

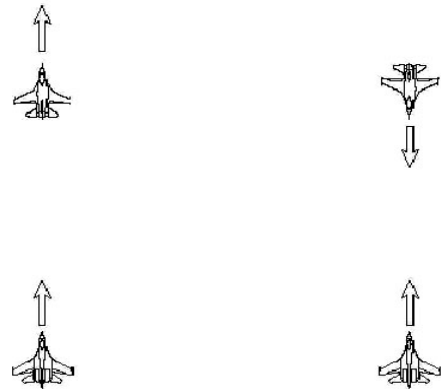
CHAPITRE 6 MISSILES AIR-AIR

De même que les avions, les missiles sont soumis aux lois de la physique et ont une enveloppe de vol bien spécifique. S'il est tiré dans de bonnes conditions, le missile a de très fortes chances d'atteindre sa cible. Tiré en conditions limites, ses chances diminuent considérablement.

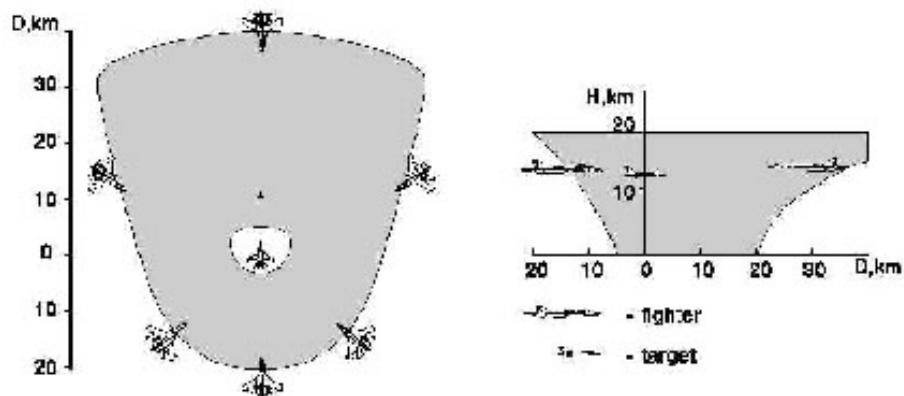
Portée cinétique contre des cibles non manoeuvrantes

A l'instar des avions, les missiles ont un problème de poussée. Ils ont un très faible réservoir de carburant, et donc leur moteur ne pousse que pendant très peu de temps, accélérant rapidement à la vitesse maximum. Puis le moteur s'arrête et le missile n'a plus que l'énergie accumulée pour manoeuvrer vers sa cible. Comme pour un avion, ses performances en virage dépendent du nombre de G qu'ils peuvent encaisser. Moins il est rapide, moins de G il supporte. La portée maximum à laquelle un missile peut être efficace contre une cible non manoeuvrante est appelée 'portée cinétique'. Comme nous le verrons plus loin, la notion de portée est très élastique.

L'angle d'aspect de la cible a une grande influence sur la portée efficace du missile. Comme montré dans le schéma, un avion qui est face au missile réduit de lui-même la distance. Le lanceur peut envoyer le missile plus tôt, la cible faisant une partie du chemin. A l'inverse, une cible en éloignement augmente la distance à parcourir. Si le missile est tiré à 10km, il lui faut plusieurs secondes de vol, pendant lesquelles la cible a parcouru un ou deux autres kilomètres. Le missile est bien plus rapide que l'avion, mais est en panne de carburant très tôt.



Le diagramme montre l'enveloppe de vol typique contre une cible non manoeuvrante. Les zones grises montrent les zones dans lesquelles le missile peut être tiré en fonction de l'angle d'aspect de la cible. Notez que,



cible de face, la portée est bien plus grande que cible fuyante. La petite zone blanche autour du lanceur est celle d'un tir de trop près. Du fait qu'un impact direct est peu probable, les missiles sont prévus pour exploser en dispersant de nombreux éclats. Pour éviter que l'avion lanceur n'explose avec un missile au départ, celui-ci n'est armé qu'une fois en vol à bonne distance. De ce fait, la tête missile a besoin d'un peu de temps pour locker la cible, il y a donc une distance minimum de tir.

Voyons le diagramme suivant: il montre comment l'altitude joue sur la portée. D'une manière générale, la portée cinétique double tous les 20000' (6100m). Si elle est de 20km au niveau de la mer, elle est d'environ 40km à 20000'. A 12200m (environ 40000'), la portée passe à 80km. S'il est tiré contre une cible plus haute ou plus basse, on compte l'altitude moyenne séparant les deux avions (dans la mesure où le missile peut monter assez haut).

