

Académie de Vol Militaire C6

Tir canon air-air

Version 2.1, de mai 2020.

SOMMAIRE

Conventions du document	3
Touches et fonctions à connaître	4
Introduction : pourquoi un canon ?.....	5
Le canon M61 Vulcan	7
Description et installation	7
Avantages et inconvénients de l'arme.....	8
Avantages ou inconvénients inexistants	8
La détente	10
Préparation au tir.....	11
Lever la sécurité.....	11
Placer l'appareil en configuration de combat	11
Sélectionner le canon.....	13
Travailler le <i>drill</i>	16
Tir sans radar	17
Indice de tir n° 1 : la croix du canon.....	17
Indice de tir n° 2 : le <i>funnel</i>	17
Autre indice de tir	18
Tir en poursuite	18
Tir sans poursuite (<i>snapshot</i>)	24
Tir avec radar	25
Informations apportées par le verrouillage radar	25
Indice de tir n° 3 : le <i>pipper</i>	26
Autres indices de tir	26
Tir en poursuite	28
Tir sans poursuite (<i>snapshot</i>)	30
Conseils de tir.....	31
Les distances de tir.....	31
Le bon placement : distance et trajectoire	31
Ne visez pas l'excellence !.....	31
Soyez brutal !.....	32
Ne pavoisez pas après un tir réussi !.....	32
Vous avez le droit d'utiliser le palonnier.....	32
Priorisez les indices de tir.....	32
Gaffe aux mitrailleurs de queue	33

Conventions du document

Dans tout ce document :

- Les noms des boutons et commutateurs du manche et de la manette des gaz du F-16 seront écrits en italiques et capitales,
- Les raccourcis-claviers par défaut du jeu seront écrits entre crochets, et utiliseront les touches du clavier azerty français,
- Les termes anglais seront écrits en italiques, hormis les noms propres et les termes qui sont d'usage courant en français.

Ainsi le commutateur utilisé sur le *stick* réel du F-16 pour verrouiller une cible est le *TMS UP*, et le raccourci-clavier par défaut correspondant dans Falcon 4.0 BMS est [Maj + Début].

Touches et fonctions à connaître

Fonction située sur le manche du F-16 :

Fonction	Touches clavier par défaut	Usage
<i>2nd trigger detent</i>	[Maj + !]	Tir canon

Fonctions situées sur la manette du F-16 :

Fonction	Touches clavier par défaut	Usage
<i>DF Override</i>	[D]	Mode Dogfight

Fonctions situées dans le cockpit :

Fonction	Touches clavier par défaut	Usage
<i>EMER STORES JETTISON</i>	[Ctrl + J]	Largage d'urgence
<i>STORES CONFIG</i>	[Maj + C]	CAT I / CAT III

Introduction : pourquoi un canon ?

On rencontre deux grandes idées fréquentes, mais néanmoins fausses, concernant les canons installés sur les avions de chasse modernes.

La première, sans doute la plus répandue, c'est que « la guerre du Vietnam a prouvé que les missiles, ça marche pas en vrai, et que rien ne vaut un canon pour abattre un chasseur ennemi ».

Or, en premier lieu cette guerre s'est achevée il y a plus de 40 ans, et chacun sait comme la technologie a considérablement évolué depuis, dans tous les domaines. En second lieu, lorsque les premiers combats aériens au-dessus du Vietnam ont fait clairement apparaître que les missiles air-air alors en service n'avaient pas l'efficacité désirable contre des chasseurs bien plus manœuvrants que les bombardiers peu agiles pour lesquels ils avaient été initialement conçus, l'US Air Force ne s'est pas contentée d'installer des canons sur leurs chasseurs qui en étaient alors dépourvus. Elle a bien évidemment dans le même temps demandé le développement de missiles et de conduites de tir améliorées, tout en modifiant l'entraînement des pilotes. Ces améliorations ont porté leurs fruits dès la seconde phase de la guerre, de sorte qu'à son issue les missiles étaient déjà devenus statistiquement l'arme de combat aérien principale des chasseurs de l'US Air Force, et le canon une arme complémentaire, utile dans les situations où les missiles trouvaient encore leurs limites. L'amélioration continue des missiles, dont notamment la mise en service des modèles « tous secteurs » des missiles courte portée à la fin des années 70 et plus tard dans les années 90 de missiles à moyenne portée fiables, a par la suite encore renforcé ce caractère d'arme secondaire du canon. Il n'y a eu qu'un seul avion de combat abattu par un canon depuis les années 80. Aujourd'hui, la première arme de combat aérien est bel et bien le missile.

La seconde idée, peut-être moins répandue, mais tout aussi drastique, c'est que « de toute façon, les missiles modernes de combat à vue sont devenus tellement performants que le canon, ça sert plus à rien sur un chasseur ».

Or, s'il est vrai que ces missiles, comme indiqué au paragraphe précédent, ont vu leurs performances considérablement améliorées au cours du temps, ce ne sont pas des armes tout à fait parfaites. En premier lieu, même les missiles modernes ne peuvent être utilisés dans le cas où un ennemi aura réussi à se glisser à très courte distance, alors que le canon restera souvent encore employable sans avoir à d'abord recreuser l'écart. C'est d'autant plus important que l'ennemi pourra très volontairement manœuvrer pour le garder aussi faible que possible, justement parce que l'allonge des missiles modernes s'est assez accrue pour qu'il soit devenu particulièrement difficile, ou même improbable,

de fuir un combat à vue une fois qu'il a débuté. Ensuite, dans la compétition continue entre l'épée et le bouclier, il ne peut pas être complètement exclu qu'un jour un adversaire mette au point des leurres assez efficaces pour tromper le dernier missile en service. Ce leurrage pourra sans doute être contourné à terme mais, en attendant, le canon, arme simple, restera utilisable parce que complètement imperméable à toute contre-mesure autre que l'esquive. Il conserve enfin de toute façon son utilité pour l'attaque au sol comme arme à la fois peu coûteuse, précise et « mesurée » dans ses effets (tout est relatif), et si un canon reste installé pour l'attaque au sol il serait idiot de ne pas prévoir de pouvoir éventuellement s'en servir pour le combat aérien également.

Peut-être plus anecdotiquement, le canon reste par ailleurs également utile en missions de police du ciel, afin de pouvoir effectuer un tir de semonce, ou encore abattre une cible qui n'exigerait pas le tir d'un missile coûteux (ballon égaré ou drone intempestif, par exemple).

Voilà pour la réalité.

Pour ce qui est de la simulation, on peut ajouter que Falcon 4.0 permet de voler avec des configurations d'armements antérieures au milieu des années 90 ou certaines configurations d'exportation, dans lesquelles le F-16 n'est équipé que de missiles à courte portée AIM-9, parfois épaulés de missiles moyenne portée à guidage radar semi-actif AIM-7. Si vous aimez voler en Campagne dans ce type de contexte, qui induit souvent des engagements à distance visuelle *très* intenses, il vous sera difficile de vous passer de la maîtrise du canon en combat aérien, tandis que si vous volez en contexte moderne sa maîtrise sera davantage un moyen d'apprendre à parfaire votre pilotage qu'un outil de réussite de vos missions.

En résumé :

Quand utiliser le canon en mission ? Quand la cible est à portée d'obus mais pas de missile ou bien quand il s'agit de votre dernière arme disponible dans un engagement que vous ne pouvez pas quitter.

Quand *ne pas* utiliser le canon en combat aérien ? Quand vous pouvez plutôt utiliser un missile ou quitter l'engagement.

Est-ce qu'un canon est aujourd'hui absolument indispensable en combat aérien ? Probablement pas.

Est-ce qu'il peut pour autant se montrer utile ? Très sûrement.

