

COLLIMATEUR TETE HAUTE (HUD)

Le collimateur tête haute (HUD) est un combiné électro/optique présentant une symbologie pour les modes d'attaque, de navigation, de désignation et d'approche. Il fournit également des informations sur les paramètres de pilotage, comme l'altitude, la vitesse et le cap. La mise sous tension de l'installation s'effectue à l'aide de la mollette SYM située sur le poste de dialogue système (ICP).

L'ensemble des informations est visualisé sur une glace double placée devant les yeux du pilote. La symbologie synthétique de type cavalier et collimatée à l'infini, se superpose sur le paysage extérieur ou sur l'image vidéo issue d'un capteur (FLIR). La surface d'affichage a un champ de vision de 25 degrés de diamètre et est tronquée vers le bas le long d'une ligne de 10,5 degrés sous le centre.

Une figuration HUD est composée d'un ensemble de réticules, d'échelles et d'étiquettes affichés pour un mode supérieur donné (Air-Air, Air-Sol et navigation autonome). Les étiquettes HUD ne contiennent que du texte ; la position du texte est donnée par le numéro de l'étiquette. Les échelles et les réticules sont décrits par leur nom.

Dans cette version, seuls les réticules missile sont

occultés lorsque la sécurité armement (MASTER ARM) est sur la position SAFE.

POSTE DE COMMANDE HUD

Le poste de commande HUD, situé sur la banquette droite, détermine l'affichage de nombreux réticules.

Sélecteur d'affichage des échelles

Ce sélecteur à trois positions commande l'affichage des échelles linéaires analogiques :

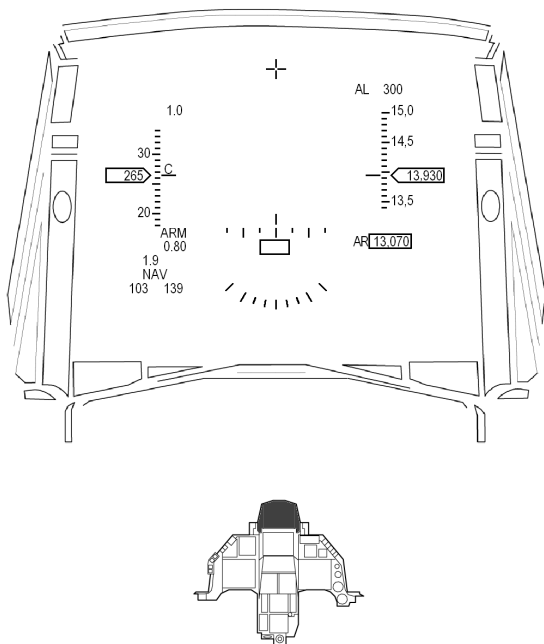
- VV/VAH – affichage des échelles vitesse ascensionnelle, vitesse, altitude, et cap.
- VAH – affichage des échelles vitesse, altitude, et cap.
- OFF – occultation des échelles linéaires.

Sélecteur d'affichage des réticules de pilotage

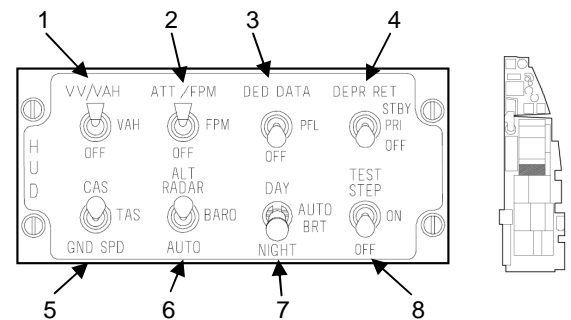
Ce sélecteur à trois positions commande l'affichage des principaux réticules de pilotage :

- ATT/FPM – affichage de l'échelle de tangage et du vecteur vitesse inertielle.

