



THE FIGHTER COLLECTION



Eagle Dynamics

DCS

Su-27
FLANKER



Su-27 Flanker for DCS World

Manuel de vol

Su-27 for DCS World

Le Su-27, nom de code OTAN Flanker, est un des piliers de l'aviation de combat contemporaine russe. Construit pour contrer le F-15 Eagle américain, le Flanker est un chasseur de supériorité aérienne bi-moteur, supersonique et très manœuvrant. Le Flanker est aussi bien capable d'engager des cibles au delà de l'horizon que lors d'un combat tournoyant grâce à son incroyable manœuvrabilité à basse vitesse et grands angles d'incidence. En utilisant son radar et son système de recherche et de suivi infrarouge (et indétectable), le Flanker peut lancer un large choix de missiles guidés par infrarouge ou radar. Le Flanker possède également un viseur intégré au casque du pilote qui permet de simplement regarder une cible pour la verrouiller ! En plus de ses puissantes capacités air-air, le Flanker peut être armé de bombes et de roquettes non guidées afin d'accomplir un rôle secondaire d'attaque au sol.

Su-27 for DCS World se concentre sur la facilité d'utilisation, sans interaction cockpit compliquée, réduisant significativement la courbe d'apprentissage. Pour cela, Su-27 for DCS World propose des commandes clavier et joystick en se focalisant seulement sur les systèmes les plus critiques pour la mission.

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

Table des matières

INTRODUCTION	VI
HISTOIRE DU SU-27	2
PROGRAMME DE CHASSEUR AVANCE DE PREMIERE LIGNE	2
DU T-10 AU T-10S	9
LES ESSAIS.....	11
41 RECORDS POUR LE SU-27	15
EN SERVICE	16
DESIGN GENERAL	20
DESIGN.....	20
SYSTEMES ET AVIONIQUE	22
COCKPIT	23
AVIONIQUE DU MODE SIMPLIFIÉ (ARCADE).....	26
MODE NAVIGATION.....	28
MODE AIR-AIR	29
INSTRUMENTS DU COCKPIT	31
Indicateur de Vitesse et de Mach.....	32
Altimètre barométrique	32
Radio Altimètre	33
Indicateur de trainées	34
Incidencemètre (AoA) et Accéléromètre (g)	34
Horizon Artificiel	35
Indicateur de Situation Horizontale	36
Variomètre	37
Horloge de l'appareil.....	37
Tachymètre.....	38
Jauges Carburant.....	38
Indicateurs de T° ITT (Températures inter-étages de turbine)	39
Visualisation tête basse (HDD)	40
Système d'alerte radar	40
Panneau PPD-SP (contremesures)	43
Interrupteur de Contrôle Direct	44
Mécanisme de Trim (Compensateur).....	45
Système de Contrôle Automatique (ACS).....	46

MODES OPERATIONNELS DU HUD (VTH) ET DU HDD (VTB)	49
Symbologie de base du HUD	49
Modes de Navigation	51
Modes de combat au-delà de l'horizon (Beyond Visual Range ou BVR)	52
Digital Datalink - Liaison de données numérique	60
Le Travail en environnement complexifié par des Contre-Mesures	60
Vertical Scan ou VS (Balayage Vertical) - Mode de combat rapproché	62
BORE (Axial) - Mode de combat rapproché	63
HELMET (Casque) - Mode de combat rapproché	64
Fi0 - Visée Longitudinale Mode de combat Rapproché	65
Utilisation du canon	66
Mode Air-Sol	68
Réticule	70
CONTRE-MESURES ÉLECTRONIQUES	71
Emports ECM (Contre-Mesures Électroniques) du Su-27	71
ARMEMENT DU SU-27	74
MISSILES AIR-AIR	74
LES MISSILES DU SU-27	76
Missiles moyenne portée R-27 (AA-10)	76
Missile courte portée R-73 (AA-11)	81
ARMES AIR-SOL	84
Bombes à chute libre	85
Roquettes aériennes non guidées	89
COMMUNICATIONS RADIO ET MESSAGES	95
COMMANDES RADIO	95
MESSAGES RADIO	103
MESSAGE VOCAUX ET ALERTES	106
ENTRAÎNEMENT THÉORIQUE	109
VITESSE INDIQUEE (IAS) ET VITESSE PROPRE (TAS)	109
VECTEUR VITESSE	109
INCIDENCEMETRE (INDICATEUR D'ANGLE D'ATTAQUE / AOA)	110
TAUX ET RAYON DE VIRAGE	110
TAUX DE VIRAGE	112
VIRAGES SOUTENUS ET VIRAGES INSTANTANES	113

CONTROLE DE L'ENERGIE	114
IMPLÉMENTATION DU SU-27	116
SYSTEME DE COMMANDES DE VOL (FLIGHT CONTROL SYSTEM - FCS).....	116
Canal Longitudinal (Tangage).....	116
Canal Latéral (Roulis).....	118
Canal Direction (Lacet)	120
SYSTEME DE COMMANDE DES TUYERES	123
CHECK-LISTS DU SU-27	125
Démarrage Moteur au Sol.....	125
Extinction Moteur	125
Redémarrage Moteur en Vol.....	125
UTILISATION DE L'ARMEMENT.....	126
Combat au delà de la portée visuelle (BVR : Beyond Visual Range)	126
Combat Rapproché	129
Armements Air-Sol	133
SUPPLÉMENTS	136
LISTE D'ACRONYMES.....	136
CREDITS : TRADUCTION FRANÇAISE	141

INTRODUCTION

Le Su-27, nom de code OTAN Flanker, est un des piliers de l'aviation de combat contemporaine russe. Construit pour contrer le F-15 Eagle américain, le Flanker est un chasseur de supériorité aérienne bi-moteur, supersonique et très manœuvrant. Le Flanker est aussi bien capable d'engager des cibles au delà de l'horizon que lors d'un combat tournoyant grâce à son incroyable manœuvrabilité à basse vitesse et grands angles d'incidence. En utilisant son radar et son système de recherche et de suivi infrarouge (et indétectable), le Flanker peut lancer un large choix de missiles guidés par infrarouge ou radar. Le Flanker possède également un viseur intégré au casque du pilote qui permet de simplement regarder une cible pour la verrouiller ! En plus de ses puissantes capacités air-air, le Flanker peut être armé de bombes et de roquettes non guidées afin d'accomplir un rôle secondaire d'attaque au sol.



Figure 1 : Su-27

HISTOIRE DU Su-27



HISTOIRE DU SU-27

Le Su-27, chasseur monoplace supersonique Russe de 4ème génération, est reconnu dans le monde comme l'un des meilleurs appareils de combat du 20ème siècle. Grâce à de très bonnes performances et caractéristiques opérationnelles, le chasseur est populaire auprès des pilotes comme des techniciens. Les surprenantes capacités de vol du Su-27, démontrées lors de nombreux meetings aériens, n'ont laissées personne indifférent. Le Su-27 fait partie des appareils ayant le plus de records à leur actif au sein de la Fédération Internationale de l'Aviation (IAF). A ce jour, le Su-27 détient 27 records du monde en vol. Le Su-27 est le père fondateur d'une famille d'appareils de combat aux diverses fonctionnalités, incluant le Su-27UB d'exercice, le chasseur navalisé Su-33, la famille de chasseurs multirôles biplace Su-30, le bombardier tactique Su-34 et le chasseur modernisé Su-35.

Avant d'en arriver à de tels résultats, les développeurs du chasseur ont suivi une route longue et difficile. La création du chasseur sous son apparence et ses performances actuelles dans le but de protéger l'espace Russe (ainsi que celui de tous les acheteurs du Su-27) n'aurait pas été possible sans tous les efforts des ingénieurs, designers, scientifiques, chercheurs, pilotes et experts militaires. La plus grande partie du développement du Su-27 a été faite par les équipes du Bureau de design Sukhoi et par l'usine de fabrication aéronautique de Komsomolsk-on-Amur. Le développement de sa motorisation, de son radar et de son système de guidage de missiles a été réalisé respectivement par l'entreprise Lyulka-Saturn, le Tikhomirov Instrumentation Research Institute et le bureau d'étude public Vympel. En plus des entreprises citées ci-dessus, le chasseur Su-27 a été développé par un grand nombre de scientifiques et d'institutions de recherche, telles que le TsAGI, CIAM, GosNIIAS, CNIi, et beaucoup d'autres qui se sont occupés du développement de plusieurs systèmes du Su-27. Cette section est dédiée à certains aspects de l'histoire du développement du Su-27 qui a commencé il y a plus de 30 ans.

Programme de Chasseur avancé de première ligne

Une équipe de l'usine de fabrication Kulon Machine, dirigé par Pavel Osipovich Sukhoi, démarra en 1969 le développement d'un chasseur avancé de nouvelle génération pour l'armée de l'air soviétique. Au milieu des années 70, un concept général de chasseur fût établi en coopération avec un grand nombre d'institutions scientifiques. Le concept consistait en un chasseur à forte manœuvrabilité et long rayon d'action équipé d'un système d'armement puissant et un système de navigation/détection de haut niveau permettant au pilote de participer efficacement à la fois à des échanges de missiles longue portée et à du combat rapproché. Les performances basiques du nouveau chasseur devaient globalement être de haut niveau avec un nombre de caractéristiques surpassant celles du F-15 américain. Le bureau d'étude prévoyait d'introduire un grand nombre d'innovations majeures dans ce nouveau chasseur, appelé T-10.

En 1970, le bureau d'études Sukhoi développe la première version de la structure du chasseur incluant les principales caractéristiques aérodynamiques. L'appareil est conçu avec un corps portant, une jonction entre la voilure et le fuselage produisant un minimum de trainée, deux turbomoteurs montés sur des nacelles sous le ventre de l'appareil et deux dérives. Un tel design permet d'améliorer significativement l'aérodynamisme du chasseur et laisse plus d'espace pour les réservoirs de carburants et l'équipement interne. Afin de permettre au chasseur d'atteindre les performances attendues dans un large domaine de vitesses et d'altitudes de vol, la voilure du nouveau chasseur est

à profil en forme d'ogive et possède une extension du bord d'attaque. D'après les designers, l'extension de bord d'attaque permet d'obtenir les caractéristiques de portance requises pour le vol supersonique et permet de générer des vortex qui augmentent l'efficacité de la voilure, de la dérive et des surfaces de contrôle. Au même moment, Sukhoï développe une version plus traditionnelle du chasseur équipé de deux moteurs côte à côte à l'arrière du fuselage avec des entrées d'air localisées sur les côtés de l'appareil et toujours deux dérives. En 1972, les deux versions furent présentées au comité de l'armée de l'air pour examen. Le comité avait pour mission d'étudier les propositions de trois bureaux d'études aéronautiques (Sukhoï, Mikoyan et Yakovlev) pour un chasseur tactique avancé devant entrer en service au sein de l'armée de l'air soviétique au début des années 80.



Figure 2 : Premier prototype T-10-1

Après étude des différentes versions, les propositions de Sukhoï et Mikoyan furent acceptées par le comité et furent autorisées à poursuivre le développement. Le programme Su-27 (T-10) avait pour objectif d'évoluer vers un chasseur tactique avancé lourd et multirôle tandis que le programme MiG-29 avait pour objectif un chasseur tactique avancé léger de construction en série. Parmi les objectifs principaux devant être remplis par les deux programmes se trouvent les capacités de combat rapproché et moyenne portée, l'interception de cibles aériennes à la fois à l'avant et à l'arrière de l'appareil, vers le haut et vers le bas, ainsi que l'attaque d'objectifs secondaires au sol. Le Su-27, qui possédait une meilleure autonomie, un emport en armement plus important et des systèmes de navigation, communication et auto-défense plus sophistiqués était prévu pour opérer au sein d'un groupe envoyé loin derrière les lignes ennemies (jusqu'à 250-300kms). De son côté, le MiG-29 ne devait s'aventurer qu'à des distances de l'ordre de 100-150kms à l'intérieur du territoire ennemi. Le système d'arme du Su-27 avait pour objectif de contrer efficacement le chasseur F-15 (le chasseur le plus avancé de l'époque que pourrait posséder un éventuel adversaire) ainsi que d'engager avec succès des chasseurs moins performants mais plus nombreux (comme par exemple des YF-17, YF-16 ou J-6). De plus, le Su-27 était prévu pour entrer en service dans l'Armée de l'Air Soviétique après un rééquipement et réarmement approprié.



Figure 3 : Voilure du T-10-1

En partant des nouvelles caractéristiques fixées par le client pour le chasseur tactique des années 80, Sukhoi commence en 1972 à développer un design préliminaire du chasseur T-10 suivi par une étape de design conceptuel. Entre 1970 et 1975, plus de 15 options différentes de configuration du chasseur furent étudiées. Ces configurations ne se distinguaient pas seulement les unes des autres par leurs approches du problème (Configuration classique ou intégrée) mais aussi par leurs différences dans les solutions suggérées aux problèmes (position des moteurs et des entrées d'air, design du train d'atterrissage, type de système de contrôle, etc.). Finalement, la préférence alla à un design de chasseur avec une configuration intégrée et statistiquement instable. Le Su-27 allait devenir le premier appareil doté d'un système d'équilibre longitudinal en vol assuré par un système de contrôle fly-by-wire (système de commandes électriques). Utiliser un concept naturellement instable sur l'axe longitudinal (mais « électroniquement stable ») amène un grand nombre d'avantages : afin que l'appareil soit équilibré aux grand angles d'attaque, une déflexion des bords de bord d'attaque est requise, ajoutant sa portance à la portance de la voilure, ce qui permet une nette amélioration de la portance du chasseur avec une augmentation minime de la traînée. L'utilisation d'une configuration instable donne au Su-27 une exceptionnelle manœuvrabilité lui permettant des changements d'altitude habituellement impossible à des configurations plus classiques. Cela permet également d'augmenter son rayon d'action à près de 4 000 kms sans réservoirs externes. Aucun autre appareil au monde ne pouvait à l'époque revendiquer de telles performances.

La configuration aérodynamique du chasseur conserve un schéma classique avec l'empennage situé à l'arrière de la voilure sur des poutres portantes de chaque côté des nacelles moteurs. L'appareil possède deux dérives montées sur les nacelles moteurs. L'orientation de l'appareil dans l'espace est contrôlée par un plan horizontal entièrement mobile ainsi que par les ailerons et les gouvernes de

direction. Des volets sont installés en tant que dispositifs hyper-sustentateurs. Afin de permettre aux moteurs de fournir des performances optimales à n'importe quelle vitesse ou altitude, les entrées d'air montées sous l'appareil possèdent une rampe horizontale mobile. Le nez de l'appareil abrite un radar recouvert d'un cône perméable aux ondes radios ainsi qu'un cockpit avec une verrière proposant une bonne visibilité dans toutes les directions.



Figure 4 : T-10-3

L'armement du Su-27 qui incluait un canon de 30mm à cadence de tir élevée, des missiles moyenne portée K-27 et des missiles courte portée K-73 et K-14 du être standardisé avec celui du chasseur léger MiG-29. La seule différence est la capacité d'emport : alors que le MiG-29 ne pouvait emporter que 6 missiles, dont 2 missiles K-27, le Su-27 avait une capacité de 8 missiles dont 4 K-27 ainsi que sa version longue portée guidée radar K-27E et des missiles infrarouges.

Le système embarqué de contrôle de l'armement des deux chasseurs fut standardisé et, pour la première fois de l'histoire de l'aviation, incluait deux systèmes complémentaires – un radar de visée et un système de visée optoélectronique, ainsi qu'un viseur intégré au casque. Le système de visée développé initialement pour le Su-27 avait de meilleures caractéristiques. Le radar N001 fut construit par l'Association de Recherche et de Développement Phazotron sous la direction de Victor Grishin. Le système de détection et de calcul de distance optique OLS-27 (combinant également un système d'acquisition et de suivi IR ainsi qu'un laser) fut développé par le Bureau d'étude central de Géophysique basé à Moscou dirigé par le designer en chef D.Khorol.

Le train d'atterrissage était de design tricycle avec le train avant loin en avant de l'appareil juste sous le cockpit. La cinématique du train principal comprenait d'abord une rétraction du train vers l'avant puis vers le centre du fuselage, tournant les roues en cours de rétraction. La porte de train avant servait également d'aérofrein.

La motorisation du Su-27 comprenait deux puissants mais économiques turbomoteurs AL-31F produisant chacun une poussée de 12 500kg. Ils furent développés par la Saturn Mechanical Plant dirigée par Arkhip Mikhailovich Lyulka et étaient supposés fournir une poussée au décollage avec un ratio puissance/poids supérieur à 1. Une faible consommation spécifique ainsi que près de 8 tonnes de fuel stockées dans des réservoirs internes (occupant la majeure partie de la structure) furent nécessaires pour assurer le rayon d'action requis.



Figure 5 : Le T-10-1 au musée de l'armée de l'air russe (Monino)

Les étapes de design conceptuel et détaillé furent terminées en 1975-1976, puis après l'émission des plans et de la documentation de design, la construction du premier prototype fut initiée par l'usine de Kulon. Malheureusement, Pavel Sukhoi ne vécut pas suffisamment longtemps pour voir le chasseur – décédé en 1975 il sera remplacé par Yevgeny Ivanov. A partir de 1976, le programme Su-27 fut placé sous la direction du designer en chef Mikhail Simonov. Le premier prototype désigné T10-1 fut terminé au début de l'année 1977. A cause du manque de moteurs AL-31F, le prototype était équipé de deux AL-21F-3AI – une version modifiée de la version AL-21F-3A de série montée sur d'autres chasseurs développés par Sukhoi (Su-17, Su-24). Après la vérification des tests au sol, tout était prêt pour les essais en vol et le 20 mai 1977, Vladimir Ilyushin, pilote en chef de Sukhoi, réalisa le premier vol du T10-1. Le premier prototype fut utilisé pour évaluer les performances en vol ainsi que sa stabilité et sa manœuvrabilité.

En 1978, le second prototype désigné T10-2 fut terminé, mais eu une courte vie. Le 7 Juillet 1978, le chasseur fut victime d'un accident en plein vol, tuant le pilote d'essai Yevgeny Solovyov. Le crash fut causé par l'oscillation de l'appareil autour de l'axe longitudinal à vitesse supersonique. Cela induisit d'importants efforts sur la structure menant à la désintégration en vol de l'appareil. Les enregistrements de la boîte noire montrèrent que le chasseur entra dans un mode de résonance encore inconnu, causant la désintégration de l'appareil. Cela se produisit si rapidement que Yevgeny Solovyov, pilote décoré et héros de l'Union Soviétique, n'eut aucune chance de s'éjecter. L'enquête après accident établit les raisons de la tragédie et autorisa le développeur à introduire les changements nécessaires au design du chasseur. Au cours de l'année 1978, les préparations préliminaires à la production du Su-27 eurent lieu à l'usine Gagarine située à l'est de la ville de Komsomolsk-on-Amur. Au même moment, l'usine de Sukhoi commença à assembler deux prototypes de Su-27 supplémentaires. A la différence des deux premiers prototypes, ils étaient équipés de moteurs AL-31F. La nouvelle motorisation était 500kg plus légère, sa poussée 12 pourcents plus importante avec une consommation de carburant plus faible. En comparaison des AL-21F-3s, les moteurs AL-31F étaient de diamètre et longueur plus faibles tandis que leurs entrées d'air étaient équipées d'un système de contrôle secondaire. Le 23 Aout 1979, Vladimir Ilyushin effectua le premier vol du T10-3. Deux mois plus tard le T10-4 commença également les essais en vol. Au départ, les deux appareils étaient utilisés pour des essais moteurs en vol. Puis le T10-3 fut modifié pour être utilisé en test dans les installations d'entraînement de Nitka pour aider au développement de la

version navalisée du Su-27 tandis que le T10-4 était utilisé pour affiner le système de contrôle de l'armement.



Figure 6 : Cockpit du T-10

Au début des années 1980, trois prototypes (T10-1, T10-3 et T10-4) avaient pris part au programme de test du Su-27, les premiers appareils de pré-série devant suivre peu après. Tout semblait en ligne avec le planning initial et le nouveau chasseur aurait du rejoindre le service deux ans plus tard. Cependant, de fortes objections à l'encontre du démarrage de la production en série de l'appareil avec sa configuration structurelle actuelle furent émises par les experts en aérodynamique du Siberian aviation research institute (SibNIA) et... de la part de l'ingénieur en chef Mikhail Simonov lui-même. D'après les experts du SibNIA qui avaient réalisé la majeure partie de la recherche aérodynamique pour le programme Su-27, plusieurs erreurs avaient été commises durant le développement du chasseur. La combinaison de la voilure et de l'extension de bord d'attaque causaient une séparation prématurée du flux de vortex : le flux non-stationnaire autour de l'aile apparaissait à partir de faibles angles d'attaque (de l'ordre de 8-10 degrés). Cela causait une détérioration de la capacité de portance de l'aile, l'apparition de vibrations (buffeting) et une diminution de la stabilité latérale. Les dérives conçues pour le T10 n'assureraient alors plus ni l'efficacité des surfaces de contrôle longitudinales, ni des dispositifs de stabilité latérale et directionnelle. Le SibNIA effectua des tests en soufflerie sur le T-10 en 1975-76. Ces tests indiquèrent qu'il n'existait que de faibles chances d'arriver à concevoir un chasseur hautement manœuvrable sans d'abord régler ces problèmes.



Figure 7 : Le T-10-10 au musée, Lugansk, Ukraine

La nécessité d'une reconsidération radicale du programme Su-27 menaçait. Des éléments fondamentaux du design du chasseur tels que la forme et la surface de l'aile, la configuration de l'extension de bord d'attaque, l'arrangement des surfaces de contrôle horizontales et verticales devaient être revus. Mikhail Simonov était un fervent défenseur de cette nouvelle approche mais le ministère de l'industrie aéronautique avait une opinion différente. Le designer Ye.A.Ivanov était réticent à l'idée de revoir radicalement le design. C'est pourquoi les premiers Su-27 furent testés dans leur configuration initiale. Les essais en vol des prototypes T10-1 et T10-3 corroborèrent les doutes des experts en aérodynamiques du SibNIA. Afin de compenser la perte d'efficacité des dérives, ce qui entraîne une diminution de la stabilité directionnelle aux forts angles d'attaque, les premiers appareils furent équipés, sur les conseils du TsAGI, de grilles sur l'extrados de l'aile. Cependant, ces dispositifs réduisirent la portance de la structure et annulèrent les bénéfices de l'extension de bord d'attaque.

Les tests du T-10 révélèrent également l'incapacité du chasseur de répondre à certaines exigences de performances. En premier lieu, le rayon d'action : la différence entre le rayon d'action demandé et le rayon d'action réel dépassait 20 pourcents. L'ingénieur en chef expliqua au ministère qu'il y avait deux raisons principales pour ces différences de performances. Tout d'abord, les développeurs de l'avionique n'avaient pas réussi à respecter les limites de poids fixées. La masse de l'avionique excédait les spécifications de quelques centaines de kilogrammes, ce qui, naturellement, contribuait à l'augmentation de la masse de l'appareil, diminuant sa manœuvrabilité et réduisant son rayon d'action. Ensuite, la consommation spécifique des moteurs demandée dans les exigences de performance n'avait pas été atteinte par le fabricant. En réalité, ce problème fut réglé plus tard lorsque l'on s'aperçut que les exigences de performances des moteurs étaient impossibles à atteindre. Malgré les considérables inconvénients révélés durant la recherche et les essais en vol, Yevgeny Ivanov espérait néanmoins améliorer les performances par de petits changements sur le design, une augmentation de la capacité d'emport carburant, etc. A l'opposé, Mikhail Simonov proposait de retravailler de manière radicale l'appareil, et depuis 1976-77, une de ses équipes, en collaboration avec les scientifiques du SibNIA, développaient de leur côté une nouvelle configuration de l'appareil. Ils effectuèrent plus tard des essais en soufflerie sur cette configuration qui devaient être exempte des défauts de la configuration initiale. Justice doit être rendue à M.P.Simonov (qui

travaila pour le ministère de l'industrie aéronautique en 1979 pour retourner ensuite chez Sukhoi en tant qu'ingénieur en chef en 1983) qui réussit à persuader la direction du programme de prendre le risque de faire des changements radicaux sur le chasseur, lesquels avaient déjà été testés. Avec le temps, cette décision s'avéra être la bonne et mena à la fabrication de l'appareil qui était encore – presque deux décennies plus tard – considéré comme l'un des meilleurs appareils au monde. En commençant la production du Su-27 dans sa version finale, Sukhoi confirma sa réputation comme un des meilleurs fabricants aéronautique au monde tout en restant fidèle à sa tradition de ne jamais mettre en service un appareil "médiocre".

Du T-10 au T-10S

La nouvelle version du chasseur fût appelée T-10S par le bureau d'études Sukhoi. Son design commença en 1979. Les tentatives préliminaires, menées par le bureau d'étude et le SibNIA (dont les travaux étaient dirigés par Stanislav Kashafutdinov), de corriger les problèmes des premières versions du T-10 et de respecter les exigences de performances, définirent les bases de la modification de la configuration pour le T-10S. Durant l'approfondissement de ces bases, les différences entre le T-10 et le T-10S devinrent de plus en plus évidentes. Finalement, il devint clair que les ingénieurs auraient à développer un appareil totalement différent. D'après Mikhail Simonov, les seules choses communes entre le T-10S et le T-10 étaient le train d'atterrissage et le siège éjectable. Seuls les principes généraux du Su-27 fixés par P.O.Sukhoi lui-même, tels qu'une configuration structurelle intégrée, un design statiquement instable avec un centre de gravité vers l'arrière, un système de contrôle fly-by-wire, des moteurs montés sous le ventre de l'appareil, etc. furent conservés.

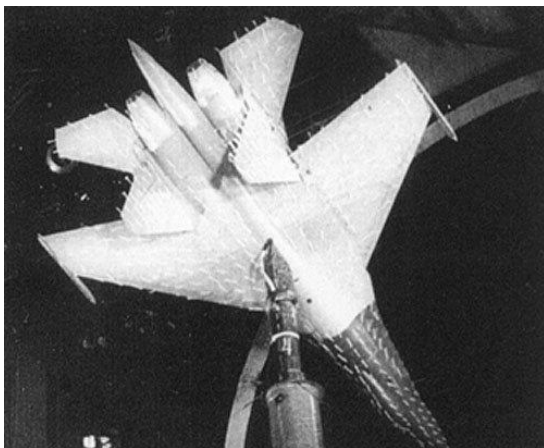
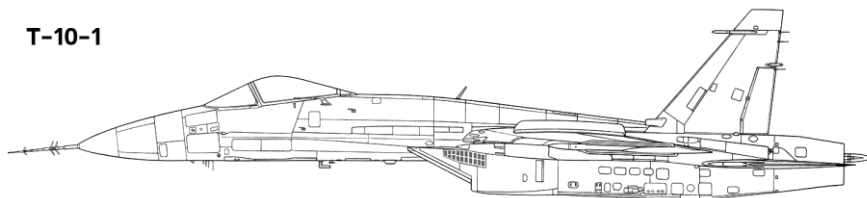


Figure 8 : Maquette du T-10-21 (T-10S) en soufflerie (SibNIA)

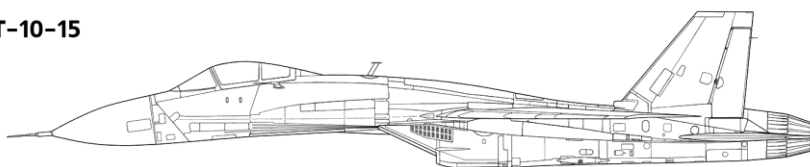
Le T-10S est équipé d'une nouvelle voilure avec un bord d'attaque droit, un profil évolutif et une extension de bord d'attaque plus éfilé. Des saumons d'aile de forme ogivale, incorporant des pylônes de lancement pour missiles air-air, ont remplacé les saumons traditionnels (recourbés vers l'arrière) du prototype T-10. Ceci a permis à l'avion de série de se passer des contrepoids anti-vibratoires équipant le prototype, tout en augmentant le nombre de points d'emport missiles de huit à dix. La

surface alaire augmenta de 59.4 m² à 62 m² avec un changement radical sur les dispositifs hypersustentateurs. Les ailerons et les flaps furent combinés en flaperons tandis que le bord d'attaque qui fut équipé de becs (le T-10 n'avait aucun dispositif hypersustentateur sur le bord d'attaque). Les caractéristiques de portance du fuselage furent améliorées (grâce à l'utilisation de la nouvelle voilure et d'extensions de bord d'attaque) tout en conservant un moment à piquer lors d'angles d'attaque positifs et en augmentant significativement la plage d'angles d'attaque, ce qui permit d'obtenir une bonne stabilité latérale en réduisant le phénomène de buffeting (vibrations).

T-10-1



T-10-15



T-10-17

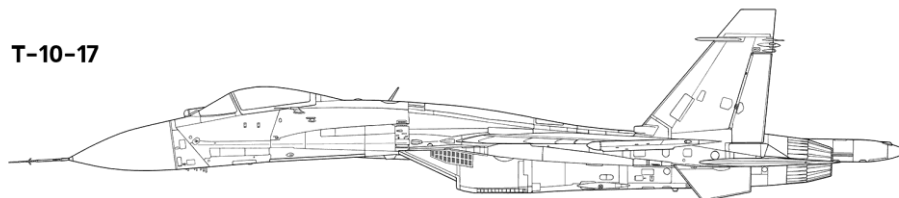


Figure 9 : Evolution du T-10

Afin de réduire la traînée, la partie avant de la structure fut retravaillée : la section du fuselage à l'avant de l'appareil et autour du cockpit fut diminuée, la section moyenne du cockpit fut réduite tandis que son déplacement vers l'arrière fut facilité. De plus, la section du fuselage aux alentours des premiers réservoirs à carburant fut elle-aussi augmentée. De même, la section du carénage dorsal fut réduite, l'excroissance arrière entre les deux moteurs fut prolongée par une partie cylindrique servant de réservoir supplémentaire. Avec cela, la capacité totale des réservoirs augmenta pour atteindre 9.4 tonnes. Rendre la forme des nacelles motrices plus harmonieuses tout en réduisant leur masse fut obtenue grâce à l'installation sur le T-10 de moteurs AL-31F équipés d'une boîte de puissance pour les équipements montée au-dessus de moteurs (tandis qu'elles étaient montées en dessous des moteurs sur les T-10-3 et T-10-4). Tout en préservant l'agencement général des entrées d'air, le nouvel appareil fut équipé d'un nouveau système de protection contre les objets extérieurs afin d'éviter les accidents lors du taxi et des phases de décollage/atterrissage. Enfin, des rampes supplémentaires furent ajoutées sur la partie basse des entrées d'air.



Figure 10 : T-10-17 avec 10 missiles

Afin d'améliorer la stabilité directionnelle et latérale tout en augmentant l'efficacité des surfaces de contrôle correspondantes, l'empennage subit des modifications conséquentes. Les deux stabilisateurs verticaux furent espacés et positionnés sur des excroissances renforcées de part et d'autre des nacelles moteurs, leur donnant une position idéale par rapport au vortex aérodynamique créé par les extensions de bord d'attaque et la voilure. Cela permit d'augmenter considérablement la stabilité directionnelle et la manœuvrabilité du chasseur lors de très forts angles d'attaques et lors des glissades. De plus, le T-10S fut équipé d'ailerons ventraux pour augmenter la stabilité directionnelle et ses performances anti-vrilles. L'assemblage de la dérive sur les poutres arrières permirent d'augmenter la surface des stabilisateurs, ainsi que de placer les vérins de dérive à l'arrière. La surface de l'empennage ainsi que la position du demi-axe de rotation des panneaux de stabilisation furent modifiés, améliorant les caractéristiques de flutter et permettant aux designers de supprimer les dispositifs anti-flutter qui étaient montés sur le T-10. Les aérofreins – fonction précédemment réalisée par les trappes de train d'atterrissage puis supprimées par les vibrations induites par leur déploiement sur les surfaces de contrôle horizontales – furent déplacés derrière le cockpit.

Le train d'atterrissage fut également retravaillé: le train principal fut équipé d'un pivot permettant de le rentrer dans la section centrale de la voilure, évitant l'installation d'un mécanisme pour « plier » le train. Cela permit également de réduire la section portante du fuselage dans la zone du train d'atterrissage. Le train de nez fut renforcé et déplacé plus arrière, permettant une meilleure manœuvrabilité au sol et diminuant les chances de dommages à cause d'objets étrangers lors du taxi et des phases de décollage/atterrissage. De manière générale, les modifications sur la configuration du chasseur permirent de réduire de 15 pourcents la section portante du fuselage, réduisant de cette manière la traînée de 18 à 20 pourcents en subsonique et supersonique. Ceci, combiné avec l'augmentation des caractéristiques portantes de la structure ainsi que l'amélioration de la stabilité dans les 3 plans et dans toutes les phases de vol, permirent à l'appareil d'atteindre une manœuvrabilité supérieure (particulièrement aux grands angles d'attaque) et d'atteindre le rayon d'action demandé.

Les Essais

En 1980, alors que l'assemblage du prototype de la nouvelle version avançait chez Sukhoi, la première série d'appareils de pré-production était presque terminée dans l'usine de Komsomolsk-on-

Amur. En ce qui concerne le design, ces appareils étaient des copies conformes des prototypes T-10-1 et T-10-2, les seules différences étant la dérive inclinée comme sur le T-10-3. Ils étaient toujours équipés des moteurs AL-21F-3AI. En dépit du fait que ces appareils n'avaient que peu de choses en commun avec la future série Su-27, il fût décidé de ne pas annuler leur construction. La décision fut prise d'utiliser ces anciennes versions pour les tests des systèmes d'armement et des autres équipements le temps que le premier T-10S soit fabriqué et entre en phase de test. L'objectif était de récupérer le retard inévitable engendré par le besoin de reconfigurer la chaîne de production pour le nouvel appareil. Le premier appareil de pré-production, immatriculé T10-5, fut terminé en Juillet 1980. Le T10-6 et le T10-9 suivirent la même année (les numéros 7 et 8 furent assignés aux premiers T-10S). En 1981, l'usine de Komsomolsk produisit deux autres chasseurs – le T10-10 et le T10-11 – portant à cinq le nombre de prototypes de pré-production, appelés Su-27 Type T10-5 pour les distinguer des futurs appareils de série. Début 1982, neuf appareils en configuration initiale ainsi qu'un appareil de tests statiques avaient été produits.

Sukhoi compléta l'assemblage du premier prototype T-10S dénommé T10-7 (aussi connu sous le nom de T10S-1) début 1981 et en Avril 1981, son premier vol piloté par le pilote d'essai V.S Ilyushin. Egalement en 1981, la version statique (T10-8 ou T10S-0) et le second prototype volant comportant de nouvelles capacités sont construits. A partir de 1981, le programme Su-27 est dirigé par Alexei Knyshev lequel avait été le concepteur en chef de l'appareil avant. Le T10-7 et T10-12 ont été utilisés pour déterminer les performances principales de la nouvelle configuration de ce chasseur, sa stabilité, sa contrôlabilité ainsi que l'évaluation de sa nouvelle motorisation présentant des boîtiers de transmission aux accessoires montés sur le dessus. Néanmoins, ces deux appareils n'étaient pas destinés à voler longtemps. Le 3 Septembre 1981, le T10-2 se crashe en entrant dans une vrille incontrôlable pendant des tests de décélération à vitesse max. La partie avant de la cellule fut détruite alors que l'appareil s'écrasait au sol. Le pilote d'essai, Aleksandr Komarov, périt dans le crash.

Il fut très difficile de déterminer les raisons exactes de ce crash. Cependant, en 1983, le pilote d'essai Nikolai Sadovnikov rencontra une situation similaire aux commandes d'un des premiers appareils de séries Su-27, le T10-17. Au cours d'un vol à haute vitesse et basse altitude, le chasseur de Sadovnikov perdit un bec de bord d'attaque et une partie des panneaux de voilure, les débris heurtant les dérives. Ce n'est que grâce à la dextérité du pilote (qui sera récompensé plus tard par le titre de Héros de l'Union Soviétique et qui accomplit quelques records) que le vol ne se termina pas en accident. Nikolai Sadovnikov posa l'appareil endommagé avec une grande partie des panneaux de voilure ainsi qu'un bout de dérive manquants. Cela fournit de précieuses informations aux designers. Il fut déterminé plus tard qu'une erreur de calcul sur le moment de charnière induit par la déflexion des bords de bords d'attaque dans certaines conditions de vol était à l'origine des accidents. Des mesures d'urgences furent prises pour retravailler le design, parmi lesquelles le renforcement de la structure du fuselage et de l'aile ainsi que le développement de bords de bords d'attaque plus petits.