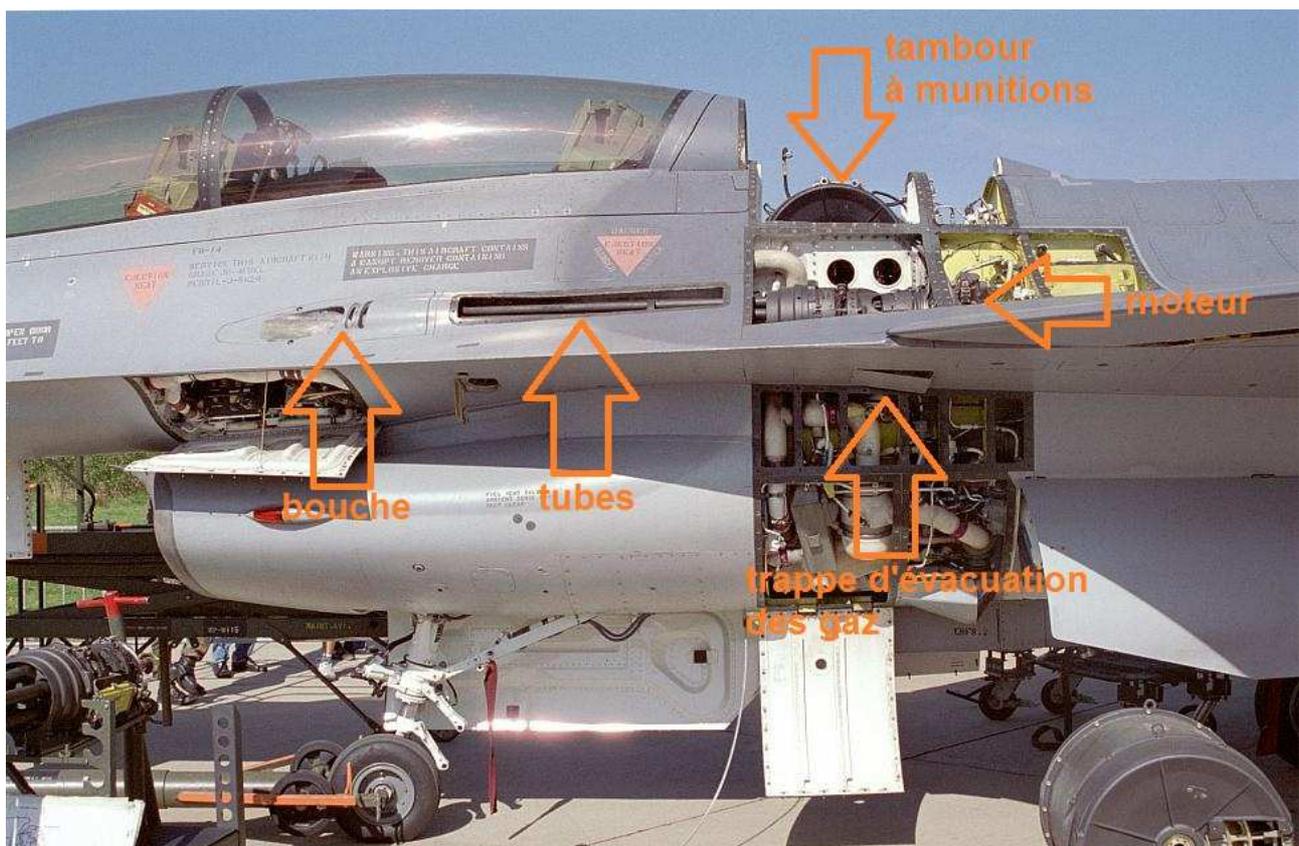
Tout ceci dit, est-ce que réussir un *kill* au canon, c'est gratifiant ? Absolument !

Le canon M61 Vulcan

Description et installation

Le canon M61 est un canon de 20 mm de fabrication américaine, de type Gatling. Il s'agit d'une arme très répandue dans le monde puisque, pour ne citer que des appareils encore en service, elle équipe en diverses variantes le F-4 Phantom II, le F-14 Tomcat, le F-15 Eagle, le F-16 Fighting Falcon, le F/A-18 (Hornet et Super Hornet), le F-22 Raptor, le A-50 Golden Eagle, le F-CK-1 Ching Kuo, ou encore l'AMX.

Tous les F-16 sont équipés de la variante M61A1, à 6 tubes et entraînée hydrauliquement. Le canon est installé dans l'apex gauche, et est alimenté par un tambour de 510 obus sans maillons, installé derrière le cockpit. Les douilles ne sont pas éjectées mais récupérées dans le même tambour.



L'installation du canon sur le F-16 (photo F-16.net).

Avantages et inconvénients de l'arme

Le choix d'un fonctionnement de type Gatling (avec plusieurs tubes et leurs chambres faisant feu en succession) et d'un entraînement hydraulique permet à l'arme de présenter deux grands avantages :

- Avec un maximum de 6 000 coups/minute, la cadence de tir maximale est très élevée, ce qui augmente évidemment les chances de toucher un adversaire rapide en combat aérien. Pour comparaison, les deux canons-revolver combinés du Mirage 2000 atteignent ainsi « seulement » 3 600 coups/minute.
- L'arme est très fiable. Les risques d'enraiment, même sous fort facteur de charge, sont très faibles.

Ce choix résulte cependant d'un compromis inévitable, et présente ses inconvénients propres en contrepartie :

- L'arme demande un espace intérieur important. Elle convient donc mal à un petit appareil.
- La cadence de tir maximale n'est atteinte qu'après environ un tiers de seconde, contrairement à un canon plus « classique », de sorte que l'avantage en termes de cadence de tir n'est pas significatif sur rafale courte.
- Le calibre est « limité » au 20 mm, tandis que les autres canons de chasseurs modernes usent plutôt de calibres supérieurs : 25, 27 ou 30 mm. Cette différence de puissance ne doit cependant pas être exagérée : l'effet d'un obus de 20 mm est déjà très loin d'être anecdotique !

Avantages ou inconvénients inexistantes

Concernant la dispersion :

On trouvera souvent mentionné que le M61 serait affecté d'une forte dispersion, volontaire, de sorte que les obus tirés s'écarteraient à la façon d'une sorte de grenaille, l'effet étant tantôt vu comme un avantage (pour saturer l'espace) et tantôt comme un inconvénient (rendant impossible tout tir précis). La réalité est que la dispersion normale d'un M61A1 est de seulement 6 mils, ce qui signifie que 80 % des obus passeront dans un cercle de 6 mètres de diamètre à une distance de 1 000 mètres... Si on prend la peine de considérer la taille des cibles attendues, chasseur ou avion d'attaque, on est donc très loin d'un tromblon ou *shotgun* de cinéma qui arroserait dans tous les coins. L'arme fait en réalité montre d'une précision réelle et adaptée à son usage.

Concernant la durée de tir :

Il est fréquemment écrit que la cadence de tir élevée du M61 entraînerait une durée de tir trop courte. On comprend bien en effet qu'un peu plus de 5 secondes de tir au maximum puisse sembler bien court a priori...

Toutefois, si on va observer les armements d'autres chasseurs modernes, on notera que cette durée de tir possible est, à cadence maximale, d'un peu plus de 4 secondes pour un Mirage 2000, 3 secondes pour un Rafale, 5 secondes pour un MiG-29 ou un Su-27, 4 secondes pour un Gripen, 5 secondes pour un Typhoon... Bref, le canon est bien sur tous ces appareils comme sur le F-16 une arme secondaire, que personne n'entend utiliser pour descendre des escadrilles entières, et la durée de tir possible sur le F-16 n'est pas vraiment différente de celle prévue pour ses concurrents.

Concernant l'installation asymétrique :

On peut aussi trouver mentionné, plus rarement, que l'installation asymétrique de l'arme sur le F-16 engendrerait des problèmes de visée. L'effet existe, mais est en réalité mineur voire imperceptible pour le pilote : il est compensé automatiquement par les commandes de vol électriques, sans intervention du pilote. Il est par ailleurs notable que le F-16 est loin d'être un cas isolé : ainsi le F-15, le MiG-29, le Su-27, le Gripen, le Typhoon ou le Rafale disposent également d'installations asymétriques, avec un seul canon sur un seul côté.