Collimateur tête haute (HUD)



1. Sélecteur d'affichage des échelles linéaires.
2. Sélecteur d'affichage des réticules de pilotage.
3. Sélecteur d'affichage DED/PFL.
4. Sélecteur de hausse manuelle (DEPR RET).
5. Sélecteur de vitesse.
6. Sélecteur altitude/hauteur.
7. Sélecteur de luminosité.
8. Sélecteur de test HUD.



- FPM – affichage du vecteur vitesse inertielle.
- OFF – occultation de l'échelle de tangage et du vecteur vitesse inertielle.

Sélecteur d'affichage DED/PFLD

Ce sélecteur à trois positions commande l'affichage des cinq lignes de données du DED ou du PFLD dans les étiquettes 20 à 24.

Sélecteur de luminosité

Ce sélecteur à trois positions commande la sélection des modes de luminosité du HUD :

- DAY – réglage de Off à plein.
- NIGHT – réglage de Off à luminosité moyenne.
- AUTO BRT – maintien automatique d'un taux de luminosité adapté à l'éclairage extérieur.

Sélecteur de test HUD

Ce sélecteur n'est pas implémenté dans cette version.

Sélecteur de hausse manuelle

Dans le sous-mode A-G de bombardement manuel, ce sélecteur commande l'affichage des réticules de hausse manuelle :

- STBY – affichage du réticule secours et occultation de tous les autres réticules du HUD.
- PRI – affichage de la hausse manuelle principale sans occultation des autres réticules.
- OFF – occultation des réticules de hausse manuelle.

Sélecteur altitude/hauteur

Ce sélecteur à trois positions commande l'affichage des échelles d'altitude suivantes :

- RADAR – échelle de hauteur radiosonde.
- BARO – échelle d'altitude barométrique recalée.
- AUTO – échelle automatique altitude/hauteur.

Sur cette version, le mode AUTO est marqué OFF.

Sélecteur de vitesse

Cette commande à trois positions sélectionne le type de vitesse affichée :

- Conventionnelle (CAS) – c'est la vitesse indiquée (IAS) de l'aéronef, corrigée des erreurs de pitot et d'instrument.
- Vraie (TAS) – c'est la vitesse conventionnelle corrigée de la compressibilité de l'air. La vitesse vraie se décompose en vitesse propre (horizontalement) et vitesse ascensionnelle (verticalement).
- Sol (GND SPD) – c'est la résultante de la vitesse propre avec la vitesse du vent.

NOTA

La vitesse conventionnelle (CAS) sera systématiquement affichée à la sortie du train ou en mode combat (DGFT), quelque soit la position du sélecteur.

FIGURATION HUD EN PILOTAGE DE BASE

Croix canon

La croix canon, représentée par un signe plus incomplet et affichée sur un azimuth de zéro degré, représente la référence longitudinale fuselage (ligne de foi). La croix canon est visible dans tous les modes.

Vecteur vitesse inertielle (FPM)

