direction du vol. En d'autres termes, c'est la capacité de l'appareil à changer la valeur et la direction de son vecteur de vitesse.

La manœuvrabilité de l'avion est utilisée par le pilote au combat pour exécuter des manœuvres individuelles ou combinées afin d'obtenir un avantage de position.

La manœuvrabilité est l'une des caractéristiques les plus importantes d'un avion de combat. Il permet au pilote de gagner en combat aérien, de pénétrer les défenses aériennes de l'ennemi, d'attaquer des cibles de au sol, de former et de rompre des formations de vol, d'atteindre des destinations désignées dans le temps impartis... etc.

La manœuvrabilité est cruciale pour les tactiques des avions de combat engagés contre les appareils ennemis. Atteindre une position tactique avantageuse sur l'ennemi permet d'abattre la cible avec des missiles ou un tir de canon. A l'inverse, si l'ennemi atteint une position dominante (par exemple l'arrière de votre chasseur), aucun missile ou canon ne sera utile.

Une haute manœuvrabilité permet également à l'avion de rompre le combat aérien avec succès et de se désengager de l'ennemi.

Enveloppe d'altitudes et de vitesses

Seule une représentation graphique de l'enveloppe complète de l'altitude et de la vitesse de vol de l'avion peut fournir une idée exhaustive de ces caractéristiques.

Limites d'enveloppe

La gamme de vitesses et d'altitudes où le vol horizontal est possible est limitée à gauche par la vitesse minimale, au sommet par le plafond et à droite par la vitesse maximum possible ou maximale autorisée. Cela est appelé enveloppe de niveau de vol.

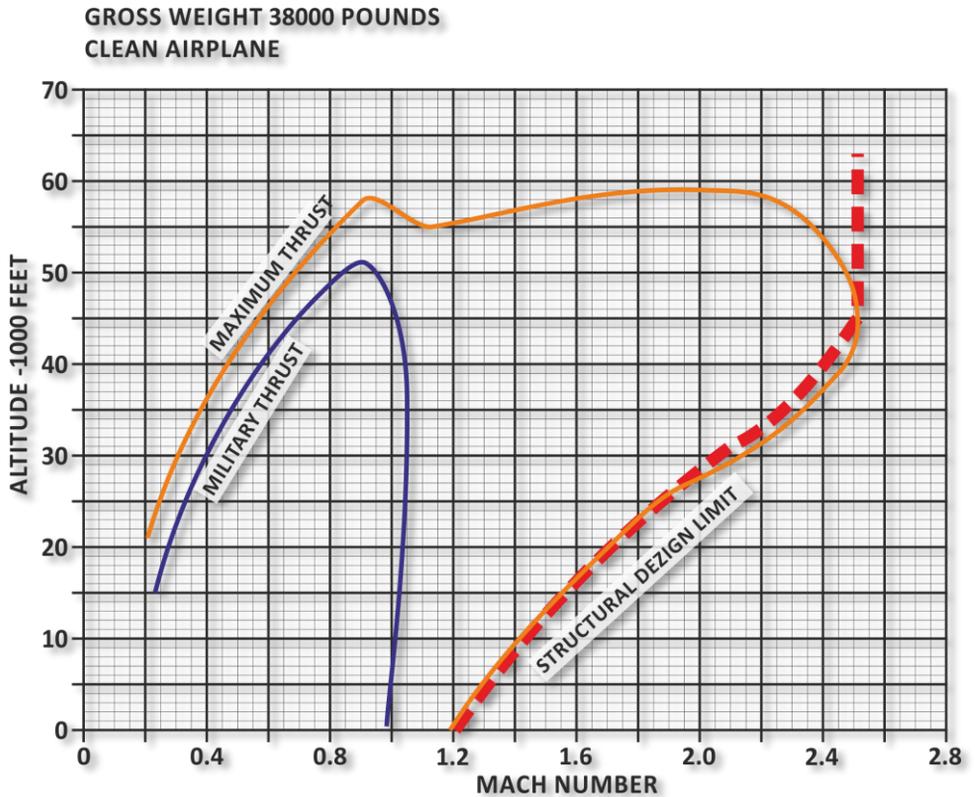


Figure 79 : Enveloppe de niveau de vol du F-15C

Le diagramme ci-dessus est basé sur les résultats des vols d'essai du modèle aérodynamique de l'avion dans les conditions suivantes :

- pas d'empports externes sur l'appareil (avion lisse);
- masse : 38000 lb (68% de fuel);
- pression : 760 mm Hg;
- température : +20°C (température et pression de réglage par défaut dans le jeu);

Le plafond pratique a été atteint à la puissance MILL et MAX à un Mach constant avec une vitesse de montée jusqu'à 500 pi / min.

Dans cette plage, un vol horizontal droit est possible avec accélération, décélération ou à une vitesse constante (croisière).

Au-dessus du plafond et au delà de la vitesse maximale, le vol horizontal est possible, mais seulement en décélération (vol de courte durée).

À la gauche de la vitesse minimale, le vol n'est pas autorisé pour des raisons de sécurité, mais en général reste possible dans la plage d'incidence admissible avec une probabilité accrue de décrochage.

Les vitesses maximales possibles par le modèle, comme celles d'un avion réel, sont légèrement supérieures aux limites structurelles imposées par la conception.

Vol stratosphérique

Le vol à des altitudes stratosphériques exige des considérations particulières.

A cause d'une densité de l'air plus faible, d'une vitesse supérieure et d'un nombre de Mach plus élevé, l'amortissement aérodynamique naturel des vibrations de l'avion est plus faible. Toutes les perturbations (comme une rafale de vent, un largage de charge, des actions abruptes sur les commandes... etc.) produisent des vibrations persistantes qui perturbent le pilote (c'est-à-dire augmentent le facteur de tension) et empêchent de viser en situation de combat. Pour cette raison, à haute altitude, l'avion doit être piloté avec souplesse et douceur. L'utilisation du système d'augmentation de contrôle (système d'amortissement automatique, CAS) est fortement recommandée.