Figure 11 : T-10-17 lors d'un vol d'essai

En 1982, le programme d'essai du nouveau chasseur fut rejoint par le premier appareil de nouvelle configuration produit dans l'usine de Komsomolsk-on-Amur, le T10-15 (plus tard converti en P-42, qui établit de nombreux records), ainsi que par le T10-16 et le T10-17. Les vols de cette première série de Su-27 débutèrent le 2 juin 1982. L'année suivante, l'usine de Komsomolsk livra neuf chasseurs supplémentaires, les T10-18, T10-20, T10-21, T10-22, T10-23, T10-24, T10-25, T10-26 et le T10-27. La plupart furent utilisés pour les essais officiels du Su-27 en même temps que pour l'établissement de la production en série de l'appareil et la mise en service des premiers appareils. Le travail sur la pré-série T10-5 étant bien avancé, les tests débouchèrent sur un retravail substantiel du design de l'appareil. Ainsi, la partie avant du fuselage et la voilure furent renforcés. Les chasseurs existants reçurent des plaques de renfort externes tandis que les appareils en production furent équipés d'une structure primaire renforcée. La forme des dérives fut également altérée et les poids montés sur les dérives furent abandonnés. La partie de la verrière sur charnière fut retravaillée pour s'ouvrir vers l'arrière et le haut (alors qu'elle coulissait uniquement vers l'arrière précédemment) et un renfort fut ajouté derrière l'appui-tête du pilote. Pour abriter le dispensateur de chaff, la longueur et la hauteur de la baie entre la poutre centrale et les nacelles moteurs furent augmentées. Les bouts de voilure furent modifiés pour emporter des pods ECM à la place de missiles air-air.

En 1984, les premiers Su-27 entraient en service au sein de l'armée de l'air soviétique suivis par presque une centaine d'autres avant la fin de l'année suivante aussi bien au sein de l'armée de l'air que de la force de défense aérienne. Les tests officiels en situation du Su-27 furent terminés au milieu des années 80. Les résultats démontrèrent qu'un appareil formidable venait d'être conçu, premier en terme de manœuvrabilité, rayon d'action et efficacité en combat. Cependant, certains

composants de l'avionique nécessitaient des tests supplémentaires après la fin des tests en situation. Une fois les problèmes de l'avionique résolus, en 1990, les Su-27 furent officiellement adoptés par les forces aériennes soviétiques.



Figure 12 : T-10-33

Etant donné que le Su-27 différait considérablement du reste des chasseurs soviétiques, tant par ses performances que par son système d'armement, de navigation et ses nombreux équipements, la version d'entraînement biplace SU-27UB dut être développée. Conserver l'avionique et les systèmes d'armement du Su-27 pour la version biplace aurait du permettre l'utilisation de cette version en combat. De plus, étant donné le large rayon d'action du Su-27, un équipage de 2 personnes était supposé être une meilleure option.

L'équipe Sukhoi commença la conception du Su-27UB (désigné T-10U) à la fin des années 70 et avant même les que les tests de la nouvelle configuration ne commencent. Les designers avaient pour mission de fournir un haut niveau d'unification entre l'avionique des versions monoplaces et biplaces tout en conservant les performances de l'appareil. En 1980, le travail de design préliminaire était terminé. La configuration aérodynamique du Su-27UB correspondait en grande partie à celle de la version monoplace. Les différences principales se trouvèrent au niveau du fuselage avant, qui accueillait un cockpit biplace en tandem, ainsi qu'au niveau des dérives dont la surface dut être augmentée pour conserver la stabilité directionnelle. Afin de fournir une bonne visibilité depuis la place arrière, la partie arrière du cockpit était légèrement surélevée par rapport à la partie avant du cockpit, les deux parties du cockpit étant recouvertes par une seule verrière se déplaçant vers l'arrière et en haut. Ceci afin de permettre la plus grande facilité d'opération et une sécurité lors de

l'éjection. Placer le siège arrière plus haut que le pilote entraîna une modification de la partie dorsale du fuselage, au-dessus du réservoir avant et de l'aile centrale, lui donnant une forme bossue. Cependant, cela permit à l'appareil de conserver le design et la configuration du train d'atterrissage en plaçant deux baies avioniques sous le siège arrière. Tout cela évita d'avoir à réduire la capacité des réservoirs et à augmenter la longueur du fuselage. Chaque dérive de la version biplace était composée d'un panneau de dérive de la version monoplace auquel s'ajoute une extension de 420mm, augmentant la surface à 1.55m².

41 records pour le Su-27

Fin 1986, la presse rapportait de nouveaux records de taux de montée établis par le nouveau jet soviétique – P-42. Le 27 Octobre 1986, le pilote V.G Pugachov monta à une altitude de 3 000m en 25,4 secondes et le 15 Novembre, il atteint 6 000, 9 000 et 12 000m en respectivement 37,1, 47,0 et 58,1 secondes, battant ainsi de plus de 2 secondes le record détenu depuis longtemps par l'américain R.Smith sur F-15. Les records furent établis simultanément en 2 classes – à la fois dans la catégorie des appareils à réactions et dans la catégorie des appareils de 12 à 16 tonnes. Cette dernière ne laissa pas de marbre les experts qui réalisèrent rapidement que le P-42 correspondait au nouveau chasseur Su-27. Le problème est que le chasseur de 20t ne pouvait rentrer dans la catégorie des appareils de 16t et il fut révélé plus tard que le protocole de pesée de l'IAF donna une masse au décollage de 14 100kg, soit 2 tonnes de moins qu'un Su-27 à vide.

L'explication est simple : pour établir ces records, la direction de Sukhoi décida d'utiliser un des premiers appareils de série Su-27 – le T10-15 – qui avait terminé le programme d'essai. D'après l'ingénieur en chef M.P. Simonov, la désignation inhabituelle de l'appareil (P-42) fut utilisée pour la raison suivante : « Il fut appelé P-42 afin de commémorer le tournant de la bataille de Stalingrad en Novembre 1942 au cours de laquelle l'aviation soviétique eut un rôle déterminant ». L'appareil fut débarrassé des systèmes d'armement et du radar pour atteindre l'objectif de masse. De plus, la perche centrale de queue fut raccourcie, la surface de dérive réduite, le parachute-frein supprimé, les systèmes hypersustentateurs reréglés, le cône radar remplacé par un cône dans un métal plus léger. D'autres mesures furent prises pour réduire la masse. Afin de réaliser le vol, l'appareil ne contenait que la quantité de carburant nécessaire au décollage, à l'exécution du record et à l'atterrissage. Les ingénieurs réussirent à booster les moteurs augmentant chacun leur puissance de 1 000 kg/f (les moteurs R-32 et la poussée de 13 600 kg/f étaient inclus dans les protocoles de mesure de l'IAF). Les mesures prises permirent aux ingénieurs d'atteindre un ratio unique puissance/poids de presque 2. Grâce à cela, le P-42 fut capable d'accélérer et même de dépasser le mur du son pendant la montée.



Figure 13 : L'appareil à records P-42

Cependant, l'important ratio puissance/poids posa un autre problème: les freins du P-42 n'étaient pas capables de retenir l'appareil au point de départ lorsque celui-ci se trouvait en post-combustion. Ainsi, une solution ingénieuse fut mise en place : l'appareil fut attaché avec un câble de remorquage et un système de verrouillage spécial à un puissant tracteur protégé des moteurs par une plaque blindée. Le tracteur alla sur la piste pour empêcher l'appareil de bouger. Au bon moment, le système de verrouillage libéra l'appareil, les caméras s'allumèrent et le P-42 s'envola pour établir son nouveau record. Le travail sur l'appareil P-42 fut mené par l'ingénieur (plus tard ingénieur en chef) R.G.Martirosov. Le 10 Mars 1987, le P-42 piloté par N.F.Sadovnikov battu ses propres records de 9km et 12km de 3 secondes – respectivement 44,2 et 55,5 secondes. Le jour suivant, l'appareil fut utilisé dans la catégorie STOL (Short TakeOff and Landing – Décollage et atterrissage courts). Le taux de montée à une altitude de 3, 12 et 15km furent respectivement 25,4, 57,4 et 75,7 secondes. Le 10 juin 1987, le P-42 volant en tant qu'appareil de la classe STOL établit un record d'altitude de croisière à 19 335m. Le dernier record établi par V.G.Pugachov aux commandes du P-42 fut une montée à 15 000m en 81,7 secondes avec une masse de 1 tonne. Au total, l'appareil établit 27 records entre 1986 et 1987 dans les mains des pilotes V.G.Pugachov, N.F.Sadovnikov, O.G.Tsoy et Ye.I.Frolov.

En Service

La livraison des chasseurs Su-27 aux unités de combat débuta en 1984. Lors du développement, la décision fut prise que le chasseur serait opérationnel au sein de régiments de deux types – l'armée de l'air et les forces de défense aérienne. Ainsi, les unités des deux régiments recevraient le même appareil sans qu'aucun développement spécifique ne soit nécessaire. Il est important de noter que jusqu'à ce moment là, les chasseurs russes n'avaient qu'un rôle « principal », le Mig-21 opérait exclusivement dans les unités de l'armée de l'air tandis que les Su-9, Su-11, Su-15, Tu-128 et Mig-25P étaient utilisés par l'ADF (Force de défense aérienne). Le seul appareil utilisé à l'époque dans les deux forces armées étaient le MiG-23. Et encore, une version spéciale fut développée pour l'ADF – le MiG-23P, tandis que le MiG-23M de l'ADF différait grandement de la version utilisée par l'armée de l'air tant sur le système d'armement que sur le type d'armement utilisé. La même situation apparut dans les années 1980 lorsque le chasseur tactique MiG-29 commença à entrer en service dans l'armée de l'air tandis que l'ADF adoptait des intercepteurs MiG-31. Ainsi le Su-27 devint le premier chasseur capable d'accomplir de manière efficace des missions à la fois en tant que chasseur tactique

de l'armée de l'air et intercepteur de l'ADF. Une telle adaptabilité fut assurée par un système d'armement performant, un armement parfait et des superbes performances. Les chasseurs employés dans l'armée de l'air sont parfois désignés Su-27S, tandis que ceux de l'ADF sont appelés Su-27P. Cependant, ce sont virtuellement les mêmes appareils, financés par des branches différentes de l'armées (ce qui explique les dénominations différentes, qui au final, ne resteront pas).



Figure 14 : Des Su-27 sur la base aérienne de Kilpyar (péninsule de Kola)

Le régiment de chasseurs de l'ADF stationné dans l'est de l'Asie fut la première unité de ligne à recevoir des Su-27. L'usine engagée dans la fabrication en série de l'appareil se trouvant à proximité, il fut plus facile de surmonter les problèmes inhérents à tout nouveau programme. Traditionnellement les Centre d'Essais Opérationnels et de Transformation des Personnels (CEOTP) étaient les premiers à recevoir les appareils pour établir les recommandations sur leur pilotage et leur usage au combat. Ils étaient également responsables de la formation des pilotes sur l'appareil. C'est pourquoi avant d'entrer en service dans les unités de combat, les Su-27s passèrent par les centres CEOTP de l'armée de l'air (situé à Lipetsk) et de la défense aérienne (situé à Savostleika). En 1990, ces centres utilisaient 15-16 appareils chacun. Plus tard, les nouveaux chasseurs entrèrent en service au sein d'une nouvelle unité d'entraînement – le régiment d'entraînement de la Higher Joing Flight Technical School basée à Krasnodar.

D'après les informations publiées dans le cadre du Protocole d'Echange de Données signé lors du traité des Forces Armées Conventionnelles en Europe, à la fin des années 1990, 367 appareils étaient stationnés dans la partie européenne de l'URSS avec 138 chasseurs dans l'armée de l'air et 229 chasseurs dans la force de défense aérienne. Deux régiments de Su-27 de l'armée de l'air étaient stationnés à l'étranger – en Pologne, sur les bases de Kluczevo et de Khoïna et en Ukraine dans la ville de Mirgorod. Les appareils de ce type furent aussi utilisés par le régiment composite basé à Kubinka. En 1991, une équipe de voltige, appelée les Russkiye Vityazi ou Russian Knights, fut mise en place sur les bases de cet escadron et par la suite, le régiment basé à Kubinka fut réorganisé en un centre de démonstration aérienne, nommé d'après le Maréchal de l'Air I. Kozhedub. Les forces aériennes de Leningrad, Arkhangelsk et Tbilissi utilisaient chacune 2 escadrons de Su-27 (sur les

aérodromes de Vainede, Nivenskoye, Killpyavr, Rogachovo, Krymsk et Gudauta). D'après les estimations étrangères, au début des années 90, l'URSS employait approximativement 600 Su-27 (à priori, ces chiffres comprennent à la fois les Su-27 monoplaces et les versions d'entraînement biplaces stationnés par delà l'Oural).



Figure 15 : Su-27P au parking

La fin du Pacte de Varsovie suivi par la dissolution de l'Union Soviétique amenèrent au redéploiement et la démobilisation d'un grand nombre d'unités de l'armée de l'air et de la force de défense aérienne, incluant certaines utilisant des Su-27. De plus, près de 100 appareils furent laissés dans les anciennes républiques soviétiques (Ukraine et Belarus). A l'été 1992, les escadrons de l'ex-URSS quittèrent la Pologne. D'après les analystes, début 1996, l'armée de l'air russe utilisait 130 Su-27, avec approximativement 300 appareils utilisés par l'ADF. En plus de cela, 24 Su-27K intégrèrent l'escadron naval de la marine Russe dans la Flotte du Nord (une partie des Su-27 étaient en poste à bord du porte avion lourd l'Amiral Kuznetsov, le reste étant basé sur des bases côtières).

DESIGN GENERAL



DESIGN GENERAL

Design

La raison principale du succès du design du Su-27 est sa configuration aérodynamique, nommé « concept aérodynamique intégré » par les designers. Cette configuration comporte une forte intégration de la voilure au sein du fuselage. La voilure à faible traînée est équipée de grandes extensions de bord d'attaque et est intégrée au fuselage pour ne créer qu'un vaste corps portant.

L'appareil n'a quasiment pas de stabilité statique et requiert un système de vol électrique (fly-by-wire). Le système fly-by-wire SDU-10 contrôle le tangage de l'appareil pour assurer la stabilité et la manœuvrabilité de l'appareil pour le pilote, en améliorant au passage les performances aérodynamiques, limitant les efforts trop importants et les angles d'attaque lorsque nécessaire et diminuant la charge sur la structure aérodynamique.

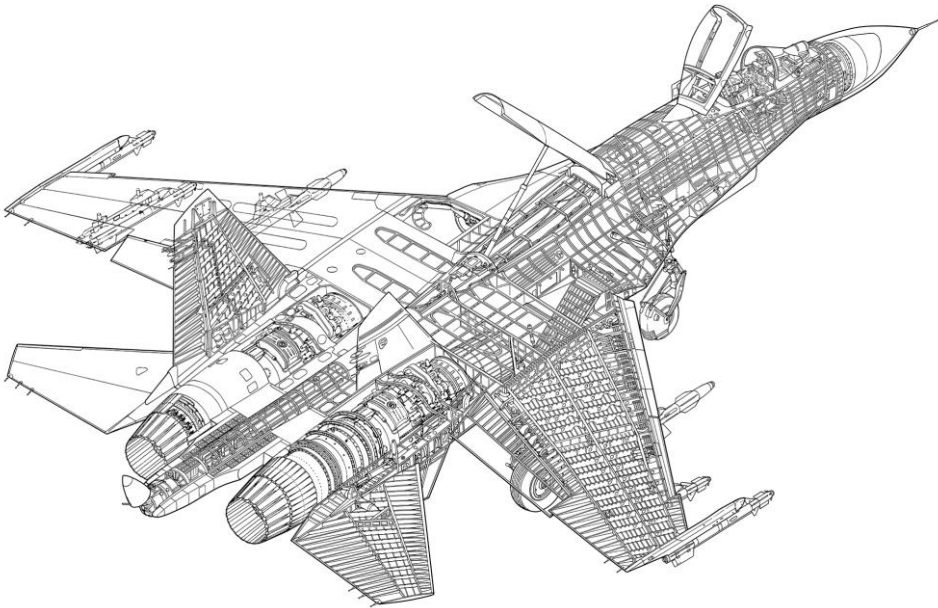


Figure 16 : Écorché du Su-27S

Deux turboréacteurs AL-31F équipés de post-combustion sont placés dans des nacelles séparées, largement espacées et montées sous le fuselage porteur. Les entrées d'air sont équipées de rampes à géométrie variable.

Le Su-27 est équipé de dérives jumelles montées sur les bords extérieurs du fuselage, et de quilles en dessous. L'aérofrein est positionné au centre de la section médiane de l'appareil, derrière le cockpit. Le train tricycle des Su-27 et Su-27UB est équipé d'une roue simple sur chaque jambe. Un déflecteur est monté sur la roulette de nez pour prévenir les dommages dus aux objets étrangers.

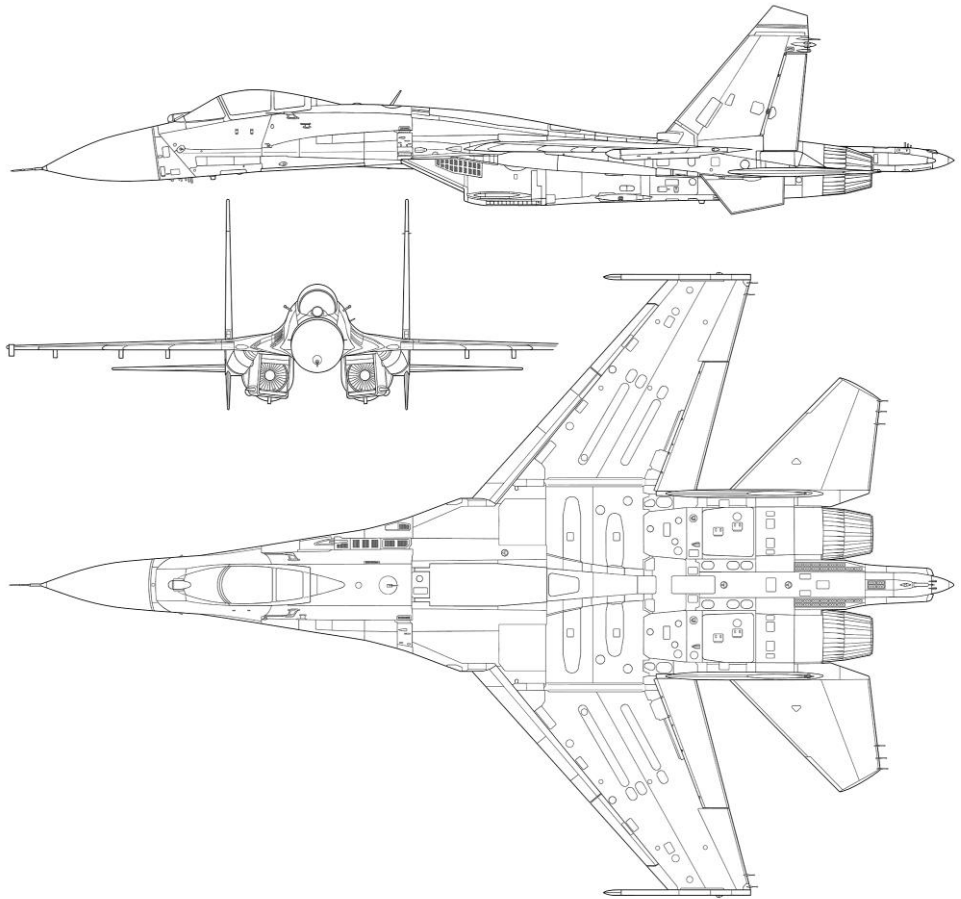


Figure 17 : Su-27S

Systèmes et Avionique

Le Su-27 est équipé du système de contrôle de l'armement SUV-27, qui incorpore un radar de visée RLPK-27 ainsi qu'un système de visée électro-optique OEPS-27, un système d'intégration des indications SEI-31, un récepteur/émetteur IFF et un système de tests automatique. Le système de contrôle de l'armement est couplé au système de navigation PNK-10, aux équipements radios, à l'IFF, aux équipements de transmission des données et au système d'auto-défense électronique.



Figure 18 : Radar N001

Le système RLPK-27 est contrôlé par un ordinateur Ts-100 et inclut un radar à impulsion Doppler N001 (capable d'émettre également vers le bas) ayant un rayon d'action de 80 à 100km sur l'hémisphère avant et 30 à 40 km sur l'hémisphère arrière pour des cibles de la taille d'un chasseur. Il peut suivre simultanément jusqu'à 10 cibles tout en fournissant les informations pour intercepter la cible prioritaire.



Figure 19 : OLS-27 IRST

Le système de visée électro-optique OEPS-27 consiste en un couple laser/infrarouge de recherche et de suivi OLS-27 ainsi que du désignateur de cible intégré au casque Shchel-3UM. Tout cela est

contrôlé par l'ordinateur de vol Ts-100. Le capteur de l'OLS-27 est situé à l'avant de la verrière du cockpit, au centre. Le système acquiert et suit les cibles aériennes de par leur signature thermique. Le système de visée et de calcul de distance par laser de l'IRST (monté sur le casque du pilote) peut également être utilisé pour acquérir et déterminer les coordonnées de cibles aériennes ou terrestres.

Le système d'indications intégrées SEI-31 fournit des données de vol, de navigation et de visée sur l'affichage tête haute ILS-31 ainsi que sur l'affichage tête basse. Le système d'auto-défense électronique fournit au pilote des alertes lorsqu'éclairé par un radar ennemi et emploie aussi bien des contremesures actives que passives. L'appareil est équipé d'un système d'alerte radar SPO-15 Beryozha et d'un dispenseur de leurres (thermiques et radars) APP-50, placé dans la queue de l'appareil entre les deux moteurs. En supplément, l'appareil peut emporter les pods ECM actifs Sorbtsiya en bout d'ailes.

Cockpit

Le cockpit est équipé d'un siège éjectable K-36DM Série 2. Le dossier du siège est incliné de 17 degrés. Dans la version biplace Su-27UB, les sièges sont placés en tandem, le siège arrière étant surélevé pour permettre une bonne vision vers l'avant. L'arrangement du cockpit du Su-27 classique consiste en un ensemble d'instruments analogique, d'un HUD et d'affichages tête basses pour afficher les données radar et les données de visée électro-optique (IRST). Des deux côtés du HUD se trouvent les capteurs pour la visée casque. Sur le côté droit des écrans d'affichage tête basse se trouve l'indicateur d'alerte radar.



Figure 20 : Cockpit du Su-27P

Performances de l'appareil	
Masse au décollage	
- normal (incluant 2xR-27R + 2xR-73, 5270 kg de carburant), kg	23 430
- maximum, kg	30 450
Masse maximale au décollage, kg	21 000
Masse Limite à l'atterrissage, kg	23 000
Capacité maximale interne de carburant, kg	9 400
Emport maximum, kg	4 430
Plafond opérationnel (sans emports), km	18.5
Vitesse maximale au niveau de la mer (sans emports), km/h	1 400
Mach maximal (sans emports)	2.35
Limite de G (opérationnel)	9
Rayon d'action maximum (avec 2xR-27R, 2xR-73 lancés à mi-parcours) :	
- au niveau de la mer, km	1 340
- en altitude, km	3 530
Temps de vol maximum, heures	4.5
Distance de décollage à une masse usuelle de décollage, m	450
Distance d'atterrissage à la masse normale d'atterrissage à une masse usuelle d'atterrissage (avec parachute de freinage), m	620
Dimensions de l'appareil :	
- longueur, m	21.9
- envergure, m	14.7
- hauteur, m	5.9
Equipage	1
Motorisation	
Nombre et types de moteurs	2 x AL-31F
Poussée	
- en post-combustion, kgf	12 500
- à puissance maximale, kgf	7 670

AVIONIQUE DU MODE SIMPLIFIÉ (ARCADE)



AVIONIQUE DU MODE SIMPLIFIÉ (ARCADE)

Le mode de jeu simplifié fournit 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 jeu ou en réglant le jeu sur le mode simplifié.

Affichage Radar en mode simplifié

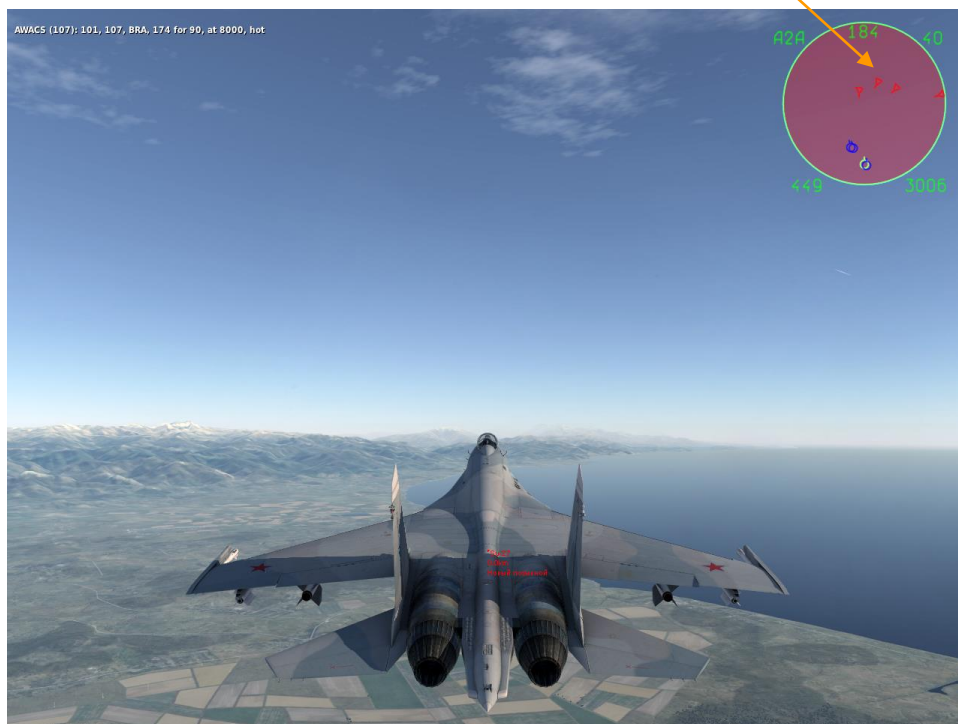


Figure 21 : Affichage Radar en mode simplifié

L'affichage, localisé dans le coin en haut à droite de l'écran est une vue du dessus avec votre appareil (cercle vert) situé en bas et au centre de l'affichage. Les symboles situés au-dessus de votre symbole sont situés devant vous, les symboles à droite et à gauche de vous sont situés sur les côtés de votre appareil.

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

Cependant, chaque mode aura les données suivantes en commun :

- **Mode.** Indiqué à l'extérieur du coin supérieur gauche de l'affichage. Celui-ci 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 réglée sur le radar.

Touches de portée radar :

- Zoomer : [=]
- Dézoomer : [-]
- **Vitesse Vraie (TAS - True Air Speed).** A l'extérieur du coin inférieur gauche de l'affichage se trouve la vitesse vraie de votre appareil.
- **Altitude Radar.** A l'extérieur du coin inférieur droit de l'affichage se trouve l'altimètre radar qui indique votre altitude par rapport au sol ou à l'eau.
- **Cap actuel.** A l'intérieur de l'affichage au centre et en haut se trouve le cap magnétique actuel de votre appareil.

Mode Navigation

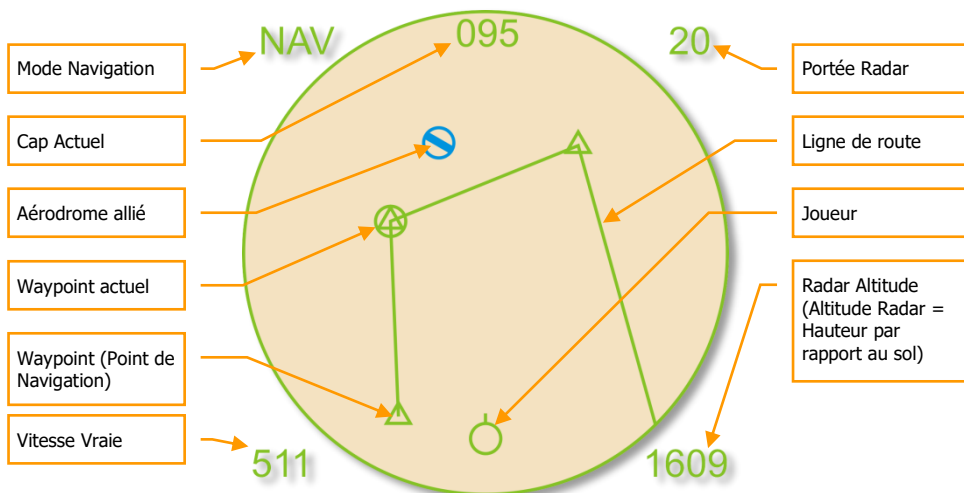


Figure 22 : Mode Navigation

Le mode navigation inclut les symboles uniques 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).** Ce triangle vert représente les autres waypoints de votre plan de vol.
- **(Ligne de route).** Les lignes vertes de route connectent vos waypoints de votre plan de vol.

Mode Air-Air

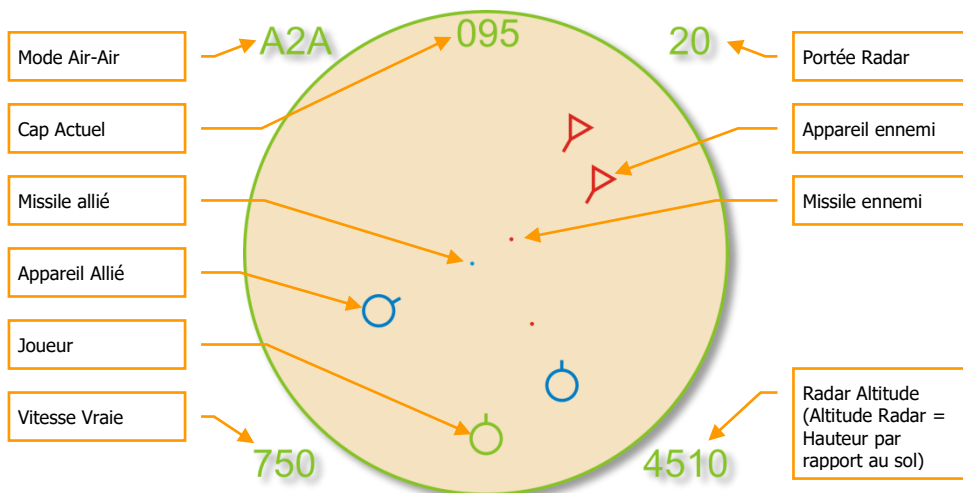


Figure 23 : Mode Air-Air

Le mode Air-Air inclut les symboles uniques 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 ennemis).** Tous les appareils ennemis sont indiqués par des cercles 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'avion 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]**

INSTRUMENTS DU COCKPIT



INSTRUMENTS DU COCKPIT

Ce chapitre va vous familiariser avec les instruments de bord du Su-27. Pour piloter correctement cet avion, vous devrez comprendre et assimiler les fonctions et positions de tous les instruments présents dans le cockpit.

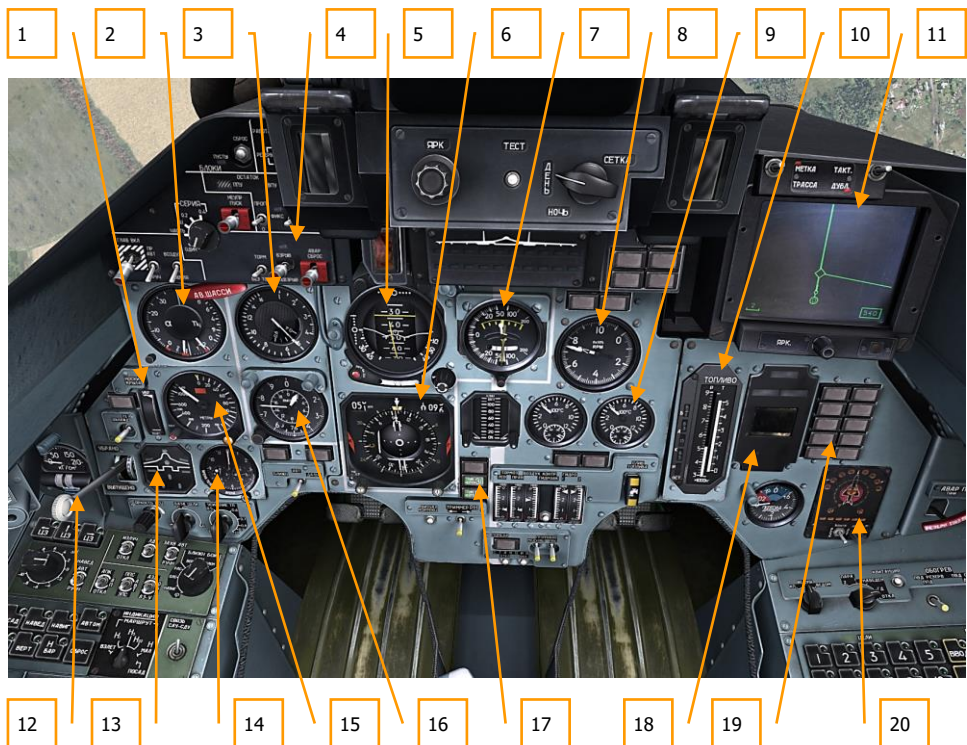


Image 24 : Panneau des instruments du Su-27

1. Indicateur de position des becs de bord d'attaque
2. Incidencemètre (Indicateur d'angle d'attaque / AOA) et accéléromètre
3. Indicateur de vitesse air et Mach
4. Panneau de commandes armements
5. Horizon artificiel (ADI)
6. Indicateur de situation horizontale (HSI)
7. Variomètre (Indicateur de vitesse verticale / VVI)

8. Tachymètre
9. Indicateurs de températures inter-étage de turbine
10. Jauge carburant
11. Visualisation tête basse (HDD)
12. Levier de commande du train d'atterrissage
13. Indicateur de trainées
14. Horloge
15. Radio altimètre
16. Altimètre barométrique
17. Lampes d'indication de mise au neutre du trim en tangage, roulis et lacet.
18. Panneau d'information des systèmes intégrés "EKRAN"
19. Voyants d'avertissement (tableau de pannes)
20. Système d'alerte radar SPO-15 "Beryoza"

Indicateur de Vitesse et de Mach

L'indicateur de vitesse et de Mach indique la vitesse air (IAS). L'échelle est graduée de 1 à 1600 km/h. La jauge du nombre de Mach est graduée de 0.6M à 3M.



Image 25 : Indicateur de vitesse et de nombre de Mach

Altimètre barométrique

L'altimètre barométrique indique l'altitude de l'avion au-dessus du niveau de la mer. Le cadran intérieur de l'altimètre est gradué de 0 à 20.000 mètres par incréments de 1.000 mètres. Le cadran extérieur est gradué de 0 à 1000 mètres par incréments de 10 mètres. L'altitude de l'avion est déterminée par la somme des indications données par ces deux cadrans.



Image 26 : Altimètre barométrique

Radio Altimètre

L'altimètre radar indique l'altitude de l'avion par rapport au sol. Les indications fluctuent donc en fonction du relief du terrain survolé. Cet altimètre mesure la hauteur uniquement entre 0 et 1.000 mètres. En cas de roulis prononcé, les indications ne sont plus fiables.



Image 27 : Radio Altimètre

Indicateur de trainées

L'indicateur de trainées affiche la position du train d'atterrissage, des volets, des boucliers anti-ingestion des entrées d'air et de l'aérofrein. Si le train d'atterrissage n'est ni descendu ni monté, une lampe rouge s'allume au centre de l'indicateur.