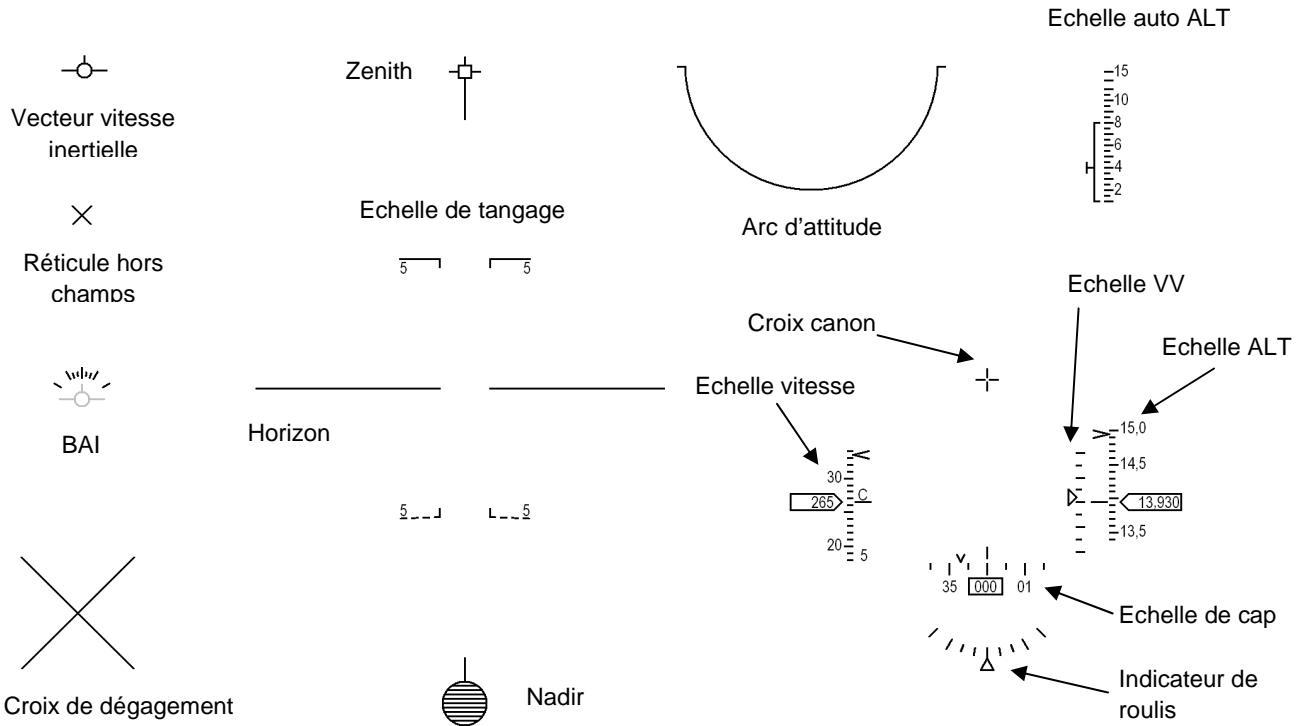
Le vecteur vitesse inertielle (FPM) est représenté par un cercle de 10 mrad avec des ailes de 10 mrad et une dérive de 5 mrad. Le FPM indique la trajectoire de l'avion. Son affichage est fonction du sélecteur ATT/FPM. Ce réticule clignote dans les modes de largage d'armement Air-Sol, pour signaler l'instant du largage ; le clignotement continue jusqu'à ce que le bouton de largage soit relâché. Lorsque le vecteur vitesse est saturé sur les bords du HUD, un symbole X est superposé.

Ligne d'horizon

L'horizon extérieur est matérialisé par une ligne de 541 mrad. Elle est visible en même temps que l'échelle de tangage. Ce réticule est interrompu au centre sur une longueur de 34 mrad pour permettre le passage du FPM.

Lorsque l'attitude de l'avion est telle que l'horizon extérieur n'est plus visible, un réticule d'horizon

Figuration en pilotage de base



fantôme apparaît alors. C'est une ligne segmentée et tangente à un cercle imaginaire d'un rayon de 8° centré sur le HUD. Cet horizon fantôme tourne autour du cercle pour donner la direction de l'horizon.

Echelle de tangage

L'échelle de tangage est représentée par une série de barres d'une longueur de 86 mrad et espacées tous les 5 degrés à partir du réticule horizon et jusqu'à ± 60 degrés puis tous les 10 degrés au-delà. Les barres situées sous l'horizon sont mitées et inclinées d'un angle proportionnel à la valeur du tangage. Des crochets présents aux extrémités de chaque barre donnent la direction de l'horizon. L'échelle est interrompue au centre sur une longueur de 34 mrad pour permettre le passage du FPM. Chaque pôle de l'échelle est représenté par un réticule spécifique et assorti d'une ligne pointant vers l'horizon :

- Zenith – ce réticule en forme d'étoile indique le pôle + 90°.
- Nadir : ce réticule en forme de planète indique le pôle - 90°.

L'affichage de l'échelle est fonction du sélecteur ATT FPM, ou apparaît automatiquement lorsque le train d'atterrissage est sorti. L'échelle de tangage recopie

la position de la plateforme INS et demeure ainsi parallèle avec l'horizon extérieur.