Vol de croisière

Au plafond subsonique, l'avion est toujours à la vitesse de traînée minimale. La réserve d'énergie cinétique est faible, de sorte que tout mouvement à cabrer ou à piquer entraîne une diminution de l'altitude de vol.

Au plafond supersonique, la réserve d'énergie cinétique est très importante, de sorte que l'avion peut monter sans perte notable de vitesse.

Contrairement au subsonique, le plafond supersonique n'est pas physiquement ressenti par le pilote puisque l'appareil gagne facilement plus d'altitude, alors que la réduction lente de la vitesse n'est pas perceptible immédiatement.

Les autres caractéristiques du vol aux altitudes stratosphériques sont la réponse moindre aux variations de poussée due à la vitesse de rotation élevée des réacteurs au ralenti, les difficultés de reconnaissance du terrain et de l'appréciation visuelle de l'altitude et de la distance des cibles aériennes, la manœuvrabilité limitée, les vitesses de rapprochement élevées en cas de d'engagement frontal.

Caractéristiques des contrôles latéraux et directionnels

Le F-15C Eagle est doté d'un système électronique d'aide au pilotage (CAS) et d'un certain nombre de dispositifs de commande hydro-mécaniques conçus pour améliorer le contrôle de vol et la réponse de tous les axes de commande (tangage, roulis, lacet).

Le fonctionnement normal du système de commande de vol utilise le YAW and ROLL CAS ON et ROLL RATIO AUTO. L'interconnexion aileron / gouvernail (ARI) coordonne automatiquement la déflexion nécessaire des gouvernes pour les commandes en roulis.

Aux incidences inférieures à environ 30 unités (CPU : CockPit Units), le mouvement latéral du manche donne le taux de roulis le plus rapide et le plus contrôlable.

Au-dessus d'environ 30 CPU, le palonnier donne le taux de roulis le plus rapide et le plus contrôlable. Les commandes combinées manche / palonnier aboutissent généralement à des performances en roulis plus lentes et moins contrôlables à cause d'un effet de lacet inverse généré par des ailerons et les stabilisateurs différentiels.

Les vitesses de roulis maximales atteignables diminuent rapidement lorsque l'incidence augmente au-dessus de 35 CPU. Dans certains cas, la commande en roulis peut ne pas répondre à moins que l'incidence ne soit réduite.

De légers efforts latéraux sur le manche produisent une accélération initiale en roulis élevée, en particulier pendant le vol subsonique à basse altitude et à haute vitesse. Cette tendance est augmentée avec des facteurs de charge négatifs ou des facteurs de charge positifs élevés et au-delà de 500 KCAS ou Mach 1,4.

Une attention particulière doit être accordée aux manœuvres de roulis à moins de 30 CPU. Pour créer des conditions favorables au système de contrôle, le pilote doit manœuvrer sur un axe à la fois, soit incliner à l'angle souhaité, puis tirer, ou tirer à l'incidence voulue, puis incliner. Les commandes au manche en roulis et tangage simultanées peuvent conduire à des auto-roulis.

Après avoir déplacé le manche latéralement ou avoir appuyé sur une pédale du palonnier à fort AOA, il est normal que l'avion tarde un peu avant de répondre. Les arrêts brusques et inopinés en roulis ou les inversions abruptes du sens du roulis sont pas normaux et devraient être considérés comme un signe de décrochage imminent.

Vol à basse vitesse

A vitesse lente, l'avion n'a pas de caractéristiques de vol inhabituelles. La manœuvrabilité reste acceptable jusqu'à ce que le débit d'air sur les surfaces de contrôle et les ailes devienne insuffisant pour fournir la force nécessaire aux commandes ou de la portance. Dans de nombreux cas, l'arrivée en butée arrière du manche et une vitesse verticale nulle peuvent être les seuls signes avant-coureurs d'un décrochage basse énergie.

La vitesse air minimum recommandée de 300 KCAS procure les caractéristiques de vol suffisantes à basse altitude.

Vol en palier à forte incidence (AOA)

De légères oscillations apparaissent à environ 18 CPU et augmentent en intensité jusqu'à l'incidence de 23 CPU. Les emports externes diminuent l'AOA à laquelle apparaissent les oscillations et augmentent leur intensité.

Un balancement des ailes et des oscillations en lacet surviennent au-dessus de 30 CPU. L'amplitude de ces oscillations varie avec la valeur et la durée de vol à cette AOA. Des oscillations en lacet de $\pm 10^\circ$ et en roulis de $\pm 45^\circ$ sont typiques, cependant, des oscillations encore plus grandes peuvent se produire ($\pm 90^\circ$ en roulis) si on laisse le temps au phénomène de s'amplifier. Ceci est encore accentué par la configuration avec réservoir central. L'effort nécessaire pour tirer le manche augmente avec l'AOA. En butée arrière, l'AOA se stabilise à 45 CPU ou plus.

Si l'AOA augmente au-dessus de 30 CPU, les commandes latérales du manche deviennent beaucoup moins efficaces pour générer du roulis. Si l'AOA continue d'augmenter au-dessus de 35 CPU, les commandes latérales deviennent inopérantes. Avec le manche en butée arrière, l'avion peut être commandé en roulis uniquement au palonnier.

L'indicateur de vitesse vertical est normalement bloqué en descente. La récupération d'un décrochage est immédiate lorsque le manche est déplacé vers l'avant. Tout mouvement indésirable de roulis et de lacet doit être arrêté avec une action en direction opposée au palonnier.