En fin, la vitesse du lanceur joue énormément sur la portée cinétique. Plus le lanceur est lent, plus le missile met du temps et dépense de l'énergie à atteindre sa vitesse de croisière. S'il est lancé à haute vitesse, il est très vite en croisière, et le moteur peut faire durer celle-ci plus longtemps. De même, la vitesse de la cible influe. Si elle s'éloigne rapidement, elle peut se retrouver hors de portée d'un missile déjà tiré en limite de son enveloppe. En rapprochement, la cible peut aussi se retrouver trop près pour que le missile soit activé.

Cible manoeuvrante et évitement du missile

Malheureusement, la cible coopère rarement, et même essaye souvent de déjouer vos tirs. Jusqu'à maintenant nous n'avons pas abordé le sujet de l'influence des manoeuvres de la cible sur les performances du missile. S'il est tiré contre une cible en évolution, le missile devra suivre une trajectoire courbe vers celle-ci. Cela va augmenter la traînée, réduire la vitesse et la portée effective du missile.

La cible peut essayer 'd'entraîner' le missile. Dans ce cas, il exécute un virage au taux maximum jusqu'à être bien dans le même axe que le missile, puis repasse en ligne droite et accélère au maximum, pour essayer de placer le missile dans la zone de portée la plus courte, la vue de l'arrière. Le succès dépend d'abord du nombre de G que peut supporter l'avion (un chasseur peut tenir 8 à 9 G, mais un avion d'arme lourdement chargé est limité à 5 à 6 G), et aussi de l'accélération qu'il peut avoir après ce virage très dévoreur d'énergie. Les missiles modernes peuvent avoir une zone de non-échappatoire (no-escape), c'est-à-dire que par exemple à 10km, aucun avion au monde ne peut virer et accélérer assez pour échapper. Par contre, à 25km, ce même missile peut ne pas suivre un avion sous 6,5 G.

La cible peut aussi essayer de 'faire décrocher' le missile en le plaçant dans l'axe des 3/9 heures (l'envergure) et en virant suffisamment pour le maintenir dans cette position. Cela oblige le missile à rester en virage permanent, perdant vitesse et énergie.

Conclusion

Nous voyons donc que la question de la portée d'un missile est complexe. Savoir qu'un missile a une portée de 30km n'est pas tout.... tiré de quelle position? la cible à quelle altitude? l'angle d'aspect? à quelle vitesse? nous pouvons en tirer deux conclusions:
1- plus vous êtes près de la cible au moment du tir, plus vous avez de chances de faire mouche. Les missiles tirés en limite de portée ont peu de chance d'arriver.
2- tirer de haut et avec une forte vitesse augmente sensiblement la portée du missile.

Guidage du missile

Le système de guidage du missile donne des ordres aux commandes, qui en finale manoeuvrent le missile pour intercepter la cible. La plupart des missiles modernes fonctionnent en homing. Dans ce cas, les lois de vol sont dans le calculateur du missile. Il y a trois types de homing: passif, semi-actif et actif.

Le plus simple, le homing passif, utilise les émissions venant de la cible (radio, chaleur, son, lumière). La cible est illuminée (généralement par radar ou laser), et le homing se fait vers la source de réflexion des signaux. Le homing semi-actif implique qu'une

source extérieure au missile illumine la cible.

Certains missiles, surtout ceux à longue portée, ont un guidage combiné, en parti inertiel radio-corrigé, puis un homing en phase finale. Pour alimenter le guidage inertiel, le lanceur fournit des informations au missile avant le départ.

Une fois en vol, le missile utilise ces informations pour rejoindre le point de passage pré-calculé de la cible. Durant cette partie du vol, les données de la cible peuvent changer considérablement. Pour cette raison, un contact radio avec le missile lui rafraîchit les informations pendant le début du vol. Ensuite le missile utilise un auto-guidage passif ou actif vers la cible.

Pour rejoindre, le missile a besoin d'un capteur recevant les radiations émises par la cible. Ce système, la 'tête', est situé à l'avant du missile. Cependant, des systèmes semi-actifs peuvent comporter des capteurs à l'arrière. Les systèmes actifs possèdent émetteur et récepteur, généralement placés à l'avant. En fonction du type de radiation reçu, la tête peut être infra-rouge ou radar.

Homing passif

La plupart des systèmes homing passifs sont à tête infra-rouge (IR). Ce dispositif contient un matériaux sensible aux radiations infra-rouges produites par le système de propulsion de la cible. Il est souvent refroidi cryogéniquement pour éliminer les interférences internes de température, et afin d'être sensible aux très petites sources de chaleur.