L'assiette de l'avion est lue à l'aide du réticule croix canon sur l'échelle de tangage. La pente est lue à l'aide du FPM. De ce fait, l'incidence est l'écart compris entre la croix canon et le FPM.

Indicateur de roulis

L'indicateur de roulis est composé de tirets fixes placés sur un cercle imaginaire dont le rayon est de 70 mrad et centré à 50 mrad au-dessous du centre du HUD. Chaque tiret est espacé de 10 degrés à l'exception des tirets extérieurs qui sont positionnés à 45 degrés. Un triangle permet la lecture du roulis jusqu'à ± 45 degrés d'inclinaison. Au-delà, le triangle sera occulté. L'indicateur de roulis est généralement affiché avec l'échelle de tangage, mais disparaît dans les cas suivant :

- En mode combat avec l'option EEGS sélectionnée.
- Lorsque le DED ou le PFLD est affiché au HUD.
- Lors de l'affichage du répétiteur d'inclinaison.
- Lorsque les données INS sont invalides, le chevron seul disparaît sur cette version.

Répétiteur d'inclinaison (BAI)

Le répétiteur d'inclinaison est représenté par deux index de 5 mrad assurant 60 degrés d'inclinaison avec des points espacés tous les 15 degrés, excepté à 0. Le répétiteur d'inclinaison est référencé par rapport au FPM. La lecture s'effectue avec l'aile du FPM en regard du répétiteur. Le répétiteur d'inclinaison est affiché chaque fois que le FPM est présent et que l'indicateur de roulis est absent.

Arc d'attitude

Ce réticule apparaît dans le mode supérieur combat (DGFT) en remplacement de l'échelle de tangage. La partie médiane de l'arc sera toujours orientée vers le sol (indication roulis). La longueur de l'arc est fonction de l'assiette : la longueur minimale est obtenue pour un cabré +87°, alors que la longueur maximale est obtenue pour un piqué -87°. Ce réticule sera occulté à la train sortie.

Echelle de vitesse

Ce réticule présente la vitesse de l'avion en nœuds. Il est composé d'un afficheur numérique accolé à une échelle linéaire verticale. Chaque segment représente 10 nœuds. La vitesse est lue en regard de l'index fixe. Trois types de vitesse sont disponibles : conventionnelle (C), vrai (T) et sol (G). Le label du type de vitesse sélectionnée est affiché au dessus de l'index dans l'étiquette numéro deux. Seul l'afficheur numérique sera visible en mode combat ou si le sélecteur d'échelle est positionné sur OFF.

Un chevron de vitesse de consigne peut apparaître dans certains modes de croisière.

Echelle de cap/route magnétique

L'échelle de cap magnétique est affichée dans le bas du HUD dans les modes de navigation et au sommet dans tous les modes Air-Sol excepté le mode canon A-G. Durant l'atterrissage, l'échelle est affichée soit à 50 mrad au dessus du FPM, soit au sommet du HUD, suivant laquelle des positions est la plus basse. Le cap magnétique est affiché en dizaine de degrés. Des segments sont espacés sous les 5 degrés.

Si le sélecteur de vitesse est positionné sur GND SPD, c'est la route magnétique qui est lue sur l'échelle. L'index devient un petit triangle pour différencier l'échelle de route magnétique sol et l'échelle de cap magnétique. Lorsque la commande de train est abaissée, l'échelle redonne le cap magnétique.

Echelles d'altitude/hauteur

Ce réticule présente l'altitude barométrique recalée ou la hauteur radiosonde suivant la sélection sur le poste de commande HUD. Il est composé d'un afficheur numérique accolé à une échelle linéaire verticale. Dans tous les cas, la hauteur radiosonde est affichée sous l'échelle dans l'étiquette numéro 26 et précédé du label AR. Seul l'afficheur numérique sera visible en mode combat ou si le sélecteur d'échelle est positionné sur OFF.

Un chevron d'altitude de consigne peut apparaître dans certains modes de croisière.