Décrochage dynamique

Le décrochage dynamique est une manœuvre durant laquelle l'avion, intentionnellement ou non, perd de la vitesse et commence à descendre avec une attitude très cabrée. À mesure que l'énergie de l'appareil s'épuise, il peut glisser vers l'arrière pendant une courte période, suivie par un basculement d'avant en arrière ou un basculement latéral pendant la récupération. L'indicateur de CAS peut tomber en panne pendant cette manœuvre en raison de l'aberration des indications de vitesse, de lacet ou d'AOA pendant que l'avion tombe. En raison de la très faible énergie de l'aéronef, les risques d'un décrochage ou d'un départ en vrille sont extrêmement faibles.

La procédure de récupération appropriée à partir de cette situation est de d'abord maintenir les contrôles au neutre. Ensuite, tirer le manche en arrière de 25 à 50 mm pour minimiser toute tendance à la perte de portance. Les ailerons et les gouvernails sont inefficaces en raison des faibles vitesses. Si l'aéronef retombe sur le dos, le retour à la vitesse de vol est habituellement doux et rapide.

Le manche en latéral et les gouvernes doivent être maintenus au neutre jusqu'à ce que la vitesse augmente suffisamment pour qu'ils deviennent efficaces. À environ 70 à 100 KCAS les gouvernes peuvent être utilisées pour amortir le lacet et les oscillations latérales. Le manche en latéral doit être maintenu au neutre jusqu'à ce que la vitesse ait dépassé 150 KCAS. Une fois au-dessus de 150 KCAS, mettre progressivement l'avion en vol horizontal.

ATTENTION. DANS CERTAINS CAS, L'AVION PEUT DEPASSER RAPIDEMENT LA POSITION VERTICALE PURE ET SE RETROUVER "PENDU" EN CONDITION DE DECROCHAGE AVEC UN AOA NEGATIF. CETTE SITUATION PEUT ETRE AGGRAVEE PAR UN MANCHE EN AVANT OU UN TRIM A PIQUER. LA TRACTION SUR LE MANCHE RECUPERERA L'AVION BIEN QUE LA REPONSE INITIALE A CETTE ACTION PUISSE ETRE LENTE.

Vol à haute vitesse et forte incidence (AOA)

Quand l'AOA augmente, plusieurs phénomènes se produisent. Les oscillations commencent à environ 18 CPU et augmentent d'intensité jusqu'à environ 30 CPU, puis restent assez constantes. Autour de Mach 0.9 il y a des oscillations intenses autour de 20 CPU. En fonction de la configuration (des emports externes), il peut y avoir un roulis et un lacet vers la droite apparaissant autour de 28-36 CPU. Ce mouvement peut facilement être arrêté au palonnier avec une action dans la direction opposée.

REMARQUE. CE ROULIS EST LE PLUS IMPORTANT A DES VALEURS DE MACH SUPERIEURES A 0,5. LES OSCILLATIONS EN LACET JUSQU'A $\pm 10^\circ$ ET DE ROULIS DE $\pm 20^\circ$ SONT NORMALES, EN PARTICULIER AVEC LE RESERVOIR CENTRAL. AVEC LES EMPORIS EXTERNES, L'APPARITION DES OSCILLATIONS EST PLUS PRECOCE ET LEURS NIVEAUX PLUS IMPORTANTS.

Vol en suivi de terrain

Le vol très basse altitude est caractérisé par un degré élevé de tension psychologique et de fatigue à cause de la nécessité de suivre les variations du terrain et de surveiller en permanence l'altitude.

L'altitude est la plupart du temps contrôlée et maintenue visuellement, mais doit également être vérifiée sur l'altimètre.

Les manœuvres d'évitement des obstacles doivent être anticipées. Le pilote doit déterminer visuellement le rayon de courbure de la trajectoire requise. En s'approchant d'un obstacle, commencez à grimper à une distance de deux courbes - AB et BC. Si vous ne commencez pas à monter à temps, cela n'entraînera pas forcément une collision, mais dans ce cas, la forme de la trajectoire de vol correspondra aux courbes B'C' et C'D' où l'aéronef gagne inévitablement une altitude non désirée et peut être détecté par l'ennemi.

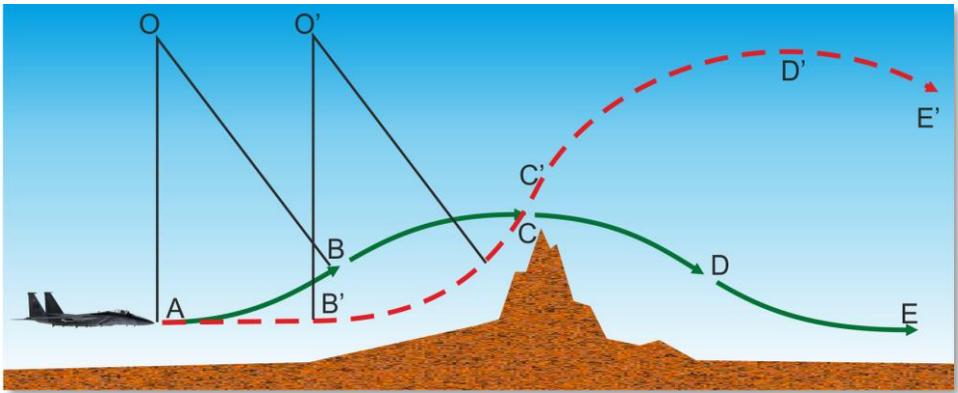


Figure 80 : Vol en suivi de terrain

En volant à une altitude extrêmement basse, le pilote doit accorder la priorité au contrôle plus fréquent de l'altitude.