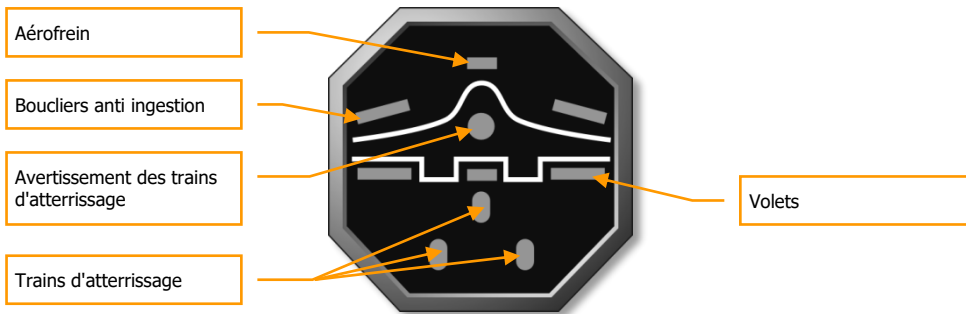


Image 28 : Indicateur de trainées

Incidencemètre (AoA) et Accéléromètre (g)

L'incidencemètre et l'accéléromètre indiquent l'angle d'incidence actuel ainsi que l'accélération ou facteur de charge (G). La partie de gauche indique la valeur d'angle d'incidence en degrés et la partie de droite indique le facteur de charge en G. Une marque montre l'accélération maximale endurée durant le vol.



Image 29 : Incidencemètre et accéléromètre

Horizon Artificiel

L'horizon artificiel (ADI) indique l'angle de tangage et de roulis de l'avion. Dans la partie basse se trouve l'indicateur de glissement. Utilisez le palonnier pour éliminer le glissement. Tentez de garder la boule de l'indicateur de glissement centrée durant les virages. Sur la façade du cadran se trouvent les indicateurs de roulis et tangage requis. Ces aiguilles indiquent la position à suivre pour rejoindre le prochain waypoint. Lorsque les deux barres jaunes sont placées en position centrale, l'avion vole selon la route prévue. Durant les atterrissages, l'indicateur en forme de W sert alors de système d'atterrissage aux instruments (ILS).

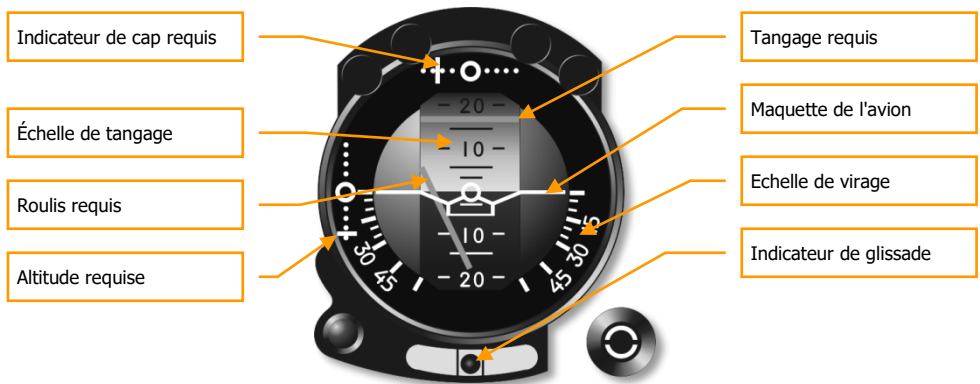


Image 30 : ADI

Indicateur de Situation Horizontale

L'indicateur de situation horizontale ou HSI donne un aperçu de la direction de l'avion par rapport à sa course prévue. Le compas tourne de manière à ce que le cap actuel soit toujours pointé vers le haut. La flèche de Course indique la route requise vers le prochain point de passage tandis que l'aiguille de cap pointe directement vers le prochain Waypoint. La distance vers le prochain point de passage ainsi que le cap y menant sont indiqués numériquement sur le dessus de l'instrument. Au centre se trouvent les barres d'indication de la pente et trajectoire du RSBN (équivalent russe de l'ILS).



Image 31 : HSI

Variomètre

L'indicateur de vitesse verticale mesure la vitesse verticale de l'avion, par ex. le taux de montée ou de descente. L'indicateur de glissade présent est un instrument de secours de l'indicateur de glissade compris dans l'ADI. L'indicateur de roulis montre le taux de roulis, cette indication n'est qu'approximative.

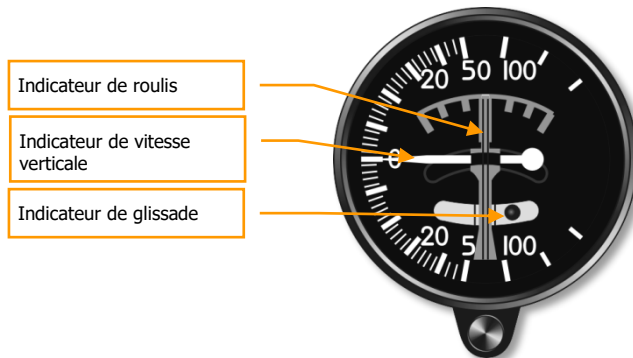


Image 32 : Indicateur de vitesse verticale

Horloge de l'appareil

L'horloge de l'appareil montre l'heure telle qu'elle a été réglée dans l'éditeur de mission.



Image 33 : Horloge de bord

Tachymètre

Le tachymètre mesure le nombre de tours par minute de chacun des moteurs et indique les valeurs en pourcentage du RPM maximum. En PC (réchauffe / full afterburner), des voyants verts s'allument au-dessus du tachymètre, et l'indicateur peut passer au-delà des 100%.



Image 34 : Tachymètre

Jauges Carburant

La jauge de quantité de carburant (P) indique ce qui reste dans tous les réservoirs. La jauge (T) indique le carburant restant dans le réservoir "nourrice".

Si des réservoirs externes sont emportés, une lampe d'alerte verte indique lorsqu'ils sont sur le point de tomber à sec. Notez que le Su-27 modélisé dans le jeu ne peut emporter de réservoir externe.

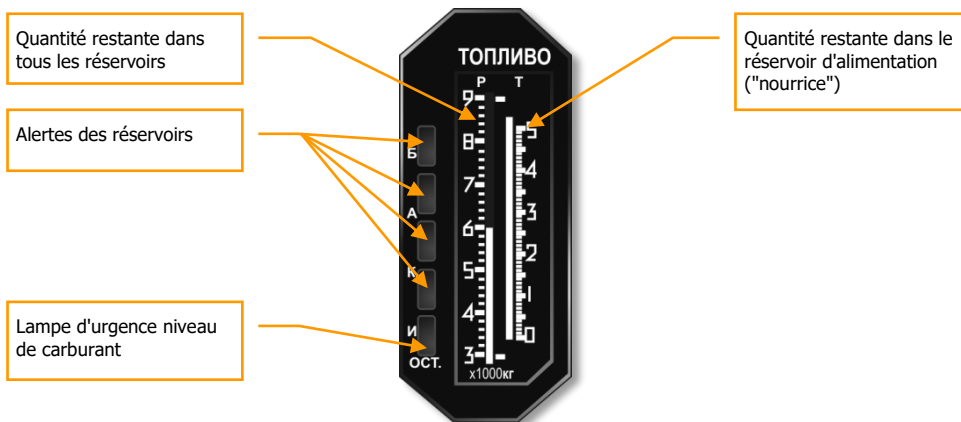


Image 35 : Jauges carburant

Indicateurs de T° ITT (Températures inter-étages de turbine)

Les deux indicateurs de température indiquent la température de sortie des gaz des turbines de gauche et de droite.



Image 36 : Indicateurs de température des turbines

Visualisation tête basse (HDD)

L'écran de visualisation tête basse est situé dans le coin supérieur droit du panneau des instruments. Il affiche les informations telles que la route pré-planifiée, l'emplacement des points de passage et les aéroports. En mode de combat, les informations du radar et du système électro-optique y sont représentées.

L'échelle du HDD peut être changée par le pilote.



Image 37 : HDD

Système d'alerte radar

Des radars sont installés dans des avions, des navires ainsi que sur des véhicules terrestres afin de verrouiller puis guider des munitions sur différents types de cibles. La plupart des avions modernes sont équipés avec un système d'alerte radar (RWS) qui détecte l'illumination d'un radar ennemi. Alors que chaque compagnies et bureaux ont chacun une approche unique pour concevoir ce genre de système, tous les RWS ont un principe de fonctionnement communs.

Le RWS est un système passif, donc il n'émet pas d'énergie. Il détecte les émissions des radars et les classifie en fonction d'une base de données des types de radars connus. Le RWS peut également déterminer la direction de l'émetteur ainsi que son mode opérationnel. Il permet par exemple de savoir si le radar ennemi a sur vous une accroche en mode de Single Target Track (Verrouillage sur cible unique). Toutefois, le RWS ne peut pas définir la distance à laquelle se trouve le radar émetteur.

Pour acquérir et maintenir la connaissance de la situation tactique (Situational Awareness), il est recommandé d'utiliser la sélection de mode du RWS. Si vous passez en mode filtré, le RWS identifiera uniquement les radars opérant en mode Single Target Track (lock), les radars transmettant des commandes de guidage pour les missiles semi-actifs (tir) ainsi que les radars des missiles actifs (tir).

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

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

1. La menace est soit un missile à radar actif, soit un signal de guidage missile (tir missile) ;
2. La menace est un radar transmettant en mode Single Target Track (ou n'importe quel autre mode de verrouillage sur cible) ;
3. La menace est classée en priorité selon un assortiment de type de menaces. Voici la liste de ces types :
 - La menace est un radar d'interception aéroporté (chasseur) ;
 - La menace est un radar sol longue portée ;
 - La menace est un radar sol moyenne portée ;
 - La menace est un radar sol courte portée ;
 - La menace est un radar de veille/surveillance au sol 'Early Warning' (EW) ;
 - La menace est un 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'EMETTEUR

Système d'alerte radar SPO-15

Le RWS indique les radars qui visent l'avion. Cette information est présentée comme autant de symboles de types et directions des radars. Six lampes se trouvent dans la partie inférieure de l'instrument et informent le pilote du type de radar illuminant l'avion. Le système donne l'alerte pour chaque radar, qu'il soit ami ou ennemi.

Le modèle du SPO-15 implémenté dans le jeu est très proche du vrai système installé à bord du Su-27.

Le système indique la détection de signaux radars aux angles suivants: $\pm 180^\circ$ en azimut et $\pm 30^\circ$ en élévation.

Nombre maximum de menaces affichées à l'écran : Illimité.

Délai d'affichage de l'historique des menaces : 8 secondes

Modes de fonctions : Tous (acquisition) ou Verrouillage (le bouton "ОБЗОР/ОТКЛ").

Type de menaces :

П – radar d'interception aéroporté

З - radar sol longue portée

Х - radar sol moyenne portée

Н - radar sol courte portée

В - radar sol d'alerte/veille (EW)

C - AWACS

Les voyants d'élévation relative, de puissance d'émission et de verrouillage/lancement ne sont présents que pour la menace principale.

Si la durée entre les impulsions radar est égale ou supérieure à huit secondes, le voyant d'azimut ne clignotera pas.

En cas de détection d'un balayage radar ('spike' ou 'nails'), un avertissement sonore de basse fréquence se fera entendre.

Si un radar est en mode verrouillage, l'indicateur "Verrouillage/Lancement" (Lock/Launch) s'allumera, accompagné d'un son continu à haute fréquence.

Si un lancement de missile à guidage radar est détecté, l'indicateur "Verrouillage/Lancement" va clignoter, accompagné d'un avertissement sonore aigu.

Un missile à guidage radar actif peut être détecté par le système après que le missile a établi un verrouillage en utilisant son propre radar embarqué. Dans ce cas, le missile deviendra la menace primaire. La clef pour reconnaître un missile à guidage radar actif est l'augmentation rapide de l'intensité du signal (voyants de puissance d'émission).

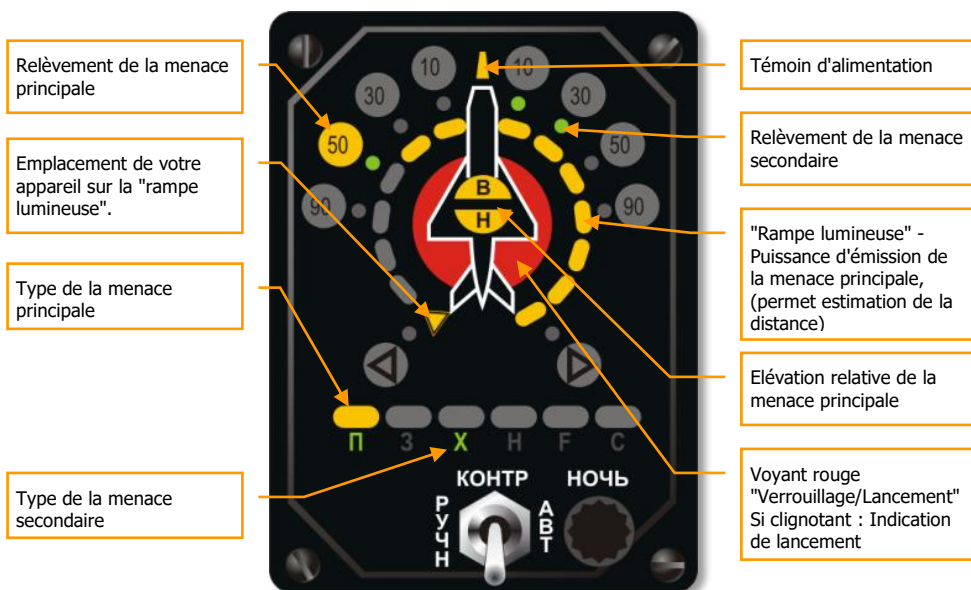


Image 38 : Indicateur SPO-15LM "Beryoza"

La capacité d'interpréter correctement les informations indiquées sur le RWS est vitale en combat.

Analysons ensemble l'image située ci-dessus en titre d'exemple.

Comme indiqué sur cette image, deux menaces sont visibles sur le panneau du RWS :

1. La menace principale se trouve à 50° sur la gauche (à 10 heures) et est indiquée par une large lampe orange. La lampe au-dessus du symbole "П" indique qu'il s'agit d'un intercepteur. Ce type de menace inclut tous les chasseurs. La rampe circulaire de puissance de signal ("rampe lumineuse") consiste en divers segments jaunes qui montrent la puissance relative de l'émission du radar de la menace principale. Les deux hémisphères centraux, marqués "B" et "H" indiquent l'altitude relative de la menace par rapport à notre avion. Dans la cas présent, la menace se trouve à la même altitude que nous, à +\ - 15° de différence. En résumé, l'affichage peut être interprété comme suit : Votre menace principale est un chasseur approchant dans vos 10 heures, à plus ou moins la même altitude que vous et jugeant son signal, il est prêt à vous lancer un missile.
2. La menace secondaire est positionnée à un azimuth entre 10° et 30° (1-2 heures à droite) et est signalée par les deux lampes vertes. Le 'X' vert dans la ligne de type de menaces indique que vous êtes ciblé par un radar de moyenne portée. Il n'y a pas d'autre renseignement concernant la menace secondaire.

Dans un environnement complexe, il est parfois difficile de définir le type de menace et sa direction. Dans ce cas, il est recommandé d'utiliser le mode de filtrage du RWS [ShiftD-R] qui retire tous les émetteurs opérant en mode d'acquisition/balayage.

Le RWR peut produire de multiples alertes audio. Vous pouvez en ajuster le volume en pressant les touches [AltD-.] et [AltD-..].

Panneau PPD-SP (contremesures)

Sur le côté droit du cockpit se trouve le panneau de contrôle du PPD-SP. Au milieu de ce panneau se trouve l'indicateur PI-SP. Cet afficheur montre le nombre de leurres infrarouges (flares) et de paillettes (chaff) restant. La colonne de gauche indique les chaff. Chaque segment correspond à un ensemble de 16 chaff. La colonne de droite indique le nombre de flares. Un segment correspond à un ensemble de 8 cartouches flares. Les flares sont largués par paires.



Image 39 : Panneau PPD-SP

Interrupteur de Contrôle Direct

Le mode de **CONTROLE DIRECT** est branché en pressant la touche **[S]** dans le cas où le système de commande électrique (fly-by-wire) tombe en panne. Le pilotage dans ce mode requiert des précautions particulières ; les caractéristiques de vol sont :

- Stabilité en tangage insuffisante
- Faible amortissement des effets aérodynamiques
- Augmentation de la sensibilité longitudinale du manche

C'est dans ce mode que la manœuvre dite du "Cobra de Pougatchev" peut être accomplie. Ce mode de vol est débranché en appuyant sur la touche **[S]** à nouveau. La vérification de l'état du mode peut être effectuée visuellement en constatant la position du bouton situé dans la partie gauche du cockpit.



Image 40 : Interrupteur de Contrôle Direct

Interrupteur Loi Directe
des commandes de vol

Mécanisme de Trim (Compensateur)

La compensation des commandes de vol de l'avion est effectuée en appuyant sur les touches **[CtrlD+ .]** et **[CtrlD + ;]** pour le tangage ainsi que **[CtrlD + ,]** et **[CtrlD + /]** pour le roulis.

Pour compenser les pédales du palonnier, il s'agit des touches **[CtrlD + Z]** et **[CtrlD + X]**.

La déflexion maximale des compensateurs est :

- Tangage : 38% de la course du manche vers l'arrière et 50% vers l'avant
- Roulis : 50% à gauche et à droite
- Palonnier : 50% de la course des deux côtés

La position neutre du mécanisme de compensation est confirmée par trois voyants annonceurs : "ТРИММ. СТ. НЕЙТР." (tangage au neutre), "ТРИММ. ЭЛ. НЕЙТР." (roulis au neutre), et "ТРИММ. Р.Н. НЕЙТР." (lacet au neutre). Ces trois témoins se situent dans la partie inférieure du panneau principal du cockpit.

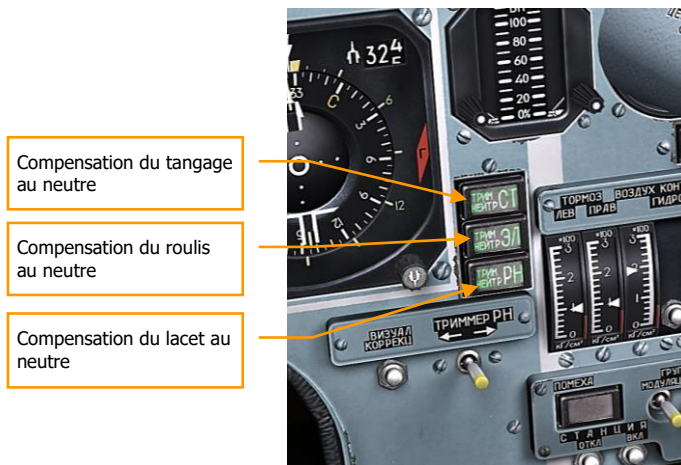


Image 41 : Voyants annonceurs des compensateurs

Le réglage du trim au neutre se fait par l'appui des touches **[CtrlG + T]**. Cela est justifié car il n'y a pas de sensation réelle de poids sur les commandes de vol, comme c'est le cas dans un avion réel.

Le maintien du troisième bouton du joystick **[Joybutton 3]** est une méthode alternative pour compenser l'avion. Dans ce mode, les mouvements du joystick commandent alors la compensation, dans les canaux appropriés, et non plus le manche à balai.

Si vous disposez d'un joystick avec retour de force, la compensation va remettre le joystick en position neutre, comme dans le vrai Su-27.

Système de Contrôle Automatique (ACS)

L'ACS fournit :

- La stabilisation automatique du roulis/tangage ainsi que de l'altitude barométrique
- La mise à niveau automatique de l'avion en roulis et tangage
- La stabilisation de l'avion à une altitude absolue au radio altimètre entre 100m et 1000m, ainsi qu'un système automatique d'évitement de collision avec le sol.
- Le contrôle automatique de montée et de descente
- Le contrôle automatique de l'avion sur le plan horizontal en fonction des données du plan de vol en mode de Navigation.
- Le retour automatique de l'avion vers un aéroport prédéfini, ainsi que l'approche jusqu'à une altitude de 50-60m, en fonction des données présentes dans le système de navigation.

Les vérins du système de vol électrique (fly-by-wire) ainsi que les mécanismes de compensation sont utilisés par le système de contrôle automatique (il n'y a pas de vérins séparés pour l'ACS).

Avant d'allumer l'ACS, l'avion devra être compensé. (Sauf pour le mode "Remise en palier" - "Приведение к горизонту"). Une déflexion des commandes de plus de 20% durant le fonctionnement de l'ACS (ou plus de 80° de roulis/tangage) désengage l'ACS et place les commandes en mode de contrôle manuel. (à l'exception du mode "Remise en palier"), tel que l'annonceur présent sur la partie gauche du panneau principal du cockpit l'indique. Dans ce cas, vous devrez réinitialiser l'ACS en appuyant sur le bouton "СБРОС" (RESET) [Alt -9].



Image 42 : Voyant annonceur de Contrôle Manuel

Le mode ACS est contrôlé par des interrupteurs avec voyants lumineux intégrés situés sur la console de gauche.

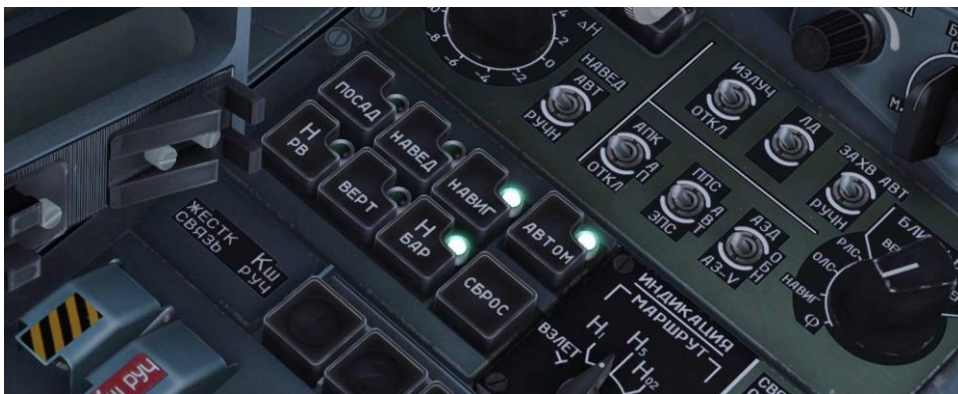


Image 43 : Boutons lumineux de l'ACS

Le bouton lumineux "АВТОМ" (AUTO) s'allume lorsque n'importe lequel des modes ACS est activé (en même temps que les autres boutons lumineux). Si ce bouton n'est pas allumé, cela signifie que le mode ACS est inactif. Si ce bouton lumineux est le seul allumé, cela signifie que le mode de maintien d'attitude de l'avion est actif.

Pour contrôler l'ACS, les commandes suivantes sont utilisées :

[A] – Bouton de suivi de route et de stabilisation de l'altitude barométrique. Lorsque l'ACS est actif, cette commande repousse le bouton "СБРОС" (RESET) en position éteinte depuis le mode "УПРАВЛЯЙ ВРУЧНУЮ" (CONTROLE MANUEL) ainsi que "УВОД НА ВЫСОТУ" (MODE D'EVITEMENT DE TERRAIN).

[H] – Bouton du mode de stabilisation d'altitude barométrique. Ce mode n'est possible que lorsque l'avion a un roulis de moins de 8° et que le cap est stable.

[AltG-1] – Bouton de maintien d'attitude (Le bouton lumineux "АВТОМ" est allumé). Uniquement disponible que lorsque l'avion a un roulis de moins de 8° et que le cap est stable.

[AltG-2] – Commande alternative pour activer la stabilisation d'altitude barométrique.

[AltG-3] – Remise en palier. Dans ce mode (d'urgence/secours), l'ACS n'est pas désactivé par les mouvements du stick et n'a pas de limitation au niveau de l'angle de roulis ou de tangage. Si ce mode est activé, le bouton lumineux "ПРИВЕД К ГОРИЗ" (Remise en palier) situé à droite de la partie basse de la console centrale est allumé.



Image 44 : Annonciateur "ПРИВЕД К ГОРИЗ" (Remise en palier)

[AltG-4] – Commande alternative pour activer la stabilisation de l'altitude barométrique. Même commande que **[H]**.

[AltG-5] – Active le mode de stabilisation d'altitude radar à une altitude comprise entre 300m et 1.000m. Lorsque l'altitude radar est inférieure à 50m ou que la vitesse verticale est supérieure à -15m/s, le mode "УВОД НА ВЫСОТУ" (EVITEMENT DE TERRAIN) est automatiquement activé. Le roulis de l'avion est alors remis à zéro et l'avion redresse automatiquement son attitude afin d'atteindre un angle de tangage positif avec une ressource de maximum 4G.

[AltG-6] – Active le mode de suivi de route. En même temps, le tangage est stabilisé à l'angle dans lequel se trouve l'avion lorsque ce mode est activé.

[AltG-9] – En activant le bouton "СБРОС" (RESET), tous les modes actifs s'éteignent, incluant le mode "УПРАВЛЯЙ ВРУЧНУЮ" (CONTROLE MANUEL) et le mode "УВОД НА ВЫСОТУ" (EVITEMENT DE TERRAIN). Cela réinitialise également les pannes de l'ACS.

Modes opérationnels du HUD (VTH) et du HDD (VTB)

Symbologie de base du HUD

Quel que soit le mode actif de l'avionique, certains symboles du HUD ne changent pas. Nous allons analyser de plus près la symbologie du HUD en Mode ROUTE.

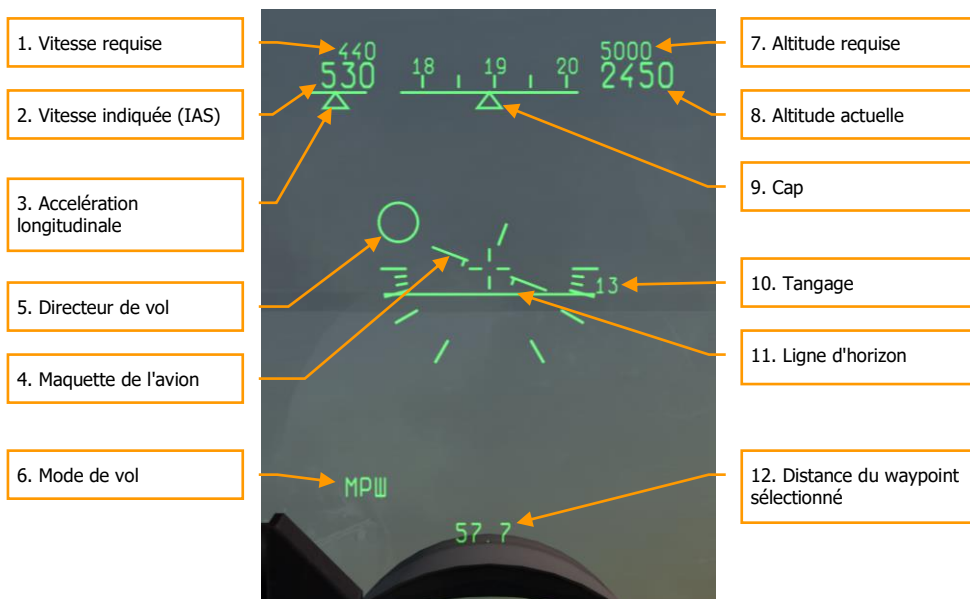


Image 45 : Symbologie de base du HUD

1. L'indicateur de Vitesse Requise montre la vitesse prévue pour le mode de vol actuel. Lorsque le mode ROUTE est activé, la Vitesse Requise indiquée sera celle valable pour le segment de route actuellement choisi.
2. La Vitesse Indiquée (IAS) est affichée sur la gauche de l'échelle. Au-dessus de l'IAS se trouve la Vitesse Requise. En fait, cela dépend du mode de vol. Dans le cas du mode ROUTE, c'est la Vitesse Requise qui est affichée.
3. En-dessous de l'indicateur numérique de la vitesse se trouve un petit index triangulaire qui indique l'Accélération Longitudinale. Vers la droite, l'avion accélère ; vers la gauche, l'avion décélère.
4. Au centre du HUD se trouve une représentation de l'avion indiquant le roulis et tangage de l'avion.
5. Le Directeur de vol ou Repère de navigation (cercle large) indique la direction à suivre pour atteindre la route planifiée (cap et altitude) vers le prochain point de passage. Si le cercle se trouve au centre de la maquette de l'avion, c'est que vous êtes sur la route.

6. Dans le coin inférieur gauche se trouve le Mode de Vol actuellement actif.
7. La valeur de l'altitude requise variera selon le Mode de Vol sélectionné. En mode ROUTE, l'index indiquera l'altitude assignée pour le segment de route sélectionné.
8. A droite de l'échelle de cap se trouve l'altitude de l'avion. Pour une altitude inférieure à 1 500 mètres au-dessus du sol, l'altimètre radar indique la valeur au mètre près. À une altitude barométrique supérieure à 1 500 mètres, la hauteur est indiquée à 10 mètres près. Au-dessus de l'échelle se trouve l'altitude requise. Cette valeur dépendra du mode de vol, dans le cas du mode ROUTE, la valeur indiquée sera celle de l'altitude planifiée dans le plan de vol.
9. Le cap actualisé se trouve sur la partie supérieure du HUD. Il montre la direction vers laquelle se dirige l'avion. (Exemple : 11 correspond à une valeur de 110°)
10. L'échelle de tangage, située sur la droite du HUD, montre l'angle de tangage de l'avion.
11. La ligne d'horizon artificiel indique un horizon virtuel qui correspond à 0° de tangage et sert à assister le pilote en cas de faible visibilité.
12. Dans la partie centrale du bas du HUD est indiquée la distance en kilomètres vers le prochain point de passage sélectionné.

En mode de navigation, les informations sur la route sont indiquées sur le HDD (direction de la route, points de passages et aéroports).

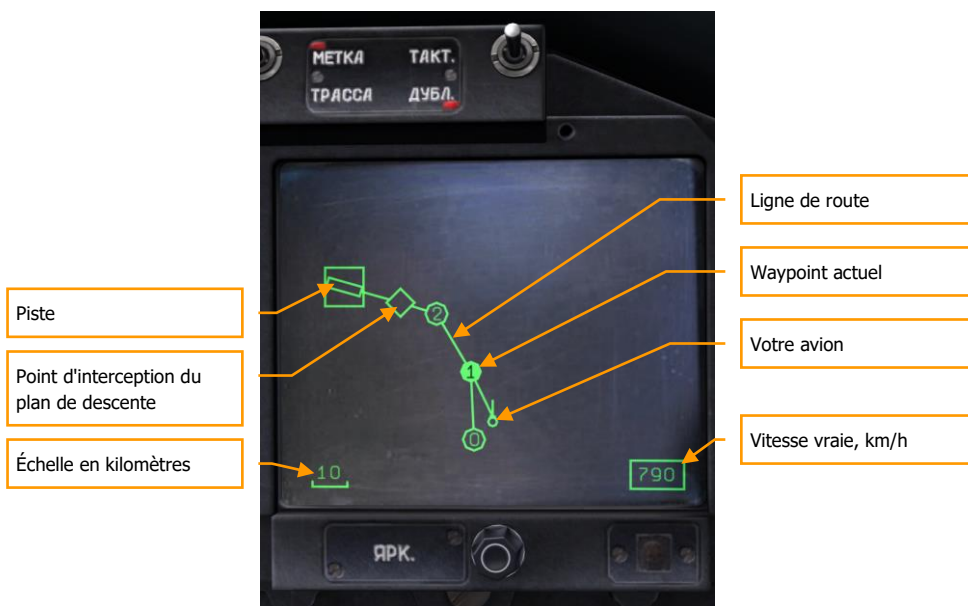


Image 46 : HDD en mode de navigation

- Les points de passages sont indiqués par des marques circulaires

- Les numéros des points de passage sont indiqués dans les marques circulaires
- Le point initial pour l'interception du glide slope est indiqué par un diamant
- Les pistes d'atterrissages sont représentées par des rectangles
- Le point de passage actuel est affiché en couleurs inversées
- Tous les points de passages sont reliés par une ligne de route

En mode de navigation, les informations de navigation sont affichées sur le HUD ainsi que sur le HDD. Il y a trois sous-modes de navigation: МРШ (ROUTE), ВЗВ (RETOUR), ПОС (ATTERRISSAGE) ainsi qu'un mode sans tâche précisée. Le passage d'un sous-mode à un autre s'effectue en appuyant sur la touche [1].

La prochaine route et point de passage sont affichés sur le HDD.

En mode ROUTE, la ligne de route passe au travers de tous les points de passage. Pour passer d'un point à un autre, vous pouvez utiliser la combinaison de touches [CtrlG + ~]. La ligne de route va alors connecter votre position actuelle au point de passage sélectionné.

En mode RETOUR, la ligne de route vous conduira vers le point d'interception du glide slope.

En mode ATTERRISSAGE, la ligne de route vous conduira vers la piste d'atterrissage choisie. La sélection de la piste peut se faire via la combinaison de touches [CtrlG + ~].

Modes de Navigation

Lorsque le sous-mode ROUTE est choisi, une marque circulaire est affichée sur le HUD. Cette marque montre la direction à suivre pour atteindre le prochain point de passage. Au-dessus des indications de l'altitude et de vitesse sont affichées les valeurs planifiées dans le plan de vol, valable pour la ligne de route sélectionnée. Lorsque le point de passage est atteint, la marque circulaire se déplacera automatiquement en direction du prochain point de passage. La route planifiée ainsi que les points de passage sont affichés sur le HDD.

En sous-mode RETOUR, la marque circulaire montre le point d'interception de la pente de descente. Le chemin le plus court vers ce point d'interception sera indiqué sur le HDD. Le cyclage manuel entre les pistes est effectué par les touches [CtrlG + ~]. Après avoir atteint le point d'interception du glide slope, le sous-mode ATTERRISSAGE s'active automatiquement et la tour de contrôle vous donnera des instructions.

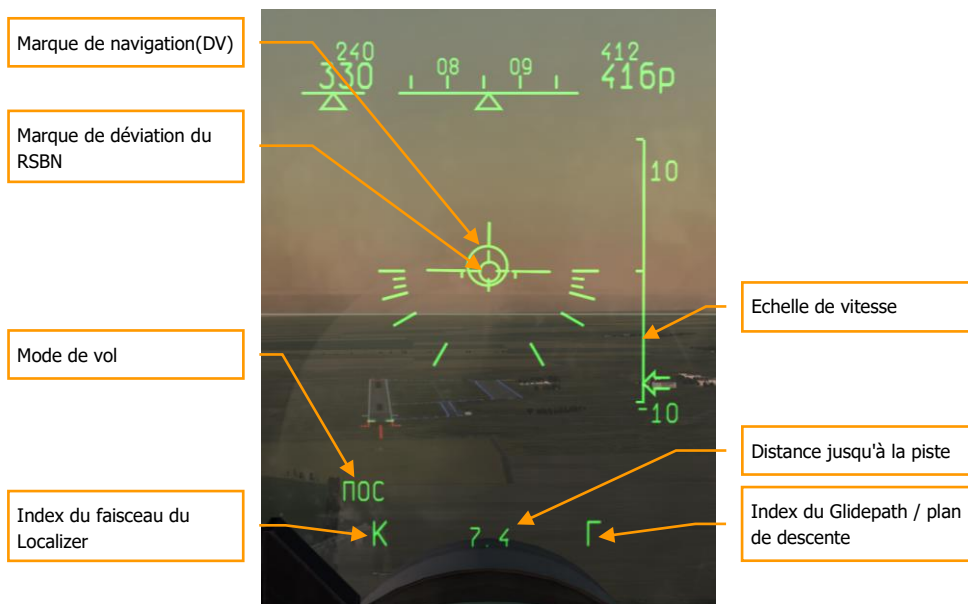


Image 47 : Atterrissage RSNB

En sous-mode ATERRISSAGE, le directeur de vol circulaire pointe vers la piste d'atterrissage. La direction de la piste est également indiquée sur le HDD. Les différentes pistes peuvent être choisies avec les touches **[CtrlG + ~]**. Une échelle de vitesse verticale apparaît sur la droite du HUD afin d'indiquer le taux de descente.