ECHELLE D'ALTITUDE BAROMETRIQUE

L'échelle d'altitude barométrique affiche l'altitude barométrique recalée en centaines de pieds avec un affichage d'une valeur numérique tous les 500 pieds. Une virgule sépare les milliers de pieds. L'altitude est lue en regard de l'index fixe. Le calage s'effectue à l'aide du rotacteur de l'altimètre.

En mode approche, l'échelle d'altitude est grossie cinq fois ; c'est-à-dire que la graduation passe de 100 à 20 pieds, et que les valeurs numériques sont affichées tous les 100 pieds.

ECHELLE DE HAUTEUR RADIOSONDE

Cette échelle affiche la hauteur radiosonde de la même façon que l'échelle d'altitude barométrique. La distinction s'effectue à l'aide du label R affiché au-dessus de l'index fixe dans l'étiquette numéro 6.

En cas de panne radiosonde ou lorsque l'information de hauteur est indisponible, l'échelle redevient barométrique avec clignotement de l'affichage numérique.

Lorsque la hauteur radiosonde est inférieure à 1 500 pieds ascendants (après avoir franchi 1 200 pieds), la virgule et les zéros disparaissent et l'échelle est affichée en pieds plutôt qu'en centaines de pieds.

Un index T visible sur le bord gauche de l'échelle indique la hauteur de garde réglée.

En mode approche, l'échelle de hauteur est grossie cinq fois ; c'est-à-dire que la graduation passe de 100 à 20 pieds, et que les valeurs numériques sont affichées tous les 100 pieds.

ECHELLE AUTOMATIQUE ALTITUDE/HAUTEUR

DANGER

En mode AUTO et en-dessous d'une hauteur de 1 500 pieds, l'affichage indiquera une hauteur radiosonde pouvant être interprétée comme une altitude, de par l'absence du label R au-dessus de l'index.

L'échelle automatique de hauteur radiosonde apparaît avec le mode AUTO sélectionné sur le poste de commande HUD, lorsque la hauteur radiosonde est inférieure à 1 200 pieds lors d'une descente ou 1 500 pieds lors d'une montée (et après avoir franchi la barre des 1 200 pieds). L'échelle automatique est graduée tous les cinquante pieds de 0 à 1 100 pieds puis tous les cents jusqu'à 1 500. La lecture s'effectue à la manière d'un thermomètre.

La hauteur de garde est signalée par l'index T. Le label AL de l'étiquette 26 clignote lorsque la hauteur radiosonde devient inférieure à la hauteur de garde réglée. En cas de panne radiosonde ou lorsque l'information de hauteur n'est plus disponible, l'échelle redevient barométrique.

Echelle de vitesse ascensionnelle (VV)

L'échelle de vitesse ascensionnelle est affichée à côté de l'échelle d'altitude et comprend un index triangulaire positionné sur une échelle fixe. La graduation est de 500 pieds par minute. Une vitesse ascensionnelle nulle (palier) est signalée lorsque le triangle est aligné avec l'index de l'échelle d'altitude.

Rappel : la vitesse ascensionnelle est la composante verticale de la vitesse vraie (TAS).

Croix de dégagement (Break X)

Dans les modes Air-Air, le symbole X incite à effectuer une manœuvre sous 4g pour assurer un dégagement en sécurité contre soit une cible, soit le sol.

FIGURATION HUD EN NAVIGATION**Ecart de route (tétard)**

Le réticule écart de route est représenté par une ligne de 12 mrad s'échappant d'un petit cercle de 6 mrad. Ce réticule, référencé en azimut par rapport au FPM, indique l'écart de route par rapport au but de destination ; la bonne direction est obtenue en amenant le FPM sur le réticule d'écart de route. L'orientation de la queue donne le gisement du but

de destination : la position 12 heures représente un gisement nul, et à 3 heures le gisement est de 90 degrés sur la droite.