En plus de la probabilité de collision avec les structures terrestres ou le sol, le vol en rase motte a d'autres caractéristiques, comme :

- L'augmentation de la consommation de carburant
- Moins de temps pour détecter les objets de référence au sol et pour les observer
- Portée plus faible des équipements de communication et de navigation
- Manœuvrabilité limitée, en particulier dans un vol en groupe (dans cette situation, il est presque impossible de manœuvrer à des facteurs de charges (G) admissibles)
- Probabilité accrue de dépasser la vitesse maximale autorisée (le rapport poussée-poids élevé fait accélérer l'avion très rapidement)

Facteur de charge (force G)

Une caractéristique importante de la manœuvrabilité d'un chasseur est sa capacité à modifier la trajectoire de vol avec le facteur de charge maximal («G»).

Le rapport poussée / poids élevé du F-15C lui permet de manœuvrer sur une large gamme d'altitude et de vitesse à des facteurs de charge élevés et sans perte de vitesse.

Facteur de charge

Un facteur de charge est la relation de la somme algébrique de la portance et de la composante de poussée verticale (dans le système de coordonnées de vitesse) par rapport au poids de l'aéronef.

REMARQUE. PENDANT LE ROULAGE, LA FORCE DE CONTACT AU SOL CONTRIBUE EGLEMENT AU FACTEUR DE CHARGE.

Facteur de charge maximum instantané

Le facteur de charge maximum est le facteur de charge le plus élevé pouvant être atteint en vol en respectant toutes les exigences de sécurité.

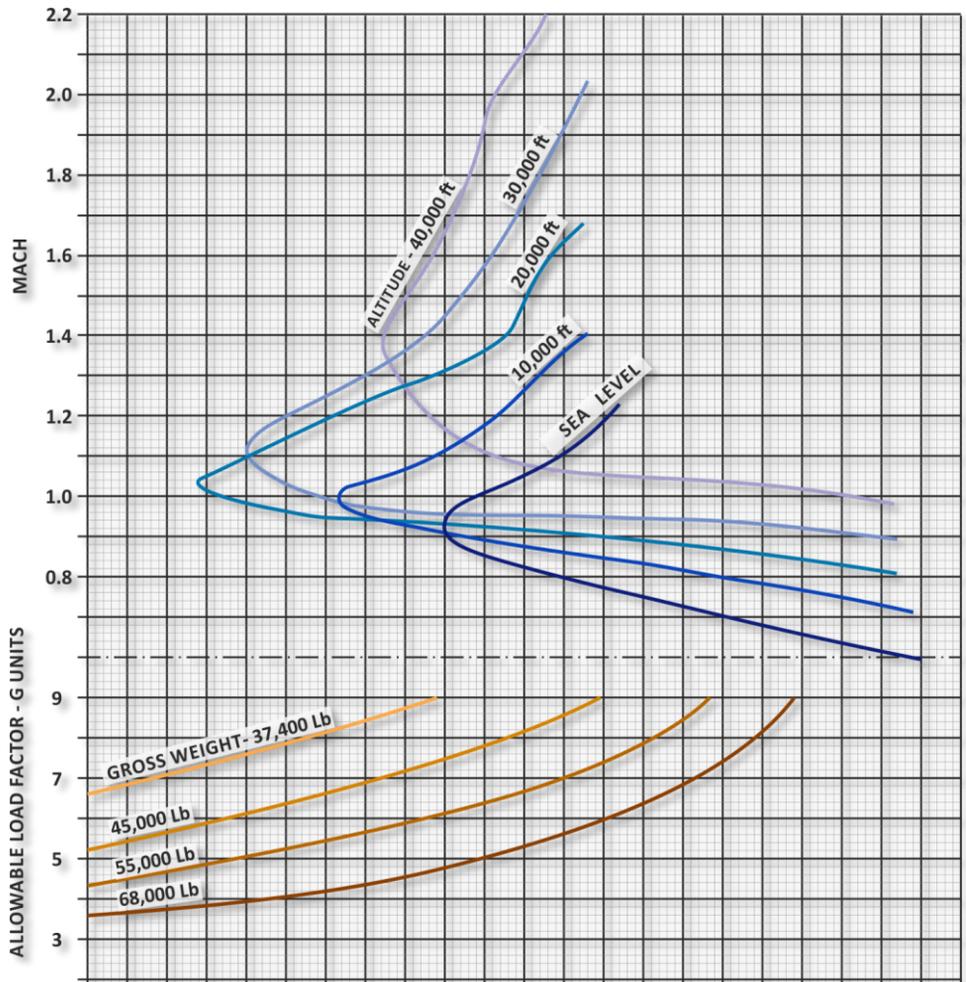


Figure 81 : Facteur de charge maximum normal (instantané)

Le facteur de charge soutenu

Le facteur de charge soutenu est le facteur de charge maximum auquel la traînée est égale à la poussée sans accélération, c.à.d. que la vitesse air n'augmente ni ne diminue.

Facteur de charge maximum soutenu (en PC Max)

Le facteur de charge maximum soutenu est le facteur de charge maximum auquel la traînée est égale à la poussée à accélération nulle.

Le facteur de charge maximum soutenu est caractérisé par une vitesse constante. Si le pilote dépasse le facteur de charge maximum limité par la poussée, la vitesse air commencera à diminuer. Le maintien d'un facteur de charge inférieur à celui limité par la poussée entraînera une augmentation de la vitesse.

Ainsi, le facteur de charge maximum élevé dans le combat aérien permet des virages rapides sans perte d'énergie.