Modes de combat au-delà de l'horizon (Beyond Visual Range ou BVR)

Il existe plusieurs modes de combat BVR : "OБЗ" (SCAN) – (recherche), "ЧП" (TWS) – track-while-scan (suivi pendant la recherche), and "ПН" (STT) – single target track (verrouillage sur cible unique).

Mode "OБЗ" (SCAN)

Le mode "OБЗ" (SCAN - Recherche) est activé par la touche **[2]**. Il s'agit du mode principal de recherche BVR. Le système peut détecter jusqu'à 24 cibles. Il est nécessaire d'allumer au moins un des senseurs de contrôle de tir (radar ouIRST) avant qu'une cible ne puisse être détectée et engagée. En mode BVR, c'est le radar du chasseur qui est généralement utilisé. Le radar permet une détection à plus longue distance, et permet également l'utilisation de missiles semi-actifs.

Les informations nécessaires à la détection de cible et à leur verrouillage sont affichées sur le HUD. L'échelle d'affichage peut être contrôlée avec les touches **[+]** et **[-]**. La direction du balayage peut être modifiée en trois positions différentes : vers l'avant, vers la gauche ou vers la droite. L'élévation

du balayage peut être modifiée de deux façons différentes : doucement, en modifiant l'angle d'élévation du balayage, ou par la méthode 'distance-angle'. Pour utiliser cette méthode, vous devez régler la distance (en km) où vous supposez que se trouve votre cible en utilisant les touches **[CtrlID + +]** et **[CtrlID + -]**, ensuite régler l'altitude supposée de la cible par rapport à votre avion (également en km) en utilisant les touches **[ShiftD + ;]** et **[ShiftD + .]**. La distance estimée que vous avez introduite est indiquée sous la marque de couverture d'azimut se trouvant dans le bas du HUD. La différence estimée d'altitude est indiquée à droite de la marque de couverture d'altitude, sur la droite du HUD.

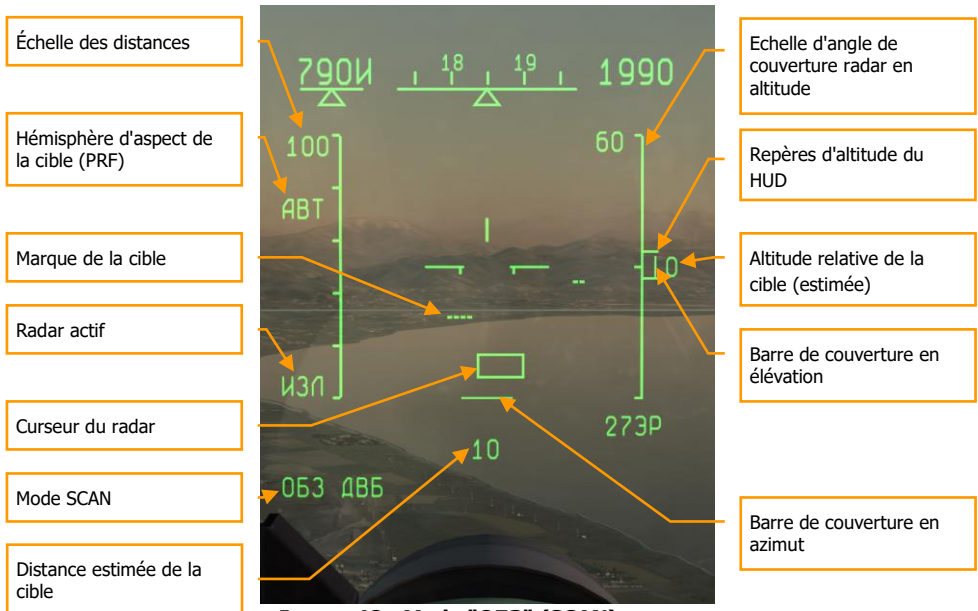


Image 48 : Mode "OБ3" (SCAN) -

Lorsque les senseurs du contrôleur de tir détectent une cible, celle-ci est représentée par une petite rangée de points horizontaux sur le HUD. Les cibles "amies" qui répondent à l'interrogation du système d'identification (IFF) sont représentées par une ligne double.

- L'échelle des distances peut être modifiée à l'aide des touches **[+]** et **[-]**.
- L'aspect (hémisphère) estimée de la cible est contrôlé par la touche **[ShiftD-I]**. Le mode ABT (ILV) peut être utilisé si l'aspect de la cible est inconnu. L'aspect estimé de la cible détermine la fréquence de répétition des pulsations du radar (PRF) lorsqu'il est en mode de recherche. Le mode de haute répétition (HPRF), qui fournit une plus grande distance de détection à l'encontre de cibles s'approchant (aspect d'hémisphère avant), est indiqué par l'annotation ППС (HI) sur le HUD, tandis que le mode à moyenne répétition (MPRF), utilisé pour les cibles fuyante (hémisphère arrière), est indiqué par l'annotation ЗПС (MED). En mode ABT (ILV), des passes de hautes et moyennes fréquences de répétitions sont alternées lors du balayage du radar. Cela donne l'avantage de pouvoir détecter toutes les

cibles indépendamment de leur aspect mais au coût d'une réduction de 25% de la distance maximale de détection.

- Une cible aérienne est indiquée sur le HUD comme une rangée horizontale de points. Le nombre de points correspond à la taille approximative de la cible mesurée par ses réflexions radar (radar cross-section ou RCS). Un point correspond à 2 mètres carrés ou moins. Deux points correspondent à un RCS de 2 à 30 m², 3 points = 30 à 60m², et 4 points correspondent à une cible renvoyant un RCS de plus de 60m². Un chasseur tactique a une valeur RCS généralement comprise entre 3 et 30 m², dépendamment du type, si des emports externes sont portés et de son angle d'aspect. La plupart des chasseurs sont donc généralement représentés sur le HUD comme une ligne comprenant deux points. Les avions amis ont une marque d'identification sous la forme d'une deuxième ligne de points positionnée au-dessus de la principale.
- Le symbole "ИЗЛ" sur la partie gauche du HUD indique que le radar est allumé et qu'il transmet activement les signaux.
- Le curseur de désignation de cible pour le radar est dirigé à l'aide des touches [;], [,] et [/].
- La distance estimée (manuelle) de la cible (généralement estimée grâce aux indications de l'AWACS ou du GCI) est réglée par les touches [CtrlD + +] et [CtrlD + -]. Cette distance est indiquée sur le bas du HUD, sous la barre de couverture en azimut. La couverture en élévation du balayage radar est calculée à partir de ce paramètre.
- L'altitude relative estimée de la cible par rapport à votre avion est réglée avec les touches [ShiftD + ;] et [ShiftD + .]. Cette valeur est indiquée sur la partie droite du HUD, à côté de la barre de couverture en élévation. Ce paramètre est également pris en compte dans le calcul de la couverture en élévation du balayage.

SI VOTRE CHASSEUR SE TROUVE A UNE ALTITUDE DE 5KM ET QUE L'AWACS VOUS RAPPORTE UNE CIBLE SE DEPLAÇANT A 80KM DE DISTANCE DE VOUS, A UNE ALTITUDE DE 10KM, VOUS DEVRIEZ DIRIGER VOTRE AVION VERS LA CIBLE, ENSUITE INTRODUIRE LA VALEUR DE 80KM EN DISTANCE ESTIMEE ET 5KM D'ELEVATION DANS LE RADAR. LA ZONE DE BALAYAGE DE VOTRE RADAR DEVRAIT ETRE CORRECTEMENT REGLEE VERS L'ELEVATION ESTIMEE DE LA CIBLE.

- L'échelle d'angle en élévation est également présente sur la partie droite du HUD. Cette échelle est limitée à 60° d'angle vers le haut et le bas. Cette limite est indiquée par des marques situées au-dessus et au-dessous de l'échelle. Une troisième marque, à l'intérieur de l'échelle, représente l'horizon. Les marques externes de l'échelle indiquent l'angle de vue du HUD. Cette indication aide le pilote à regarder dans la même direction que le radar en utilisant le HUD comme référence. Si la barre de couverture en élévation se trouve entre les deux marques représentant le HUD, alors la zone de recherche du radar se trouve dans la zone visible au travers du viseur tête haute.
- La barre de couverture en azimut est exposée dans le bas du HUD. Elle a trois positions fixes correspondant aux zones de balayage présélectionnées : vers la gauche - vers l'avant - vers la droite.

En mode BVR, les informations suivantes sont affichées sur le HDD :

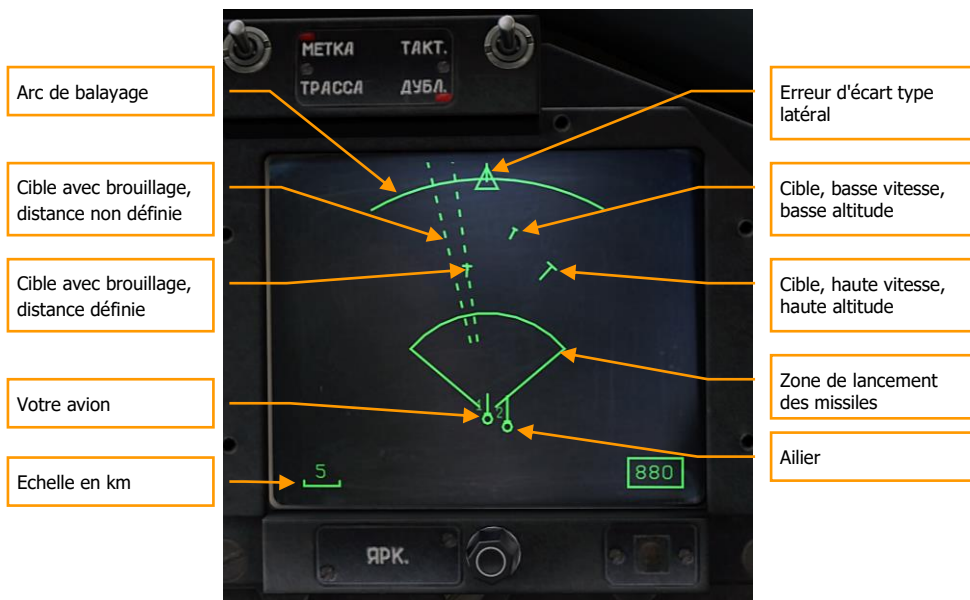


Image 49 : Symbologie du HDD en mode BVR

- L'arc de balayage (60°) dispose de trois positions : Vers l'avant, vers la gauche ou la droite. La position de l'arc de balayage correspond à celle de la barre de balayage du HUD.
- Une cible utilisant un brouillage et dont la distance n'est pas définie est affichée avec une ligne segmentée
- Une cible utilisant un brouillage et dont la distance est définie est affichée avec une marque intégrée dans une ligne segmentée.
- La cible est affichée avec un vecteur de déplacement ainsi qu'une ligne en travers. La longueur du vecteur dépend de la vitesse de la cible. La longueur de la barre perpendiculaire dépend de l'altitude de la cible.
- Les cercles représentent des avions amis
- Le symbole de votre avion est fixé près du bas, au centre du HDD
- L'échelle d'affichage est indiquée dans le coin inférieur gauche

MODE "CHП" (TWS)

Un autre mode de combat BVR est appelé "CHП" (Track-While-Scan ou TWS - Suivi pendant la Recherche). Ce mode est activé à partir du mode "ОБЗ" (SCAN) en appuyant sur la touche **[RAIt-I]**. Dans ce mode, le radar peut ainsi suivre jusqu'à 10 cibles simultanément. La principale différence par rapport au mode SCAN réside dans le fait que le radar ajoute certains paramètres, tels que l'élévation

et le vecteur de déplacement, alors qu'il continue à rechercher d'autres cibles. Le HDD affiche la situation tactique en vue du dessus, en incluant toutes les cibles suivies, chacune avec sa propre direction et position.

La mode TWS peut passer directement en mode de verrouillage (STT - Single Target Track ou Verrouillage sur cible unique). Cela est fait en bougeant le curseur du radar sur l'une des cibles. Le curseur va alors 'capturer' la cible et la suivre à partir de ce moment. Le verrouillage automatique se produit lorsque la cible se trouve dans la zone correspondant à 85% de la distance d'engagement maximale du missile. Le pilote peut toutefois forcer un verrouillage en appuyant sur la touche **[enter]**.

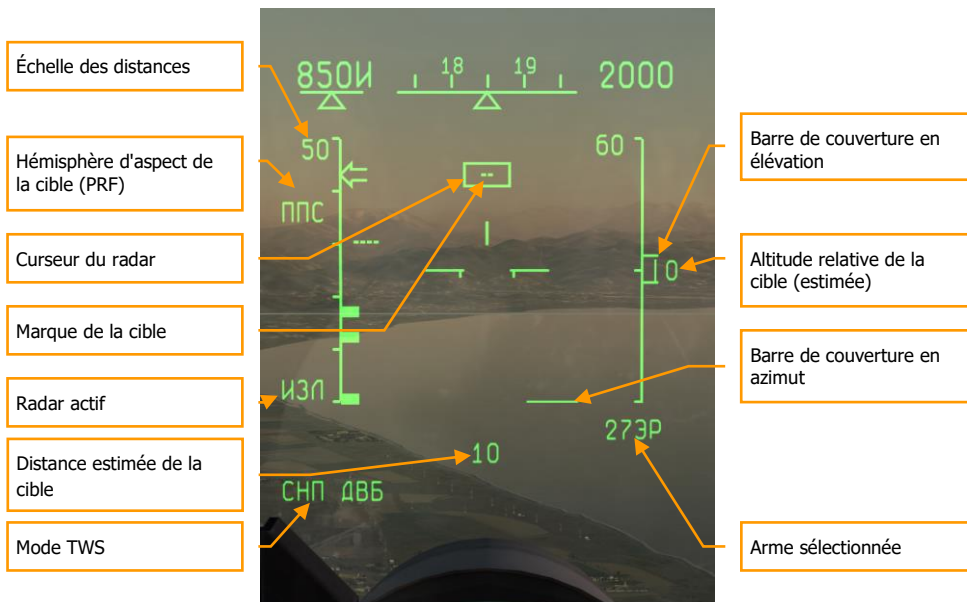


Image 50 : Mode "ЧП" (TWS)

La symbologie du HUD en mode "ЧП" (TWS) est la même que celle du mode "ОБЗ" (SCAN).

- La mention "ЧП ДВБ" (TWS BVR) située dans le coin inférieur gauche du HUD indique le mode en cours d'utilisation.
- L'arme sélectionnée est indiquée dans le coin inférieur droit du HUD, sous l'échelle d'élévation. L'indication 273Р précise que l'arme sélectionnée ici est un missile R-27ER.

- L'échelle de distance située à gauche du HUD affiche trois marques. Du haut vers le bas, ces marques sont : Rmax - Distance maximale d'engagement contre une cible ne manœuvrant pas, Rtr - Distance d'engagement maximale contre une cible manœuvrante ("no-escape zone"), et Rmin - Distance minimale d'engagement.

Le mode "ЧП" (TWS) n'est seulement disponible qu'en conjonction des réglages "ППС" (Hi PRF) ou "ЗПС" (Med PRF) du radar. Le mode d'entrelacement PRF "ABT" n'est pas compatible. Ce mode nécessite toutefois de connaître l'hémisphère que présente la cible.

MODE "Атака – РНП" (ATTACK – STT)

Après avoir verrouillé une cible dans le mode SCAN ou TWS, le radar bascule automatiquement en mode de verrouillage de cible unique (STT). Le radar arrête de suivre les autres cibles que celle verrouillée et fournit des informations supplémentaires qui sont affichées sur le HUD comme suit :

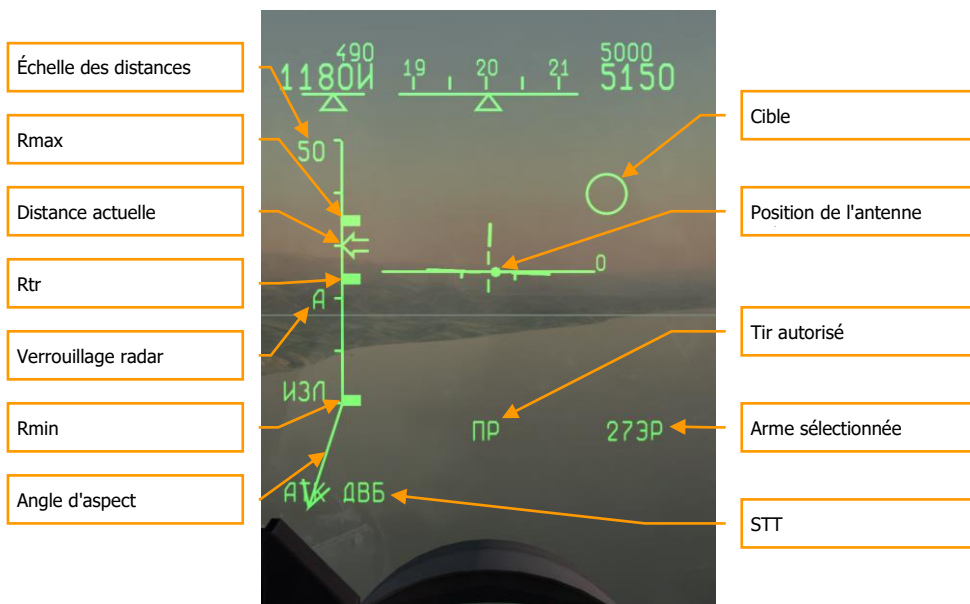


Image 51 : MODE "АТК АВБ" (STT BVR)

- Rmax – Distance maximale d'engagement contre une cible ne manœuvrant pas.
- Rtr - Distance d'engagement maximale contre une cible manœuvrante ("no-escape zone").
- Rmin - Distance minimale d'engagement.
- Le symbole d'attaque indique un verrouillage radar valide. Après que le missile soit tiré, le symbole d'attaque clignote à une fréquence de 2Hz.
- L'angle d'aspect indique le vecteur de déplacement de la cible pivoté à la verticale sur le HUD.

- Le mode "АТК ДББ" (STT BVR) est affiché dans le coin inférieur gauche du HUD.
- La flèche indique la distance actuelle de la cible et bouge le long de l'échelle de distance.
- Un point rond indique la position relative de l'antenne radar par rapport à l'avant de l'avion.
- Sur le HUD, le cercle de verrouillage est superposé à la cible à atteindre.
- Le symbole "ПР" (LA - Launch Authorized ou Tir Autorisé) apparaît lorsque la cible entre dans les limites de distance et lorsque les autres paramètres de tirs sont bons.

En mode STT, toute l'énergie du radar est concentrée sur une seule cible afin d'avoir une meilleure précision et pour réduire la probabilité de perte de verrouillage, ce qui peut se produire en cas de brouillage.

Notez que de mode de radiation intensif sera interprété par le RWR de la cible comme un verrouillage et la préparation d'un lancement de missile. En réaction, la cible sera prompte à effectuer des manœuvres évasives ou à contre-attaquer.

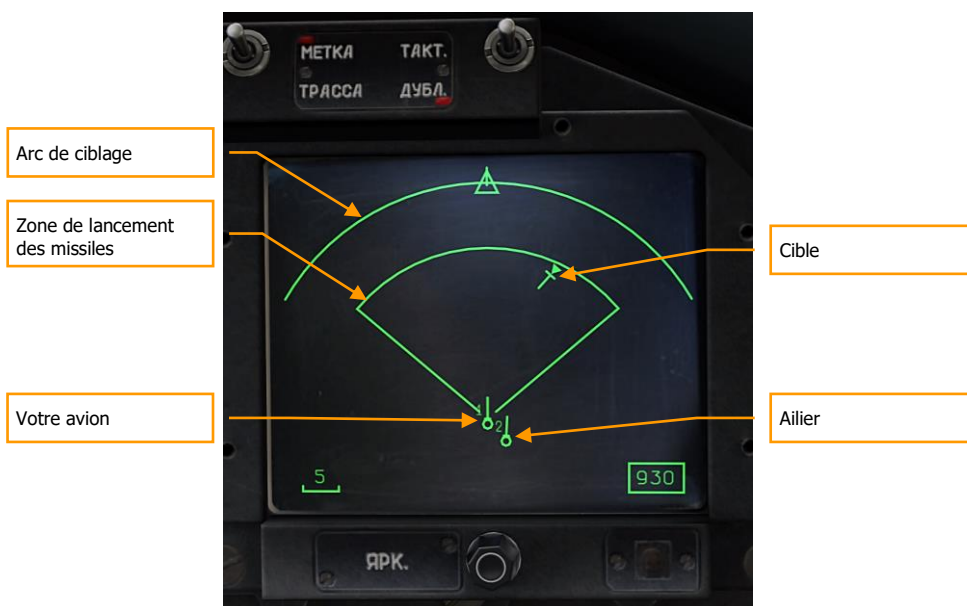


Image 52 : Mode "АТАКА – РНП" (АТТАКЕ – STT) sur le HDD

En mode STT, le radar peut verrouiller une cible et la suivre sur 120° d'azimut.

La marque de la cible verrouillée en STT voit un triangle affiché au-dessus d'elle.

Pendant un lancement de missile, le radar modifie ses pulsations en une vague continue de signaux. Ce changement est interprété de manière précise par les RWR ennemis comme un lancement de missile. À ce moment, l'ennemi va prendre des mesures défensives.

Lorsque des missiles radar semi-actifs tels que les R-27R et R-27ER sont utilisés, il est nécessaire d'illuminer la cible jusqu'à ce que le missile l'atteigne.

MODE SCAN – IRST

L'utilisation de la recherche et du verrouillage via infrarouge (IRST - Infra-Red Search and Track) modifie la symbologie du HUD.

Lors de la recherche en mode IRST, les informations de la cible affichées sur le HUD sont les coordonnées azimut-élévation (par rapport aux coordonnées azimut-distance affichées lors de recherches radar). L'azimut est affiché le long de l'axe horizontal et l'élévation le long de l'axe vertical.

Après avoir verrouillé une cible au moyen de l'IRST, l'affichage passe en mode STT, tel que décrit ci-dessus.

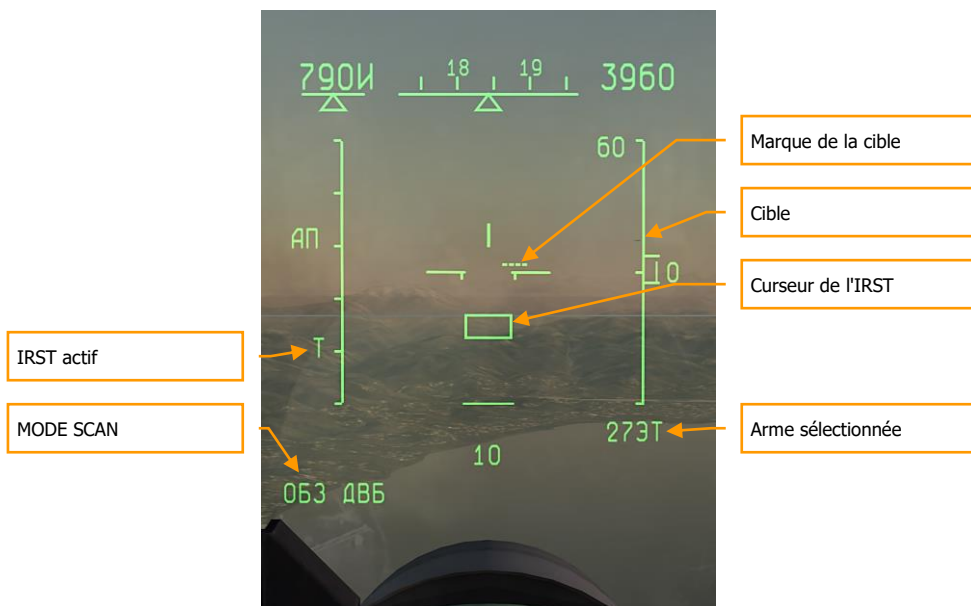


Image 53 : Mode "0Б3 ДБ5" (SCAN BVR) avec le senseur IRST

- Le symbole "T" sur le coin gauche du HUD indique que l'IRST est utilisé.
- Le nom du mode sélectionné est affiché dans le coin inférieur gauche.
- La marque de la cible est affichée en format azimut-élévation.

Comme les RWR ennemis ne peuvent pas détecter le laser de mesure de distance utilisé par l'IRST, ce senseur rend possible les attaques "furtives". Pour ce type d'attaque, uniquement les missiles à têtes chercheuses infrarouges peuvent être utilisés.

Digital Datalink - Liaison de données numérique

Le Su-27 est équipé d'une radio permettant de recevoir des informations de ciblage directement à partir de senseurs distants (A-50 AWACS et bases au sol), sans utiliser les communications vocales. Le poste de commandement transmet la situation tactique aux chasseurs, et ces données sont affichées en vue du dessus sur le HDD afin d'améliorer la conscience du pilote par rapport à la situation sur zone. Cet affichage tactique montre la position de tous les avions détectés par les senseurs distants, en utilisant la position de notre propre avion comme référence. La liaison de donnée est active dès que le radar est allumé une première fois (touche [I]). Elle est utile tant que des AWACS amis ou des stations de radar au sol sont disponibles dans la mission. La liaison de données reste active et les cibles continueront à être affichées sur le HDD, même si le radar embarqué est éteint.

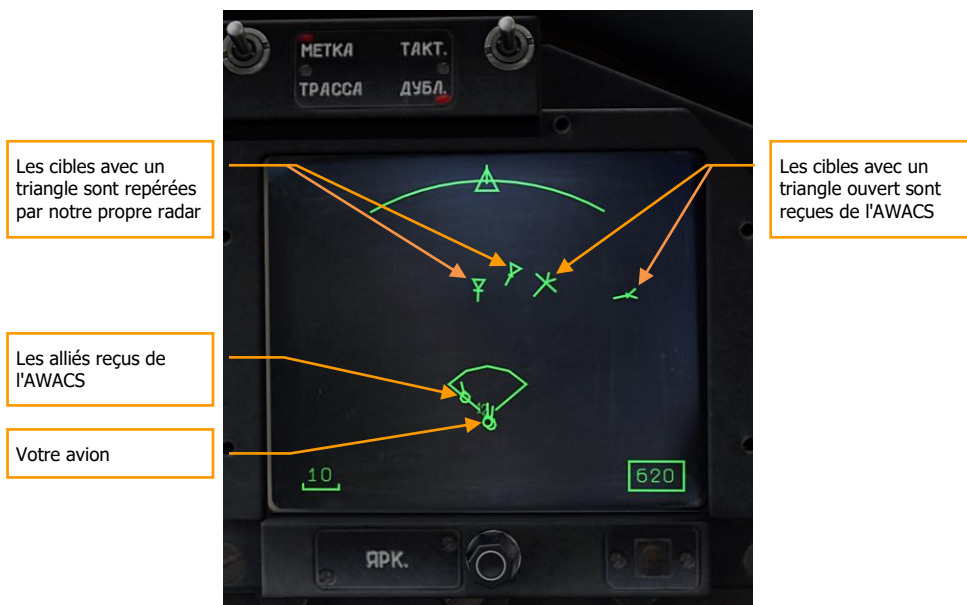


Image 54 : Le HDD avec les données de l'AWACS

Notons tout de même que certaines cibles qui sont détectées par l'AWACS peuvent nous être invisibles si elles se trouvent hors du champ de notre radar (limites d'élévation ou d'azimut du radar). Le radar du chasseur devrait être contrôlé à l'aide de l'affichage du HUD.

Le Travail en environnement complexifié par des Contre-Mesures

Lors de conditions de contre-mesures complexes, soit lorsque l'ennemi passe en mode de brouillage actif ou passif, le mode TWS ne peut plus être utilisé. le mode SCAN doit lui être privilégié. En cas de fortes contre-mesures électroniques, le radar ne peut plus déterminer la distance de la cible. A la

place, une ligne verticale remplie de 'cibles' clignotantes apparaît sur le HUD, le long de la direction où se trouve la cible. La détection d'ECM lors du balayage radar fera apparaître le symbole "АП" (ECM détecté) sur la partie droite du HUD. Toutefois, il est possible d'obtenir un verrouillage uniquement en utilisant la direction de la cible (AOJ ou Angle Of Jam) en focalisant les senseurs sur la provenance du brouillage et ainsi lancer un missile semi-actif qui se verrouillera en mode HOJ (Home On Jam ou Ciblage sur brouillage).

Le verrouillage AOJ s'effectue en utilisant les touches [;], [,], [.), [/) afin de déplacer le curseur du radar sur le symbole de contre-mesure. Le verrouillage s'effectue en appuyant sur la touche [Enter]. Le radar du chasseur va alors être pointé en direction de la source de brouillage et la verrouiller. La distance de la cible affichée sur le HUD lors d'un verrouillage AOJ n'est pas mesurée par le radar mais déduite par le pilote (par ex. en fonction des indications reçues à la radio). La valeur affichée par défaut est de 10km. Si la distance de la cible intégrée au système est plus grande que la distance maximale de lancement du missile sélectionné, alors le lancement nécessite soit que la distance intégrée soit manuellement réduite ([RCtrl + -]) jusqu'à ce que le symbole "ПР" apparaisse, ou que le contournement d'autorisation de lancement soit activé (touches [LAlt + W]).

Il doit être pris en considération que l'utilisation de missiles contre des cibles utilisant un brouillage est difficile car sans les informations de distance, vous ne savez pas vraiment juger quand tirer - la cible peut être en-dehors de la zone permise de lancement. De plus, un missile lancé en mode passif aura moins de chance de toucher sa cible.

A une distance inférieure à 25km d'une cible utilisant un brouillage, la puissance du radar est suffisante pour passer au travers dudit brouillage et donnera une localisation précise de la cible. L'affichage sur le HUD reviendra en mode SCAN normal et la distance de la cible sera affichée.

LE MOMENT OU LE RADAR DU CHASSEUR PEUT RECONNAÎTRE LES REFLEXIONS DE SON PROPRE SIGNAL AU-DELA DU BRUIT GÉNÉRÉ PAR LE BROUILLAGE S'APPELLE LE "BURN-THROUGH", LITTÉRALEMENT "BRÛLER AU TRAVERS" (EN RAPPORT À L'ÉNERGIE DÉPLOYÉE PAR L'ANTENNE). LORSQUE LE RADAR COMMENCE À DONNER TOUTES LES INFORMATIONS UTILES SUR LA CIBLE VISÉE MALGRÉ L'UTILISATION D'ECM, LE RADAR A "BRÛLÉ AU TRAVERS" LES INTERFÉRENCES.

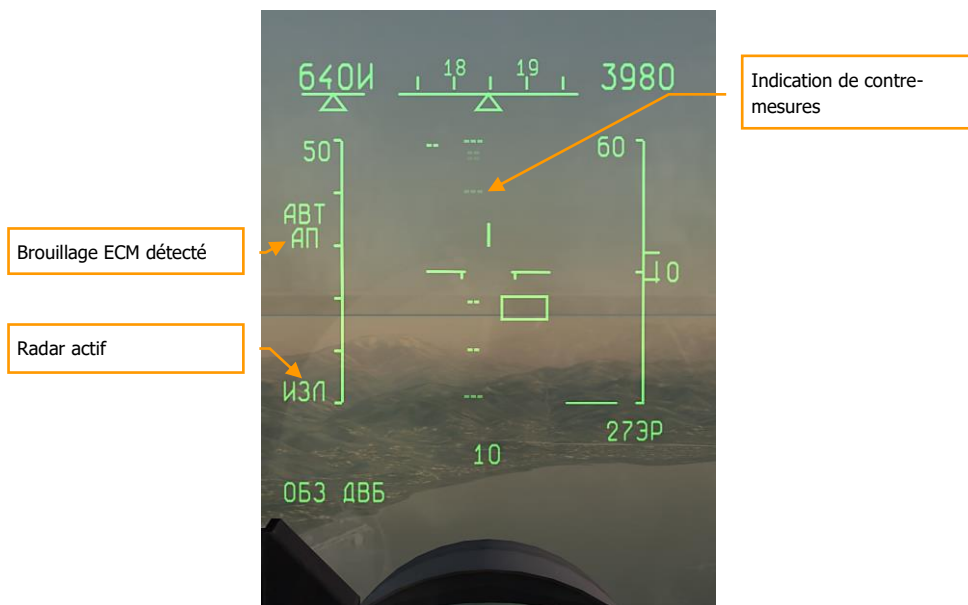


Image 55 : Mode SCAN face à un brouillage

- Une ligne verticale scintillante est affichée dans l'azimut de la localisation de la source du brouillage. Lorsque vous la verrouillez, les informations affichées sur le HUD deviennent similaires au mode STT, avec une marque fixe sur la distance actuelle de la cible.
- L'indicateur de brouillage actif "АП" est affiché lorsque des contre-mesures électroniques sont détectées dans la zone de balayage du radar.

Vertical Scan ou VS (Balayage Vertical) - Mode de combat rapproché

Ce mode de balayage vertical [3] est le plus souvent utilisé lors des combats tournoyants. Dans ce sous-mode, le radar ou l'IRST balayent une zone verticale comprise entre -10° et 50° en élévation. Sur le HUD sont affichées deux lignes verticales délimitant la zone de recherche du senseur. Un verrouillage est possible lorsque la cible se trouve dans cette zone, qui démarre du bord inférieur du HUD et s'étend par delà la limite supérieure du HUD d'environ deux autres longueurs de HUD. Pour verrouiller un chasseur manœuvrant, pilotez afin de placer la cible dans la zone de recherche puis appuyez sur la touche [Enter]. Si cette touche n'est pas pressée, le verrouillage ne se fera pas.

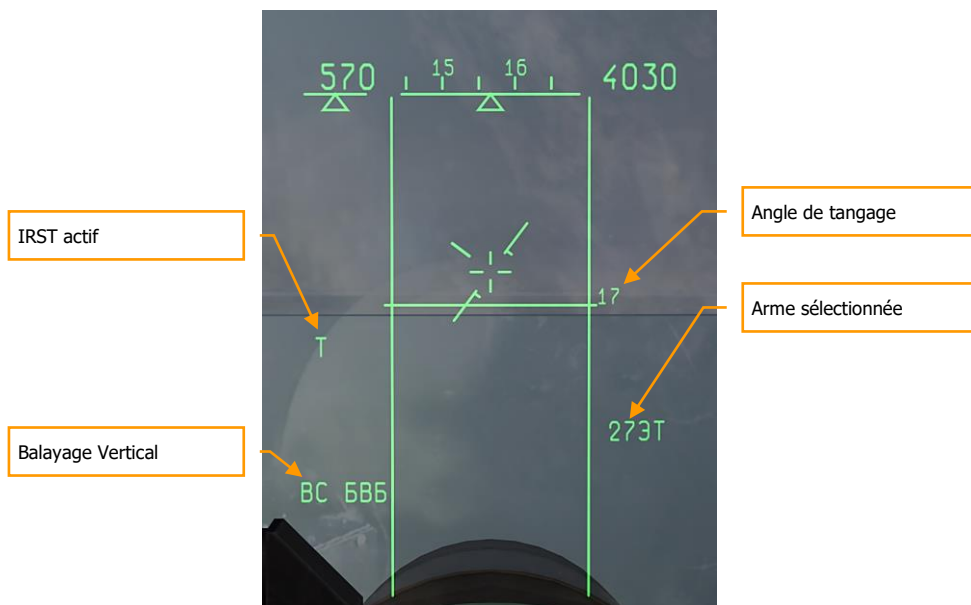


Image 56 : MODE VS

Le verrouillage s'effectue entre 1 et 3 secondes après que la cible soit dans la zone de recherche et que la touche **[Enter]** ait été pressée. Une fois la cible verrouillée, l'affichage du HUD passe en mode d'attaque (STT).

Le mode Vertical Scan sélectionne le senseur IRST par défaut. L'arme par défaut est donc le missile infrarouge. Afin de lancer un missile radar à la place, il faut d'abord allumer le radar (touche **[i]**) puis choisir le missile adéquat avec la touche **[D]**.