But de destination (Diamant)

La position du but de destination représentée par un diamant dépend du mode supérieur sélectionné. En mode de navigation autonome et dans la plupart des sous-modes Air-Sol, le diamant est positionné sur les coordonnées estimées du point de navigation sélectionné dans la base de données des buts. En mission Air-Sol préparée et avec l'option VIP sélectionnée, le diamant sera positionné sur les coordonnées insérées pour ce VIP. Avec l'option VRP sélectionnée, le diamant sera positionné à une distance et un relèvement relatifs aux coordonnées du point de navigation sélectionné. Lorsque le diamant est saturé sur les bords du HUD, un symbole X est superposé.

Points décalés (OA)

Si des points décalés ont été ajoutés au point de navigation courant (OA1 et OA2), ceux-ci seront affichés dans les modes supérieurs navigation et Air-Sol, par des triangles isocèles d'une hauteur de 12 mrad sur une base de 6 mrad.

Réticule point de cabré-piqué (popup)

Dans les sous-modes Air-Sol VIP et VRP, le réticule circulaire de 8 mrad du point popup sera positionné sur le point de popup. Si le réticule est hors champs, un symbole X sera superposé.

FIGURATION HUD EN APPROCHE**Réticule pente**

Présenté lorsque le train est sorti, le réticule pente se positionne à $-2,5^\circ$ sur l'échelle de tangage.

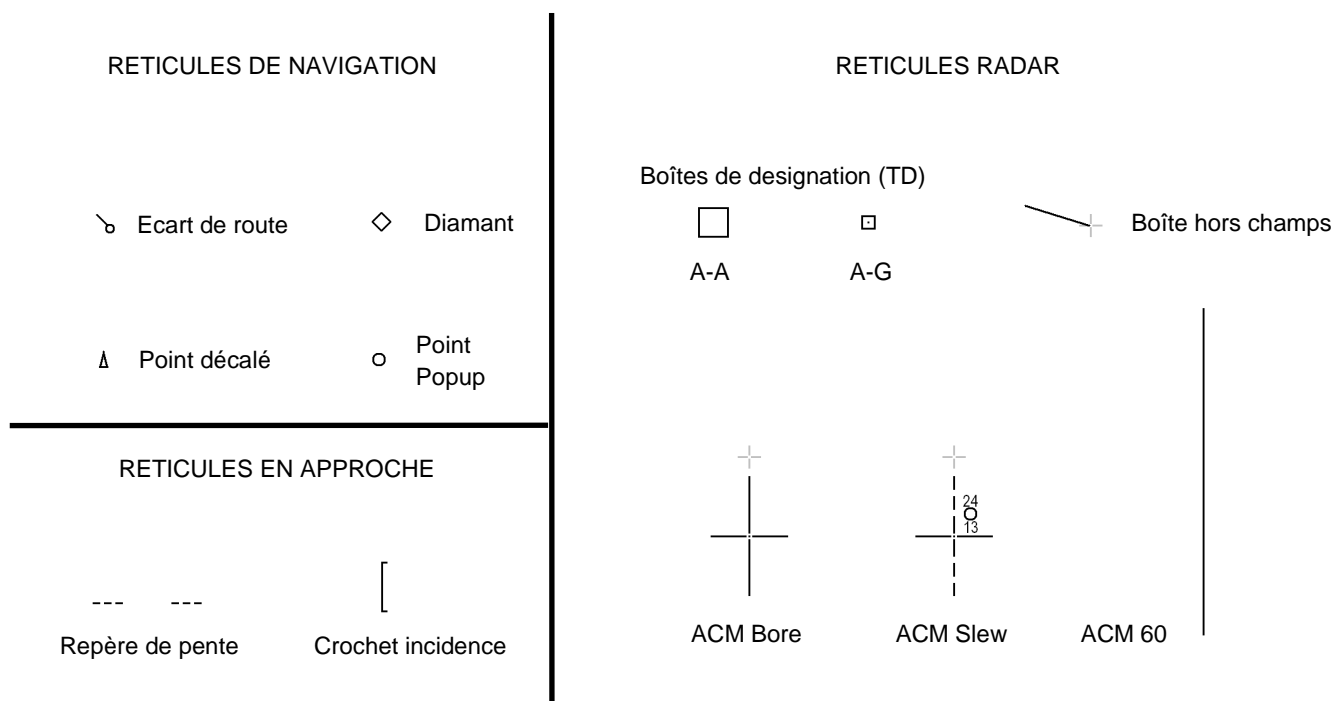
Réticule crochet d'incidence

Présenté lorsque le train est sorti, ce réticule représente la fourchette d'incidence autorisée pour l'approche. L'incidence sera de 11° si le FPM est situé sur l'extrémité haute et 15° sur l'extrémité basse.