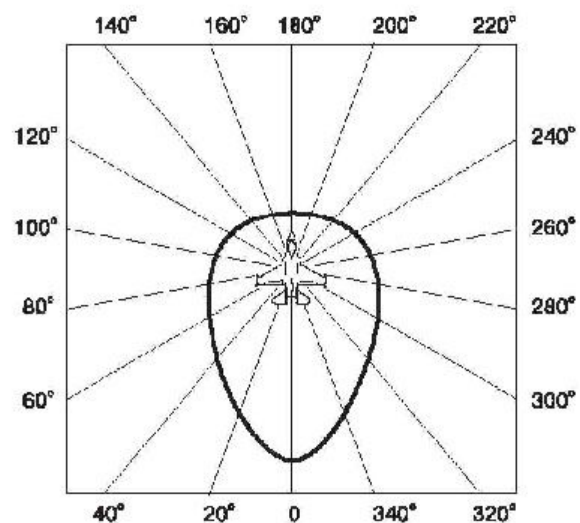
Les capteurs passifs on un avantage inhérent à leur conception, car leur pouvoir de détection est inversement proportionnel au carré de la distance à la cible. La portée maximum des systèmes actifs et semi-actifs varie comme l'inverse de la puissance 4 de l'énergie du transmetteur.

La distance à laquelle un capteur IR peut voir une cible dépend de l'intensité des radiations émises dans la direction du capteur. De ce fait, la portée de détection d'un capteur IR dépend beaucoup du mode de fonctionnement du moteur de l'avion ennemi, ainsi que de son angle d'aspect, atteignant son maximum en vue arrière de cette cible.

La figure suivante montre le diagramme d'intensité de rayonnement infra-rouge émis par un chasseur mono-réacteur, vu en plan.

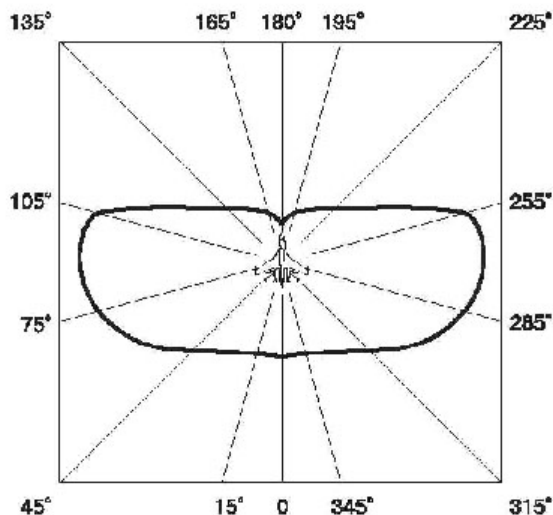
Après lancement, un missile à homing passif est complètement autonome, il est appelé 'tir et oublie' (fire and forget). Si le capteur est capable de suivre une cible vue sous tous les angles, c'est un missile 'tous-aspects', sinon c'est un missile 'aspect-arrière' (all et rear-aspect).

Un des principaux problèmes du homing passif est sa dépendance envers une cible 'coopérative', qui doit continuer à émettre des infra-rouges pour que le missile la rejoigne. D'autre part, l'énergie IR se dissipe vite dans le brouillard et la pluie, rendant le capteur inutile dans ces conditions. La discrimination entre la cible et l'arrière plan (comme le soleil, les réflexions sur l'eau, la neige, les nuages ou un terrain très chaud comme le désert) peut aussi causer de gros problèmes à la tête infra-rouge du missile.



Homing à guidage semi-actif et actif

Pour le guidage semi-actif et actif, le missile utilise une tête radar. Les missiles guidés radar forment la plus grosse partie des armes tous-temps actuelles. Dans ce cas, c'est la sensibilité des émetteurs et récepteurs d'ondes radio qui détermine la capacité du missile. Comme ce cas utilise les ondes réfléchies, celles-ci dépendent de la puissance de la source qui a illuminé la cible, ainsi que de la réflectivité de celle-ci. Cette réflectivité dépend énormément de l'angle d'aspect. En plus, cette réflectivité dépend aussi de la forme, le matériau, la taille de la cible. La figure ci-dessous montre le diagramme typique de réflexion des ondes.



Quoiqu'un homing semi-actif puisse acquérir une cible non-coopérative et est très bon dans les longues portées, cette faculté est payée par une grande complexité de construction qui augmente sa probabilité de panne. Essentiellement, cette technique requiert deux systèmes séparés de suivi de cible pour être efficace, un dans le missile, et un autre sur la plateforme de guidage. Un autre problème vient du fait qu'il faut illuminer la cible pendant tout le temps de vol du missile. Cela rend l'illuminateur vulnérable aux armes à homing passif, tout en restreignant sa capacité d'évolution pendant le vol du missile (bien sûr, si le lanceur est un avion). Quand au homing actif, il est plus complexe, plus volumineux et plus cher, mais au total il est autonome et plus simple à utiliser qu'un homing semi-actif. Il donne une capacité de 'tir et oublie' au lanceur. Son inconvénient est la possibilité réduite de détection de cible et de portée d'acquisition. Du fait que la portée est proportionnelle à la surface de l'antenne, tous autres facteurs étant égaux, la portée d'un radar de bord d'aéronef est bien plus importante que celle d'un missile. Le guidage semi-actif est donc possible à de plus grandes portées que le guidage autonome d'un missile à homing actif. C'est la raison pour laquelle ces missiles utilisent une combinaison de guidage homing actif avec de l'inertiel, voire du semi-actif ou du passif.