La détente

Le tir du canon est permis, comme on s'y attend, par l'utilisation de la détente qui se trouve sur le manche, sous l'index du pilote. Ainsi que sur d'autres appareils, cette commande comporte deux crans sur le F-16 :

- Le premier cran permet de lancer pour 30 secondes l'enregistrement du vol, dans un fichier *.vhs* (par défaut enregistré dans *C:\Falcon BMS 4.34\User\Acmi*) si vous avez, sur le panneau AVTR, choisi l'option EVENT MARK plutôt que l'option RECORD (enregistrement continu).
- Le second cran a le même effet que le premier et en outre déclenche le tir.

Si votre joystick présente une détente à deux crans, vous pouvez donc naturellement assigner les fonctions correspondantes sur chacun des crans (ce qui vous servira d'ailleurs également pour l'illumination « manuelle » des cibles au laser lorsque vous manipulerez le TGP, seconde fonction de la détente). Mais si votre joystick ne comporte qu'un seul cran, à l'instar de la majorité d'entre eux, c'est bien la fonction correspondant au second cran du manche réel que vous devrez lui assigner pour que le canon fasse feu, comme indiqué page 4. Noter que ne disposer que d'un seul cran sur votre joystick n'est pas du tout un problème en jeu : enregistrer seulement sur déclenchement plutôt que continûment n'a, au mieux, qu'une utilité très marginale, dans la mesure où le logiciel Tacview, excellent outil de lecture, repère très clairement tous les événements de tir au cours de l'enregistrement.



Le sélecteur à trois positions de l'AVTR (enregistrement), sur la banquette gauche.

Préparation au tir

Lever la sécurité

Lever le sélecteur MASTER ARM pour autoriser le tir d'armements. Cette manipulation s'effectue en principe au *Fence In*.



Bien noter qu'il s'agit de la *seule et unique* sécurité à lever.

Contrairement à ce qu'on peut trouver sur d'autres appareils, il n'y a pas de sécurité propre au canon, ni liée à la queue de détente. Si le MASTER ARM est placé sur ON et que le canon est sélectionné, le canon est toujours *hot* : si on presse la queue de détente, le canon fait feu.

Placer l'appareil en configuration de combat

Si vous pensez avoir besoin du canon, c'est sans doute que vous préparez à devoir manœuvrer en combat enroulé. Vous aurez donc besoin que votre appareil soit le plus agile possible. Pour ce faire il est nécessaire de :

- Larguer toutes les charges largables (réservoirs pendulaires et armements air-sol), en enfonçant pendant deux secondes l'EMERGENCY STORES JETTISON sur la console gauche.

- Passer les commandes de vol en configuration CAT I avec le sélecteur STORES CONFIG sur la console gauche.



Sélectionner le canon

Avec le mode supérieur A-A :

- Sélectionner le mode supérieur A-A [F5].



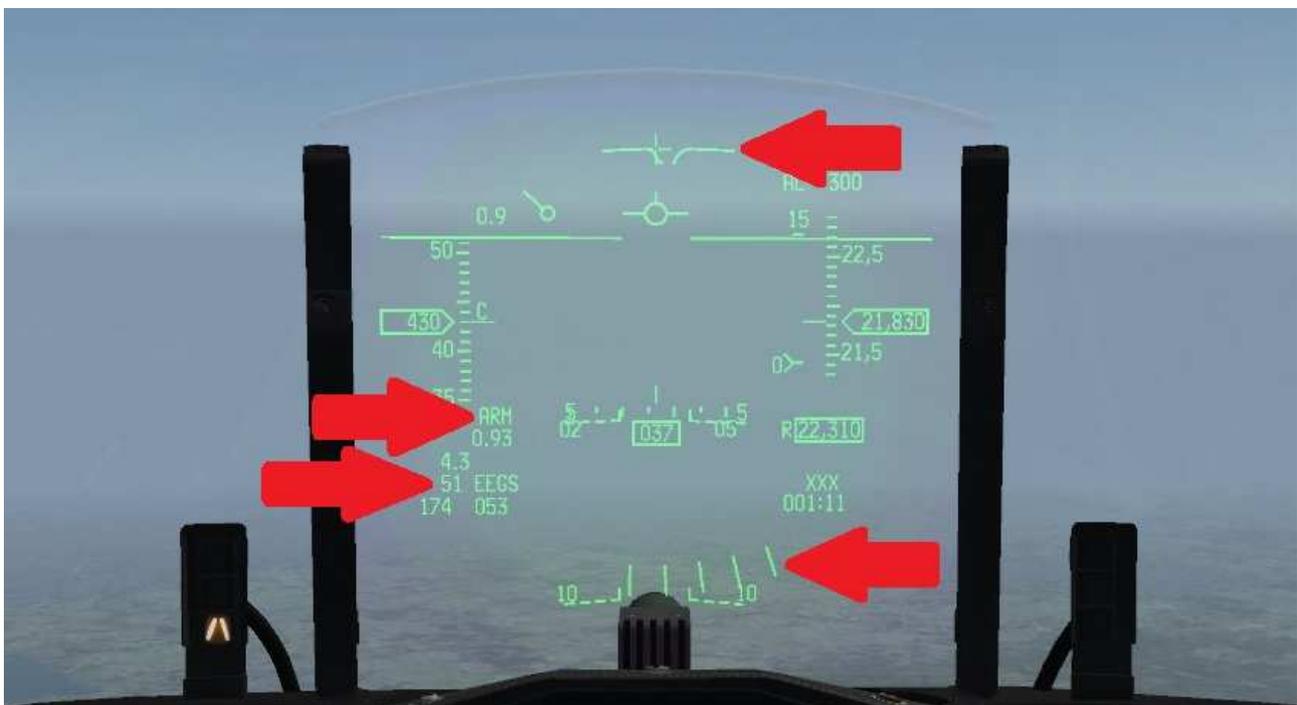
- Vérifier que c'est le canon qui est sélectionné. Si ce n'est pas le cas, cliquer sur l'OSB 1 à côté de la mention AAM pour le sélectionner.



Ce sont les missiles qui sont sélectionnés (AAM).
On clique donc sur l'OSB 1.



Le canon est maintenant sélectionné (mention GUN) et prêt (RDY) à tirer, avec 510 obus disponibles (51).



On a à présent dans le HUD tous les indices qui montrent que tout est prêt pour utiliser le canon :

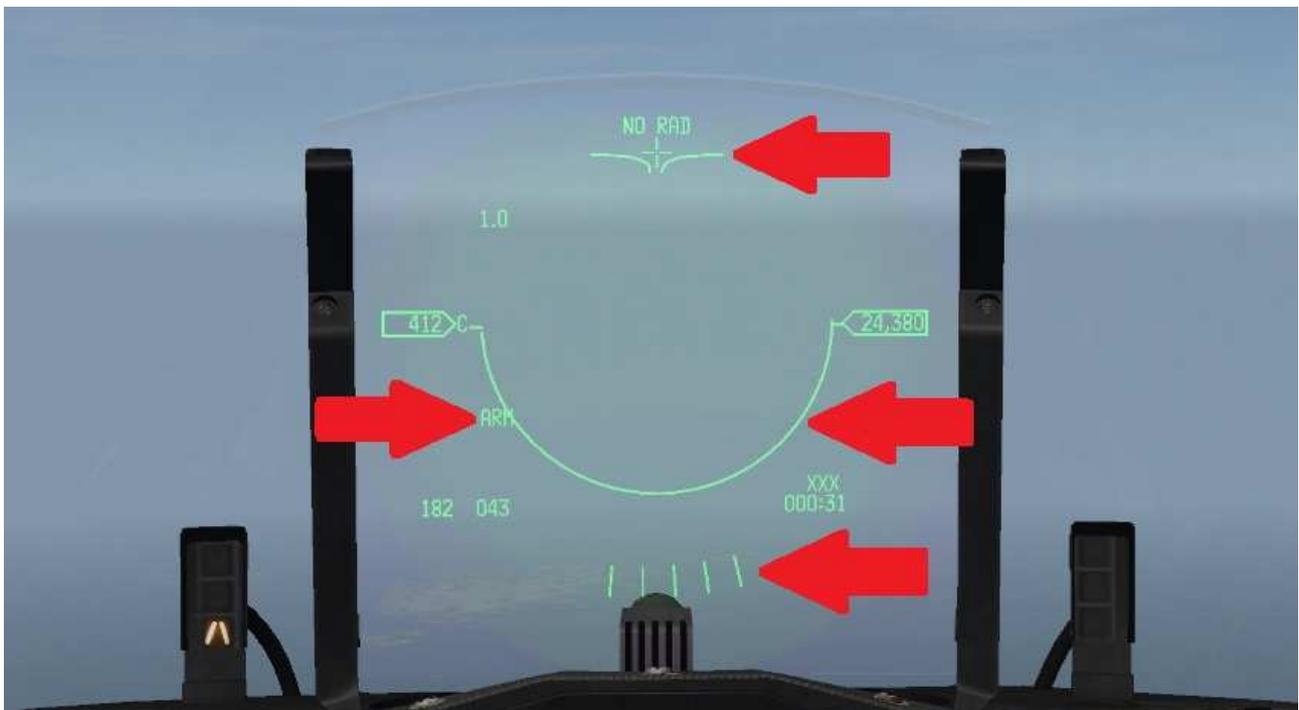
- Le *funnel* (sorte d'entonnoir) est apparu juste sous la croix du canon.
- La mention ARM s'affiche, indiquant que le MASTER ARM est bien levé.
- La mention 51 EECS s'affiche, indiquant qu'est bien sélectionné le viseur-canon (EECS) et que 510 obus sont disponibles.
- Les lignes MRGS sont apparues en bas du HUD.