Barres de guidage ILS

Les barres verticale et horizontale de 50 mrad donnent les écarts de route par rapport à une balise ILS. Les barres sont stabilisées en roulis et dirigées par les signaux ILS Localizer et Glide Slope. Si les

Figurations navigation – approche – radar



données ILS sont invalides, les barres de guidage seront occultées.

Un chevron de guidage Loc apparaîtra sur l'échelle de cap.

FIGURATIONS RADAR DANS LE HUD

Balayage radar des modes ACM

Les volumes de recherche des modes ACM sont matérialisés sur le HUD à l'aide des réticules suivants :

- 10 x 60 – une ligne verticale s'étendant du sommet du HUD, traversant la croix canon, et jusqu'au bas du HUD.
- Axe (Bore) – représenté par une large croix positionnée au centre du balayage radar, 3 degrés au dessous de la croix canon.
- Spirale (Slew) – une large croix et un cercle de 8 mrad sont positionnés au centre du balayage radar. La direction du volume de recherche est déterminée en comparant la position du cercle par rapport aux bras de la croix. Le bras vertical de la croix est segmenté. Les altitudes de recherche en millier de pieds sont affichées de part et d'autre du cercle
- 30 x 20 – aucun réticule spécifique n'est présenté.

Boite de désignation (TD)

La taille de la boite de désignation dépend du mode supérieur sélectionné. En mode Air-Air, elle fait 25 mrad de coté et représente la position de la cible. En mode Air-Sol, elle fait 10 mrad de coté et inclut un pointeur de 1 mrad en son centre. Lorsque la boite de guidage est saturée sur les bords du HUD, un symbole X se superpose. De plus, une sortie du cône radar est signalée par une boite segmentée.

Lorsque le point désigné se trouve hors du champ de vision du HUD, une ligne de 40 mrad s'étirant depuis la croix canon pointe la direction de la boîte. Une sortie du cône radar est signalée par une ligne en pointillé en mode Air-Air. Dans les modes Air-Sol, la ligne ne sera pas affichée si elle pointe droit vers le bas (± 10 degrés) ; elle sera remplacée par une boite de désignation saturée sur le bord inférieur du HUD avec un symbole X superposé.

FIGURATIONS HUD EN CANON AIR-AIR

Tir prédictif (EEGS)

La figuration EEGS fournit une conduite de tir canon cinq niveaux en fonction de la qualité de la piste poursuivie. La figuration EEGS comprend un certain nombre de réticules affichés en fonction du niveau.

FUNNEL (NIV. 2 A 5)

L'affichage du funnel est fonction du plan d'évolution du canon. Chaque point médian du funnel représente le parcours d'un obus fictif à différentes distances : le haut et le bas du funnel correspondent respectivement à 600 et 3 000 pieds. La largeur du funnel est fonction du paramètre d'envergure pré réglé. A partir du niveau 4, le funnel est fonction du plan d'évolution de la cible.

FEDS (NIV. 2)

Une salve tirée (FEDS) sera représenté par une série de paires de points espacé de 0,1 seconde de temps de vol et défilant le long du funnel. Le FEDS apparaît dès l'appui sur la détente de tir, et disparaît au relâchement.

MRGS (NIV. 2 ET 3)

Les lignes à référence multiple (MRGS) sont utiles pour des angles d'aspects élevés (60 à 120 degrés) et contre des cibles à forte vitesse de rapprochement. Chaque ligne représente un angle directeur d'une même ampleur mais dans une direction différente. A des fins conceptuelles, il est pratique de considérer chaque ligne comme une cible de référence volant dans une direction qui, si elle continue ainsi atteindrait automatiquement le funnel.