'Tracking' de cible (suivi)

Un grande quantité d'équations sont implémentées par les missiles modernes. La plupart de ceux-ci, qui emploient des techniques de navigation proportionnelles, demandent une tête mobile pour pouvoir traquer la cible. Ces têtes mobiles ont des limites mécaniques de mouvement qui restreignent leur champs de vision, et donc l'angle maximum de prédiction qu'ils peuvent afficher. Si la tête mobile atteint ses limites d'ouverture, le missile décroche généralement de sa cible et continue sur une trajectoire balistique. Cette situation se produit souvent quand la cible peut sortir rapidement de la ligne de visée du missile et que la vitesse de celui-ci est relativement lente.

Utilisant ses systèmes de bord, le pilote recherche, acquière, suit la cible, pour ensuite entrer les paramètres dans le calculateur du missile. Celui-ci peut être lancé si les informations entrent dans son canevas (par exemple, l'angle d'aspect de la cible est à l'intérieur des limites de mobilité de la tête, et les radiations reçues sont assez fortes pour être mesurées par le missile).

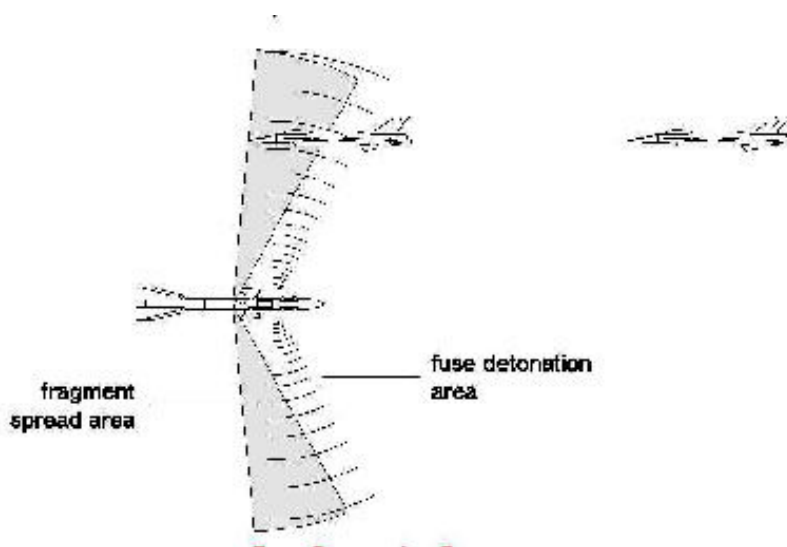
Le pilote peut lancer le missile quand il est dans ses limites, ce qui est usuellement calculé par l'avion lanceur lui-même. Le calculateur fournit les informations dans le HUD et l'autorisation de tir.

Destruction de la cible

Les charges militaires emportées par les missiles sont généralement à fragmentation, créant un nuage de particules explosives/incendiaires et métalliques. Le souffle de cette fragmentation produit des dommages par la combinaison de son onde de choc et des particules à haute vitesse qu'il répand. Ces particules sont toutes similaires, mais il en existe qui sont elles-mêmes de micro-bombes qui vont exploser ou brûler si elles touchent quelque chose. Les dommages causés par le seul souffle de l'explosion du missile ne sont pas suffisants, s'il n'y a pas collision directe. Les fragments qui surgissent du nuage d'explosion perdent rapidement de la force avec la distance. Les micro-bombes réduisent le problème du fait qu'un seul impact peut faire de gros dégâts. Il existe aussi des têtes explosives à expansion: la charge explosive est entourée de plaques métalliques, en une ou plusieurs couches. Ces plaques sont reliées par paires, de sorte que lors de l'explosion elles se répandent en formant une énorme et solide spirale d'éléments reliés.

La dangerosité d'une charge militaire dépend largement du poids d'explosif, et de la taille et du nombre des éclats métalliques. Plus le système de guidage est imprécis, plus il faut compenser par une charge explosive importante. Donc, plus la tête militaire est lourde, plus le missile est efficace. Cependant, le missile est alors lui aussi plus lourd, donc moins manoeuvrant.