POIDS BRUT 37000 LIVRES

AVION LISSE

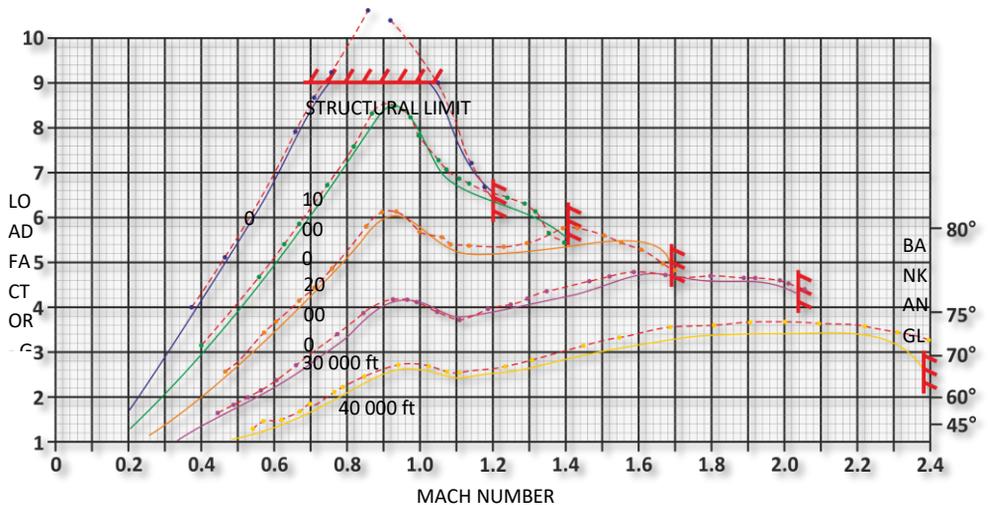


Figure 82 : Facteur de charge maximum soutenu

Le diagramme ci-dessus est basé sur les résultats de vols d'essai du modèle aérodynamique d'aéronef dans les conditions suivantes :

- Pas d'emports externes sur l'appareil (Avion lisse)
- Poids brut : 37000 lb (60% fuel restant)
- Pression : 760 mm Hg
- Température : +20°C (température et pression réglées par défaut dans le jeu)
- Lignes pleines – données F-15 réel
- Lignes pointillées – Données F-15 du jeu

Facteur de charge longitudinal

Le facteur de charge longitudinal est la relation de la différence entre la poussée et la traînée au poids de l'aéronef.

En vol horizontal, le facteur de charge longitudinal détermine l'accélération de l'avion. Par conséquent, plus l'accélération longitudinale est élevée, plus l'avion peut rapidement atteindre sa vitesse limite.

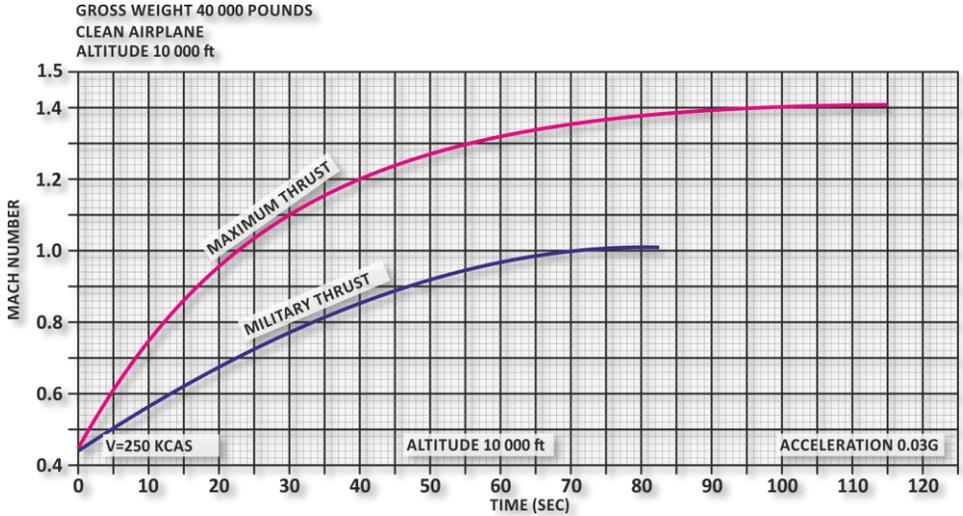


Figure 83 : Facteur de charge longitudinal à 10 000 ft

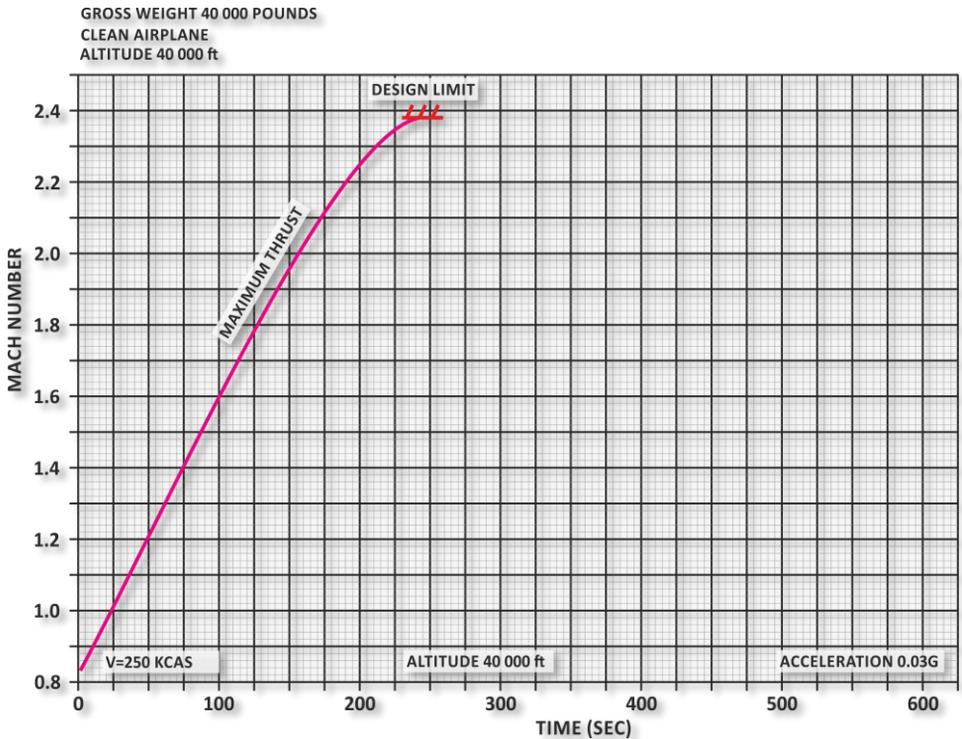


Figure 83 : Facteur de charge longitudinal à 40 000 ft

Effets des facteurs externes sur les caractéristiques principales de manoeuvrabilité