Avec le mode de surpassement Dogfight :

- Sélectionner le mode de surpassement Dogfight [D].

En pratique, on accèdera au canon presque toujours par le mode Dogfight, du fait qu'il présente plusieurs avantages intéressants par rapport au mode A-A :

- Le centre du HUD est moins encombré, libérant la vue.
- Ce mode affiche simultanément les informations de tir pour le canon et les missiles, ce qui permet en combat de répondre à toute opportunité sans transition.
- Le radar est par défaut automatiquement configuré en mode ACM, adapté au combat à vue, ce qui fera gagner beaucoup de manipulations (voir à ce sujet le document de l'AVM sur l'utilisation des sous-modes ACM).



On a à présent dans le HUD tous les indices qui montrent que tout est prêt pour utiliser le canon :

- Le *funnel* (sorte d'entonnoir) est apparu juste sous la croix du canon.
- La mention ARM s'affiche, indiquant que le MASTER ARM est bien levé.
- L'arc du mode Dogfight s'affiche, confirmant qu'est bien sélectionné le mode voulu.
- Les lignes dites MRGS sont apparues en bas du HUD.

Travailler le *drill*

Il n'est pas si rare en mission de Campagne qu'il faille configurer l'avion pour un combat à vue de manière impromptue, en disposant de très peu de temps pour réagir, sous peine de débiter le combat aérien avec un net désavantage de départ. C'est pourquoi il ne sera pas inutile de répéter un peu le *drill* des trois actions de configuration d'avant combat, afin de savoir le réaliser rapidement et sans difficulté le moment venu, sans quitter des yeux l'adversaire :

- EMERGENCY JETTISON [Ctrl + J]
- CAT I [Maj + C]
- MODE DOGFIGHT [D]

Les deux premières fonctions peuvent être actionnées en cliquant directement dans le cockpit. Toutefois, vu la rapidité d'exécution requise, il sera sans doute préférable de choisir d'utiliser plutôt le clavier (en réassignant éventuellement à d'autres touches que celles prévues par défaut, selon vos préférences).

Tir sans radar

Le canon est de loin votre arme la plus simple : le tir ne nécessite l'utilisation d'aucun capteur hormis vos yeux. Pour cette raison et parce que vous pourrez très facilement vous trouver dans la situation de devoir tirer sans avoir eu la possibilité de verrouiller la cible, il est donc important de bien comprendre comment vous passer du radar, le cas échéant.

Ça tombe bien : le viseur EEGS (*Enhanced Envelope GunSight*, c'est-à-dire « viseur à domaine étendu ») est justement conçu pour être utilisé aussi bien sans le radar qu'avec.

NB : Certaines versions du F-16 permettent d'utiliser d'autres types de viseurs, comme le LCOS ou le SSLC. Ces viseurs ne seront pas expliqués ici, dans la mesure où ils ne fonctionnent pas bien en jeu.

Indice de tir n° 1 : la croix du canon

Située en haut du HUD, la croix du canon (*guncross* en anglais) indique à la fois l'axe longitudinal de l'avion et celui du canon, celui-ci étant calé dans l'axe du fuselage (pointage à 0°).

Quel que soit le mode de tir, que ce soit avec ou sans verrouillage du radar sur la cible, ce repère de tir est le plus important de tous. Oui, c'est vrai, dans son principe ce n'est pas plus perfectionné qu'un bon vieux collimateur de 1940. Mais c'est néanmoins un repère essentiel :

- Vous n'aurez évidemment pas plus fiable et facile à suivre.
- Dans le cas d'un tir en poursuite, la visée commencera *toujours* par rapport à ce repère.
- Dans le cas d'un tir d'opportunité en croisement (*snapshot*), ce sera de toute façon le seul repère de tir réellement utilisable.

Indice de tir n° 2 : le *funnel*

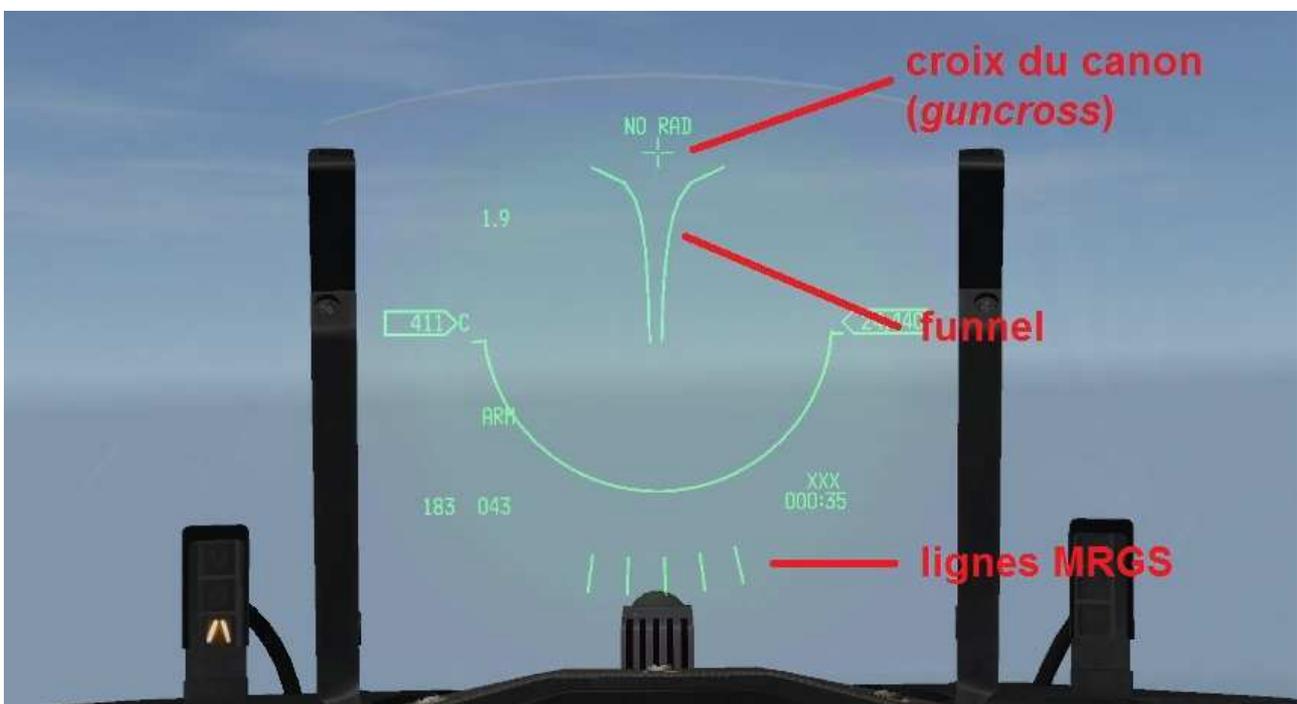
Sans verrouillage radar vous ne disposez cependant pas que de la croix du canon pour viser. Vous disposez aussi du *funnel* (mot anglais qui signifie simplement « entonnoir »). Un véritable saut dans le temps par rapport à l'indice précédent : à présent vous voilà en 1945 !