Le but du détonateur est de faire exploser le missile au moment où il sera le plus efficace. On répartit ceux-ci en détonateurs de contact, à retardement, commandé et proximité. Les détonateurs à contact agissent lors du choc avec la cible. Ce type est souvent utilisé en conjonction avec un autre. Les détonateurs à décompte de temps sont prévus pour agir au bout d'un temps donné, calculé, au bout duquel le missile sera près de la cible. Les détonateurs à commande sont mis en oeuvre par signal radio à partir de la plateforme de lancement, quand le système de suivi 'voit' que le missile est près de la cible.



Les missiles modernes emploient le plus souvent les détonateurs de proximité, les plus efficaces contre une cible manoeuvrante. Ils sont de plusieurs sortes, incluant des mécaniques actives, semi-actives, voire passives. Un détonateur actif envoie un signal, et agit s'il reçoit un retour à ce signal. Un détonateur semi-actif agit en interaction entre le système de guidage et la cible. Un détonateur passif agit en réponse à un phénomène produit par la cible. Ce peut être le bruit, la chaleur, les émissions radio, etc..

Les fusées (autre nom du détonateur) de proximité sont d'une sensibilité en rapport celle du guidage du missile, la cible la plus probable, et la géométrie de tir la plus courante. Ceux-ci déterminent le taux de rapprochement, le relèvement, la distance de la cible, et autres paramètres. On assure une bonne efficacité de la charge militaire, en y adaptant exactement le bon mécanisme de détonation, et en dirigeant souffle et fragments dans un cône dirigé vers la cible.

Notez que ces missiles emportent un système d'auto-destruction en cas de perte de contrôle.

Le pilote sélectionne un type de missile en fonction de la distance et de la manoeuvrabilité de la cible. Chargés de toutes ces considérations, nous pouvons diviser la famille des missiles en: longue portée, moyenne portée et courte portée.

6.1 Armes air-air occidentales (OTAN)

6.101 AIM-120 AMRAAM

L'AIM-120 est le plus efficace, le plus versatile des missiles air-air en service en occident. Il a la plus grande portée, l'enveloppe de vol la plus importante, et le système de guidage le plus évolué de tous les missiles de sa catégorie.

Le F-15 lanceur doit être en suivi radar, en mode STT ou TWS. Le radar établit une route de départ. Une fois lancé, le missile fait une navigation inertielle sur cette route, au bout de laquelle il active son radar de bord et recherche la cible. Tant que le F-15 maintient le suivi de cible (lock), il remet à jour le plan de vol pour que le missile puisse voir la cible quand il s'activera. La transmission de données se fait par faisceau radio sécurisé. Si le radar décroche, il n'envoie plus d'ordres de guidage au missile. Dans ce cas celui-ci continue sur la dernière route connue et active son radar. Il va engager la cible qui a le plus fort taux de réponse à ses signaux.

Voir le chapitre 'HUD' pour les détails de mise en oeuvre et de tir.

AIM-120

Type:	missile air-air à portée moyenne et guidage radar
Poids:	157kg
Longueur:	3,65m
Diamètre (corps):	17,8cm
Charge militaire:	22kg
Guidage:	commandé, inertielle et radar actif
G limites:	22
Vitesse maxi:	Mach 3
Portée:	50km
Lanceur:	F-15C
Modes d'acquisition:	1- STT avec lock, 2 - mode TWS avec une ou plusieurs cibles désignées.

6.102 AIM-7 Sparrow

Le missile AIM-7 Sparrow à guidage semi-actif par homing radar a été le premier et seul missile à portée BVR pendant plusieurs décennies dans les forces de l'OTAN. Ce missile apparu dans le ciel du Vietnam était plutôt inefficace, mais a été sans cesse amélioré, et a été l'auteur de la majorité des victoires aériennes durant la guerre du Golf de 1991. Le Sparrow n'emporte pas d'émetteur radar. L'avion lanceur doit maintenir le suivi sur la cible, permettant au missile de se guider sur les ondes réfléchies par celle-ci. Si le

lanceur perd la cible, le missile ne voit plus rien et continue en trajectoire balistique. En urgence, en combat rapproché, le F-15 illumine (FLOOD) le ciel largement devant lui. Il ne se fixe sur aucune cible, mais l'AIM-7 reçoit les échos. Dans ce cas, il traque la cible qui a la réponse la plus forte aux ondes radar, dans un rayon de 10 nautiques. Voir le chapitre 3 pour les détails d'emploi de l'AIM-7.

AIM-7

Type: missile air-air à portée moyenne et guidage radar
Poids: 230kg
Longueur: 3,66m
Diamètre (corps): 20,3cm
Charge militaire: 39kg
Guidage: radar semi-actif
G limites: 20
Vitesse maxi: Mach 3
Portée: 45km
Lanceur: F-15C
Modes d'acquisition: 1- STT avec lock, 2 - mode FLOOD et moins de 10Nm.