BORE (Axial) - Mode de combat rapproché

Ce sous-mode **[4]** est similaire au mode VS, avec pour différence que le système de visée ne balaye pas toute la zone mais reste figé vers l'avant de l'avion, dans un cône réduit à $2,5^\circ$. Cette zone est affichée sur le HUD sous la forme d'un cercle ayant une taille angulaire de $2,5^\circ$. Le verrouillage de la cible s'effectue en déplaçant le cercle sur la cible, soit en manœuvrant le chasseur, soit en déplaçant effectivement le cercle sur le HUD à l'aide des touches **[;]**, **[,]**, **[.]**, **[/]**, et puis en appuyant la touche **[Enter]**. Après avoir verrouillé la cible, l'affichage du HUD passe en mode STT. Ce mode donne une bonne précision de visée ainsi qu'une distance de verrouillage légèrement plus grande qu'en mode VS.

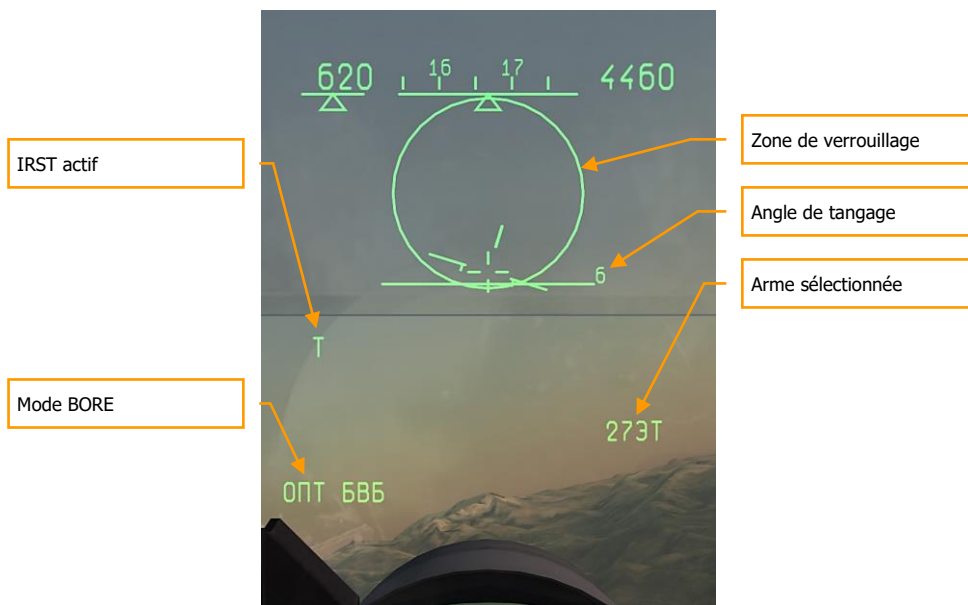


Image 57: Mode BORE

Le mode BORE sélectionne le capteur IRST par défaut. L'arme principale est alors le missile infrarouge. Pour lancer un missile radar à la place, il faut préalablement allumer le radar [I] et ensuite choisir le missile désiré (touche [D]).

HELMET (Casque) - Mode de combat rapproché

Ce mode de combat particulier est utile lors de combats tournoyants. Ce mode est sélectionné à l'aide de la touche [5]. Le pilote peut alors viser son arme vers la cible simplement en tournant la tête dans sa direction, et ce grâce au casque à système de visée intégrée Schel-3UM. Le cercle visible à l'écran émule la zone de recherche affichée par le casque devant l'œil droit du pilote. Le pilote peut alors superposer cette zone à la cible simplement en tournant la tête. Le cercle n'est pas un symbole du HUD et reste au centre de l'écran, même si le pilote regarde en-dehors de la zone du HUD. Ce mode est utilisé en combat rapproché afin d'avoir un avantage tactique en profitant de la déflexion maximale des capteurs des missiles dans les angles élevés, sans devoir tourner le chasseur pour le pointer vers la cible. Après avoir verrouillé la cible en superposant le cercle dessus et avoir appuyé sur la touche [Enter], si tous les paramètres de lancement sont corrects, alors le cercle de ciblage clignote à une fréquence de 2Hz, signalant "ТП" (tir autorisé). Si la cible sort du champ d'action du capteur, un symbole "X" apparaîtra sur le cercle.

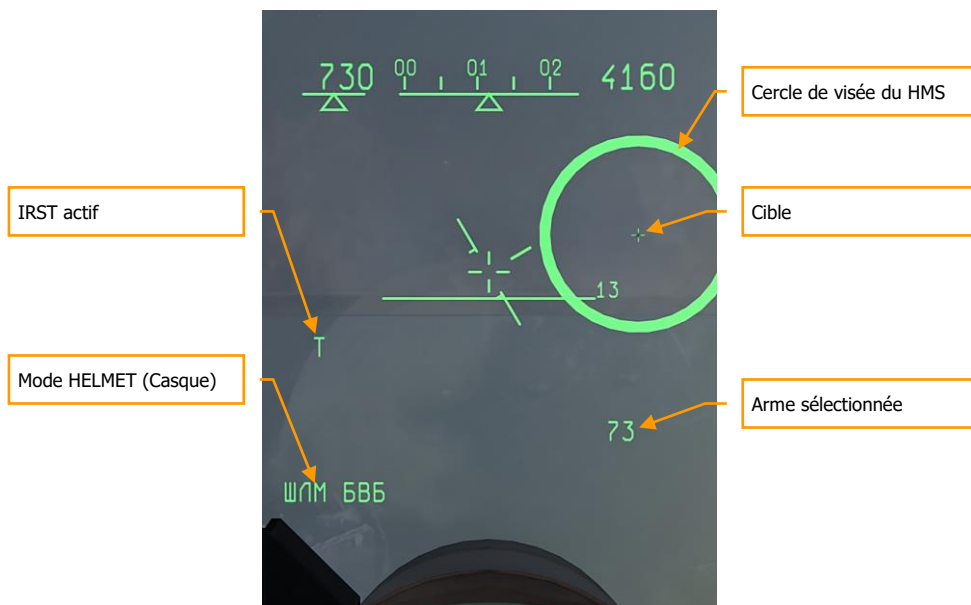


Image 58 : Mode HELMET (casque)

La symbologie du HUD passe en mode STT une fois la cible verrouillée.

Utiliser le système de vue "padlock" est très efficace en combinaison au mode de visée HMS. D'abord, verrouillez votre vue sur la cible (touche **[NUM DEL]**), ensuite sélectionnez le mode HMS **[5]**. Le cercle de visée du casque sera placé sur la cible et il ne restera plus qu'à la verrouiller à l'aide de la touche **[Enter]**.

Fi0 - Visée Longitudinale

Mode de combat Rapproché

Fi0 (Fi-Zero) est un mode de secours en cas de panne du système de contrôle des armes radar (WCS) et des senseurs IRST. Ce mode est sélectionné à l'aide de la touche **[6]** et ne peut être utilisé qu'en conjonction des missiles infrarouges, qui peuvent verrouiller une cible indépendamment aux systèmes de visée embarqués au chasseur. Dans ce mode, le senseur du missile, qui a comme champs visuel un cône de 2° d'angle, est utilisé afin de verrouiller la cible. Il est nécessaire de manœuvrer l'avion afin de placer la croix de visée sur la cible. Le symbole LA apparaît dès que le senseur du missile a verrouillé la cible, peu importe la distance de cette dernière. Le pilote doit estimer la distance de la cible à vue et s'assurer que le missile aura assez d'énergie pour l'atteindre, spécialement en cas de poursuite derrière une cible qui s'enfuit à pleine vitesse.

L'utilisation de missiles infrarouges (IRH) en mode Fi0 ne va pas alerter le RWR de l'avion ennemi. Ce type d'attaque peut alors être envisagé comme attaque "furtive". La cible peut toutefois détecter visuellement un lancement de missile.

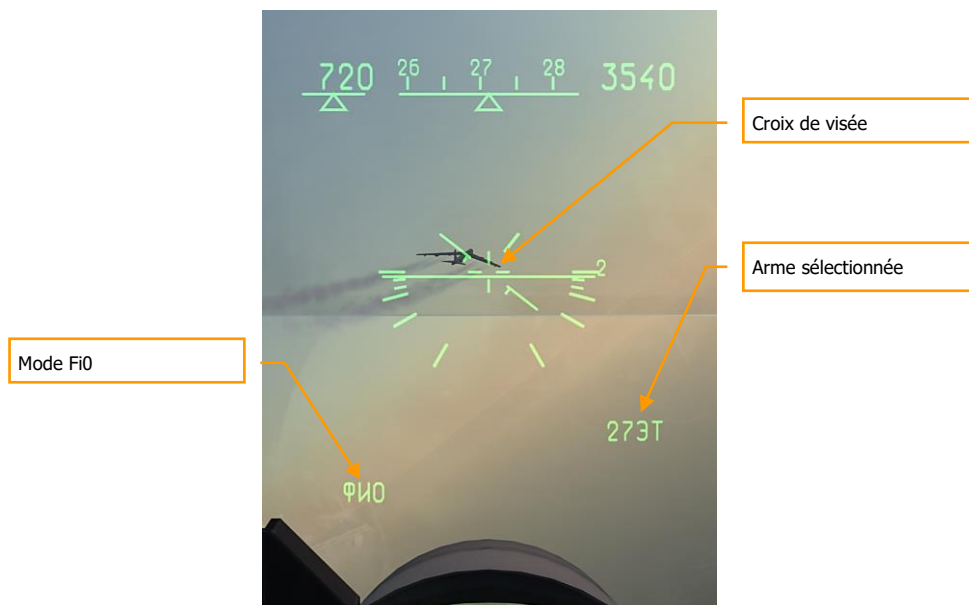


Image 59 : MODE Fi0 (Longitudinal)

Utilisation du canon

Le canon embarqué peut être utilisé en mode combat aérien. Pour se faire, sélectionnez le canon en appuyant sur la touche **[C]**. Appuyez sur **[Enter]** pour verrouiller une cible à l'aide du senseur actif lorsque la cible est visible sur le HUD. Si une cible est verrouillée, le WCS va automatiquement entrer en mode de système de visée optique avec affichage de l'avance calculée de la cible (Lead Computed Optical Sight - LCOS).

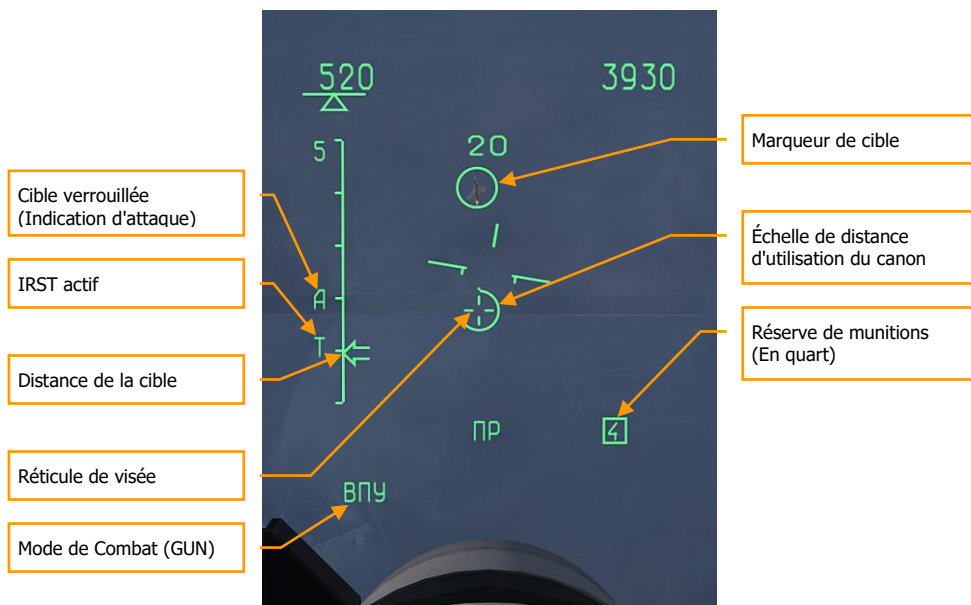


Image 60 : Mode de visée optique avec affichage de l'avance calculée de la cible (LCOS)

- Le réticule de visée (croix) apparaît lorsque la cible est à moins de 1200 mètres.
- L'échelle de distance d'utilisation du canon indique la distance de la cible entre 0 et 1200 mètres.
- La distance de la cible est également indiquée sur l'échelle verticale située sur le côté gauche du HUD. Cette échelle est réglée à 5 Km.
- L'indicateur de quantité de munition restant montre, en quart, la quantité restante de munitions, partant de 4 jusqu'à 1.

Pour un tir effectif, placez le réticule de visée (croix) sur le marqueur de cible et ouvrez le feu en appuyant sur la touche **[Espace]**.

Si les senseurs de visée sont inopérants ou indisponibles, le mode de 'tunnel de tir' (Gun Funnel) peut également être utilisé pour viser au canon.

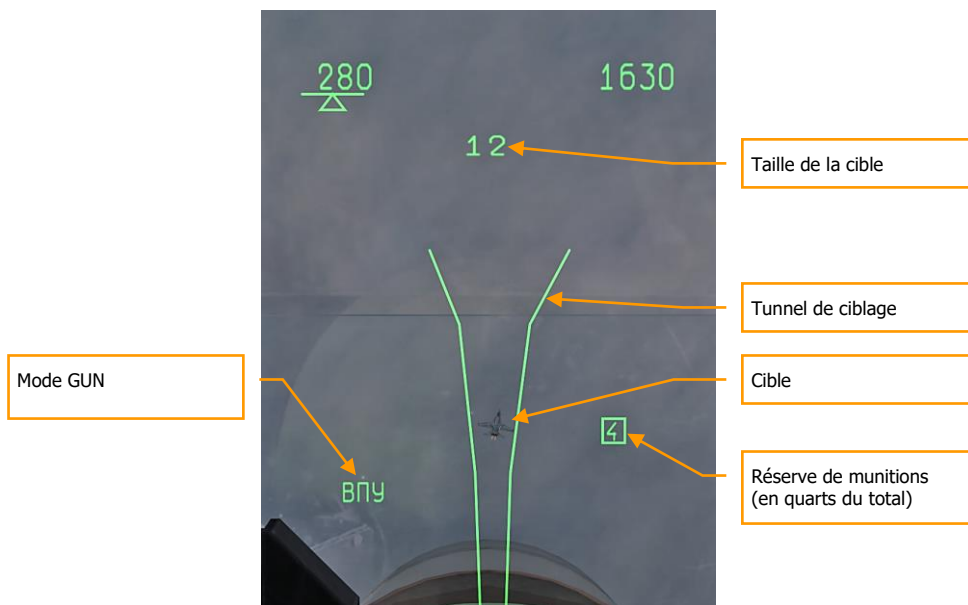


Image 61 : Mode Tunnel de Ciblage

En mode Tunnel de ciblage, un 'tunnel' est affiché sur le HUD afin d'indiquer la trajectoire que prendront les obus en sortant du canon. La distance entre les côtés du tunnel est calculée en fonction du réglage de la Taille de la Cible. Cette Taille de Cible est une valeur approximative de l'envergure de la cible. Cette valeur peut être modifiée avec les touches **[RAIt--]** ou **[RAIt++]**. La valeur par défaut est réglée à 20 mètres.

Pour un tir effectif avec le tunnel, il faut manœuvrer l'avion afin de placer le tunnel sur la cible afin que les bouts des ailes de l'avion-cible touchent les deux bords du tunnel. Si la Taille de Cible est correctement réglée, vous aurez une bonne solution de tir. La précision du tir sera plus grande si votre avion suit les mouvements de l'avion cible, par exemple, si la cible tourne avec un roulis de 30°, vous devriez également pivoter votre avion dans un roulis de 30° afin d'égaliser son taux de virage. Le tunnel de ciblage ne peut être utilisé que sur l'hémisphère arrière de la cible.

Mode Air-Sol

Le Su-27 peut emporter une gamme très limitée d'armement air-sol. Cela inclut les bombes non guidées ainsi que les roquettes (RKT).

Le mode GROUND (SOL), touche **[7]**, est utilisé pour délivrer ce type de munition. La symbologie air-sol s'affiche alors sur le HUD. Le mode nommé ОПТ ЗЕМЛЯ (VISUAL GROUND - VISUEL SOL) apparaît dans le coin inférieur gauche du HUD. En-dessous de cette indication se trouve la munition choisie. Le principe de visée est similaire pour toutes les armes - il est nécessaire de superposer le symbole de visée sur la cible et de larguer la munition une fois que le symbole LA (tir autorisé) apparaît, lorsque les conditions de tir sont remplies.

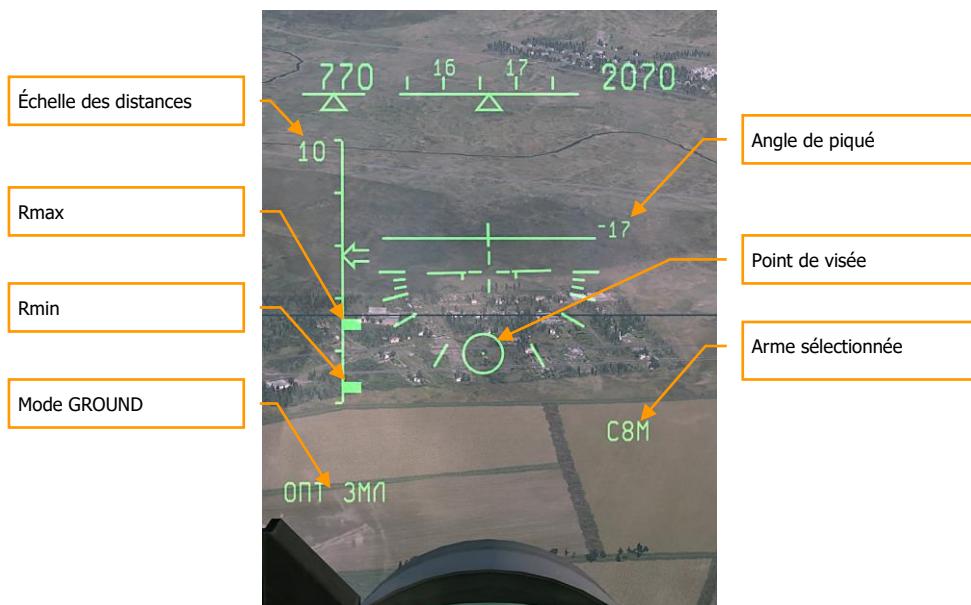


Image 62 : Mode VISUAL GROUND

- L'échelle d'affichage est située dans le segment supérieur gauche.
- Les marques Rmax et Rmin sont affichées sur l'échelle des distances.
- Le choix du mode "ОПТ ЗЕМЛЯ" (VISUAL GROUND) mode est affiché dans le coin inférieur gauche du HUD.
- L'angle de piqué est affiché au centre du HUD, dans la partie de droite.
- Le pointeur de visée indique le point d'impact calculé de la munition.

Les munitions à forte trainée, telles que les bombes freinées et les bombes à sous-munitions dispensées par containers ont une trajectoire de largage basse, ce qui peut rendre l'affichage du pointeur de visée plus bas que la limite inférieure du HUD, même en attaque en piqué. Dans ce cas, il est préférable d'utiliser le mode de largage CCRP (Point de Largage Continuellement Calculé). Ce mode est mieux décrit dans la section "Utilisation de l'armement".

Réticule

Le réticule fixe n'est pas un mode de combat mais plutôt une image de calibrage qui peut être affichée sur le HUD en appuyant sur la touche [8]. Le contrôleur de tir du chasseur reste dans le mode où il se trouvait avant l'appui de cette touche, mais les indications du HUD sont remplacées par le réticule fixe.

Le réticule est également un instrument de secours utilisé pour la visée en cas de panne du système de contrôle des armes.

Le réticule affiché sur le HUD est similaire à un simple collimateur. Le calcul de l'avance de la cible pour une visée correcte est effectué avec l'aide des marquages du réticule ou "à l'œil".

Le centre du réticule est aligné avec l'axe du canon. La tête chercheuse du missile en mode FiO est alignée un peu en-dessous du centre de la croix, à la position de la marque "X".

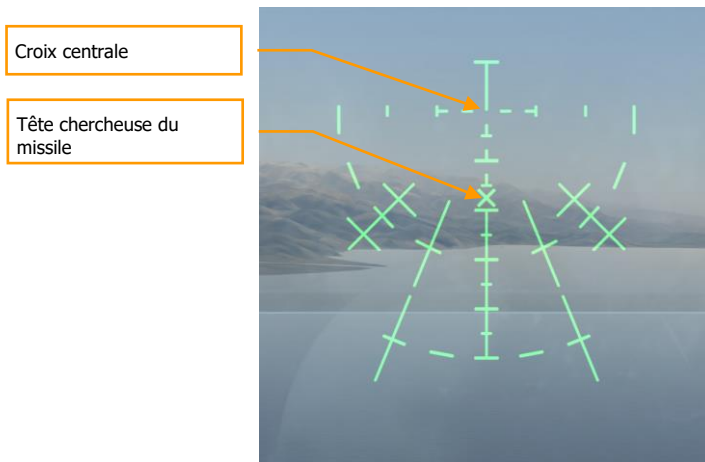


Image 63: Réticule

Contre-Mesures Électroniques

La guerre électronique (EW - Electronic Warfare) est un sujet complexe couvrant une longue opposition qui évolue rapidement au fil de l'avancée des tactiques, des senseurs et des équipements de biens des pays. Dans cette section, nous n'allons prendre en considération que quelques systèmes de contre-mesures et brouillage électronique actif (ECM) - ou comme appelé actuellement : "Attaque électronique" (EA - Electronic Attack). Ces systèmes sont conçus pour protéger l'avion qui les embarque.

Emports ECM (Contre-Mesures Électroniques) du Su-27

L'équipement ECM SPS-171 "Sorbtsiya" est similaire à l'AN/ALQ-135 américain utilisé dans le F-15C. Ce système est emporté dans les deux bouts d'aile du Su-27 et remplace donc l'emport de deux missiles R-73. En utilisation normale, un 'pod' agit en récepteur tandis que l'autre est un émetteur. Cela permet a système de continuellement analyser les signaux arrivant à l'avion tout en déformant et en brouillant les retours de ces signaux radars, et ce même si la fréquence radar de l'ennemi ou sa position change. Le système emploie des antennes directionnelles afin d'organiser le brouillage en secteurs et en bandes de fréquences. De cette façon, les capacités de suivi et de verrouillage des radars ennemis s'en trouvent fortement amoindries.



Image 64 : Pod SPS-171 Sorbtsiya

Lorsqu'un avion du joueur est équipé de ce genre de système ECM (emport interne ou fixé à un rail d'emport), il peut être activé ou désactivé par l'appui sur la touche **[E]**. Le voyant situé sur le panneau de droite va clignoter durant l'activation de l'ECM (environ 15 secondes) puis restera fixe lorsque le système est pleinement actif.



Voyant ECM

Image 65 : Voyant ECM

Le brouilleur actif va alors faire en sorte de réduire la distance de suivi et de verrouillage des radars ennemis et de dégrader les performances des missiles radar ennemis. L'utilisation de ce genre de système à toutefois un prix. Le brouillage peut interférer avec vos propres missiles à guidage radar, durant ou après le lancement ; Les radars hostiles qui perdent en distance de verrouillage, gagnent en distance de détection et les missiles hostiles peuvent être lancés en mode HOJ (Home on Jam - Suivi de brouillage), se servant de votre propre brouillage comme guidage pour les missiles. Pour une meilleure défense contre les missiles, l'ECM actif doit être combiné avec les systèmes passifs (chaff) ainsi que l'exécution de manœuvres perpendiculaires à basse altitude.

ARMEMENT DU SU-27



ARMEMENT DU SU-27

Le SU-27 est équipé d'un canon simple de 30 mm Gryazev-Shipunov GSh-30-1 installé à l'emplanture de l'aile tribord et possède jusqu'à 10 points d'emport pour des missiles, bombes ou roquettes. Son armement standard de combat Air-Air est un mélange de missiles R-27 (AA-10 'Alamo') et de R-73 (AA-11 'Archer'). Le Su-27 peut également être équipé de bombes et de roquettes non guidées afin de remplir une mission secondaire d'attaque au sol.

Missiles Air-Air

Tous les chasseurs modernes - et la plupart des avions d'attaque - sont équipés avec des missiles air-air (AAM). Bien que possédant des avantages significatifs sur les canons, ils possèdent plusieurs limitations opérationnelles. Pour un tir de missile réussi, il est nécessaire de suivre strictement des séquences précises. Il existe des étapes uniques de pré-lancement pour chaque type de missile.

Les AAM sont un assemblage de composants intégrés constitué d'un autoguidage, d'une charge et d'un moteur. La combustion du moteur ne dure qu'un temps limité, qui se situe d'habitude entre 2 et 15 secondes, en fonction du type du missile.

Au lancement, le missile accélère à sa vitesse de vol maximum. Une fois le moteur entièrement consommé, le missile utilise l'énergie acquise dans l'accélération. Plus la vitesse initiale au lancement du missile est grande, plus la vitesse du missile et sa portée le seront. Une augmentation de la vitesse de l'avion au lancement donnera une portée du missile plus grande.

Le domaine de tir du missile, ou la zone d'utilisation du missile (MEZ) est fortement influencée par l'altitude de l'appareil au moment du tir du missile. Ceci est dû à la plus grande densité de l'air à basse altitude. A une altitude de vol augmentée de 20 000 pieds, la portée maximale de tir est pratiquement doublée.

AFIN D'AUGMENTER LA PORTEE MAXIMALE DU MISSILE, IL EST RECOMMANDE DE LE TIRER A HAUTE ALTITUDE ET GRANDE VITESSE.

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 et votre cible volez l'un vers l'autre. On appelle ça un engagement à aspect élevé. Quand vous essayez d'attaquer la cible par derrière, cette dernière vole en s'éloignant de vous ce qui peut réduire la MEZ du missile de façon significative. On appelle ça un engagement à aspect faible. Afin d'augmenter la portée de vos attaques, essayez d'intercepter vos cibles avec des aspects élevés.

Les missiles volent en suivant les mêmes règles physiques que les avions. En manœuvrant, le missile consomme beaucoup d'énergie lorsqu'il prend de virages à G importants. Un cible manœuvrante peut forcer le missile à effectuer des corrections de trajectoires significatives et donc de consommer beaucoup d'énergie. Cela peut conduire le missile à devenir incapable de continuer l'interception.

AUX GRANDES PORTEES, UNE CIBLE PEU MANŒVRANTE SERA PLUS FACILEMENT TOUCHÉE.

Les missiles air/air ont pour but de détruire des aéronefs. Ils sont divisés en plusieurs classes, selon leur portée et le principe de guidage. En se basant sur la portée :

- Missiles courte portée. Moins de 15km. (R-73, R-60, AIM-9 et autres)
- Missiles moyenne portée. De 15km jusqu'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. Autodirecteur infrarouge (R-60, R-73, R-27T, AIM-9, R550)
- Radar passif. Le radar cible l'émetteur/brouilleur, est habituellement combiné à un ciblage actif ou semi-actif. C'est le mode de ciblage que des missiles modernes comme l'AIM-7M, l'AIM-120 et le R-27 l'utilisent. On parle aussi de mode "Home On Jam" (HOJ).
- Guidage à radar semi-actif (SARH). De tels autodirecteurs suivent l'énergie radar réfléchie de l'onde continue émise depuis l'appareil lanceur (R-27R/ER, AIM-7, R-33).
- Guidage à radar actif (ARH). Les systèmes actifs possèdent leur propre émetteur radar / autodirecteur 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 (lien de données). Cela permet à de tels systèmes d'être tirés en direction d'une cible pouvant être plus éloignée que la distance à laquelle le radar peut illuminer et verrouiller.

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

Les senseurs de missiles semi actifs se guident sur l'énergie radar réfléchie par la cible. Pour de tels missiles, il est nécessaire que l'appareil en support maintienne un verrouillage radar jusqu'à ce que le missile atteigne la 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 la cible, le radar embarqué s'active et continue l'interception sans le besoin de support de la part du radar de l'appareil lanceur. De tels systèmes n'ont été introduits en service que récemment.

Les AAM volent en fonction des mêmes lois aérodynamiques que les avions. Ils sont affectés par les mêmes forces de gravitation et de traînée que celles qui affectent les avions. Afin de voler, un missile doit générer des forces de portance. A cause de la petite taille des ailes des AAM, la portance est généralement fournie par la vitesse plus que par la forme de l'aile.

Après le lancement, le missile accélère grâce à son moteur. Il est généralement constitué d'un moteur à carburant solide qui fonctionne pendant 2 à 15 secondes. Pendant ce temps, le missile accélère jusqu'à Mach 2 ou 3 puis continue son vol sur la base de l'énergie cinétique qu'il a accumulé afin de compenser la traînée et les forces de gravitation. Au fur et à mesure que la vitesse diminue, il devient de plus en plus difficile pour le missile de manœuvrer à cause de l'efficacité décroissante de ses surfaces de contrôle. Quand la vitesse de missile passe sous les 1000 à 800 km/h, il devient pratiquement incontrôlable et continue de voler en balistique jusqu'à ce qu'il percute le sol ou s'auto-détruit.

La portée maximale de tir d'un missile n'est pas une valeur constante; elle dépend d'un certain nombre de variables: l'altitude du tireur, la vitesse air et l'aspect de la cible. Pour maintenir la portée maximale du missile, il vaut mieux de tirer à haute altitude, à grande vitesse et sur une interception à aspect élevé. Notez que la portée de tir n'est pas nécessairement égale à la portée de vol du missile. Par exemple, dans une interception à fort aspect avec un missile tiré à 50 km, ce dernier ne volera que 30-35km. Cela est dû au fait que la cible vole vers le missile. Près du sol, la densité de l'air est très élevée et la portée de tir est plus que divisée par deux.

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. Hémisphère arrière, faible aspect, les portées de tir sont habituellement deux à trois fois plus faibles que les tirs 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 vers hémisphère avant à l'altitude de 10 000m. - 66km
- Portée de tir maximale vers hémisphère avant à l'altitude de 1000 m. - 28km
- Portée de tir maximale vers hémisphère arrière à une altitude de 1000 m - 10km.

La portée maximale est calculée en prenant comme hypothèse que la cible n'effectuera aucune manœuvre après le lancement. Si la cible commence à manœuvrer, le missile devra également manœuvrer et perdra rapidement de l'énergie. Ceci explique pourquoi il est plus pratique d'utiliser une indication différente de portée maximale - portée de tir maximale qui prend en compte les capacités manœuvrières de la cible (Rpi en terminologie occidentale). Le système de contrôle de l'arme calcule en permanence la portée de tir maximale d'une cible non manœuvrante ainsi que son Rpi. Le Rpi est bien plus court que la portée de tir maximale mais offre une probabilité de destruction bien plus importante. Dans le jeu, ces portées sont indiquées sur le HUD et le HDD/VSD.

Les missiles du Su-27

Missiles moyenne portée R-27 (AA-10)

Le R-27 fait partie de la famille des missiles à moyenne portée et est conçu pour intercepter et détruire tous les types d'appareils, hélicoptères, drones (UAV) et missiles de croisière. Ces missiles peuvent être employés dans des combats aériens à moyenne et longue portée indépendamment ou comme partie d'un groupe d'appareils, de jour comme de nuit. Le R-27 est effectif dans toutes les conditions météorologiques et se montre très capable contre les cibles manœuvrantes ou à basse altitude.

Le R-27 est fabriqué sous plusieurs variantes qui diffèrent en fonction de leur autoguidage - radar semi-actif ou infrarouge - et deux types de systèmes de propulsion - standards et étendus. Les variantes avec le radar de guidage semi actif sont appelées le R-27R et le R-27ER. Les variantes avec le système de guidage à infrarouge sont appelées les R-27T et R-27ET. Les deux variantes R-27ER et R-27ET sont équipées des versions de moteurs étendus à longue combustion.

Le corps du missile est principalement constitué d'un alliage de titane et le corps du moteur d'acier.

Les mêmes rails et éjecteurs sont utilisés pour les deux variantes du R-27, le standard et celui à portée étendue. Le rail de lancement APU-470 est conçu pour des missiles montés sur les ailes et le système à catapulte AKU-470 est utilisé pour des missiles montés sous le fuselage ou sous les ailes.

En plus de l'autodirecteur, le système de contrôle du missile inclut également un système de navigation inertielle avec correction radio. Le R-27 "tous aspects" peut engager une cible dans un cône limité à 50 degrés pour le senseur radar semi actif et 55 degrés pour l'infrarouge, par rapport à sa position initiale. Le facteur de charge de l'appareil au moment du tir peut monter jusqu'à 5G. Le R-27 peut intercepter des cibles à des vitesses supérieures à 3500 km/h et des altitudes de 20 m à 27 km. La différence d'altitude entre l'appareil lanceur et la cible peut atteindre 10km. La cible peut manœuvrer avec un facteur de charge atteignant 8G. La combinaison de plusieurs missiles R-27 avec différents autodirecteurs accroît la résistance aux contre-mesures de la cible. La famille de missiles R-27 a été développée par le Vypel design bureau et sont entrés en service opérationnel entre 1897 et 1990. Aujourd'hui, toutes les versions du Mig-29 et du Su-27 sont équipées avec ces missiles.

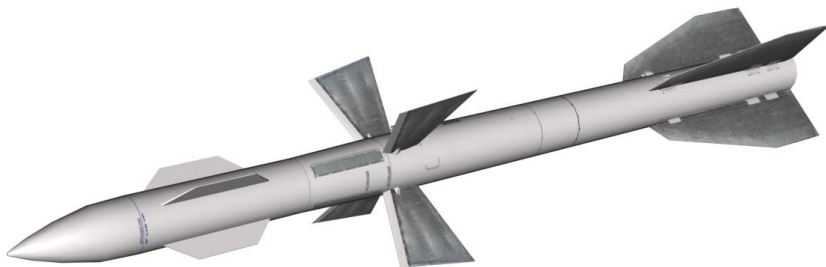


Figure 66 : Le missile R-27R

R-27R. "Produit 470R" (AA-10A Alamo) est un missile air-air moyenne portée à guidage radar qui est entré en service en 1987. Le missile possède un système de guidage et de navigation inertiel avec correction radio. Pour le guidage terminal, le R-27 utilise un senseur à radar semi actif. La portée de tir maximale est de 30-35km. La vitesse maximale de la cible est de 3600km/h avec un facteur de charge allant jusqu'à 8G et un poids initial du R-27R de 253kg. Il a une longueur de 4m, un diamètre de corps de 0,23m et une envergure de 0,77m. Les surfaces de contrôle cruciformes ont une envergure de 0,97m et la charge explosive à fragmentation pèse 39 kg.

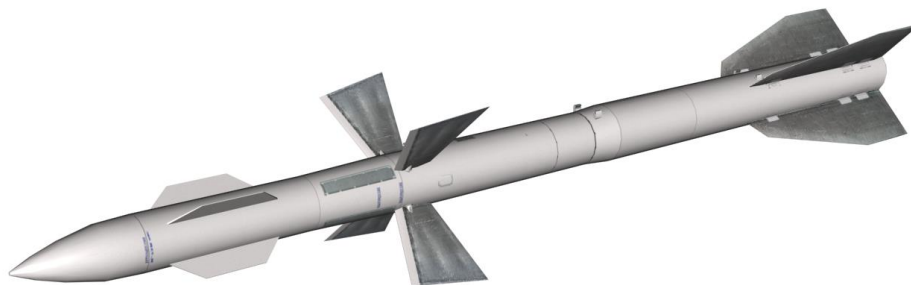


Figure 67 : Le missile R-27ER

R-27ER. "Produit 470ER" (AA-10C Alamo) est un missile air-air moyenne portée à guidage radar qui est une version modifiée du R-27R avec un moteur plus grand. Le missile possède un système de guidage et de navigation inertiel avec correction radio. Pour le guidage terminal, le R-27ER utilise un senseur à radar semi actif. La portée de tir maximale est de 66km. L'altitude maximale de la cible est de 27km. Le poids initial du R-27ER est de 350kg ; longueur de 4m, un diamètre de corps de 0,26m et une envergure de 0,8m. Les surfaces de contrôle ont une envergure de 0,97m et la charge explosive à fragmentation pèse 39 kg. Le Su-27 et ses variantes peuvent être équipés de ce missile.