Le *funnel* repose en effet sur le même principe, très efficace, qu'un viseur gyroscopique de l'époque (mais présenté de façon plus moderne) : si on connaît le mouvement de l'avion tireur, et qu'on fait le pari qu'il est en poursuite constante sur sa cible, alors il ne reste plus qu'à connaître la distance à la cible pour calculer un tir précis, même sans radar.

Autre indice de tir

Sans verrouillage radar, le viseur EEGS affiche également en bas du HUD un ensemble de lignes dites MRGS (pour *multiple reference gunsight*). Ces lignes qui semblent « palpiter » sont censées aider à la visée en dessinant une ligne qui pointe depuis le bas du HUD vers la croix du canon. L'idée est que si une cible vole parallèlement à une de ces lignes et vers le haut du HUD, alors elle vole vers l'axe du canon.

Ce monde est vaste et tout s'y trouve. On peut donc raisonnablement supposer qu'il doit se trouver quelque part un, voire peut-être même deux ou trois (on n'ira pas jusqu'à quatre, n'insistez pas) pilotes qui pensent que les lignes MRGS sont des aides à la visée très pertinentes et très utiles. Peut-être même que ce sera vous, allez savoir. Soyez fier d'être différent !



Tir en poursuite

On entend ici par « tir en poursuite » une situation de tir dans laquelle vous êtes placé derrière la cible et celle-ci (au moins pour un court temps) est relativement stable dans HUD : elle n'est pas en défilement rapide verticalement ou horizontalement.

Etape 0 : insertion de l'envergure de la cible

La toute première étape que doit avoir effectuée le pilote, c'est avoir entré dans l'ordinateur de tir, via l'ICP, l'envergure de sa cible en pieds.

Pour accéder à cette fonction : LIST puis 5(MAN) :



Vraiment rien à comprendre : les astérisques sont déjà sur la bonne ligne (WSPAN pour *wingspan*, c'est-à-dire « envergure » en anglais). On tape l'envergure en pied, et on valide, c'est tout.

Cette donnée est essentielle, puisque c'est celle qui va permettre l'évaluation de la distance de la cible pour un tir précis. Si la donnée entrée est trop différente de l'envergure réelle de la cible, le *funnel* apportera une information de visée erronée.

On n'est cependant pas à un ou deux pieds près. Si le pilote a ainsi entré 35 pieds, mais que la cible a une envergure de 33 pieds, tout va bien. En revanche, si c'est un Su-27 (48 pieds) il faudra corriger.

Il sera d'ailleurs de bonne préparation, avant une mission, d'entrer l'envergure de l'appareil adverse qu'on s'attend le plus à rencontrer durant la mission.

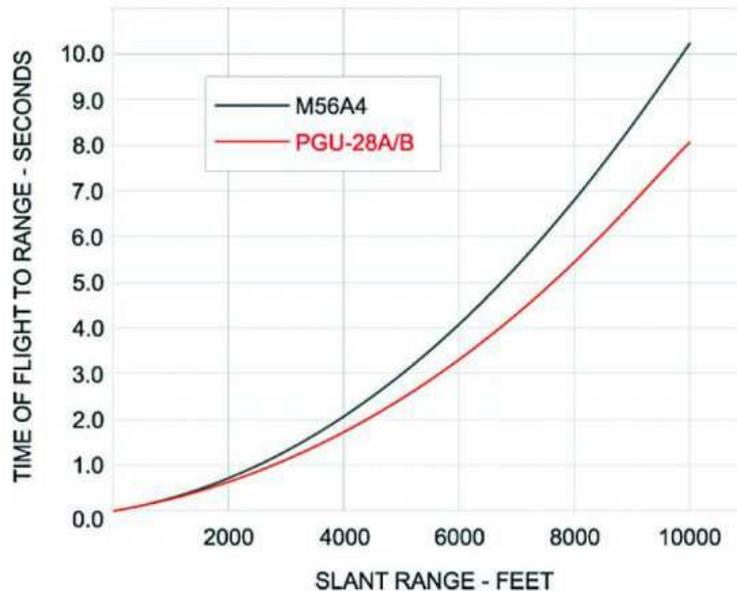
Etape 1 : amener la croix en avant de la cible

La première étape du tir est de préparer au moins grossièrement la déflexion, c'est-à-dire de porter l'axe du canon en avant de la trajectoire de la cible.

En effet, les obus tirés par le canon sont rapides (autour de 1000 mètres/seconde à leur plus rapide, c'est-à-dire en sortie de tube) mais les cibles aussi !

Aux distances de tir normales, un obus mettra ainsi entre 0,3 et 1 seconde pour couvrir la distance à la cible. C'est peu, mais dans le même temps un chasseur peut avoir couvert facilement entre 50 et 200 mètres, voire davantage !

La conséquence est que si on se contente de manœuvrer pour poser la croix du canon sur la cible, comme si la cible se trouvait à l'arrêt, les obus passeront en réalité bien derrière elle. On doit donc tirer en déflexion, en tirant en réalité sur un point imaginaire en avant de la trajectoire visible de la cible.



Temps de vol des obus en secondes selon la distance parcourue en pieds, pour les deux types d'obus les plus répandus.

L'ampleur de la déflexion à adopter dépend de la vitesse et de la distance de la cible ainsi que de son aspect, c'est-à-dire l'angle sous lequel elle se présente, à quoi il faut ajouter la prise en compte de la flèche des obus (la distance de chute des obus sur leur vol, du fait de la gravité), qui dépend de leur vitesse initiale.

Vous pouvez apprendre par cœur des angles correspondant à différentes situations, comme pouvaient le faire des pilotes de 1940, mais ce n'est pas nécessaire. Vous êtes en simulation, l'heure de vol ne coûte pas cher : faites simplement des essais dans différentes situations pour vous rendre compte par vous-même de ce qui semble nécessaire. C'est d'autant plus facile que, contrairement à un pilote de 1940, vous disposez de cet outil précieux qu'est le *funnel* qui vous donnera des indications plus précises.

En outre, la partie de la correction à effectuer du fait de la flèche des obus est assez faible aux distances de tir usuelles : elle variera de 1 à 5 mètres seulement.

La déflexion initiale n'a donc pas besoin d'être très précise. Une « louche » approximative suffira dans cette étape.

Etape 2 : s'assurer de la poursuite

Il s'agit simplement de s'assurer qu'on vole dans le même plan que la cible, et que la déflexion prise « à la louche » est à peu près stable, c'est-à-dire que la position de la cible dans le HUD est à peu près constante, au moins pour le temps du tir.

Si ces deux conditions ne sont pas réunies, on n'est alors pas dans un tir en poursuite, mais dans un tir d'opportunité. Le tir reste possible, mais le *funnel* sera de peu d'utilité.

Etape 3 : utiliser le *funnel*

Une fois que les 2 étapes précédentes ont été bien effectuées, c'est-à-dire qu'on a pris une déflexion grossière et que la cible est à peu près stable dans le HUD, on peut utiliser le *funnel* pour affiner la visée :

On tire un peu plus fort sur le manche ou on le relâche un peu de manière que les ailes de la cible touchent chaque côté du *funnel*, et on tire. Si la cible poursuit sur sa trajectoire durant le temps de vol des obus, elle sera atteinte.

C'est là que revient la nécessité d'avoir entré l'envergure de la cible dans le système : si cette donnée est erronée, la largeur du *funnel* est erroné, et on ne peut pas savoir où placer la cible dedans.