Masse

Facteur de charge maximum et variation du facteur de charge soutenu par rapport au poids de l'aéronef (à altitude et Mach constant).

Pour un facteur de charge donné, le facteur de charge longitudinal diminue à mesure que le poids augmente, mais pas proportionnellement, car l'augmentation du poids augmente également la traînée (en raison de l'augmentation de l'AOA trimmée).

Emports externes

Les emports externes influent sur la maniabilité par leur poids et par l'augmentation de la traînée non induite qu'ils génèrent.

La traînée créée par les emports externes n'affecte pas le facteur de charge maximum car celui-ci dépend uniquement de la portance de l'aile disponible.

Le facteur de charge soutenu diminue à mesure que la traînée augmente. Plus la traînée est élevée et plus la différence entre la poussée maximale et la traînée est grande, et moins il y a d'impact de la traînée des emports externes sur le facteur de charge soutenu.

Le facteur de charge longitudinal maximum diminue à mesure que la traînée augmente. La contribution de la traînée au facteur de charge longitudinal devient plus grande avec l'augmentation du facteur de charge durant une manœuvre.

Conditions atmosphériques

Par exemple, considérons une augmentation de température de 1% à une pression standard ; La densité de l'air sera inférieure de 1% à la valeur normale, d'où il résulte que :

- Pour une vitesse aérodynamique vraie donnée (nombre de Mach), le facteur de charge maximum diminue d'environ 1%. Mais pour une vitesse donnée indiquée, l'augmentation de la température ne changera pas le facteur de charge
- La valeur du facteur de charge soutenu pour un Mach donné diminuera lorsque 1% d'augmentation de la température entraînera une chute de la poussée d'environ 2%
- Avec l'augmentation de la température de l'air, le facteur de charge longitudinal maximum diminuera également proportionnellement à la diminution de la poussée

F-15C CHECK LISTS



CHECK-LISTS DU F-15C

Démarrage

Étape 1

Allumez les feux de navigation [Ctrl-D + L].

Étape 2

Fermez la verrière [Ctrl-G + C].

Étape 3

Allumez le moteur gauche en réglant la manette des gaz sur ralenti et en appuyant sur [AltGr + Orig].

Étape 4

Allumez le moteur droit en réglant la manette des gaz sur ralenti et en appuyant sur [Ctrl-D + Orig].

Roulage et décollage

Étape 1

Quand les tachymètres et les jauges de températures sont stabilisés augmentez les gaz [Page Up et Page Down].

Étape 2

Orientez l'avion au sol en utilisant la commande des gouvernes [X et W]. Pour freiner appuyer sur [Z].

Étape 3

Suivez les instructions de la tour pour accéder à la piste de décollage.

Étape 4

Baissez les volets [F].

Étape 5

Lorsque vous êtes sur la piste et aligné avec celle-ci, augmentez les gaz à 100% [Page Up] et suivez le centre de la piste [X et W].

Étape 6

A environ 150 kts, tirez lentement sur le manche jusqu'à ce que l'avion décolle

Étape 7

Rentrez le train [G].

Étape 8

Rentrez les volets [F].

Navigation

Étape 1

Sélectionnez le mode NAV [1] (indiqué dans le coin inférieur droit du HUD).

Étape 2

Cyclez les points de navigation [Ctrl-G + `] (indiqué dans le coin inférieur droit du HUD).

Étape 3

Pilotez pour aligner le vecteur vitesse sur le HUD avec l'indicateur de direction pour atteindre le waypoint sélectionné.

Atterrissage

Étape 1

Sélectionnez le mode ILSN [1] (indiqué dans le coin inférieur droit du HUD).

Étape 2

Appuyez sur [Ctrl-G + `] pour choisir le terrain d'atterrissage.

Étape 3

Pilotez pour placer le vecteur vitesse sur la croix de direction d'atterrissage.

Étape 4

En arrivant à la balise extérieure votre vitesse doit être d'environ 150 kts.

Étape 5

Baissez les volets [F].

Étape 6

Sortez le train d'atterrissage [G].

Étape 7

Le vecteur vitesse et la croix de direction d'atterrissage doivent être alignés au dessus du seuil de piste.

Étape 8

A quelques pieds au dessus de la piste, réduisez les gaz et arrondissez pour poser l'appareil en douceur.

Utilisation de l'armement Air-Air

AIM-120 AMRAAM

Étape 1

Désignez la cible avec le radar [I] en mode LRS [2] ou en sous-mode TWS [Ctrl-D + I].

Étape 2

Placez le TDC sur le contact radar avec les touches [;], [,], [.] , [/] et appuyez sur la touche [Entrée] pour verrouiller la cible, le radar bascule automatiquement en mode STT.

En mode TWS il est possible de désigner jusqu'a 4 cibles simultanément. La première est la PDT et toutes les suivantes des SDT.

En combat à vue, le mode VISUAL [6] peut être utilisé.