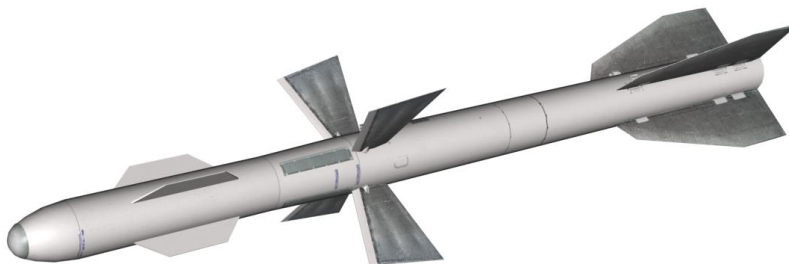


Figure 68 : Le missile R-27T

R-27T. "Product 470T" (AA-10B Alamo) est un missile air-air moyenne portée qui est entré en service en 1983. Cette version du R-27 utilise un autodirecteur à guidage infrarouge. Le R-27T doit verrouiller sa cible avant le tir. La portée effective maximale est de 30km et il peut être tiré sur des cibles ayant une altitude de 24km. Le poids au lancement est de 254kg ; la longueur du missile est de 3,7m ; son diamètre de corps de 0,23m. L'envergure est de 0,8m. La charge à fragmentation pèse 39kg. Le Su-27, le Mig-29 et leurs variantes peuvent être équipés de ce missile.

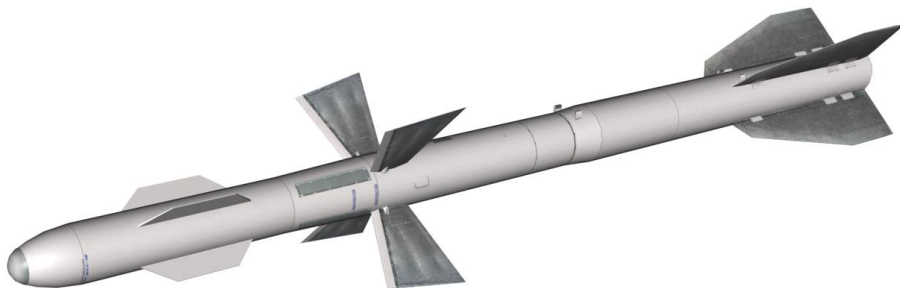


Figure 69 : Le missile R-27ET

R-27ET. "Product 470ET" (AA-10D Alamo) est un missile air-air moyenne portée qui est entré en service en 1990. Cette version du R-27 utilise un autodirecteur à guidage infrarouge. Le R-27ET doit verrouiller sa cible avant le tir. Comme pour le R-27ER, le R-27ET est également équipé d'un moteur plus grand qui lui fournit une portée plus importante. La portée effective maximale est de 60km (à condition d'avoir le verrouillage sur la cible), et il peut être tiré sur des cibles ayant une altitude de 27km. Le poids au lancement est de 343kg ; la longueur du missile est de 4,5m ; son diamètre de fût de 0,26m. L'envergure est de 0,8m. La charge à fragmentation pèse 39kg. Le Su-27 et ses variantes peuvent être équipés de ce missile.

La table ci-dessous compare les caractéristiques de la famille des missiles R-27.

Paramètres	R-27R/T	R-27ER/ET
L'année d'entrée en service	1987	1990
Appareil/nombre emportés	MiG-29/4; MiG-29SMT/4; Su-27/4; Su-35 /4; Su-34/4; Su-33/6	
Système de contrôle de l'arme	SUV S-29; SUV S-29M; SUV S-27; SUV S-27M	
Design aérodynamique	Surfaces canards	
Poids, kg	253	354
Charge militaire, kg	39	
Type de charge militaire	Type fragmentation	
Diamètre du corps, m	0,23	0,23/0,26
Longueur, m	3,96	4,56
Envergure des surfaces de contrôle, m	0,77	0,8
Rapport poids/poussée, Kgs/Kg	62	94
Type de moteur	Mode simple	Mode double
Limites angulaires de l'autodirecteur	±50° pour le TSD radar ; ±55° pour le TSD IR	
Type du système de guidage	Guidage à inertie avec correction radio; autoguidage avec TSD semi-actif et accrochage après lancement; TSD infrarouge refroidit à l'azote	
Méthode de guidage	Guidage proportionnel	
Vitesse maximale de la cible, km/h	3500	
Portée maximale de la cible, km	0,03 - 25	0,03 - 27
Portée de tir maximale en hémisphère avant/arrière, km	45/18	70/30
Portée de tir minimale en hémisphère arrière, km	0,5	
Accélération maximale, G	8	

Missile courte portée R-73 (AA-11)

Suite aux faibles résultats au combat pendant le Vietnam à la fin des années 60, les Etats Unis ont commencé à développer sa quatrième génération de chasseurs, les F-14 et les F-15. Comme le F616 et le F/A-18, ces avions ont été conçus pour la supériorité aérienne; cela inclut le combat rapproché. Au début des années 70 en Union Soviétique, une sorte de "réponse symétrique" aux pays occidentaux a amené au design de nouveaux chasseurs de première ligne, appelés plus tard Su-27 et Mig-29.

Les spécifications estimées pour un nouveau missile destiné à équiper ces nouvelles génération de chasseurs soviétiques ont montré que même une version spécialement améliorée du R-60M (son développement arrivait à terme en ce temps là) ne répondait pas totalement à ces besoins. D'après les analyses, les missiles de nouvelle génération se devaient d'être très manœuvrants et avoir une capacité à engager une cible sous n'importe quel aspect.

Au début, ces spécifications ont été distribuées entre les différents bureaux de design. Une fois les résultats évalués et les développements préliminaires effectués dans le cadre de l'avant projet, une résolution datée du 26 Juillet 1974 définissent les spécifications du futur Su-27 et Mig-29 ont été fournis au bureau de design "Molniya" pour le développement d'un petit missile de combat rapproché et hautement manœuvrable - le K-73. Le missile a d'abord été conçu comme une version améliorée du P-60, mais en prenant en compte les besoins de haute manœuvrabilité, il a été autorisé d'augmenter son poids afin de se situer entre le R-60 et le R-13.



Figure 70 : Le missile R-73

Le même jour, une autre résolution confia au bureau de design "Vypel" le développement d'un missile courte portée tout aspect. Ce K-14 était un développement découlant de la famille K-13 et incluait un autoguidage infrarouge et une performance aérodynamique remarquable.

Les besoins de "super manœuvrabilité" entraînaient la nécessité pour le K-73 d'opérer à des angles d'attaque importants (environ 40°). A de tels angles, l'efficacité des surfaces de contrôle d'un missile Air-Air est totalement perdue. Dans de telles conditions, une transition vers des unités de contrôle à dynamique par gaz était inévitable. Un changement dans les surfaces des ailettes a aussi été considéré comme inefficace considérant la portée de tir relativement courte.

En prenant comme hypothèse la petite taille et poids de la première variante du K-73, un autoguidage tous aspects n'a pas été envisagé. Néanmoins, au bureau de design de Kiev "Arsenal",

qui avait auparavant travaillé pour le bureau de design "Geophysica" à Moscou, a développé un autodirecteur plutôt compact, le "Mayak" (OGS Mk-80). Ce nouvel autodirecteur fournissait un angle d'acquisition de la cible de 60°, ce qui était 12 fois supérieur à l'autodirecteur correspondant du R-60. Plus tard, les limites du gyroscope ont été augmentées à 75° avec une vitesse angulaire maximale allant jusqu'à 60° par secondes. L'autodirecteur "Mayak" incluait également un nouvel et efficace système anti contre mesures (flares). En complément d'une sensibilité accrue de la matrice du photo détecteur, un signal à modulation par impulsion temporelle a été appliqué ainsi qu'une unité de traitement du signal numérique comprenant plusieurs canaux indépendants. Afin d'augmenter l'efficacité de l'engagement, la logique du point de guidage a été ajustée pour viser en avant des sorties réacteurs des cibles. cela permettait à la charge de causer des dégâts à des parties plus critiques de l'appareil comme le pilote.

Malgré l'absence d'un besoin formel pour un engagement tout aspect, les concepteurs du K-73 ont continué avec le "Mayak" car il était évident que, tôt ou tard ce besoin serait exprimé. Fournir de telles capacités impliquait que le R-73 soit agrandi et alourdi.

Le design initial sans surface de contrôle était limité en manœuvrabilité. De forts angles d'attaques sont en général requis dans des combats tournoyants, et cela n'est généralement pas favorable à de tels designs. Pour un temps, les concepteurs ont considéré une variante du missile sans surfaces de contrôle aérodynamiques mais utilisant plutôt six grands cantilevers.

Néanmoins, l'utilisation unique du gaz pour les unités de contrôle limitait le temps de vol du missile. Cela diminuait de façon sensible la flexibilité de l'utilisation tactique de ce dernier. Lors d'une revue dirigée par G. Dementiev, il a été décidé d'adopter un design similaire à celui du K-60. Néanmoins, à la différence du prototype, ils ont eu à fournir une stabilisation en inclinaison alors que le missile était équipé d'un autopilote avec des gyroscopes traditionnels. L'utilisation d'ailerons connectés cinétiquement plutôt que des rollerons n'a pas été accompagnée par une augmentation du poids du missile. Cela est dû au fait que les versions précédentes possédaient déjà des éléments d'actionneurs pour des unités de contrôle par dynamique de gaz, opérant dans la section de la queue. Pour les routines de contrôle, l'autopilote utilise les informations des capteurs d'incidence et de dérive, lesquels sont positionnés en avant des stabilisateurs. Comme pour les K-60, cela garantissait également la bonne linéarité du flux d'air avant d'atteindre les surfaces de contrôle aérodynamiques.

Un ensemble de capteurs, de stabilisateurs et de surface de contrôle forme le "cône de pin" caractéristique de la pointe avant du missile. Les surfaces de contrôle aérodynamiques, ainsi qu'une paire de connecteurs aérodynamiques, sont utilisées par les moteurs de guidage en partie avant de la deuxième section. Ils sont localisés derrière l'autopilote et le détonateur à fusée de proximité. La troisième section est occupée par le générateur de gaz à carburant solide. Le fluide produit est alors envoyé aux actuateurs des surfaces aérodynamiques ainsi qu'à travers un tuyau traversant le carénage. Il active alors à son tour les ailerons et les palettes d'échappement de la section de queue. La quatrième section contient une charge à fragmentation à l'intérieur de laquelle se trouve un détonateur. Le rayon létal est de 3,5 mètres. La cinquième section est un moteur à propulseur solide simple mode. Dans la queue du missile se trouvent les actuateurs des ailerons et palettes d'échappement guidant le flux éjecté.

Mis à part le corps du moteur en acier, la plupart de la cellule est faite d'alliage d'aluminium. Les sections sont assemblées à l'aide de joints en baïonnette, sauf pour la dernière section connectée par des joints en collerette. Le missile entièrement assemblé est livré scellé hermétiquement dans sa caisse en bois. Le missile est suspendu à l'appareil par le lanceur P-72 ou P-72D (APU-73-1 ou APU-73-1D).

Du fait de la coopération des deux équipes de design de missile "air-air", le développement du K-73 a été complété par le bureau de design "Vypel". Le missile est entré en service opérationnel sous la dénomination R-73 par la résolution du 22 juin 1984. La portée de tir maximale du R-73 est de 30 km sur l'hémisphère avant et à haute altitude. De façon générale, les performances du missile dépassent les objectifs initiaux, bien que le poids du missile soit 1,5 fois plus élevé que la spécification initiale.

Le R-73 a été exporté à l'étranger sous la variante du K-73E; les premières livraisons ont été faites vers l'Allemagne de l'Est en 1988. Le missile a été nommé AA-11 Archer selon la terminologie Occidentale. Le R-73, combiné au viseur de casque "Shel-3UM" permet au pilote d'obtenir la supériorité aérienne en combat rapproché. Cela a été confirmé lors des premiers exercices conjoints des anciens pays du pacte de Varsovie (en particulier l'Allemagne de l'Est) contre des pilotes de l'OTAN volant sur les meilleurs chasseurs occidentaux.

Dans les années 90, "Vypel", dans le cadre d'expositions internationales, a dévoilé différentes améliorations du R-73, en particulier, des photos d'un appareil d'attaque utilisant une version lancée vers l'arrière qui peut ainsi attaquer les menaces se présentant en hémisphère arrière.

La portée de tir du R-73 se situe entre 0,3 et 20 km et il peut engager des cibles volant jusqu'à 20km d'altitude. Son poids initial est de 105 kg. La longueur du missile est de 2,9 m et le diamètre maximal du corps principal est de 0,17 m. L'envergure est de 0,51 m. L'envergure des surfaces de contrôle est de 0,38 m. La vitesse maximale des cibles est de 2500 km/h. La charge militaire est de 7,4 kg. L'accélération maximale de la cible est de 12 G. Les Mig-29, Su-27 et leurs variantes sont équipés avec ce système de missile.

Armes air-sol

Les armes air sol peuvent être divisées en deux catégories: guidées et non guidées. Les armes air sol guidées incluent à la fois les missiles air sol propulsés (AGM et ASM) et les bombes guidées (GBU). Les armes non guidées incluent les bombes à chute libre ("dumb" ou "iron") et les roquettes aériennes non guidées.

Initialement, le Su-27 ne peut utiliser que les bombes et les roquettes non guidées.

Les bombes à chute libre sont des armes de bases dans l'aviation qui ont été utilisées dans tous les conflits armés sur les 80 dernières années. Du fait de leur faible coût et de leur disponibilité, elles peuvent être très rentables, même comparées à des munitions guidées modernes plus précises (et plus chères).

Les bombes à chute libre ne sont pas très précises. Elles suivent une trajectoire balistique une fois larguées sans aucune possibilité de manœuvrer. Afin d'améliorer la précision de visée, le bombardier doit voler en ligne droite au moment du largage. La plus petite erreur de tangage ou de roulis peut dégrader la précision de visée, tout comme le vent. Les bombes à chute libre ne peuvent pas être utilisées contre des cibles ponctuelles (c'est à dire quand une haute précision de visée est requise) ou "frappes chirurgicales" pour lesquelles les dommages collatéraux autour de la cible ne peuvent pas être tolérés.

MEME UN LACET INCORRECT DE L'APPAREIL AU MOMENT DU LARGAGE PEUT DEGRADER LA PRECISION DE LA BOMBE A CHUTE LIBRE.

La distance horizontale qu'une bombe à chute libre peut parcourir avant de toucher le sol dépend essentiellement de deux facteurs: la vitesse de l'appareil et l'altitude au moment du largage. Si la vitesse et l'altitude de l'appareil augmente, la trajectoire de la bombe sera rallongée, mais cela dégradera également sa précision.

La taille et le pouvoir de destruction d'une bombe conventionnelle à chute libre est exprimée en terme de poids et se situe habituellement entre 50 et 1500 kg. A la différence des bombes à usage général qui possèdent une seule charge militaire, les bombes à fragmentation utilisent un nombre important de sous-munitions explosives qui déploient leur puissance de destruction sur une large zone après le largage.

LA PORTEE DES BOMBES A CHUTE LIBRE DEPEND DE LA VITESSE ET DE L'ALTITUDE DE L'APPAREIL AU MOMENT DU LARGAGE.

Les roquettes aériennes non guidées à ailettes repliables sont largement employées contre des véhicules ennemis légèrement blindés et contre du personnel. La précision d'une roquette dépend largement des conditions au moment du tir. La plus petite erreur de visée au moment du tir peut entraîner une déviation significative de cette dernière par rapport à la cible. Le vent peut aussi dégrader la précision de visée. Les roquettes sont habituellement utilisées en volées. L'utilisation d'un grand nombre de roquettes peut étaler la puissance de destruction sur une grande surface et permettre d'atteindre la cible visée.

LES ROQUETTES NON GUIDEES SONT TIREES EN SALVE POUR S'ASSURER D'ATTEINDRE LA CIBLE.

Bombes à chute libre

Le Su-27 possède des capacités d'attaque au sol limitées, bien que capable d'être équipé de bombes à chute libre et de roquettes non guidées à la place des missiles air-air.

Les bombes à chute libre souffrent de l'absence de système de guidage ou de contrôle. Elles suivent une trajectoire balistique qui est affectée par la vitesse et l'angle de piqué de l'appareil qui les largue.

FAB-100, FAB-250, FAB-500, FAB-1500 - Bombes à usage général

Une famille de bombes hautement explosives de différents calibres. Le nombre dans la désignation réfère au poids approximatif de la bombe (en kilogrammes). Ces bombes sont efficaces contre des objets au sol, des équipements, des installations défensives, des ponts et des fortifications. La vitesse air de la bombe au moment du largage peut être entre 500 et 1000 km/h.



Figure 71 : Bombe hautement explosive FAB-500



Figure 72 : Bombe hautement explosive FAB-250



Figure 73 : Bombe hautement explosive FAB-100

Bombe pénétrante béton BetAB-500ShP

Cette bombe spéciale est efficace contre des abris renforcés et des pistes en béton. Elle possède un parachute et un moteur fusée à propulseur solide. Tout d'abord le parachute retarde la bombe, donnant à l'appareil le temps de s'éloigner, et oriente la bombe verticalement vers la cible. Puis, le moteur fusée s'allume et accélère la charge militaire à une vitesse suffisante pour traverser le béton. La bombe possède une enveloppe plus épaisse qu'une bombe explosive ordinaire qui lui permet de pénétrer dans le béton avant de détoner. Cette bombe est habituellement larguée à une altitude de 150 à 1000 mètres à une vitesse de 550 à 1100 km/h.



Figure 74 : Bombe pénétrante béton BetAB-500ShP

Bombe à illumination SAB-100



Figure 75 : Bombe à illumination SAB-100

Cette bombe de la catégorie des 100 kg est utilisée pour illuminer la zone autour de la cible une fois la nuit tombée. Le container de distribution est lâché à une altitude de 1000 à 3000 m après quoi des flares d'illumination sont éjectés en séquence. Chaque flare est équipé d'un parachute afin de réduire le taux de chute. L'illumination dure de 1 à 5 minutes.

Bombe à fragmentation RBK-250, RBK-500

Les bombes à fragmentation RBK sont des tubes à parois minces qui contiennent plusieurs mines anti-personnel ou anti-tank, ou des sous munitions à fragmentation, anti-tank ou à petites bombes incendiaires. La bombe à fragmentation possède à peu près les mêmes dimensions d'une bombe hautement explosive à usage général de catégorie 100-500 kg et est désignée en fonction du calibre et du type de munitions (par exemple RBK-250 AO-1 pour des bombes anti-personnel de 250 kg). Les différents types de RBK se distinguent les uns des autres par la méthode de dispersion des sous-munitions.



Figure 76 : Bombe à fragmentation RBK-250

Le nez du tube contient une charge de dispersion à poudre noire déclenchée par un détonateur à retardement. Le détonateur à retardement commence à tourner une fois la bombe larguée et les sous munitions sont alors éjectées en vol. Les gaz d'expansion fendent le corps du tube en deux, répandant les bombinettes indépendantes. La zone autour de laquelle les sous-munitions sont distribuées est appelée l'empreinte de la bombe. En fonction de l'angle de chute de la bombe au moment de la dispersion des sous-munitions, l'empreinte peut être circulaire ou elliptique et ses dimensions sont déterminées par la vitesse et l'altitude du tube. Le tube peut également être équipé de mécanismes internes dédiés à l'augmentation de la surface de l'empreinte en éjectant les sous munitions à une plus grande vitesse et intervalle de temps.

Il existe plusieurs types de bombes à sous-munitions RBK.

La RBK-250 AO-1 est équipée de 150 bombinettes (sous-munitions) à fragmentation. La longueur de l'enveloppe est de 2120 mm, un diamètre de 325 mm et un poids de 272 kg, incluant 150 kg de sous-munitions. L'empreinte maximale est de 4800 m².

**Figure 77 : Bombe à fragmentation RBK-500**

La bombe RBK-500 AO-2.5RTM est équipée de 108 bombinettes (sous-munitions) AO-2.5RTM. La longueur de l'enveloppe est de 2500 mm, son diamètre de 450 mm et son poids de 504 kg en incluant 270 kg de sous-munitions. Une seule sous-munition AO-2.5RTM pèse 2,5 kg, une longueur de 150mm et 90 mm de diamètre. Les bombes à fragmentation RBK-500 AO-2.5RTM sont larguées à une vitesse air située entre 500 et 2300 km/h et une altitude entre 300 m et 10 km.

Conteneur à sous-munitions KMGU-2

Le KMGU62 ("Conteneur général pour des sous-munitions de petite taille") est conçu pour disperser des bombinettes (sous-munitions) de petit calibre ou des mines à dispersion aérienne. Les sous-munitions sont placées dans le disperseur en cartouches (BKF - "blocs conteneur pour l'aviation de front"). Le KMGU-2 est constitué d'un corps cylindrique fermé devant et derrière et contenant 8 cartouches BKF remplies de petites bombes ou de mines, transportées dans des compartiments spéciaux. Les portes du distributeur sont activées pneumatiquement pour disperser les sous-munitions.



Figure 78 : Conteneur à sous-munitions KMGU-2

Le système électrique du KMGU-2 assure un intervalle de temps régulier de 0,005, 0,2, 1,0 ou 1,5 secondes entre chaque largage de cartouche. Les cartouches BKF transportées par les Su-25 sont habituellement équipées de 12 bombes à fragmentation AO-2.5RT de calibre 2,5 kg, 12 mines PTM-1 1,6 kg anti-tank ou 156 mines hautement explosives PFM-1C 80 g. Le distributeur KMGU-2 est suspendu sur un rack de bombe BDZ-U. Les cartouches sont larguées à une altitude de 50 à 150 mètres et avec une vitesse de 500 à 900 km/h. L'autorisation de largage est fournie par les indications dans le cockpit.

Roquettes aériennes non guidées

Malgré l'existence de munitions guidées de précision, les roquettes non guidées continuent d'être largement utilisées en tant qu'armes air sol, combinant efficacité, fiabilité et facilité d'utilisation associées à un faible coût. Les roquettes non guidées sont d'un concept relativement simple, constituées d'un détonateur, d'une charge militaire, d'un corps, d'un moteur de propulsion et de stabilisateurs. Elles sont habituellement transportées dans des conteneurs spéciaux ou tubes de lancement. Le moteur de propulsion brûle pendant 0,7 à 1,1 seconde, accélérant la roquette à une vitesse de 2100 à 2800 km/h. Une fois le moteur entièrement consommé, la roquette vole sur une trajectoire balistique comme un obus d'artillerie. Afin d'assurer la stabilité directionnelle, les ailerons stabilisateurs, situés sur la queue, se déploient depuis leur position repliée. Certaines roquettes sont stabilisées par rotation gyroscopique autour de l'axe longitudinal. Un appareil peut être équipé avec des roquettes non guidées de calibres différents (de 57 mm à 370 mm) et/ou de charges militaires différentes, en fonction de la mission. Le détonateur peut être déclenché au contact ou à proximité afin d'obtenir la dispersion souhaitée des fragments.

La précision du tir dépend de la durée de vol de la roquette qui, à son tour, varie en fonction du type de roquette et de son calibre. Les erreurs s'accumulent avec des portées plus grandes puisque les roquettes volent sans aucun guidage de trajectoire. La zone de tir autorisée pour chaque type de

roquette non guidée est définie entre sa portée maximale et sa distance minimale de sécurité au souffle. La distance de sécurité minimale dépend du type et du poids de la charge militaire et protégée l'appareil ayant tiré des fragments de l'explosion. Les roquettes sont habituellement tirées à des vitesses de 600 à 1000 km/h avec un angle de piqué de 100-300. Le pilote manœuvre l'appareil afin de placer le viseur sur la cible avant de tirer.

Roquette S-8

La S-8 est une roquette non guidée de calibre intermédiaire (80mm). Vingt roquettes sont transportées par point d'emport dans les lanceurs multiples B-8. Pour une précision de visée améliorée, les roquettes sont équipées de 6 ailerons de stabilisation qui sont déployés par un piston actionné par les gaz d'éjection du moteur de propulsion. Les ailerons sont verrouillés dans la position déployée. Ils sont maintenus en position repliée par le couvercle qui est jeté au moment du tir. L'impulsion et la vitesse de combustion du moteur de propulsion de la roquette S-8 est augmentée par rapport à la roquette S-5 afin de fournir à la S-8 plus lourde une accélération rapide et une rotation; le temps de combustion du moteur a été diminué à 0,69 secondes. La dispersion de la S-8 pendant le vol et la probabilité d'erreur circulaire (CEP) est de 0,3% de la portée. La portée de tir effective maximale est de 2 km.



Figure 79 : Lance roquettes B-8M1

La S-8TsM est une variante fumigène de la roquette S-8, utilisée pour désigner les cibles aux appareils d'attaque amis. Le signal fumigène indique la position de la cible.

Roquette S-13

Ces roquettes non guidées de 132mm sont transportées par des lanceurs B-13 contenant 5 roquettes chacun. Elles sont conçues pour les attaques contre les objets fortifiés et renforcés (blockhaus, abris, parkings et pistes d'aéroports). La force aérienne russe utilise également des roquettes non guidées de 122 mm "type-013". Les S-13 conservent le schéma de la plus petite S-8 (ailerons de stabilisation localisés entre les buses d'éjection de la roquette avec activation par pression des gaz d'éjection), avec des caractéristiques balistiques et une précision améliorées.



Figure 80 : Lance roquettes UB-13

La roquette S-13 peut être montée avec différents types de charges militaires. Les roquettes ont la capacité de pénétrer dans 3 mètres de terre ou dans 1 mètre de béton. Sa portée effective est de 3 km. La variante S-13T opère en deux étapes et détonne à l'intérieur de la cible après pénétration (jusqu'à 6 m dans la terre et 2 m dans le béton). Elle peut générer des cratères de 20 m² dans les pistes.

La variante S-13OF à fragmentation génère 450 fragments pesant 25 à 35 grammes chacun et est effective contre des cibles non blindées.

Toutes les variantes de la roquette S-13 sont conçus pour être tirées depuis un appareil volant à des vitesses de 600 à 1200 km/h.

Les roquettes S-13 sont tirées depuis les lances roquettes B-13L à 5 emplacements. Le lanceur a une longueur de 3558 mm et un diamètre de 410 mm. Le lanceur vide pèse 160 kg.

Les appareils Su-17M4, Su-24, Su-25, Su-27, MiG-23, Mig-27 et les hélicoptères Mi-8, Mi-24, Mi-28 et Ka-50 peuvent être équipés avec des roquettes S-13.

Roquettes S-25

La roquette lourde non guidée S-25 a été produite en deux versions, une avec la charge à fragmentation S-25-0 et l'autre avec la charge hautement explosive S-25F.

La S-25-F de calibre 340 mm a une longueur de 3310 mm et un poids au lancement de 480 kg. La charge hautement explosive pèse 190 kg, incluant 27 kg d'explosif et est équipée d'un détonateur à contact avec une temporisation variable.



Figure 81 : Roquette S-25

La S-25-0 a le même calibre que la S-25-F, une longueur totale de 3307 mm et une masse au lancement de 381 kg. La charge pèse 150 kg et est équipée d'un détonateur à proximité radio ajustable, pour des détonations à des altitudes comprises entre 5 et 20 mètres au dessus du sol. La charge explose en 10000 fragments.



Figure 82 : Roquette non guidée S-25 dans son tube lanceur

Les ailerons de la roquette S-25 sont repliés entre les buses des quatre moteurs propulseurs, lesquels sont montées en oblique comme pour la S-24 afin d'imprimer une rotation sur son axe au moment du tir. Le moteur de propulsion à carburant solide de la S-25 consiste en un mélange hautement énergétique pesant 97 kg. Un traceur fumigène est monté entre les buses d'éjection à des fins d'observation et d'enregistrement photo de la trajectoire de la roquette.

La S-25 a une portée de tir effective de 4 km. A la fin de 1973, le travail de développement a commencé sur une variante guidée laser, sous la désignation S-25L et équipée avec un autodirecteur à guidage laser, une source de puissance, des actionneurs et des surfaces de contrôle. Cette variante était transportée par le lanceur PU-0-25-L.

Les spécifications de quelques unes des roquettes non guidées sont illustrées dans le tableau ci-dessous.

Roquette non guidée	Portée effective, km	Poids, kg	Type de charge militaire
S-80FP	2,2	15,2	Souffle-fragmentation
S-8TsM	2,2	15	Fumigène (désignation de cible)
S-13-OF	2,5	68/67	Souffle-fragmentation
S-24B	2	235	Souffle-fragmentation
S-25-OF	4	480	Souffle-fragmentation

COMMUNICATIONS

RADIO



COMMUNICATIONS RADIO ET MESSAGES

Dans les premiers jours du combat aérien, les communications entre pilotes étaient difficiles et souvent impossibles. En l'absence de radios, les premiers pilotes étaient limités par des signes de mains. La coordination entre pilotes, en particulier pendant un combat tournoyant, était généralement impossible.

Bien que l'électronique moderne a grandement amélioré les capacités de communications, ces dernières font encore face à certaines limitations frustrantes. Il peut y avoir des douzaines, voire même des centaines de combattants utilisant une fréquence radio donnée. Quand tous ces gens essaient 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 se forcent à 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 Chevy vers le #2 du vol Chevy. 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 deux 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 de l'appareil du joueur en lui-même.

Commandes radio

Le tableau suivant décrit les types de messages que le joueur peut envoyer et liste les raccourcis clavier requis pour envoyer 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, 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 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", avec (x) le membre du vol. Si l'ailier n'est pas en mesure d'effectuer la commande, il répondra "(x) Negative" ou "(x) Unable", avec (x) comme membre du vol.
		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", avec (x) le membre du vol. Si l'ailier n'est pas en mesure d'effectuer la commande, il répondra "(x) Negative" ou "(x) Unable", avec (x) comme membre du vol.
		Bandits	Le joueur demande aux ailiers de quitter la formation et d'engager les bandits (appareils ennemis) en 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. Si l'ailier n'est pas en mesure d'effectuer la commande, il répondra, "(x) Negative" ou "(x) Unable", avec (x) comme membre du vol.

	Défenses anti aériennes	Le joueur demande aux ailiers de quitter la formation et d'attaquer toute défense anti aérienne qu'ils pourront détecter. 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. Si l'ailier n'est pas en mesure d'effectuer la commande, il répondra, "(x) Negative" ou "(x) Unable", avec (x) comme membre du vol.
	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. Si l'ailier n'est pas en mesure d'effectuer la commande, il répondra, "(x) Negative," ou "(x) Unable," avec (x) comme membre du vol.
	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. Si l'ailier n'est pas en mesure d'effectuer la commande, il répondra, "(x) Negative" ou "(x) Unable", avec (x) comme membre du vol.
	Mission et rejoindre	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 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. Si l'ailier n'est pas en mesure d'effectuer la commande, il répondra, "(x) Negative" ou "(x) Unable", avec (x) comme membre du vol.

		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. Si l'ailier n'est pas en mesure d'effectuer la commande, il répondra, "(x) Negative" ou "(x) Unable", avec (x) comme membre du vol.
Vol ou ailier	Aller à...	Return To Base (Retour à la base)	Les ailiers quitteront la formation et iront atterrir à l'aéroport de destination. Si aucun aéroport n'est désigné, ils iront atterrir sur l'aéroport le plus proche.	Si l'ailier est en mesure d'effectuer la commande, il répondra "(x) Copy", "(x) Roger" ou "(x) Affirm", avec (x) le membre du vol. Si l'ailier n'est pas en mesure d'effectuer la commande, il répondra "(x) Negative" ou "(x) Unable", avec (x) comme membre du vol.
		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", avec (x) le membre du vol. Si l'ailier n'est pas en mesure d'effectuer la commande, il répondra "(x) Negative" ou "(x) Unable", avec (x) comme membre du vol.
		Maintenir position	Les ailiers quitteront la formation et voleront autour du point de navigation courant.	Si l'ailier est en mesure d'effectuer la commande, il répondra "(x) Copy", "(x) Roger" ou "(x) Affirm", avec (x) le membre du vol. Si l'ailier n'est pas en mesure d'effectuer la commande, il répondra "(x) Negative" ou "(x) Unable", avec (x) comme membre du vol.
Vol ou ailier	Radar...	On	Le joueur demande à l'ailier d'activer le radar afin de rechercher.	L'ailier répondra "(x) Radar On", avec (x) le membre du vol.
		Off	Le joueur demande à l'ailier de désactiver le radar.	Le joueur répondra "(x) Radar Off", avec (x) comme membre du vol.

Vol ou ailier	ECM...	On	Le joueur demande aux ailiers d'activer leur ECM.	L'ailier répondra "(x) Music On", avec (x) comme membre du vol.
		Off	Le joueur demande aux ailiers de désactiver leur ECM.	L'ailier répondra "(x) Music Off", avec (x) comme membre du vol.
Vol ou ailier	Fumigène	On	Le joueur demande aux ailiers d'activer leurs fumigènes.	L'ailier désactivera son fumigène et répondra "(x) Copy", "(x) Roger" ou "(x) Affirm", avec (x) comme 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", avec (x) comme 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", avec (x) comme 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", avec (x) le membre du vol. Si l'ailier n'est pas en mesure d'effectuer la commande, il répondra "(x) Negative" ou "(x) Unable", avec (x) comme membre du vol.
Vol	Prendre la formation	Rejoindre la formation	Les ailiers cesseront leur tâche courante et rejoindront la formation avec le joueur.	Si l'ailier est en mesure d'effectuer la commande, il répondra "(x) Copy rejoint", où (x) est le membre du vol. Si l'ailier n'est pas en mesure d'effectuer la commande, il répondra "(x) Negative" ou "(x) Unable", avec (x) comme membre du vol.

		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", avec (x) le membre du vol. Si l'ailier n'est pas en mesure d'effectuer la commande, il répondra "(x) Negative" ou "(x) Unable", avec (x) comme membre du vol.
		Trail	Le joueur est l'appareil de tête et l'appareil deux 0,5 Nm derrière le joueur. L'appareil trois est 0,5 Nm derrière l'appareil deux et l'appareil quatre est 0,5 Nm derrière l'appareil trois.	
		Echelon	Formation standard	
		Formation rapprochée	Le joueur demande que la formation ou les ailiers diminuent la séparation entre appareils.	
		Relâcher formation	Le joueur demande que la formation ou les ailiers augmentent la séparation des 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'AWAC S/GCI a un contact avec l'appareil ennemi alors: "(a), (b), bandits bearing (x)(x) for (y)(y)(y). (c) (d)," où (a) représente l'indicatif du joueur, (b) est l'indicatif de l'AWACS, (x) (x) est le cap vers la menace en degrés, (y)(y)(y) est la distance à la cible en miles si l'AWACS est occidental ou en kilomètres si l'AWACS est Russe, (c) est l'altitude du contact et (d) est l'aspect du contact. Si l'AWAC S/GCI n'a pas de contact avec l'appareil ennemi alors: "(a), (b), clean," où (a) est l'indicatif du joueur et (b) est l'indicatif de l'AWACS. Si l'appareil ennemi est à moins de 5 miles du joueur alors: "(a), (b), merged" où (a) est l'indicatif du joueur et (b) est l'indicatif de l'AWACS.
		Vector to Home Plate	Le joueur demande le cap et la distance à l'aéroport ami le plus proche.	"(a), (b), Home bearing (x)(x) for (y)(y)(y)," où (a) est l'indicatif du joueur, (b) est l'indicatif de l'AWACS, (x)(x) est le cap vers l'aéroport en degrés, et (y)(y)(y) est la distance en miles ou en kilomètres selon si l'AWACS est Américain 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) est l'indicatif de l'AWACS, (x)(x) est le cap vers l'avion ravitailleur en degrés, et (y)(y)(y) est la distance en miles ou en kilomètres selon si l'AWACS est Américain 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 l'appareil ennemi alors : '(a), (b), bandits bearing (x)(x) for (y)(y)(y). (c) (d)," où (a) représente l'indicatif du joueur, (b) est l'indicatif de l'AWACS, (x) (x) est le cap vers la menace en degrés, (y)(y)(y) est la distance à la cible en miles si l'AWACS est occidental ou en kilomètres si l'AWACS est Russe, (c) est l'altitude du contact et (d) est l'aspect du contact. Si l'AWACS/GCI n'a de contact avec aucun appareil ennemi: "(a), (b), clean"
ATC - Tour	Indicatif de l'aéroport	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) est le QFU de la piste.
		Request Takeoff	Le joueur demande l'autorisation à la tour de décoller.	Si aucun appareil ne décolle de la piste et/ou aucun appareil 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) est l'indicatif de la base, (x)(x) est le cap et distance, QFE est un Q-code Field Elevation, (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 process à deux sens; les rapports envoyés par les autres appareils sont aussi importants que les rapports envoyés par le joueur. De tels rapports décrivent la tâche accomplie ou à accomplir par l'ailier. Ils peuvent aussi avertir le joueur, donner une désignation de cible et fournir des caps aux différents objets et bases aériennes. Le tableau suivant contient une liste complète des rapports possibles.