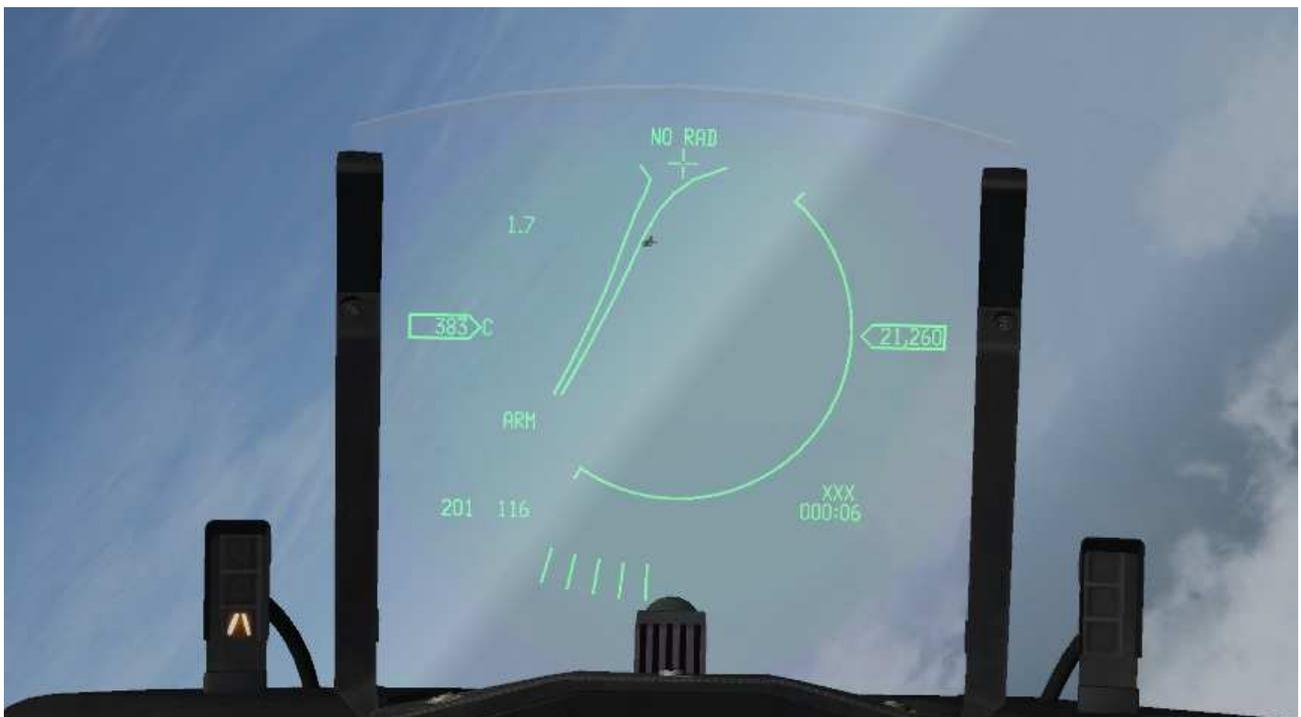
Mais si cette donnée est bien entrée, il devient possible d'évaluer la distance de la cible. Pour référence, le haut du *funnel* indique comment se placer pour une cible située à 600 pieds, tandis que le bas du *funnel* indique comment se placer pour une cible située à 3 000 pieds.

Noter, quand on manœuvre l'avion, la manière dont le *funnel* s'étire ou se rétracte. C'est très logique : le viseur donne des indications pour tirer sur une cible à peu près stable dans le HUD :

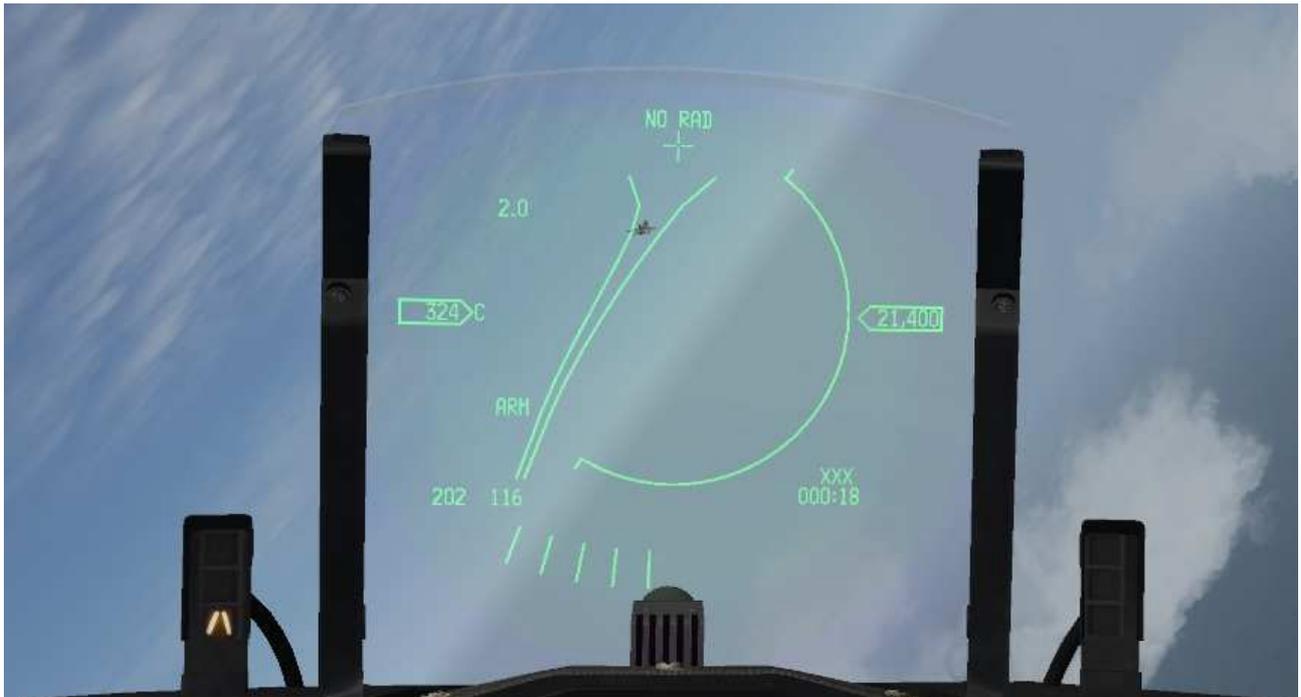
- Plus on tire fort sur le manche (et donc a priori plus on vire fort) et plus cela signifie que la cible doit être rapide et se présenter sous un angle prononcé, puisque le système présuppose qu'elle est stable dans le HUD. En conséquence, la déflexion à prendre s'accroît : le *funnel* s'étire.
- Moins on tire fort sur le manche (et donc a priori moins on vire fort) et moins la cible doit être rapide et se présenter sous un angle prononcé, puisque le système présuppose qu'elle est stable dans le HUD. La déflexion à adopter se réduit : le *funnel* se rétracte.



Etape 0 : on a entré l'envergure de la cible dans le système. On s'approche de la cible, mais l'axe du canon est manifestement mal positionné, puisqu'il est en arrière de la trajectoire de la cible.



Etape 1 : On porte la croix du canon en avant de la trajectoire de la cible, pour adopter une première déflexion grossière.



Etape 2 : On s'assure que la cible est à peu près stable dans le HUD, et qu'on se trouve dans le même plan de manœuvre qu'elle : visuellement la cible doit rester à peu près à la même hauteur dans le HUD et le *funnel* doit s'étirer parallèlement à la trajectoire de la cible (rappel : la trajectoire de la cible et la direction dans laquelle pointe son nez diffèrent toujours au moins un peu, mais c'est bien la trajectoire qui nous intéresse). On est déjà pas mal ici.



Etape 3 : On a eu la demi-seconde de stabilité qu'il fallait : tir, et au but !

Enchaînement des étapes :

Les étapes du tir ont été précédemment détaillées pour faciliter la compréhension. Toutefois en pratique il s'agit bien d'un mouvement fluide et sans saccades, qui sera d'autant plus fluide qu'on aura gagné de l'expérience et de l'adresse. Ainsi si la position de départ est adéquate, un pilote un peu entraîné accomplira les étapes 1 à 3 en seulement quelques secondes, et parfois en à peine une.

Limites du *funnel* :

Le *funnel* n'est une indication valide de tir que si la poursuite est à peu près stable et que la cible maintient une trajectoire constante et prévisible.