6.103 AIM-9 Sidewinder

Le missile AIM-9 Sidewinder a été le cheval de bataille de l'OTAN pendant longtemps, mais commence maintenant à montrer son âge. Quoique à capacité tous-aspects, il n'a pas la manoeuvrabilité et la vision dans l'axe évoluée du R-73 Archer Russe.

L'AIM-9 acquiert les cibles de deux façons. Un F-15C peut tirer un AIM-9 sur une cible lockée par le radar en mode STT. Ou, un A-10A ou un F-15C peuvent utiliser la tête du missile pour d'abord acquérir la cible avant le départ. En visée dans l'axe, la tête missile commande un faible pinceau dirigé directement vers l'avant. La tête libérée, le pinceau reste le même, mais peut être orienté suivant un canevas de recherche. Dans les deux cas, quand le missile détecte une source, il 'grogne'. ce grognement devient plus aigu à mesure que la cible est de mieux en mieux 'vue'.

Les missiles à tête infra-rouge n'émettent aucun signal et sont donc très difficile à détecter. A l'encontre des missiles guidés par radar, l'avion ennemi ne reçoit généralement aucune alerte quand à l'approche d'un tel missile.

Voir le chapitre 3 pour les détails d'emploi.

AIM-9

Type: missile air-air à courte portée guidage infra-rouge
Poids: 85,5kg
Longueur: 2,87m
Diamètre (corps): 12,7cm
Charge militaire: 10kg
Guidage: infra-rouge
G limites: 22
Vitesse maxi: Mach 2,5
Portée: 8km
Lanceur: F-15C et A-10A
Modes d'acquisition: 1- STT avec lock, 2 - mode BORE pour les deux avions, avec ou sans libération de la tête missile.

6.2 Armes air-air Russes

Le canon GSh-301

Le canon est la plus basique des armes aériennes. Bien que certains aient pensé que l'avènement des missiles allait rendre le canon obsolète, des expériences multiples ont montré que le canon fait bien partie de la panoplie d'un avion de combat. Le Flanker emporte 150 obus de 30mm, capables de sérieusement endommager un avion ennemi. Activez le mode canon en appuyant sur la touche 'C', que vous soyez en mode air-air ou air-sol.

Utilisation du radar ou de l'EOS pour la visée

Heureusement, les radar et EOS fournissent une aide au tir canon en mesurant la distance de la cible et en affichant des éléments de tir. Locker la cible en combat rapproché ou la viser avec le viseur de casque permettent de grandement augmenter les chances de faire mouche.

Une fois la cible lockée, une inscription apparaît dans le HUD. Sur le côté gauche est le 'A' de auto-track, indiquant que le système est opérationnel avec une grande bande verticale. Les indications de distance sont de trois sortes:

1 - Distance de la cible: la flèche qui se déplace le long du côté droit de l'échelle verticale indique la distance de la cible. Les degrés de l'échelle, côté gauche, aident à évaluer cette distance

2 - Portée efficace du canon: les marques le long du côté droit de l'échelle verticale indiquent les portées minimum et maximum de tir.

3 - Angle d'aspect: la flèche qui se trouve liée, en bas de l'échelle des distance, montre l'angle d'aspect de la cible par rapport à votre avion. Si la flèche pointe vers le bas, la cible est directement face à vous.

Comme pour toute cible lockée (traquée), vitesse et altitude de celle-ci sont affichés au-dessus des vôtres. Le nombre d'obus restants est en bas à droite du HUD. Le réticule de visée est surimposé à la cible tant que vous maintenez le lock.

D'une manière générale, orientez votre avion de manière à garder le réticule au centre du HUD, cela évite à la cible de s'évader par une manœuvre brusque.

Quand vous êtes à moins de 1400m, la symbologie change. L'échelle des distances disparaît, remplacée par une croix de visée. Un cercle l'entoure, qui représente la distance de la cible. Cet arc de cercle diminue dans le sens anti-horaire, en même temps que la distance. Plus l'arc est court, plus vous êtes près. Un cercle plein indique une distance supérieure à 1400m.

Pour tirer, amenez la croix dans le cercle de visée. Quand le calculateur décide que vous êtes à bonne portée, l'autorisation de tir s'inscrit. Si vous êtes trop près, le HUD affiche une interdiction de tir (OTB).

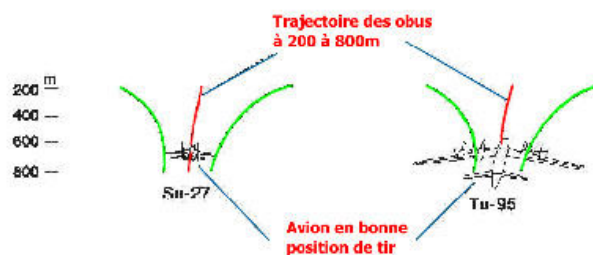
Si la cible réussit à faire décrocher le radar, le HUD passe en mode tunnel. Pour rétablir le lock, désélectionner le canon par appui sur 'C', et refaites une séquence de avec le radar.