- Émetteur - l'unité envoyant le rapport - ailier, AWACS, tour, etc.
- Évènement - Action correspondante à reporter.
- Rapport radio - Le message qui est entendu par le joueur.

Messages Radio

Émetteur	Évènement	Rapport radio
Ailier	Commence le décollage	"(x), rolling," où (x) est la position dans le vol de l'ailier.
	Train rentré après décollage	"(x), wheels up," où (x) est la position dans le vol de l'ailier.
	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," or "(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 membre du vol Russe. Exemple: "Three, I'm bailing out."
	Retourne à la base suite à des dommages trop importants	"(x) R T B," ou "(x) Returning to base," où (x) est un membre du vol. Exemple: "Four, R T B."
	Tir de missile air air.	"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"
	Tir du canon interne	"Guns, Guns from (x)," où (x) est le membre du vol. Exemple: "Guns, Guns from three."
	Illuminé par un radar	"(x), Spike, (y) o'clock," où (x) est le membre du vol et (y) est un nombre de un à douze. Exemple: "Two, spike three"

aéroporté ennemi	o'clock."
Illuminé par un radar sol	"(x) Mud Spike, (y) o'clock," où (x) est le membre du vol et (y) est un nombre de un à douze. Exemple: "Two, mud spike three o'clock."
Missile sol air tiré sur un ailier	"(x) Sam launch, (y) o'clock," où (x) est un membre du vol et (y) est un nombre entre un et douze. Exemple: "Two, Sam launch three o'clock."
Missile air air tiré sur un ailier	"(x) Missile launch, (y) o'clock," où (x) est un membre du vol et (y) est un nombre entre un et douze. Exemple: "Two, Missile launch three o'clock."
Contact visuel sur un appareil ennemi	"(x) Tally bandit, (y) o'clock," où (x) est un membre du vol et (y) est un nombre entre un et onze ou nez. Exemple: "Two, Tally bandit three o'clock."
Effectue une manoeuvre défensive contre une menace	"(x) Engaged defensive," où (x) est le membre du vol. Exemple: "Two, Engaged defensive."
Appareil ennemi descendu	"(x) Splash one," "(x) Bandit destroyed," ou "(x) Good kill, good kill," où (x) est le membre du vol. Exemple: "Two, Splash my bandit."
Structure sol ou véhicule sol ou navire détruit	"(x) Target destroyed," or "(x) Good hits," où (x) est le membre du vol. Exemple: "Two, Target destroyed."
L'ailier à repéré un appareil ennemi et souhaite l'attaquer	"(x) Request permission to attack," où (x) est le membre du vol. Exemple: "Two, Request permission to attack."
Bombe conventionnelle ou bombe à fragmentation larguée	"(x) Bombs gone," où (x) est le membre du vol. Exemple: "Two, Bombs gone."
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" or "(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) est le cap en degrés et (y) est la distance en miles pour les appareils US et en kilomètres pour les appareils Russes. Exemple: "Three, Contact bearing one eight

		for zero five zero."
	A atteint un statut de carburant pour lequel l'appareil doit retourner à la base sous peine d'être à court de carburant	"(x) Bingo fuel," où (x) est un membre du vol US. Exemple: "Two, Bingo fuel." "(x) Low fuel," où (x) est un membre du vol Russe. Exemple: "Two, Low fuel."
	Plus aucun armement restant à bord de l'appareil ailier.	"(x) Winchester," quand l'ailier est US et (x) est le membre du vol. "(x) Out of weapons," quand l'ailier est Russe et (x) est le membre du vol.
	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 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) est le QFU de la piste sur laquelle l'appareil est supposé atterrir. Exemple: "Hawk one one, Tower. cleared to land runway two seven."
	La joueur a atteint le point d'approche et a été transféré sous le contrôle de la tour. Néanmoins, un appareil est déjà dans le circuit.	"(x), Tower, orbit for spacing," où (x) est l'indicatif de l'appareil. Exemple: "Falcon one one, Tower, orbit for spacing."
	Le joueur est au dessus du glide à l'atterrissage	"(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 glide pendant l'atterrissage	"(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 glide pendant l'atterrissage	"(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 l'avion 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 remarquée au milieu de la clameur des voix masculines inondant les fréquences.

- Déclencheur du message - L'évènement qui pousse Nadia à annoncer le message
- Message - La phrase exacte que Nadia annonce.

Messages du Voice Message System

Déclencheur 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 noeuds	"Gear down"
Le train d'atterrissage n'est pas déployé et le joueur est en finale	"Gear up"
L'appareil a juste assez de carburant pour atteindre la base amie la plus proche	"Bingo fuel"
Carburant restant à 1500 livres/litres	"Fuel 1500"
Carburant restant à 800 livres/litres	"Fuel 800"
Carburant restant à 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 de contrôle de l'hydraulique n'est pas fonctionnel	"Hydraulics failure"
Le système d'avertissement de lancement 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 indicaton failure"
Dommages aux systèmes de l'appareil hors feu ou systèmes de contrôle de vol.	"Warning, warning"
L'appareil a atteint ou dépassé l'incidence maximale.	"Maximum angle of attack"
L'appareil a atteint ou dépassé son niveau d'accélération G maximal.	"Maximum G"
L'appareil a atteint ou dépassé sa vitesse maximale ou sa vitesse de décrochage.	"Critical speed"
Un missile ennemi qui vise l'appareil du joueur est à moins de 15 km du joueur, en face du joueur et à une altitude inférieure à celle du joueur.	"Missile, 12 o'clock low"
Un missile ennemi qui vise l'appareil du joueur est à moins de 15 km du joueur, en face du joueur et à une altitude supérieure à celle du joueur.	"Missile, 12 o'clock high"
Un missile ennemi qui vise l'appareil du joueur est à moins de 15 km du joueur, derrière le joueur et à une altitude inférieure à celle du joueur.	"Missile, 6 o'clock low"
Un missile ennemi qui vise l'appareil du joueur est à moins de 15 km du joueur, derrière le joueur et à une altitude supérieure à celle du joueur.	"Missile, 6 o'clock high"
Un missile ennemi qui vise l'appareil du joueur est à moins de 15 km du joueur, à la droite du joueur et à une altitude inférieure à celle du joueur.	"Missile, 3 o'clock low"
Un missile ennemi qui vise l'appareil du joueur est à moins de 15 km du joueur, à la droite du joueur et à une altitude supérieure à celle du joueur.	"Missile, 3 o'clock high"
Un missile ennemi qui vise l'appareil du joueur est à moins de 15 km du joueur, à la gauche du joueur et à une altitude inférieure à celle du joueur.	"Missile, 9 o'clock low"
Un missile ennemi qui vise l'appareil du joueur est à moins de 15 km du joueur, à la gauche du joueur et à une altitude supérieure à celle du joueur.	"Missile, 9 o'clock high"

ENTRAÎNEMENT THÉORIQUE



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'obtenir les compétences nécessaires pour tirer le maximum de performances de leur avion. Bien qu'il soit impossible de modéliser chaque aspect de l'entraînement aérien, il est néanmoins important de comprendre certains principes du combat aérien.

Vitesse Indiquée (IAS) et Vitesse Propre (TAS)

En règle générale, la densité de l'air augmente lorsque l'altitude décroît. Une atmosphère plus dense contribue à une plus grande force de portance, mais la composante de traînée augmente également. L'air moins dense à haute altitude réduit la portance de l'avion, mais la traînée diminue. Ceci résulte en de plus hautes vitesses à haute altitude. Un avion volant à 700 km/h possède des caractéristiques de vol différentes lorsqu'il vole à 1000 km/h. La vitesse réelle à laquelle un avion vole dans la masse d'air est appelée Vitesse Propre (TAS=True Air Speed). La TAS est une vitesse compensée pour la pressions de l'air et sa densité. 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 de la densité de l'air et des changements d'humidité à 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 la VTH.

SUR SU-27, LE CADRAN DE L'INDICATEUR DE VITESSE AFFICHE LA VITESSE INDIQUEE DE L'AVION.

Vecteur Vitesse

Le vecteur d'énergie totale est un équipement courant sur les VTH occidentales ; il est également appelé Flight Path Marker (FPM). Le vecteur d'énergie totale indique la trajectoire de vol effective de l'aéronef, qui peut ne pas correspondre avec la direction dans laquelle pointe actuellement 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), lorsque l'avion vole dans une direction pendant que son axe longitudinal est dirigé vers une autre.

NB : LE SU-27 N'AFFICHE PAS DE VECTEUR VITESSE.

Incidencemètre (Indicateur d'angle d'attaque / 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.

AoA et IAS sont liés aux caractéristiques aérodynamiques de l'avion. Lorsque l'AoA de l'avion est augmenté jusqu'à des valeurs critiques, la portance de l'avion augmente également. L'augmentation de la vitesse indiquée à AoA constant augmente aussi la portance. Cependant, la trainée induite augmente également avec l'accroissement de l'incidence et de la vitesse. Il faut garder cela à l'esprit ou l'avion peut sortir du domaine de vol contrôlé. Par exemple, l'avion peut décrocher si le pilote dépasse les limites d'AoA. Les limitations figurent toujours sur le cadran de l'indicateur d'AoA.

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

Lorsque l'AoA de l'avion atteint des valeurs critiques, l'écoulement des filets d'air devient irrégulier sur les ailes et ces dernières 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 de côté (lacet) et faire décrocher l'avion. Le décrochage peut apparaître lorsque le pilote dépasse les valeurs d'AoA permises. Il est en particulier dangereux de décrocher en combat; en vrille non contrôlée vous êtes 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 peuvent également osciller en tangage et en roulis. Une fois en vrille, le pilote doit concentrer toute son attention sur la récupération de son avion. Il existe plusieurs méthodes pour récupérer une vrille sur différents types d'appareils. En règle générale on réduit la poussée, on actionne la pédale du palonnier dans le sens opposé à celui de la vrille, et on maintient le manche poussé en avant. Il faut maintenir ainsi les commandes de vol jusqu'à ce que l'avion arrête de tourner et redevienne contrôlable avec le nez vers le bas. Après l'avoir récupéré, placez l'avion à nouveau 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 D'UNE VRILLE : REDUISEZ LA POUSSEE, ACTIONNEZ LA PEDALE DU PALONNIER DANS LE SENS OPPOSE A CELUI DE LA VRILLE ET PUSSEZ LE MANCHE VERS L'AVANT. MAINTENEZ LES COMMANDES DANS CETTE POSITION JUSQU'A CE QUE LA VRILLE S'ARRETE.

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 maintient un vol en palier. Lorsque l'inclinaison de l'avion change, la projection de la portance sur le plan vertical diminue.

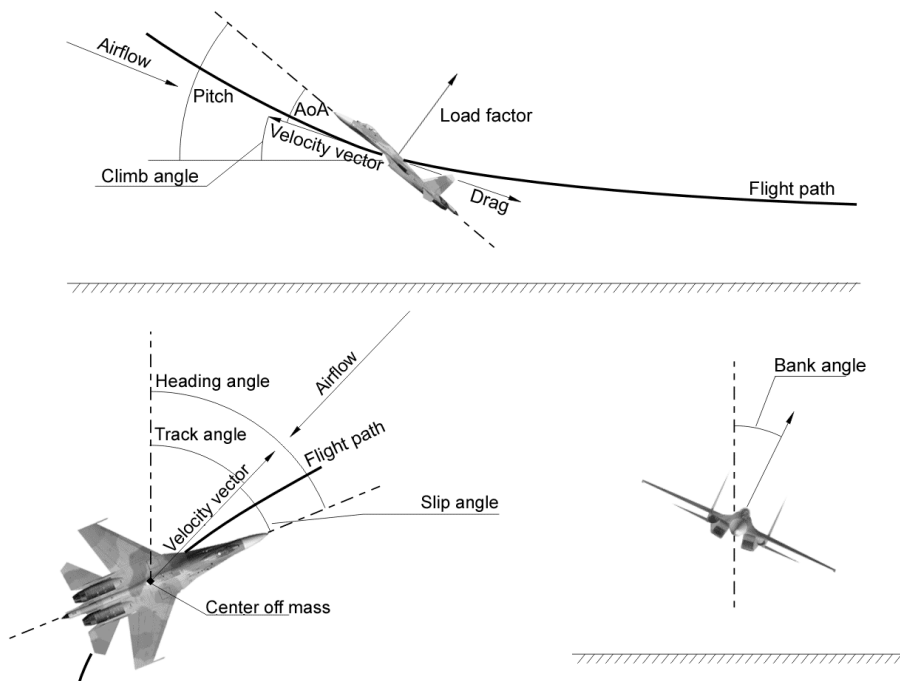


Figure 83 : Forces aérodynamiques de l'avion

La quantité de portance disponible influe sur les caractéristiques de manœuvrabilité de l'avion. Les indicateurs principaux de la manœuvrabilité d'un avion sont le taux de virage maximum dans le plan 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 le taux de virage est élevé et plus l'avion peut changer rapidement de direction.

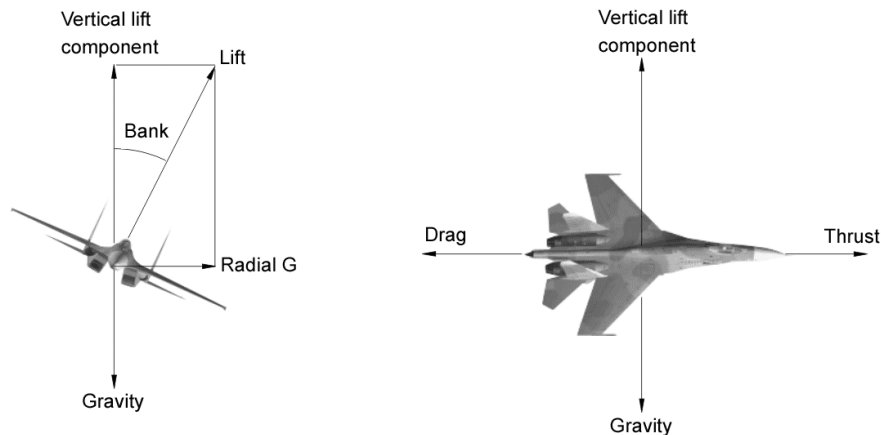


Figure 84 : Forces agissant sur les manœuvres de l'avion

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 avec le plus petit rayon de virage possible.

IL EXISTE UN EQUILIBRE OPTIMAL POUR LEQUEL ON A LE TAUX DE VIRAGE MAXIMAL AVEC LE PLUS PETIT RAYON DE VIRAGE 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 des 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 et Manœuvrabilité). Bien que le taux de virage à 950 km/h présente une valeur maximale (18.2 degrés par seconde), la vitesse pour obtenir un rayon de virage plus petit se situe vers 850-900 km/h. Pour d'autres avions cette vitesse variera. Pour des chasseurs classiques, les 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 le 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 significative 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 un avantage de positionnement ou à dégager un bandit dans vos six heures.

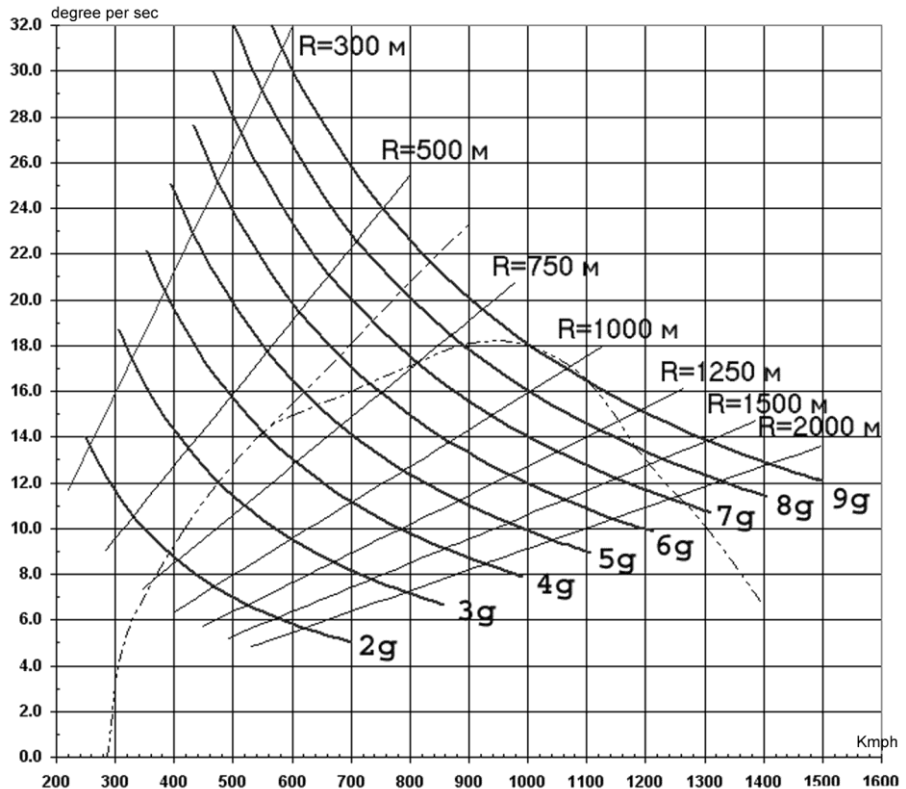


Figure 85 : Courbe typique en "niche de chien" montrant le taux de virage en fonction de la vitesse pour un avion de chasse moderne.

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 "aux marges". Bien, que cela ralentisse votre avion c'est la

manière la plus rapide de placer votre nez sur la cible. Vous risquez 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 de virage 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 effectuer un virage stabilisé jusqu'à ce qu'il n'ait plus de carburant.

Contrôle de l'énergie

En combat aérien, le pilote doit surveiller l'énergie de son avion. L'énergie totale de l'avion peut être représentée 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 est déterminée par sa vitesse. Parce que la puissance des moteurs est limitée, voler à de fortes incidences annulera la poussée, et l'avion perdra de l'énergie. Pour éviter cela en combat, le pilote doit maintenir son enveloppe de vol en manœuvrant son avion pour le maintenir simultanément au taux de virage soutenu maximal et au rayon de virage minimal.

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

Imaginez que l'énergie équivaut à de "l'argent" utilisé pour "acheter" des manœuvres. Considérez qu'il y a une rentrée d'argent constante (tant que les moteurs fonctionnent). Un contrôle optimal nécessite une dépense raisonnée de "l'argent" nécessaire à l'achat de manœuvres. Effectuer des manœuvres sous facteur de charge engendre une perte de vitesse et ainsi les réserves de la "banque" diminuent. Dans ce cas, vous pouvez dire que le prix pour un petit taux de virage était trop élevé. A présent, vous avez peu d'argent à la 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 des manœuvres sous facteur de charge qui se soldent 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 en avant et en "soulageant" votre avion. Cela vous permettra de reprendre rapidement de la vitesse. Toutefois, prenez le temps de faire cela prudemment ou vous donnerez 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.

IMPLÉMENTATION DU SU-27



IMPLÉMENTATION DU SU-27

Système de Commandes de Vol (Flight Control System - FCS)

Le SU-27 est contrôlé par une combinaison de systèmes de commandes mécaniques et électriques. Le contrôle longitudinal de l'appareil est assuré par la déflexion synchronisée des stabilisateurs et le contrôle latéral est effectué par une déflexion différentielle des flaperons, des stabilisateurs et du palonnier. Le contrôle de lacet est maintenu par l'action du palonnier.

Le système de contrôle mécanique est utilisé pour la déflexion différentielle des flaperons du système de contrôle latéral, la déflexion synchronisée des flaperons pendant le décollage et l'atterrissage, la déflexion de la dérive lors des mouvements de palonnier, et les commandes du pilote automatique et des compensateurs.

Le système de commandes de vol électriques est utilisé pour le contrôle manuel de l'avion au travers de canaux de commande latéraux et longitudinaux afin de fournir la stabilité et la qualité de contrôle désirées, pour limiter le facteur de charge et les angles d'incidence, pour contrôler les bords d'attaque des ailes, et pour la synchronisation du contrôle des flaperons lors des manœuvres.

Canal Longitudinal (Tangage)

Afin d'améliorer sa manœuvrabilité, le Su-27 possède un faible degré de stabilité en tangage, ce qui a engendré la nécessité d'utiliser un système de commandes de vol électriques pour améliorer le contrôle de la stabilité de l'avion.

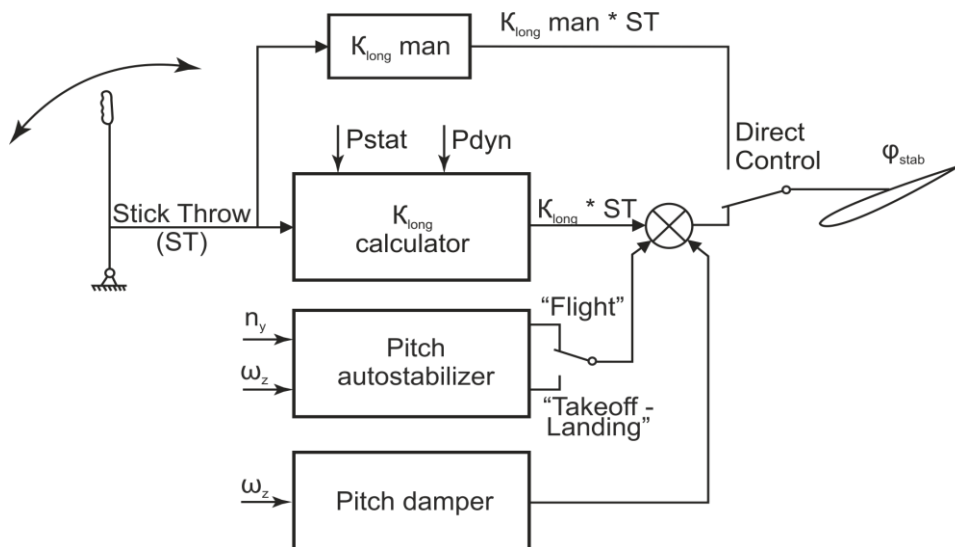


Figure 86: Diagramme schématique du canal de contrôle longitudinal

Le canal de contrôle longitudinal du système de commandes de vol électriques possède trois modes de fonctionnement:

- DÉCOLLAGE - ATTERRISSAGE : dans ce mode, le stabilisateur s'oriente en fonction des mouvements du manche en tangage et de leur vitesse.
- VOL : dans ce mode le stabilisateur s'oriente en fonction des sollicitations du manche en profondeur, de leur vitesse et du facteur de charge.
- CONTROLE DIRECT D'URGENCE: dans ce mode, le stabilisateur s'oriente uniquement en fonction des actions au manche.

Le basculement du mode DÉCOLLAGE - ATTERRISSAGE au mode VOL s'effectue automatiquement en fonction de la position du train d'atterrissage.

Le passage en mode de CONTROLE DIRECT s'effectue en pressant la touche [S] en cas de défaillance du système de commandes de vol électriques. Le pilotage dans ce mode demande une attention spéciale et se caractérise par:

- Stabilité de l'avion insuffisante en tangage
- Faible amortissement des effets aérodynamiques
- Augmentation de la sensibilité longitudinale du manche

Dans ce mode, compensez la tendance de l'avion à changer d'assiette en utilisant préventivement de petites actions au manche. Évitez les grandes actions aux commandes. Dans ce mode, l'incidence ne doit pas dépasser 10 degrés (le limiteur d'AoA n'est pas actif dans ce mode) et les virages ne doivent pas s'effectuer avec plus de 45 degrés d'inclinaison.

C'est dans ce mode que s'effectue la manœuvre acrobatique du "Cobra de Pougachev". On annule ce mode en pressant à nouveau la touche [S]. La position on/off peut être contrôlée sur la console de gauche.

Le système de commandes de vol électriques (Fly By Wire - FBW) est un système de contrôle de trajectoire. En d'autres termes, si le manche reste dans une position, le système maintiendra la trajectoire de vol ainsi définie. C'est pourquoi une réduction de vitesse (par exemple) et la diminution de portance ainsi que l'augmentation d'incidence qui en résulte, amèneront l'avion à tenter de maintenir la trajectoire de vol initiale et à l'empêcher de descendre. Ceci conduira à une dégradation de la vitesse jusqu'au retour au neutre de la stabilité.

Le système de contrôle longitudinal intègre une loi de compensation qui génère un signal proportionnel au flux d'air. Lorsque la vitesse indiquée augmente, le FCS génère une déflexion du stabilisateur vers le haut (jusqu'à 5 degrés). Lors d'une décélération, il génère une déflexion vers le bas. Ceci imite la stabilité de vitesse de l'avion dans l'air, qui est au neutre en présence d'un signal retour de facteur de charge. L'imitation de stabilité de vitesse permet au pilote d'utiliser le manche comme s'il était dans un avion stable.

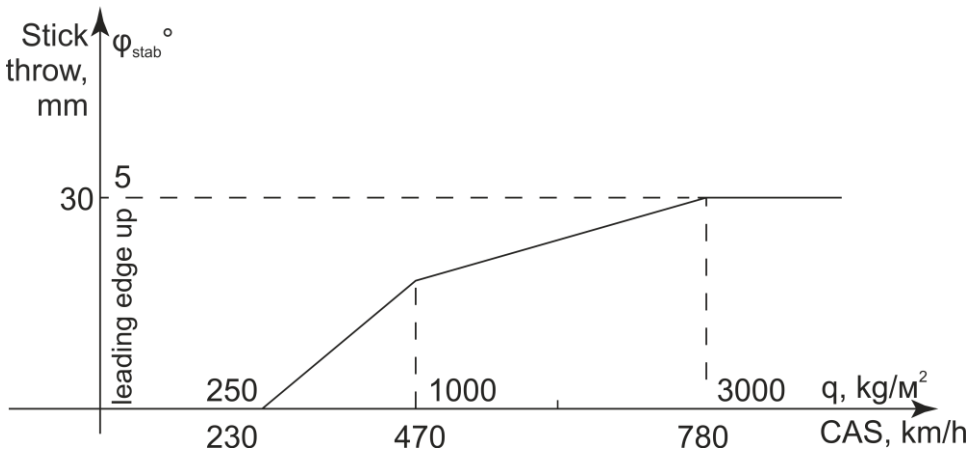


Figure 87: Diagramme de relation Compensation Stabilisateur (ST) – Flux d'air (CAS)

C'est une logique de fonctionnement du système FBW basée sur des impulsions de déflexion en fonction de la pression dynamique de l'air. Cette loi de contrôle permet au pilote d'avoir l'impression de voler sur un avion stable dans l'air. Elle permet aussi d'accroître la sécurité du vol lorsque la vitesse diminue. Comme l'avion a une stabilité neutre en fonction de la vitesse, cela pourrait augmenter l'incidence lors des ralentissements. La loi de contrôle précédemment mentionnée empêche cela en orientant les stabilisateurs pour diminuer l'AoA.

Lors d'une accélération, afin de maintenir l'avion en palier, il devrait être compensé "à piquer" au fur et à mesure que la vitesse augmente.

Canal Latéral (Roulis)

Le contrôle du roulis est effectué par les flaperons fonctionnant comme des ailerons (les flaperons sont également déployés vers le bas comme des volets en mode décollage ou atterrissage) en par

une stabilisation différentielle. Aux grands angles d'attaque, les palonniers sont également utilisés pour contrôler le roulis (voir le canal Directionnel)

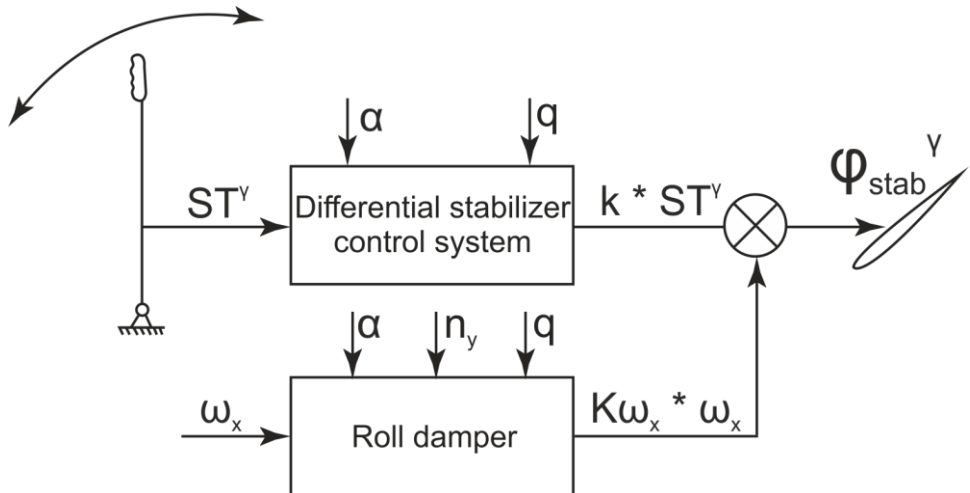


Figure 88: Schéma de fonctionnement du canal de stabilisation Latérale

Les flaperons et la dérive sont des éléments des parties mécaniques du système de contrôle. Le canal latéral du système de commandes de vol électriques, qui inclut le mécanisme de contrôle latéral et l'amortisseur de lacet, contrôle l'orientation différentielle des stabilisateurs.

Le mécanisme de contrôle différentiel est commandé par les actions latérales sur le manche et génère une déflexion différentielle des stabilisateurs. Le degré de déflexion dépend de la vitesse indiquée et de l'incidence.

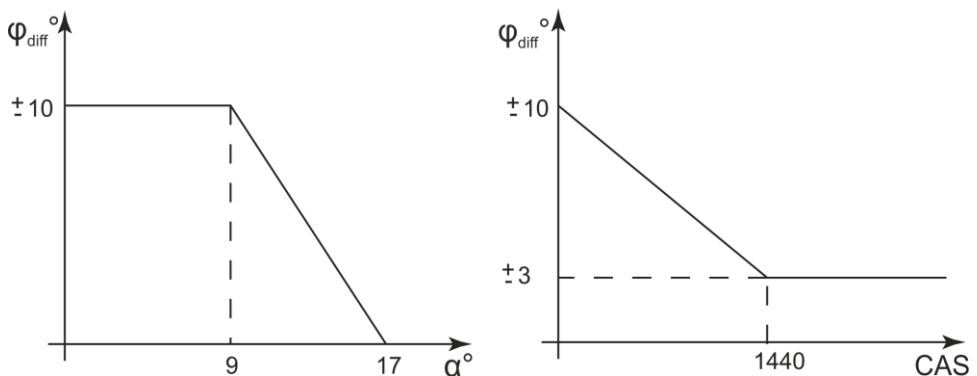


Figure 89: Correction différentielle du stabilisateur en fonction de l'AoA et de la CAS

Avec une augmentation de la vitesse, une réduction de la déflexion différentielle des stabilisateurs empêche l'application de fortes contraintes sur la partie arrière du fuselage alors que son augmentation empêche l'apparition de lacet induit à forte incidence.

L'amortisseur de roulis génère une déflexion différentielle en fonction du taux de roulis, et est destiné à supprimer des petites oscillations en roulis.

A moyenne ou basse altitude, le taux de roulis maximum ω_x est augmenté lorsque la vitesse augmente, atteignant sa valeur la plus élevée avec une vitesse indiquée de 600...800 km/h. C'est là que le maximum de contrôle latéral de l'appareil est observé.

Le contrôle latéral se détériore graduellement lorsque la vitesse augmente encore, et la dégradation devient notable à des vitesses supérieures à 1200 km/h.

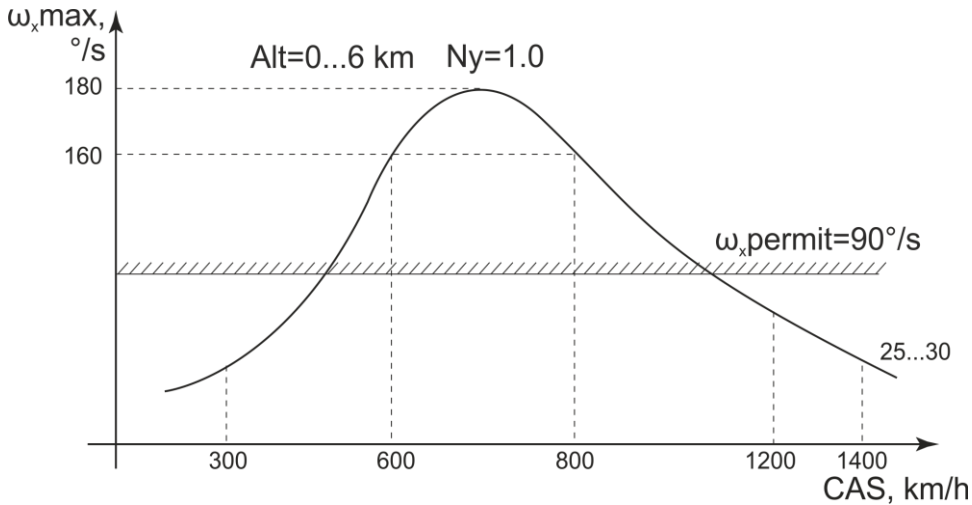


Figure 90: Diagramme Taux de roulis - CAS

Cette dépendance du contrôle latéral basée sur la vitesse indiquée s'explique par les facteurs suivant :

- Une augmentation de ω_x max à VIAS = 600 ... 800 km/h est causée par une augmentation de la pression d'air dynamique avec la haute efficacité de flaperons et du stabilisateur de différentiel.
- Une diminution de ω_x max avec VIAS > 800 km/h est causée par une réduction des déflexions angulaires des flaperons due à une puissance insuffisante des actionneurs hydrauliques et une diminution de déviation disponible du stabilisateur différentiel destinée à limiter les charges sur la section "souple" de la queue du fuselage.

Canal Direction (Lacet)

Le contrôle de lacet de l'avion est assuré par une déflexion symétrique des dérives. Les ordres des pédales du palonnier sont transmis par une liaison mécanique. En supplément, des unités de servocommandes du sous-canal en lacet du système de commandes de vol électriques sont mécaniquement connectées aux dérives, avec une autorité sur la demi-déflexion.

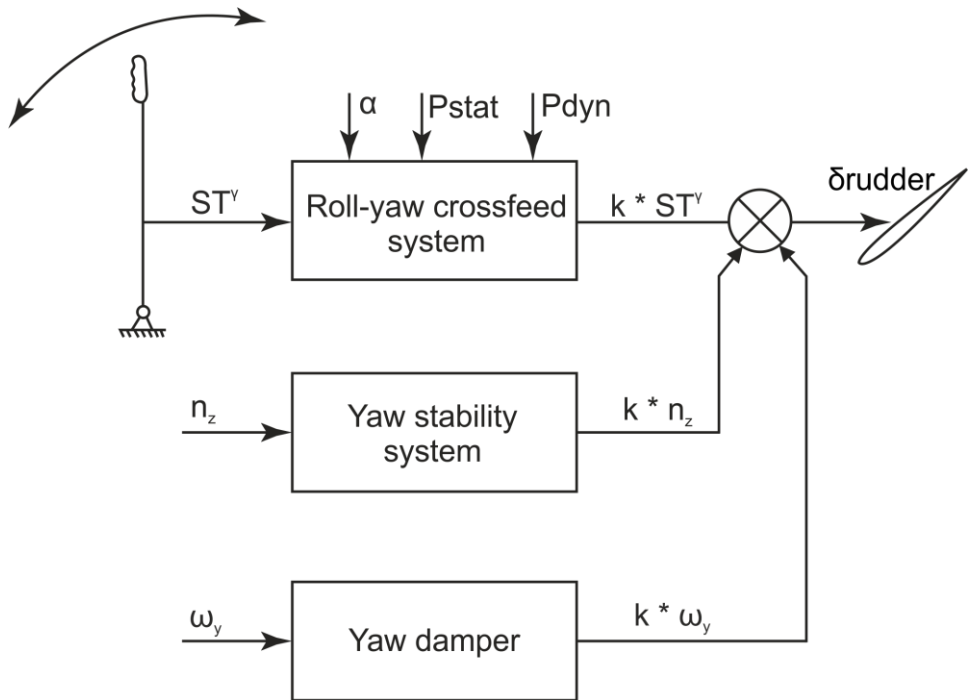


Figure 91: Schéma du bloc de contrôle du canal de lacet

Le sous-canal de lacet du système de commandes de vol électriques comporte les systèmes automatiques suivants:

Le système d'alimentation croisée Roulis-Lacet agit en fonction des actions latérales au manche. Il oriente les dérives dans la même direction que le manche. Il élimine le lacet induit causé par la différence de traînée des demi-ailes. Il améliore aussi le contrôle latéral, en particulier à forte incidence.