Temporellement, cela signifie que pour que le tir soit réussi il faut que la situation soit « figée » pendant presque une seconde :

- Il faut en effet que la poursuite soit stable pendant un tiers de seconde.
- Une fois le tir déclenché il faut que la cible maintienne sa trajectoire le temps que les obus parviennent jusqu'à elle.

Le *funnel* ne peut donc pas être et n'est jamais un repère de tir instantané, pour un tir d'opportunité. Ce point doit toujours être conservé à l'esprit

Tir sans poursuite (*snapshot*)

Savoir comment viser lorsqu'on est en poursuite sur la cible est très utile, mais comment viser une cible qui n'est pas à peu près stable dans le HUD ?

Si la cible est en défilement, éventuellement rapide, on est alors dans une situation de tir sans poursuite (*snapshot*). L'idée est alors simplissime : on ne tire plus pour tâcher de diriger un jet d'obus sur la cible, on tire un jet d'obus en espérant que la cible le croise, et en récolte un ou deux dans le buffet au passage !

L'application, elle, peut être plus compliquée. Il s'agit surtout de savoir discerner rapidement l'opportunité, et d'avoir d'assez bons réflexes pour poser la croix du canon bien en avant de la trajectoire de la cible, tout en ajoutant une « minilouchette » pour tenir compte de la flèche des obus, en sachant qu'on n'a pas d'autre moyen de mesurer la distance que ses propres yeux. Bref, vous l'aurez compris : en plus d'une certaine dextérité, un *snapshot* réussi implique souvent une certaine dose de chance.

Tir avec radar

(Pour la manière de verrouiller la cible, voir le document de l'AVM sur l'utilisation des sous-modes ACM.)

Informations apportées par le verrouillage radar



Outre de nouveaux indices de tir, le verrouillage au radar de la cible vous apporte d'abord de nouvelles informations intéressantes :

Distance de la cible :

- En bas à droite s'affiche la distance de manière numérique, en milles nautiques. Le « F » qui la précède signifie qu'elle est établie par le radar de conduite de tir (FCR). Notez que lorsque la distance passe en dessous d'1 nautique, elle est alors affichée en centaines de pieds. Un mille nautique valant environ 6 000 pieds, la distance affichée variera donc de 0 à 060.
- Lorsque la distance à la cible passe en dessous de 2 NM, le cercle qui entoure la cible « s'ouvre » au fur et à mesure, en sens antihoraire. Ainsi, s'il est ouvert aux trois quarts, la cible est à 1,5 NM environ, s'il est ouvert à moitié elle est à 1,0 NM, et s'il est ouvert à un quart elle est de 0,5 NM. Noter le petit cercle fixe à quatre heures : il indique où se trouve exactement la limite des 3 000 pieds sur le pourtour du cercle.

Aspect de la cible :

Sur le pourtour du cercle de position, se trouve une flèche vous permettant de connaître l'aspect de la cible. Si la flèche est en bas du cercle, la cible vous tourne le dos. Si la flèche est en haut, elle vous fait face. Si la flèche est à gauche à 90°, la cible se présente de côté, nez vers la droite. Et si la flèche est à droite à 90°, la cible se présente de côté, nez vers la gauche.

Autrement dit, la flèche vous donne la position de la queue de la cible par rapport à vous. Ici, la cible fait face, queue légèrement vers la droite (ou nez légèrement vers la gauche, selon comment vous préférez vous figurer la situation).

Vitesse de rapprochement :

Sur le côté droit du HUD s'affiche un nombre accompagné d'une flèche. Il s'agit de la vitesse de rapprochement en nœuds (ici 1 110 kts, soit 2 055 km/h !).

Altitude :

L'altitude de la cible est affichée en milliers de pieds en bas à droite (TA pour *target altitude*, c'est-à-dire « altitude de la cible »). Ici 13 pour 13 000 ft.

Indice de tir n° 3 : le *pipper*

L'indice de tir le plus important que vous apporte le verrouillage radar, outre la distance exacte de la cible, c'est le *pipper*. Celui-ci consiste en une petite bille qui se déplace à l'intérieur du *funnel*. Elle va, en quelque sorte, le préciser.

Le verrouillage radar permet en effet à l'ordinateur de tir de connaître la distance, la vitesse et l'accélération de la cible. Il peut donc en calculer un repère de tir bien plus fiable que le *funnel* seul : avec le verrouillage radar le *pipper* apparaît pour montrer exactement où le pilote doit placer la cible dans le *funnel* pour un tir réussi.

Autres indices de tir

Les repère 1G et 9G :

Sur le haut du *funnel* est apparue une petite croix, et sur le bas du *funnel* un petit cran. Il s'agit des repères 1G et 9G. Le premier indique où placer la cible si elle ne vire pas, et le second là où la placer si elle vire sous une accélération de 9G. Comme il est rare qu'une cible se trouve parfaitement soumise à une accélération de 1G (soit une fois la gravité terrestre) ou de 9G (neuf fois), il s'agit plutôt de bornes : pour être atteinte par un tir en poursuite, la cible doit se trouver nécessairement entre l'une de ces deux bornes.

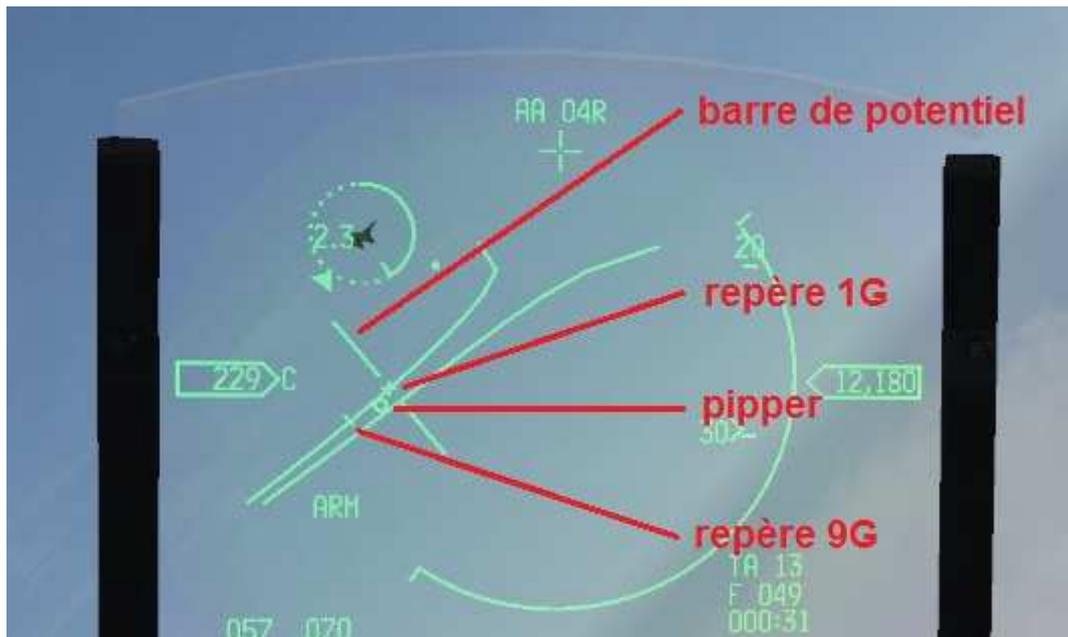
Lignes MRGS :

Celles-ci ont disparu avec le verrouillage radar.

La barre de potentiel de manœuvre

De part et d'autre du *funnel*, à la même hauteur que le repère 1G, on trouve une barre mobile (*out-of-plane maneuver potential line*, en anglais).

Ce délire cette belle idée d'ingénieur est la suivante : la barre pivote pour indiquer dans quel plan la cible manœuvre, et la largeur de la barre indique de combien la cible pourrait s'écarter sur le temps de vol d'un obus potentiellement tiré.



Le BATR

Si, sur la page SMS, l'option SCOR est passée sur ON, à chaque tir un petit point entouré d'un cercle apparaît un court instant dans le HUD : il s'agit du repère BATR, pour *Bullet At Target Range* en anglais, c'est-à-dire « obus à distance de la cible ».

Ce cercle illustre visuellement par quel endroit sont passés les obus tirés lorsqu'ils ont atteint la distance de la cible, et permet ainsi d'évaluer la qualité du tir.