Utilisation du tunnel de tir

S'il arrive que ni le radar ni l'EOS ne se lockent, ou si vous n'êtes pas en mesure de le faire, vous pouvez utiliser le tunnel de tir pour viser. Ce tunnel apparaît quand vous sélectionnez le canon sans avoir locké de cible. Il est étudié pour vous permettre la prédiction de tir quand vous avez pour cible un chasseur à une distance de 200 à 800m.

Ce tunnel consiste en deux lignes courbes. La distance qui les sépare représente une largeur de 15m vue à différentes distances, de 200m (en haut du tunnel) à 800m (tout au bout du tunnel). Pour vous en servir, inclinez l'avion jusqu'à ce que la ligne médiane horizontale soit parallèle aux ailes de l'avion cible (indiquant par là que vous évoluez dans le même plan que lui). Remontez le tunnel jusqu'à ce que les bouts d'ailes de l'avion touchent les deux côtés du tunnel. Plus la cible est loin, plus cette largeur est vue petite, et donc plus bas il se trouve dans le tunnel, augmentant de cette manière votre prédiction de sa position au moment du tir.

Que se passe-t-il si l'envergure de la cible est plus grande (ou plus petite) que 15m? Il vous faudra estimer la différence. Par exemple, une cible large comme le Tu-95, qui a une envergure de 50m, va totalement dépasser du tunnel. La figure compare un Su-27 et un Tu-95 vus à 700m.



Le tableau suivant montre les envergures maximum et minimum des avions à géométrie variable que vous êtes susceptible de rencontrer. N'oubliez pas de vous adapter, dans l'utilisation du tunnel, à la variation d'envergure de la cible. Si elle est plus petite, faites une prévision plus lointaine (visée en avant) qu'indiqué par le tunnel.

Avion	Envergure	Avion	Envergure
MiG-23	7,8/14	Tu-22	23,6
MiG-27	7,8/14	Tu-95	50,05
MiG-29	11,36	Tu-142	51,1
MiG-31	13,46	Il-76	50,3
Su-24	10,36/17,63	A-50	50,3
Su-25	14,36	F-15	13,1
Su-27	14,72	F-16	9,4

Missiles à longue portée **R-33E / AA-9 Amos**

Le R-33E (désignation OTAN AA-9 Amos), construit par Vypel OKB, est un missile à longue portée, efficace jusqu'à 160km. Il emploie un guidage inertiel, puis semi-actif par radar en finale de trajectoire. Il est utilisé dans l'interception d'avion et de missiles de croisière. C'est la raison pour laquelle il est l'arme principale du MiG-31 Foxhound. Il peut atteindre une cible aux altitudes allant de 25m à 28000m, à la vitesse de Mach 3,5. Le différentiel d'altitude entre la cible et le missile au moment du départ peut être de 10000m. Dans cette tranche, il vole à Mach 4,5.

Missiles à moyenne portée **R-23 / AA-7 Apex**

Le Wypel R-23 (AA-7 Apex) est un missile moyenne portée équipable de deux têtes différentes. Le R-23R (AA-7A) est à tête radar semi-active, et le R-23T (AA-7B) est à tête infra-rouge. Les deux versions ont une portée maximum de 25 à 35km. Accusant son âge, il est de plus en plus remplacé par le puissant et intelligent R-27 Alamo.

R-27 / AA-10 Alamo

Le AA-10 Alamo est le missile moyenne portée principal du Su-27, disponible en plusieurs variantes. Entré en production en 1982 pour équiper les nouveaux chasseurs MiG-29 et Su-27, le R-27 est efficace contre les avions à fort manoeuvrabilité, les hélicoptères, les missiles de croisière. Il peut détruire des cibles sous tous les angles d'aspect, de jour comme de nuit, par beau ou mauvais temps. Son système de guidage est résistant aux ECM et capable de suivre des cibles qui se confondent avec le sol ou l'eau. Le R-27 peut atteindre des cibles aux altitudes de 25m à 20000m, avec une différence d'altitude de 10000m. La cible peut voler à 3500km/h et sous 8G, il la suivra.

Le R-27 est équipé d'un large éventail de têtes de guidage. La version de base (R-27R Alamo A) est à guidage radar semi-actif, fréquemment emporté en même temps que le R-27T (Alamo B) à guidage infra-rouge, permettant de les tirer tous les deux en même temps, de manière à être pratiquement sûr de faire mouche. La version longue portée de ces deux missiles a un nouveau moteur et est extérieurement reconnaissable à sa plus grande longueur et une partie arrière plus grosse. Ils sont appelés R27Re et R-27Te, respectivement. Deux autres variantes sont le R-27EM à tête homing améliorée, contre les cibles lentes et missiles mer-sol, et le R-27AE à tête radar active. L'emport standard du Su-27 est de 6 missiles R-27.