Étape 3

Utilisez la zone de lancement dynamique (DLZ) sur le HUD et l'affichage de situation verticale (VSD) pour déterminer quand la cible est à portée (en mode VISUAL il n'y a pas de repères sur le VSD).

Lorsque la cible est dans la plage Rtr et que le repère de tir est affiché, appuyez sur le bouton de largage de votre joystick ou sur la touche [AltGr + Espace] de votre clavier.

L'AIM-120 PEUT ETRE UTILISE EN MODE STT ET TWS. LE MODE TWS VOUS PERMET D'ENGAGER PLUSIEURS CIBLES SIMULTANEMENT.

AIM-7 Sparrow

Étape 1

Désignez la cible avec le radar [I] en mode LRS [2] ou en sous-mode TWS [Ctrl-D + I].

Étape 2

Placez le TDC sur le contact radar avec les touches [;], [,], [.] , [/] et appuyez une fois sur la touche [Entrée] en mode LRS ou deux fois en mode TWS pour verrouiller la cible, le radar bascule automatiquement en mode STT.

En combat à vue, le mode FLOOD [6] peut être utilisé et ne nécessite pas de verrouillage radar.

Étape 3

Utilisez la zone de lancement dynamique (DLZ) sur le HUD et l'affichage de situation verticale (VSD) pour déterminer quand la cible est à portée (en mode FLOOD il n'y a pas de repères sur le VSD).

Lorsque la cible est dans la plage Rtr et que le repère de tir est affiché, appuyez sur le bouton de largage de votre joystick ou sur la touche **[AltGr + Espace]** de votre clavier.

POUR UTILISER L'AIM-7, LE RADAR DOIT ETRE EN MODE STT. EN COMBAT RAPPROCHE AVEC LE MODE FLOOD, LA CIBLE DOIT ETRE MAINTENU DANS LE RETICULE DURANT TOUT LE TEMPS DE VOL DU MISSILE.

AIM-9 Sidewinder

Étape 1

Désignez la cible au radar **[1]** en mode LRS **[2]** ou sous-mode TWS **[Ctrl-D + I]**. En combat rapproché, utilisez les modes de balayage VS **[3]** ou BORE **[4]**.

Étape 2

Placez le TDC sur le contact radar avec les touches **[;], [,], [.]**, **[/]** et appuyez sur la touche **[Entrée]** pour verrouiller la cible, le radar bascule automatiquement en mode STT.

En mode VS, manœuvrez l'avion pour placer la cible dans ou au-dessus des lignes verticales sur le HUD.

En mode BORE, manœuvrez l'avion pour placer la cible dans le réticule sur le HUD.

En mode ligne de visée, placez la cible dans le champ de vision de l'autodirecteur représenté par le réticule sur le HUD **[6]**.

Étape 3

Utilisez la zone de lancement dynamique sur le HUD et le VSD pour surveiller la distance de la cible. Notez que le mode ligne de visée ne fournit aucune information sur la distance de la cible. Une tonalité aiguë sera émise lorsque l'autodirecteur sera verrouillé sur la cible.

Lorsque la cible est dans la plage Rtr et que le repère de tir est affiché, appuyez sur le bouton de largage de votre joystick ou sur la touche **[AltGr + Espace]** de votre clavier.

LE RADAR ET LE MODE LIGNE DE VISEE PEUVENT ETRE UTILISES POUR DESIGNER UNE CIBLE A L'AIM-9 ; CEPENDANT, UN VERROUILLAGE VALIDE DE L'AUTODIRECTEUR EST NECESSAIRE POUR QUE LE MISSILE PUISSE SUIVRE LA CIBLE. ATTENDEZ LA TONALITE AIGUË AVANT DE TIRER.

Canon M-61

Étape 1

Désignez la cible avec le radar **[1]** dans LRS **[2]** ou le sous-mode TWS **[RCtrl-I]**. En mode de combat rapproché, utilisez les modes de balayage VS **[3]** ou BORE **[4]**. Vous pouvez aussi sélectionner le mode automatique du canon.

Étape 2

En mode VS, manœuvrez l'avion pour placer la cible dans ou au-dessus des lignes verticales sur le HUD.

En mode BORE, manœuvrez l'avion pour placer la cible dans le réticule sur le HUD.

En mode ligne de visée, placez la cible dans le champ de vision de l'autodirecteur représenté par le réticule sur le HUD [6].

En mode canon automatique, placez le réticule fixe du canon sur la cible.

Étape 3

Si vous n'avez pas activé le mode canon automatique, choisissez le canon en appuyant sur la touche [C], cela active le viseur GDS et place le radar en mode STT.

Lorsque la cible est dans le viseur GDS, faites feu en appuyant sur la détente sur votre joystick, ou appuyez sur la touche [Espace] de votre clavier.

Le canon peut être utilisé sans verrouillage radar, mais est beaucoup moins précis.