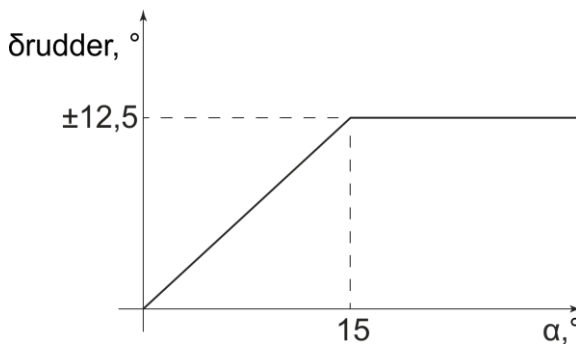
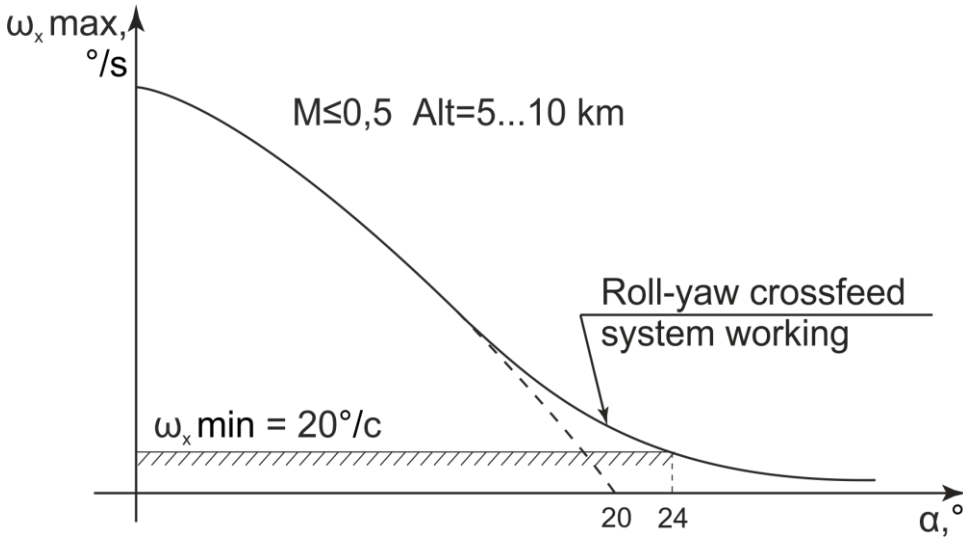


Figure 92: Diagramme Lacet – AoA

Grâce à cela, le contrôle latéral est préservé jusqu'à une incidence de 28 degrés, et il n'y a pas de roulis induit lié aux mouvements du manche.

**Figure 93: Diagramme Taux de Roulis – AoA**

Le système de stabilité en lacet agit en fonction des informations d'accélération latérale et assure le maintien des caractéristiques requises pour la stabilité en lacet de l'avion, celui-ci ayant des caractéristiques instables sur cet axe. Ceci est dû aux propriétés aérodynamiques particulières du Su-27 avec un centre de gravité situé en arrière, une section du fuselage s'allongeant latéralement sur les ailes, et un déplacement vers l'avant des ailerons. Le principe de fonctionnement du système de stabilité en lacet du Su-27 est similaire à celui du système d'augmentation de stabilité en tangage.

L'amortisseur de lacet fournit les caractéristiques requises indispensables pour une stabilité latérale dynamique.

Afin de diminuer les contraintes sur les ailerons et la partie arrière du fuselage dans son ensemble, à des vitesses supérieures à 600 km/h et lorsque le train est rentré, un mécanisme à ressorts est connecté au système de contrôle de lacet afin de limiter le débattement du palonnier à mi-course de chaque côté à des vitesses supérieures à 600 km/h. C'est pourquoi, à ces vitesses, la course des pédales est réduite de moitié dans la simulation.

Système de commande des Tuyères

Le système de contrôle des tuyères a pour but de modifier le diamètre des buses de sortie en accord avec la loi désirée.

Avant le démarrage des moteurs, durant leur allumage et en mode IDLE les tuyères sont complètement ouvertes afin de fournir les conditions les plus favorables pour le démarrage des moteurs : le plus grand couple à la turbine, le minimum de surchauffe, et le minimum de poussée en mode IDLE. Quand la manette des gaz est avancée à 70-81% de RPM moteur, les tuyères se ferment partiellement pour améliorer les caractéristiques de poussée. Lorsque la post-combustion est enclenchée, les tuyères s'ouvrent à nouveau pour maintenir la température de sortie des turbines. Lorsque le taux d'augmentation de poussée augmente les tuyères s'ouvrent.

Lorsque le train est sorti, les tuyères sont partiellement fermées afin de conserver une marge de puissance et d'éviter qu'elles n'entrent en contact avec la piste lors du toucher. A cause de cela, la poussée est augmentée lorsque l'on est sur le plan de finale. Pour décélérer il est nécessaire d'utiliser l'aérofrein.

CHECK-LISTS DU SU-27



CHECK-LISTS DU SU-27

La motorisation du Su-27 inclus deux moteurs АЛ-31Ф (AL-31F), chacun d'entre eux possédant sa propre turbine de démarrage ГТДЭ-117 (GTDE-117). Comme chaque moteur a son propre démarreur, il est possible de démarrer les moteurs individuellement ou simultanément.

Démarrage Moteur au Sol

Pour un démarrage au sol des moteurs :

- Brancher l'alimentation électrique [Maj-D + L]
- Placer la manette de puissance sur la butée IDLE (butée Ralenti)
- Presser [AltGr + Orig] pour démarrer le moteur gauche et [Ctrl-D + Orig] pour démarrer le moteur droit

Après cela, la vanne du démarreur moteur s'ouvre, l'interrupteur de limitation de la vanne est actionné et le circuit de démarrage est activé. En suivant les commandes du circuit de démarrage, le carburant est envoyé à la turbine de démarrage et le voyant "ЗАПУСК" (START) s'allume dans le cockpit.

Le circuit de démarrage active le moteur du démarreur électrique, allume la turbine de démarrage, et alimente cette dernière en oxygène. Après dix secondes, la turbine de démarrage arrête ces accessoires et démarre simultanément la chambre de combustion principale. La turbine de démarrage entraîne la mise en rotation du compresseur du moteur et l'unité de contrôle du débit carburant régule le débit carburant vers la chambre principale. A 35% de RPM du moteur, les bougies d'allumage dans la chambre principale s'éteignent. A 53% de RPM moteur, ou après 50 secondes, la turbine de démarrage et le circuit de démarrage sont coupés, ce qui est confirmé par l'extinction du voyant "ЗАПУСК" (START). Le moteur passe alors automatiquement en position IDLE.

Extinction Moteur

L'extinction des moteurs s'effectue en plaçant les manettes de puissance en butée IDLE et en pressant les touches [AltGr + Fin] (pour le moteur gauche) et [Ctrl-D + Fin] (pour le moteur droit).

Redémarrage Moteur en Vol

Le redémarrage en vol d'un moteur s'effectue en passant la manette de puissance de la position "СТОП" (STOP) à n'importe quelle position autre que la post-combustion (et uniquement avec le train rentré). A ce moment, un micro-contacteur connecté à la manette allume le circuit de démarrage, lequel démarre les accessoires suivants pendant 20 secondes : bougies de démarrage de la chambre principale, pompe de gavage, alimentation du moteur en oxygène, et le voyant "ЗАПУСК" (START).

L'utilisation de la turbine de démarrage n'est pas nécessaire grâce à l'autorotation du moteur.

Ainsi, pour redémarrer un moteur en vol, il est nécessaire de passer la manette de la position IDLE à la position "СТОП" (STOP) en pressant les touches [AltGr + Fin] (pour le moteur gauche) ou

[**Ctrl-D + Fin**] (pour le moteur droit). Ensuite, pour avancer la manette de au delà de la position "СТОП" (STOP), pressez [**AltGr + Orig**] (pour le moteur gauche) ou [**Ctrl-D + Orig**] (pour le moteur droit).

Utilisation de l'Armement

Cette section fournit des instructions sur les étapes nécessaires à l'emploi de différents types d'armes.

Pour employer un armement, le pilote doit suivre les étapes ci-dessous:

- Détecter la cible
- Verrouiller ou désigner la cible
- Utiliser l'armement

Ci-dessous sont décrites les procédures nécessaires à l'emploi d'armements air-air. Nous commencerons avec les armes longue portée et finirons par les systèmes à courte portée.

Combat au delà de la portée visuelle (BVR : Beyond Visual Range)

Engagement Missile utilisant le Radar comme Senseur Actif

En fonction de la mission, du type de cible, et de l'environnement de brouillage électromagnétique, vous pouvez utiliser deux modes d'acquisition principaux, ОБЗ (SCAN) et TWS, pour l'utilisation de missiles à longue portée. Le mode TWS fournit des informations plus détaillées sur la cible, permet d'afficher une image de la situation tactique sur la Visualisation Tête Basse (HDD : Head Down Display), et peut verrouiller automatiquement des cibles. Toutefois, il ne peut être utilisé pour détecter des cibles dans un environnement ECM dense, ou détecter simultanément des cibles en rapprochement (Hi PRF) et en éloignement (Low PRF). Dans une telle situation, il est préférable d'utiliser le mode SCAN. Pour rechercher à la fois des cibles en Hi et Low, utilisez le sous-mode "ABT" (AUTO). L'utilisation du mode AUTO provoque cependant une réduction d'environ 25% de la portée de détection, par rapport aux sous-modes "ППС" (Hi PRF) et "ЗПС" (Med PRF). Dans le cas où vous connaissez déjà l'aspect de la cible, il est recommandé d'utiliser le sous-mode approprié avec la touche [**Maj-D + I**].

L'acquisition, le verrouillage et le tir d'un missile s'effectuent selon les étapes suivantes :

Étape 1

Afin de rechercher des cibles à longue distance, sélectionner le mode "ОБЗ" (SCAN) [**2**], activez le radar à l'aide de la touche [**I**] et sélectionnez la portée appropriée en km sur la VTH et la VTB avec les touches [**+**] et [**-**]. Si la situation le permet, vous pouvez choisir de passer en mode "СНП"

(TWS) en pressant la touche **[AltGr + I]**. Choisissez le missile le plus adapté à la distance et à la cible en cyclant la touche **[D]** et en confirmant sur la VTH.

Étape 2

Orientez l'azimut de la zone de détection du radar en direction de la cible. Cette zone peut être déplacée dans trois positions fixes : centre ± 30 degrés, gauche $-60 - 0$ degrés et droite $0 - +60$ degrés. Si la cible est en dehors de la zone centrale de ± 30 degrés, alors vous devez déplacer la zone de détection sur la gauche ou la droite à l'aide des touches **[Maj-D + ,]** ou **[Maj-D + /]**.

Étape 3

Orientez l'élévation la zone de détection en direction de la cible. Il existe deux manières de le faire.

La première méthode consiste à définir l'élévation de la zone en fonction d'informations de coordonnées : distance et élévation. Pour ce faire, vous avez d'abord besoin de connaître la distance de la cible en kilomètres (fournie par l'AWACS ou un GCI), puis vous pouvez l'entrer sur la VTH avec les touches **[Ctrl-D + +]** et **[Ctrl-D + -]**. Pour entrer l'élévation de la cible relativement à la vôtre, utilisez les touches **[Mad-D + ;]** et **[Mad-D + .]**. Ceci centrera la zone de détection sur la cible.

La seconde méthode est d'utiliser le repère d'élévation sur l'axe vertical à gauche de la VTH. Le contrôle de ce réglage peut être assigné à un axe du joystick. Le réglage de l'élévation de la zone de détection correspondra à la lecture sur la VTH.

Étape 4

Après avoir orienté la zone de détection en direction de la cible, il peut être nécessaire d'attendre jusqu'à six secondes avant que la cible ne soit détectée. Ceci n'interviendra qu'après plusieurs cycles de recherche du radar. Une fois que le radar a détecté une cible, un symbole du contact est affiché sur le VTH et la VTB. Un aéronef qui retourne un signal IFF ami est marqué d'une double barre. Un contact hostile n'aura qu'une seule barre. Sur la VTB, les contacts amis auront une marque circulaire. Le nombre de tirets sur le contact VTH représente la taille RCS (SER: Surface Équivalente Radar) de la cible. Généralement, plus le symbole est grand, et plus le contact est grand.

Étape 5

Une fois la cible détectée, l'étape suivante est le verrouillage.

Pour ce faire, placez l'alidade (TDC = Target Designation Cursor) sur le contact et pressez la touche **[Entrée]**. Si la distance, la SER et le brouillage le permettent, la cible sera verrouillée et marquée par une forme circulaire. Le radar passera alors en mode STT.

Lorsque vous êtes en mode "CHN" (TWS), placez le TDC à côté du contact à l'aide des touches **[;]**, **[,]**, **[-]**, **[/]**, et le TDC "collera" automatiquement au symbole de la cible. Ceci indique que le radar poursuit à présent ce contact particulier, tout en recevant des données additionnelles le concernant. Pour rentrer en mode STT complet, pressez la touche **[Entrée]**. Le verrouillage STT ne sera pas effectif s'il est initié à plus de 85% de la portée maximale du missile sélectionné. Cependant, une fois à 85% ou moins, le verrouillage STT sera enclenché automatiquement.

Étape 6

Une fois en mode SST et à une distance de 85% ou moins de la portée maximale du missile sélectionné, le message "LP" (LA – Launch Authorized) apparaît sur la VTH. Avec cette autorisation, vous pouvez lancer le missile en pressant le bouton de tir de votre joystick ou en pressant la barre **[Espace]**. Vous devez maintenir le bouton de tir pendant au moins 1 seconde pour que le missile parte.

Il est à noter qu'un tir missile depuis sa portée maximale sur une cible manœuvrante n'est pas très efficace car la cible peut l'éviter en effectuant une manœuvre simple d'évitement de missile. Dans la mesure du possible, attendez d'atteindre la portée Rtr; cela augmentera fortement votre probabilité de destruction. Toutefois, tirer à ou au-delà de la portée maximale, grâce à l'outrepassement de l'autorisation de tir, peut servir à mettre plus vite l'ennemi sur la défensive.

Conformément à l'emploi de missiles SARH (Semi-Active Radar Homing = Missiles à Radar Semi-Actif) (R-27R, R-27ER), il est nécessaire de maintenir un verrouillage STT sur la cible pendant tout le temps de vol du missile. Si la cible casse le verrouillage, et que vous réussissez à le rétablir rapidement, le missile continuera à poursuivre la cible.

POUR UTILISER LES MISSILES SARH, VOUS DEVEZ VERROUILLER LA CIBLE EN MODE STT PENDANT LA TOTALITÉ DU TEMPS DE VOL DU MISSILE.

Engagement Missile utilisant l'IRST (InfraRed Search and Track) comme Senseur Actif

L'utilisation du système "ОЛС-27" - IRST (Recherche et Poursuite InfraRouge) pour des missiles longue portée permet des attaques furtives. L'IRST est insensible au brouillage radar, mais il a une portée de détection de cible bien moindre que celle du radar. Les R-27ET, R-27T et R-73 peuvent être utilisés avec le système IRST.

L'IRST travaille dans le spectre infrarouge et détecte les cibles par leur contraste thermique. La partie la plus "chaude" d'un aéronef est le moteur qui expulse des gaz chauds et réchauffe les parties métalliques environnantes du fuselage. C'est pourquoi la détection infrarouge est plus efficace du côté arrière de l'avion que du côté avant.

L'information sur la cible sur la VTH est présentée sous la forme d'azimut dans le plan horizontal, et d'élévation de la cible dans le plan vertical. L'interrogateur IFF ne fonctionne pas dans ce mode, alors soyez absolument sûr que la cible est un appareil ennemi avant de l'engager.

L'acquisition, le verrouillage et le tir d'un missile s'effectuent selon les étapes suivantes :

Étape 1

Afin de chercher des cibles à longue distance, sélectionner le mode longue portée [2], activez l'IRST avec la touche [O] et sélectionnez la distance appropriée en km sur la VTH et la VTB avec [+] et [-]. Sélectionnez ensuite le missile le mieux adapté à la cible et à la distance avec la touche [D] et confirmez la sélection sur la VTH.

Étape 2

Orientez l'azimut de la zone de détection du radar en direction de la cible. Sur le Su-27, cette zone peut être déplacée dans trois positions fixes : centre ± 30 degrés, gauche $-60 - 0$ degrés et droite $0 - +60$ degrés. Si la cible est en dehors de la zone centrale de ± 30 degrés, alors vous devez déplacer la zone de détection sur la gauche ou la droite à l'aide des touches [Maj-D + ,] ou [Maj-D + /].

Étape 3

Orientez l'élévation de la zone de détection de l'IRST en direction de la cible

Pour cela, déplacez la zone de détection vers le haut ou le bas, selon l'altitude présumée de la cible avec les touches [Maj-D + ;] ou [Maj-D + .]. Les indications d'élévation sont affichées le long du côté gauche de la VTH. La manière optimale pour rechercher des cibles est de parcourir l'axe vertical par petits incréments.

Étape 4

Après avoir orienté la zone de détection en direction de la cible, laissez l'IRST effectuer sa recherche pendant quatre à six secondes à chaque incrément; cela permet à l'IRST d'explorer correctement cette portion de ciel. Le nombre de tirets composant le symbole de la cible sur la VTH correspond à la taille de la signature infrarouge. Généralement, un grand avion présente une plus grande signature infrarouge, à l'exception d'un avion en postcombustion.

Étape 5

Une fois la cible détectée, l'étape suivante est le verrouillage.

Pour cela, placez le TDC sur le contact et pressez la touche **[Entrée]**. Si la distance de la cible et sa signature thermique le permettent, l'IRST enclenchera un verrouillage STT. La cible sera marquée par un cercle sur la VTH.

Étape 6

Une fois en mode SST et à une distance de 85% ou moins de la portée maximale du missile sélectionné, le message "PIP" (LA – Launch Authorized) apparaît sur la VTH. Avec cette autorisation, vous pouvez lancer le missile en pressant le bouton de tir de votre joystick ou en pressant la barre **[Espace]**. Vous devez maintenir le bouton de tir pendant au moins 1 seconde pour que le missile parte.

Il est à noter qu'un tir missile depuis sa portée maximale sur une cible manœuvrante n'est pas très efficace car la cible peut l'éviter en effectuant une manœuvre simple d'évitement de missile. Dans la mesure du possible, attendez d'atteindre la portée Rtr; cela augmentera fortement votre probabilité de destruction.

Les missiles à senseur IR sont "fire-and-forget" (Tire et Oublie) et ne requièrent pas d'aide supplémentaire de l'avion qui les a tiré. Une fois le missile lancé, le pilote peut immédiatement engager un autre objectif.

LES MISSILES A MOYENNE PORTEE R-27T/ET DOIVENT AVOIR LEUR SENSEUR INFRAROUGE VERROUILLE SUR LA CIBLE AVANT D'ETRE TIRES. CES SYSTEMES SONT GUIDES IR PENDANT TOUT LEUR VOL ET NE REQUIERENT PAS L'UTILISATION D'UN SYSTEME DE LIAISON DE DONNEES.

Combat Rapproché

Le combat aérien rapproché (CAC : Close air combat) est un combat où l'ennemi est à portée visuelle. Cela génère des combats rapides, avec des virages serrés où chaque adversaire cherche un avantage qui lui permettra de tirer le premier.

Les distances du CAC sont généralement restreintes par les limitations d'engagement en distance et en détection dans ce mode des systèmes de recherche et des armements; cela équivaut généralement à environ 10 km.

En CAC, des missiles hautement manœuvrants comme le R-73 sont généralement utilisés. Ils possèdent des senseur IR ayant de grands angles de détection, optimisés pour engager des cibles effectuant des tactiques sous fort facteur de charge. Ces missiles sont souvent utilisés en conjonction avec les canons.

Différents modes de ciblage utilisés en CAC sont décrits ci-dessous :

Close Air Combat – Mode Balayage Vertical BEPT (VS : Vertical Scan Mode)

Le mode de balayage vertical est sans doute le plus pratique et le plus utile lors de manœuvres de combat sous fort facteur de charge. Dans ce sous-mode, le radar et l'IRST balayent une zone de trois degrés de large sur -10 à +50 degrés verticalement. Deux lignes verticales sont affichées sur la VTH pour illustrer les limites de balayage en azimut. Lorsque vous poursuivez une cible manœuvrante mais qui se maintient au dessus de la VTH sur la même ligne de foi, le mode BEPT vous permet de la verrouiller sans "tirer" trop de G pour la placer sur la VTH.

Les étapes de verrouillage et de tir sont les suivantes :

Étape 1

Lorsque la cible est visuellement détectée, activez le mode BEPT (VS) en pressant la touche [3]. Le senseur IRST s'activera automatiquement, ce qui permet d'engager sans allumer de senseurs actifs. Si vous sélectionnez un missile à senseur électromagnétique, vous devez activer manuellement le radar en pressant la touche [I]. Sélectionnez le missile désiré en cyclant la touche [D] ou choisissez le canon interne en pressant la touche [C]. Votre arme active sera affichée sur la VTH.

Étape 2

Manœuvrez votre appareil de manière à placer la cible entre les deux lignes verticales de la VTH. Notez que la zone de détection effective s'étend au dessus des deux lignes de la VTH. Ainsi, il est possible de verrouiller des cibles situées bien au-delà du haut de la VTH.

Lorsque la cible est dans la zone de détection et avec l'un des senseurs actifs, vous devez déclencher manuellement le verrouillage en pressant la touche [Entrée]. Une fois la cible verrouillée, l'IRST ou le radar basculera automatiquement en mode STT.

Étape 3

Une fois en mode STT et que la distance à la cible est inférieure à la portée maximale du missile sélectionné, le message "LP" (LA – launch authorized) s'affiche sur la VTH. Une fois cette autorisation reçue vous pouvez lancer le missile en pressant le bouton de tir de votre joystick ou en pressant la touche [Espace]. Vous devez maintenir le bouton de tir pendant au moins 1 seconde pour que le missile parte.

Si le mode canon LCOS est actif, vous devez placer le réticule du canon sur la cible et presser le bouton tir de votre joystick ou la touche [Espace].

Pour augmenter la probabilité de destruction, essayez de minimiser l'écart de visée en volant sur une trajectoire de collision avec la cible avant de tirer le missile. Ceci réduira le facteur de charge que le missile devra "tirer" à son départ.

Close Air Combat – STROB (BORE) Mode

Le mode BORE est comparable au mode VS, à la différence que le senseur recherche le long de l'axe longitudinal de l'avion (sur un cône de 2,5 degrés) et non pas le long d'un couloir vertical, et que vous devez verrouiller manuellement la cible. La zone de détection est affichée sur la VTH comme un réticule de 2,5 degrés qui peut être déplacé avec les touches [J], [K], [L], [I].

Les étapes de verrouillage et de tir sont les suivantes :

Étape 1

Une fois la cible visuellement repérée, activez le mode STROB en pressant la touche [4]. Le senseurIRST s'activera automatiquement, ce qui vous permet d'effectuer une attaque sans senseur actif. Si vous voulez utiliser un missile électromagnétique semi-actif (SARH : Semi-Active Radar Homing) vous devrez activer manuellement le radar en pressant la touche [I]. Sélectionnez le missile désiré en cyclant la touche [D] ou le canon interne en pressant la touche [C]. L'armement actif sera affiché sur la VTH.

Étape 2

En manouvrant votre appareil ou en utilisant les touches [;], [,], [-], [/], placez le réticule du STROB sur la cible. Une fois la cible dans le viseur, vous devez initier manuellement le verrouillage en pressant la touche [Entrée]. Une fois le verrouillage effectif, le mode STT sera automatiquement sélectionné.

Étape 3

Une fois en mode STT et que la distance à la cible est inférieure à la portée maximale du missile sélectionné, le message "ПР" (LA – Launch Authorized) s'affiche sur la VTH. Une fois cette autorisation reçue vous pouvez lancer le missile en pressant le bouton de tir de votre joystick ou en pressant la touche [Espace]. Vous devez maintenir le bouton de tir pendant au moins 1 seconde pour que le missile parte.

Si le mode canon LCOS est actif, vous devez placer le réticule du canon sur la cible et presser le bouton tir de votre joystick ou la touche [Espace].

Pour augmenter la probabilité de destruction, essayez de minimiser l'écart de visée en volant sur une trajectoire de collision avec la cible avant de tirer le missile. Ceci réduira le facteur de charge que le missile devra "tirer" à son départ.

Close Air Combat – Mode ШЛЕМ (Casque)

C'est un mode de combat rapproché à part. Avec le système de visée monté sur casque Schel-3UM (HMCS : Helmet-Mounted Cueing System), un pilote peut contrôler le système de visée de l'avion en tournant sa tête, et diriger son armement vers une cible placée dans son réticule monocle. Par ce moyen, le pilote peut verrouiller les senseurs et l'armement sur la cible désignée. Le réticule n'est pas juste un symbole qui est réfléchi sur la VTH, mais il est toujours affiché au centre de l'écran. Ce mode est utilisé en combat aérien rapproché pour verrouiller et engager des cibles à de forts angles de dépointage.

Les étapes de verrouillage et de tir sont les suivantes :

Étape 1

Une fois la cible visuellement repérée, activez le mode ШЛЕМ en pressant la touche [5]. Le senseurIRST s'activera automatiquement, ce qui vous permet d'effectuer une attaque sans senseur actif. Si vous voulez utiliser un missile électromagnétique semi-actif (SARH : Semi-Active Radar Homing) vous devrez activer manuellement le radar en pressant la touche [I]. Sélectionnez le missile désiré en cyclant la touche [D]. L'armement actif sera affiché sur la VTH.

Étape 2

En déplaçant votre vue à l'aide du pavé numérique, vous pouvez placer le réticule HMCS sur une cible et presser la touche [Entrée]. Une autre façon de le faire est de verrouiller la vue tout d'abord sur la

cible avec la touche [VerrNum] puis d'activer le mode SHLEM et appuyer sur [Entrée]. Après avoir verrouillé la cible, le mode STT s'initialise automatiquement.

Étape 3

En fonction de la forme du réticule vous pouvez déterminer trois conditions :

Le réticule est attaché à la cible - vous avez un bon verrouillage cible mais n'êtes pas encore prêt à tirer un missile.

Le réticule est attaché à la cible et clignote à une fréquence de 2 Hz – le tir est autorisé. Cela signifie que les conditions de lancement sont remplies. Le symbole "П" (LA) s'affiche sur la VTH et vous pouvez tirer le missile en appuyant sur le bouton tir de votre joystick ou en pressant la touche [Espace]. Vous devez maintenir le bouton de tir pendant au moins 1 seconde pour que le missile parte.

Si le réticule affiche un "X", cela indique que le verrouillage et le tir ne sont pas possibles. Ceci apparaît lorsque le réticule du HMCS est au delà des angles de désignation autorisés.

Pour augmenter la probabilité de destruction, essayez de minimiser l'écart de visée en volant sur une trajectoire de collision avec la cible avant de tirer le missile. Ceci réduira le facteur de charge que le missile devra "tirer" à son départ.

Mode Fi0 (Longitudinal)

Le mode longitudinal est un mode de secours en cas de défaillance du WCS. Ce mode s'utilise avec les missiles infrarouges (R-27T, R-27ET, R-73) qui permettent un verrouillage de la cible sans l'aide du WCS de l'avion. Dans ce mode, le verrouillage est effectué par le senseur intégré au missile, qui possède une zone de détection d'environ deux degrés sur l'axe longitudinal. Pour que celui-ci verrouille la cible, cette dernière doit entrer dans la zone de détection du senseur qui se situe au centre du symbole de l'avion sur la VTH.

Les étapes de verrouillage et de tir sont les suivantes :

Étape 1

Lorsque vous détectez visuellement une cible aérienne, activez le mode longitudinal en pressant la touche [6]. Si le système WCS est endommagé et qu'il n'y a pas d'indication sur la VTH, basculez en mode CETKA (Réticule). Sélectionnez le missile désiré en cyclant la touche [D] ou le canon interne en pressant la touche [C].

Étape 2

Manceuvrez l'avion afin de positionner le centre du symbole de l'avion de la VTH sur la cible choisie. Lorsque celle-ci est dans le champ de vision du senseur, le signal "П" (Launch Authorized) retentira.

Étape 3

Vous devrez déterminer visuellement la distance à la cible et si elle est inférieure à la distance maximale de tir du missile. Tirez le missile en appuyant sur le bouton tir de votre joystick ou en pressant la touche [Espace]. Vous devez maintenir le bouton de tir pendant au moins 1 seconde pour que le missile parte.

Notez que la notification d'autorisation de tir ne garantit pas qu'elle soit à portée. Dans ce cas, il y a de fortes probabilités que le missile n'ait pas assez d'énergie pour atteindre la cible. C'est pourquoi il vous faudra juger à vue de sa distance et de son aspect.

Armements Air-Sol

Le Su-27 peut emporter un nombre limité de types d'armes air-sol. Cet arsenal inclut les bombes et les roquettes non guidées.

Bombes Lisses Polyvalentes

Cette catégorie de bombe inclut les bombes non guidées FAB-100, FAB-250 et FAB-500. Elles ont un faible coefficient de traînée et une trajectoire plate. Cela vous permet généralement de lancer une bombe sur une cible pendant qu'elle est toujours visible.

Étape 1

Identifiez visuellement la cible.

Étape 2

Sélectionnez le mode air-sol en pressant la touche [7].

Étape 3

Lorsque le réticule de visée CCIP (Calcul Continu du Point d'Impact) commence à bouger depuis le bas de la VTH, placez-le sur la cible et pressez le bouton de largage de votre joystick ou la touche [Espace] lorsque "PIP" (LA) apparaît sur la VTH.

LES BOMBES PEUVENT ETRE LARGUEES APRES L'APPARITION DU SYMBOLE PIP (LA) SUR LA VTH. UN PIQUE STABLE AVANT LE LARGAGE ASSURE UN BON TIR. ESSAYEZ D'EVITER LES MODIFICATIONS DE ROULIS, TANGAGE ET LACET, AINSI QUE LES CHANGEMENTS DE VITESSE SIGNIFICATIFS PENDANT LA PASSE DE BOMBARDEMENT. DE TELLES ACTIONS AUX COMMANDES PEUVENT AMENER A UNE REDUCTION DE LA PRECISION.

Bombes Freinées Polyvalentes

Cette catégorie de bombe comprend les bombes avec une traînée aérodynamique élevée comme les PB-250, ODAB-500, différents types de conteneurs KMGU-2 et les bombes perforantes à béton BetAB. Elles ont un coefficient de traînée élevé et leur trajectoire incurvée complique significativement le ciblage des cibles visibles.

Il est recommandé d'utiliser le mode de Calcul Continu de Point de Largage (Continuously Calculated Release Point : CCRP) pour employer ce type de bombe. Pour larguer ce type de bombe, suivez les étapes suivantes :

Étape 1

Identifiez visuellement la cible.

Étape 2

Sélectionnez le mode air-sol en pressant la touche [7]

Étape 3

Placez le réticule CCRP sur la cible désirée puis pressez et maintenez le bouton de tir de votre joystick, ou la touche [Espace] de votre clavier. Le WCS commencera alors le calcul du point de largage, et un symbole en losange apparaîtra sur la VTH pour représenter le point désigné. Dans la portion supérieure de la VTH un cercle de direction s'affichera. Manœuvrez l'avion de manière à ce que le symbole de la "queue" de l'avion soit placé sur le centre de cet anneau. L'échelle de distance sur le côté droit de la VTH change en une échelle de temps avant largage graduée en secondes. La flèche indiquant le temps avant largage apparaîtra seulement 10 secondes avant le largage de la

bombe. Afin d'effectuer un bombardement précis il est nécessaire de minimiser les corrections en roulis et en lacet. Lorsque le timer arrive à zéro les bombes sont automatiquement larguées et vous pouvez relâcher la détente.

Roquettes non guidées et canon interne.

Les roquettes non guidées incluent toutes les roquettes et les missiles non équipés de système de guidage. Ceci inclut la S-8 dans le lanceur de roquette B-8, la S-13 dans le lanceur de roquettes B-13, et la S-25. Le canon interne est le canon de 30 mm Gsh-301 chargé de 150 obus.

Étape 1

Identifiez visuellement la cible.

Étape 2

Sélectionner le mode air-sol en pressant la touche [7] et en cyclant avec la touche [D] jusqu'à ce que la roquette choisie soit sélectionnée. Ou sélectionnez le canon comme armement actif avec [C]. Vérifiez sur la VTH que l'armement correct est sélectionné. Effectuez un léger piqué vers la cible.

Étape 3

Lorsque le réticule de visée est sur la cible et que les conditions de tir sont remplies, le signal "ПР" (LA) apparaîtra sur la VTH. Tirez les roquettes ou le canon en pressant le bouton de tir de l'armement de votre joystick ou en pressant la barre [Espace] sur votre clavier.

LES ROQUETTES NON GUIDÉES PEUVENT ÊTRE TIRÉES UNE FOIS QUE LE SIGNAL "ПР" (LA) APPARAÎT SUR LA VTH. AVANT DE TIRER, ASSUREZ-VOUS D'AVOIR UNE INCLINAISON FAIBLE AVEC DES DÉVIATIONS MINIMALES EN TANGAGE, LACET ET ROULIS. DE TELLES DÉVIATIONS PEUVENT PRODUIRE DES PASSES ROQUETTES IMPRÉCISES.

SUPPLÉMENTS



SUPPLÉMENTS

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 moyen 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 en Battle)
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 Route Désirée)
EDP	Engine Dust Protectors (Protections Antipoussière 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
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	Mission Editor (Éditeur de Mission)
MILS bombe/canon	Abbréviation de milliradian, unité de réglage des anciens systèmes de visée Une mesure d'angle : 1 degré = 17,45 mils.
MRB	Magnetic NDB Bearing (Direction Magnétique NDB)
MWL	Master Warning Light (Voyant d'Alerte Principal)
NATO (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
RALT	Radar Altitude (Altitude Radar = Hauteur par rapport au sol)
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	Return To Base (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)
VVI	Variomètre
WCS	Weapon Control System (Système de Contrôle de l'Armement)
WPT	Waypoint (Point de Navigation)
XTE	Cross Track Error (Erreur latérale de route)

Sources

D'après un article publié dans rec.aviation.military newsgroup en 1999.

<http://www.aviastar.org/russian-aircraft/flanker/index.html>

<http://www.milavia.net/aircraft/su-27/su-27.htm>

AFM (2007-1), Air Forces Monthly #226, January 2007, p. 18, Key Publishing, UK.

Butowski, Piotr (2007). The Next Generation in Combat Aircraft, European Edition, Vol.8 No.5, October-November 2007, pp.22-25, Ian Allan Publishing, UK.

Butowski, Piotr (2008). Sukhoi's Latest 'Flanker', Combat Aircraft, European Edition, Vol.9, No.3, pp. 52-55, Ian Allan Publishing Ltd, UK.

Fomin, Andrei (2000). Su-27 Flanker Story, RA Intervestnik, Moscow, Russia.

Crédits : traduction française

Cédric	"Cedaway"	Lemercier
Clément	"Azrayen"	Bakès
Gaëtan	"Cameleon33"	Delaporte
Gilles	"Maraudeur"	Année
Guillaume	"BadCRC"	Gaillet
Julien	"Psycho"	Gras

©2015 THE FIGHTER COLLECTION. Tous droits réservés.

©2015 EAGLE DYNAMICS. Tous droits réservés.