Version	Guidage	Portée maxi à haute altitude/ basse altitude
R-27R	inertiel radio-corrigé/radar semi-actif en homing	80/10
R-27T	infra-rouge passif tous aspects	72/10
R-27RE	inertiel radio-corrigé/radar semi-actif en homing	170/30
R-27TE	infra-rouge passif tous aspects	120/15
R-27EM	inertiel radio-corrigé/radar semi-actif en homing peut atteindre des missiles de croisières à l'altitude de 3m au-dessus de l'eau)	120/20
R-27AE	inertiel radio-corrigé/radar actif en homing	120/20

R-77 / AA-12 Adder

Le Vympel R-77 (AA-12 Adder) est un missile à moyenne portée de nouvelle génération. Il est moqué par les occidentaux comme étant l'AMRAAMski. Il est entré en production limitée en 1992, d'abord en vue d'équiper les Su-27 et MiG-29. Il utilise un guidage radio pour le début du vol, puis un homing radar actif en finale (15km et moins). Il peut être utilement employé contre les avions à hautes performances, les missiles de croisière, les SAM, bombardiers stratégiques, hélicoptères (y compris en vol stationnaire). Il peut détruire des cibles allant dans n'importe quelle direction et sous tous les angles d'aspect, de jour comme de nuit, quelques soient les conditions météo. Son système de guidage est résistant aux ECM et peut suivre des cibles malgré les échos terrestres ou maritimes. Son rayon d'action maximum est de 90km. Il peut engager des cibles plein travers (angle d'aspect 90°). Le R-77 a une vitesse maximum à haute altitude de Mach 4.

Missiles de combat rapproché

R-60 / AA-8 Aphid

Le R-60 est un missile de combat rapproché à tête passive infra-rouge, tous aspects. La portée pratique est de 10km, la vitesse de croisière de Mach 2. Le R-60 est emporté par

pratiquement tous les appareils Russes, y compris les hélicoptères, bien qu'il passe maintenant pour obsolète et est souvent remplacé par le R-73.

R-73 / AA-11 Archer

Le Vympel R-73 fut développé en remplaçant du R-60, il est le premier de la nouvelle génération de missiles à haute manoeuvrabilité pour le combat rapproché. Il a une tête infra-rouge passive, et est décrit comme un 'Sidewinder qui aurait dix ans d'avance', car le plus avancé des missiles air-air à guidage infra-rouge en service. Il atteint un nouveau degré d'agilité et peut être tiré dans n'importe quelle direction. Ses capteurs ont un angle de vue très ouvert pouvant être couplés avec le viseur de casque du pilote, permettant au missile de se locker jusqu'à 60° de l'axe de l'avion lanceur. Il peut être tiré d'un avion sous 8,5 G de charge.

Le R-73 utilise des commandes dynamiques couplées à une poussée vectorielle. Sa manoeuvrabilité énorme (jusqu'à 12 G) lui est donnée par des ailettes canard à l'avant, des volets sur les empennages arrières et des déflecteurs de flux en sortie de tuyère. Le missile emporte une charge militaire de 7,4kg, explosive à expansion, et peut détruire des cibles de 5m à 30000m d'altitude. Il vole en croisière à Mach 2,5.



Le tableau ci-dessous compare les performances des divers missiles Russes. Le maximum de missiles du même type pouvant être emportés par l'avion est mis entre parenthèses.

Type	OTAN	Lanceur	Poids	Tête	Portée en km, maxi à hte altitude
R-33R	AA-7A/Apex	MiG23(2)	223	SARH	35/25
R-23T	AA-7B/Apex	MiG23(2)	217	IR	35/25
R-27R	AA-10A/Alamo A	MiG29(4) Su-27(6) Su-33	253	SARH	80
R-27T	AA-10A/Alamo B	MiG29(4) Su-27(6) Su-33	254	IR	72
R-27RE	AA-10A/Alamo C	MiG29(4) Su-27(6) Su-33	350	SARH	170
R-27TE	AA-10A/Alamo D	MiG29(4) Su-27(6) Su-33	343	IR	120
R-33A	AA-9/Amos	MiG31(6)	490	SARH	160
R-60	AA-8/Aphid	Su-24(2) Su-25(2) MiG-23(4) MiG-27(2)	45	IR	10
R-73	AA-11/Archer	MiG-29(6) MiG-31(4) Su-24(2) Su-25(2) Su-27(10) Su-33	110	IR	30
R-77	AA-12/Adder	MiG-29(6) MiG-31(4) Su-25(2) Su-27(10) Su-33	175	Radio commande + ARH	90