Ici le tir était manifestement trop en avant de la cible.

Tir en poursuite

La méthode pour un tir en poursuite avec verrouillage radar débute toujours de la même manière qu'un tir en poursuite sans verrouillage, avec les trois mêmes premières étapes :

Etape 1 : amener la croix en avant de la cible

Etape 2 : s'assurer de la poursuite

Etape 3 : affiner avec le *funnel*

Il s'y ajoute simplement une dernière étape :

Etape 4 : utiliser le *pipper*.

Il s'agit uniquement de corriger au manche pour maintenir le *pipper* sur la cible au moins un tiers de seconde, puis tirer. La technique est exactement la même qu'avec le seul *funnel* sans verrouillage radar, avec pour seule différence un repère plus précis.



Voilà le type de situation à laquelle on veut parvenir : la cible est à distance de tir (1 400 pieds), le *funnel* est parallèle à sa trajectoire, et le *pipper* légèrement en avant. Il ne reste qu'à faire feu en relâchant un peu le manche, et le *kill* est assuré !

Limites du *pipper* :

Tout comme le *funnel*, le *pipper* n'est une indication valide de tir que si la poursuite est à peu près stable et que la cible maintient une trajectoire constante et prévisible.

Temporellement, cela signifie que pour que le tir soit réussi il faut que la situation soit « figée » pendant presque une seconde :

- Il faut en effet que la poursuite soit stable pendant un tiers de seconde.
- Une fois le tir déclenché il faut que la cible maintienne sa trajectoire le temps que les obus parviennent jusqu'à elle.

Le *pipper* ne peut donc pas être et n'est jamais un repère pour un tir instantané. Ce point doit toujours être conservé à l'esprit

Tir sans poursuite (*snapshot*)

Le tir sans poursuite se déroule de la même manière avec verrouillage radar que sans verrouillage radar, dans la mesure où les indices de tir ne sont de toute façon pas adaptés à ce type de tir.

Le verrouillage radar apporte cependant une meilleure appréciation de la distance et de la vitesse de rapprochement, ce qui peut aider à estimer si le tir est possible ou non. Il permet notamment d'estimer la probabilité de collision avec la cible ou de tir à trop courte distance, qui peut être très élevée pour un *snapshot* et souvent difficile à mesurer instinctivement.

Conseils de tir

On trouve sur internet quantité d'informations au sujet des manœuvres en combat 1 contre 1 (*BFM* pour *Basic Fighter Maneuvers*). On y trouve en revanche assez peu de conseils de tir pratiques. En voici quelques-uns :

Les distances de tir

En théorie, le canon est parfaitement capable d'atteindre une cible située à presque 2 milles nautiques (environ 10 000 pieds). En pratique, les distance de tir sur une cible un minimum manœuvrante sont cependant bien inférieures : on tirera à des distances comprises entre 800 et 3 000 pieds environ, soit entre 250 et 900 mètres environ. Au-delà les chances d'atteindre la cible deviennent très incertaines, avec un temps de vol des obus supérieur à la seconde, et en deçà les chances de collision avec la cible ou ses débris deviennent très élevées.

Le bon placement : distance et trajectoire

Un *bon* placement pour le tir est un placement qui amène le canon à la bonne distance de la cible *et* suffisamment en avance de sa trajectoire.

Les pilotes débutants oublient souvent un de ces deux points. Or la plus belle des manœuvres de vous sert à rien si elle amène le canon trop près ou trop loin de la cible, et elle ne vous sert à rien non plus si elle ne permet pas d'amener l'axe du canon assez en avant de la cible.

Ne visez pas l'excellence !

Vous découvrirez en prenant de l'expérience qu'un *excellent* placement pour un *excellent* tir impliquera de prendre également en compte l'aspect de la cible et la vitesse de rapprochement.

Un combat aérien est cependant rapide, dynamique et surtout létal. Tout le temps que vous passerez à peaufiner un tir pour en faire un modèle d'excellence sera aussi du temps que vous passerez en position de vous faire abattre par quelqu'un que vous n'aurez pas vu, tout concentré que vous serez sur votre cible.

Un bon tir *en combat* est donc en premier lieu un tir qui règle la situation le plus vite possible, et en second lieu qui consomme le moins d'énergie possible (et de carburant, tant qu'à faire). Bref un bon tir est celui qui vous expose le moins possible. Ce tir ne sera peut-être pas excellent, et peut-être assez éloigné du modèle académique. On s'en fiche !

Ne pensez pas duel d'escrime de cinéma, dans lequel le gentil et le vilain virevoltent pendant des heures pour tâcher de placer une botte élégante. Pensez plutôt fusillade dans un *saloon* : plus vite vous avez dégainé et descendu ce *cowboy* et plus vite vous pouvez éviter que son copain ne vous aligne. Pensez Han Solo, même.

Soyez brutal !

Dans le même esprit que le conseil précédent, n'économisez pas les obus ! D'abord, tout le monde n'est pas Fonck, et ensuite tâcher d'économiser les obus pour réussir un coup de tireur d'élite, c'est encore s'exposer au feu de l'ennemi pour rien, surtout si ce dernier a beaucoup moins de remords à l'idée de vider ses magasins de munitions sur vous.

Par ailleurs, on l'a vu en introduction, un tir au canon est d'abord un tir effectué quand on ne peut pas tirer un missile, en profitant d'une opportunité qui ne va sans doute pas se présenter de multiples fois durant un combat ou une mission. Il s'agit donc de ne pas rater cette opportunité.

En conséquence, lorsqu'une situation de tir se présente, n'hésitez pas à viser légèrement devant le point idéal, relâcher un peu le manche et tirer une rafale un peu longue pour être certain que la cible soit bien parcourue par les obus. Peut-être que 90 % des munitions que vous allez tirer vont manquer, ou même 95 %. On s'en fiche : c'est l'effet de celles qui touchent la cible qui importent !

Ne pavoisez pas après un tir réussi !

Après un tir réussi, replacez-vous immédiatement dans un état d'esprit défensif. Vérifiez vos six heures, reprenez de la vitesse et de l'espace, tâchez de retrouver vos ailiers et de vous refaire une idée de la situation tactique. Rappelez-vous que c'est juste après avoir obtenu une victoire qu'on a toutes les chances de devenir la victoire de quelqu'un d'autre !

Vous avez le droit d'utiliser le palonnier

On ne le dira jamais assez : les commandes de vol mettent toutes seules « du pied » pour que l'avion reste droit lors du tir, et compenser ainsi l'installation asymétrique du canon dans l'avion. Il est donc absolument inutile d'en rajouter pour tirer droit !

En revanche, si vous êtes assez adroit et pourvu de bons réflexes, rien ne vous interdit d'utiliser le palonnier pour un tir en dérapage, le cas échéant. Peut-être que ce ne sera pas gracieux, mais comme dit plus haut un combat aérien n'est pas un concours d'élégance.

Priorisez les indices de tir

Le viseur peut présenter beaucoup d'informations pour le tir du canon, ou d'ailleurs des missiles, mais vous disposez de peu de temps pour en tirer parti tout en essayant de conserver la maîtrise de la situation tactique. Si vous n'êtes pas une sorte de *Brainiac*, ne vous surchargez pas l'esprit !

Pour tirer, vous avez fondamentalement besoin : de la croix du canon et du *funnel* ou du *pipper*. Tout le reste, c'est de l'optionnel, du facultatif, du bonus. Tant mieux si vous avez le temps de réaliser une analyse complète de toutes les informations présentées avant de tirer, mais ce n'est vraiment pas bien grave si ce n'est pas le cas.

Gaffe aux mitrailleurs de queue

C'est un peu idiot, mais on peut vite l'oublier : certains bombardiers anciens ont des mitrailleurs de queue. Ne restez donc pas tranquillement dans les 6 heures de ceux-ci à affiner votre visée, bien appliqué en tirant la langue. Revenez aux bonnes vieilles méthodes de la Seconde Guerre Mondiale : approche par trois-quarts arrière en léger piqué. Attaquez en vous évertuant d'être vous-même une cible difficile.