SUPPLEMENTS



SUPPLÉMENTS

Crédits : Traduction française

Clément "**Azrayen**" Bakès

Gaëtan "**Cameleon33**" Delaporte

Guillaume "**BadCRC**" Gaillet

Vincent "**vince27fr**" Gource

Quentin "**Quent**" Guesdon

Maxime "**Boulling**" Ivain

Jean-Christophe "**Jo_le_trembleur**" Jourdan

Marc "**Marsupilami**" Michault

Bruno "**caramel**" Pelfort

Erwan "**Erforce**" Quelmé

Liste d'acronymes

AAA	Anti-Aircraft Artillery (Artillerie Anti-Aérienne)
AC	Alternating Current (Courant Alternatif)
ADF	Automatic Direction Finder (Indicateur Automatique de Direction)
ADI	Horizon Artificiel
AF	Airfield (Aérodrome)
AGL	Above Ground Level (Au dessus du Niveau du Sol)
AH	Attack Helicopter (Hélicoptère d'Attaque)
ALT	Altitude
AMMS	Advanced Moving Map System (Système Avancé de Carte Mobile)
AOA	Angle Of Attack (Angle d'Attaque = Incidence)
AP	Autopilot (Pilote Automatique)
AP	Armor Piercing (Anti Blindage)
APU	Auxiliary Power Unit (Générateur Électrique Auxiliaire)
ASL	Above Sea Level (Au dessus du Niveau de la Mer)
ATC	Air Traffic Control (Contrôle du Trafic Aérien)
ATGM	Anti-Tank Guided Missile (Missile Guidé Antichar)
BIT	Built In Test (Autotest)
BP	Battle Position (Position de combat)
CAM	Course Aerial (Trajectoire Air)
CAS	Calibrated Air Speed (Vitesse Calibrée)
CDU	Central Distribution Unit (Unité de Distribution Centrale)
CDM	Course Doppler
CG	Center of Gravity (Centre de Gravité)
DC	Direct Current (Courant Continu)
DCS	Digital Combat Simulator
DH	Desired Heading (Cap désiré)

DR	Drift Angle (Angle de Dérapage)
DST	Distance
DT	Desired Track (Route désirée)
DTA	Desired Track Angle (Angle de route désirée)
EDP	Engine Dust Protectors (Protections anti poussière de moteur)
EEG	Electronic Engine Governor (Commande électronique de moteur)
EGT	Exhaust Gas Temperature (Température des gaz d'échappement)
EO	Electro Optical (Électro-optique)
ETA	Estimated Time of Arrival (HEA : heure estimée d'arrivée)
ETP	Estimated Touchdown Point (Point estimé de touché)
FAC	Forward Air Controller (Contrôleur aérien avancé)
FARP avancé)	Forward Arming and Refueling Point (Point de réarmement et d'avitaillement
FEBA	Forward Edge of Battle (Ligne de front)
FOV	Field Of View (Champ de vision)
FPL	Flight Plan (Plan de vol)
FSK	Function Select Key (Touche de sélection de fonction)
GG	Gas Generator (Générateur de gaz)
GNSS	Global Navigation Satellite System (Système de navigation globale par satellite)
GS	Ground Speed (Vitesse sol)
HDG	Cap
HE	High Explosive (Hautement explosif)
HMS	Helmet Mounted Sight (Viseur de casque)
HSI	Indicateur de situation horizontale
HUD	Head Up Display (VTH : visualisation tête haute)
IAF	Initial Approach Fix (Repère d'approche initiale)

IAS	Indicated Air Speed (Vitesse indiquée)
IDM	Inertial Doppler (Doppler inertiel)
IDS	Information Display System (Système d'affichage des informations)
IFF	Identify Friend or Foe (Indentification ami ou ennemi)
IFR	Instrument Flight Rules (Règles de vol aux instruments)
IFV	Infantry Fighting Vehicle (Véhicule de combat d'infanterie)
INU	Inertial Navigation Unit (Unité de navigation inertielle)
IWP	Initial Waypoint (Point initial de navigation)
LAT	Latitude
LLT	Linear Lead Turn (Virage linéaire)
LONG	Longitude
LWR	Laser Warning Receiver (Récepteur d'alerte laser)
LWS	Laser Warning System (Système d'alerte laser)
MANPADS	Man-Portable Air Defense System (Système de défense antiaérienne portatif)
ME	Editeur de mission
MILS	Abbréviation de milliradian, les systèmes de visée de bombardement et de canon sont réglés en mils, une mesure angulaire : 1 degré = 17,45 mils.
MRB	Magnetic NDB Bearing (Direction magnétique NDB)
MWL	Master Warning Light (Voyant d'alerte principal)
OTAN	North Atlantic Treaty Organization (Organisation du Traité de l'Atlantique Nord)
NDB	Non Directional Beacon (Balise non directionnelle)
NVG	Night Vision Goggles (Jumelles de vision nocturne)
OEI	One Engine Inoperative (Un moteur Inopérant)
PT	Free Turbine (Turbine libre)
PNK	En Russe "ПНК" : Système de vol et de navigation

PrPNK	En Russe "ПрПНК" : Système de ciblage, vol et navigation
RAIM récepteur)	Receiver Autonomous Integrity Monitoring (Autosurveillance de l'intégrité du récepteur)
RALT	Altitude radar
RB	Radio Bearing (Direction radioélectrique)
RMI	Radio Magnetic Indicator (Indicateur radio-magnétique)
RPM	Revolutions Per Minute (Tours par minute)
ROF	Rate Of Fire (Cadence de tir)
RTB	Retour à la base
SAI	Stand-by Attitude Indicator (Horizon artificiel de secours)
SAM	Surface-to-Air Missile (Missile Sol-Air)
STP	Steerpoint (Point de virage)
TAS	True Air Speed (Vitesse vraie = Vitesse propre)
TCA	True Track Angle (Incidence Vraie)
TH	True Heading (Cap vrai)
TOW	Takeoff Weight (Masse au décollage)
TP	Target Point (Point cible)
TV	Télévision
TVM	Television Monitor (Moniteur TV)
UHF	Ultra High Frequency (Ultra haute fréquence)
UTC	Coordinated Universal Time (Temps coordonné universel)
VHF	Very High Frequency (Très haute fréquence)
VFR	Visual Flight Rules (Règles de vol à vue)
VMU	Voice Message Unit (Unité de synthèse vocale)
VNAV	Vertical Navigation (Navigation verticale)
VOR	VHF Omnidirectional Range (VHF à portée omnidirectionnelle)

VI	Variomètre
WCS	Weapon Control System (Système de contrôle de l'armement)
WPT	Waypoint (Point de Navigation)
XTE	Cross Track Error (Erreur latérale de route)