SYMBOLE T (NIV. 3 A 5)

Ce réticule en forme de T matérialise le plan d'évolution de la cible. Il est assorti de deux repères délimitant les angles d'avance estimés sur la cible. La croix de 4 mrad et les barres du symbole T représente l'angle d'avance idéale pour une cible n'accélération pas (1G). La longueur des barres horizontales s'étendant de part et d'autre de la croix représente le potentiel maximum d'évasive de la cible hors du plan, calculé pour le temps de vol d'un obus. La petite barre horizontale située dans la partie inférieure du T représente l'angle d'avance d'une cible exécutant un virage soutenu à 9G.

BATR (NIV. 3 A 5)

Le BATR est un point entouré d'un cercle de 6 mrad et s'affiche dès l'appui sur la détente de tir pour tous les obus tirés atteignant la distance de la cible et disparaît une seconde après le relâchement sur cette version.

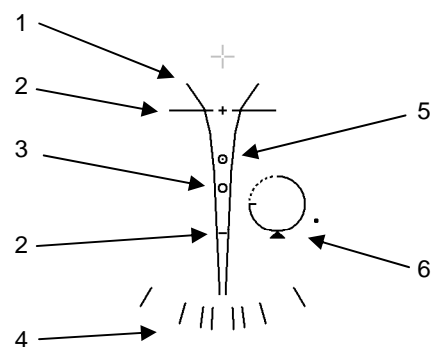
DISTANCEMETRE (NIV. 3 A 5)

De forme circulaire (35 mrad) et centré sur la cible accrochée, ce réticule se rogne au fur et à mesure que la distance diminue : chaque position horaire équivaut à 1 000 pieds. La portée maximale du canon, est représentée par un point sur la périphérie. L'angle d'aspect est matérialisé par un triangle plein sur la périphérie.

OBUS CRITIQUE (NIV. 5)

Ce réticule apparaît dès qu'une cible accrochée dont l'accélération est connue, se trouve dans le domaine de tir du canon. Il est représenté par un cercle de 4 mrad donnant la solution de tir idéale sur une cible maintenant ses paramètres de vol (plan d'évolution, vitesse et accélération).

Tir prédictif (EEGS)



1. Funnel
2. Symbole T
3. Obus critique
4. Lignes à référence multiple (MRGS)
5. BATR
6. Distancemètre

Tir en visée stabilisée (LCOS)

Le réticule LCOS fournit une conduite de tir canon optimisée pour des cibles accrochées. Le réticule LCOS se compose d'un pointeur circulaire de 8 mrad, et d'un cercle extérieur variable. Une ligne de visée est affichée depuis la croix canon jusqu'au cercle extérieur puis continue en ligne droite de l'autre côté du cercle. Lorsque le réticule LCOS est saturé sur les bords du HUD, un symbole X est superposé.

Lorsqu'elle est disponible, la distance est matérialisée par un distancemètre circulaire superposé au réticule LCOS. Ce réticule se rogne jusqu'à atteindre la portée maximale du canon : chaque position horaire équivaut à 1 000 pieds.

Lorsqu'elle est disponible, la vitesse de rapprochement est matérialisé par un chevron à la périphérie du réticule LCOS. Chaque position horaire équivaut à 100 nœuds. La position 12 heures représente une vitesse de rapprochement nulle. Une position en sens horaire ou anti-horaire par rapport à la position 12 heures donne respectivement des vitesses de rapprochement positive ou négative.

En mode recherche, le distancemètre et le chevron de vitesse de rapprochement sont occultés. Sur cette version, le diamètre du cercle extérieur est fixe et le pointeur est positionné pour un angle d'avance sur une cible fictive à 1 500 pieds de distance.

En mode poursuite, le diamètre du cercle extérieur est de 50 mrad. Le pointeur donne l'angle d'avance estimé. Le distancemètre et le chevron de vitesse de rapprochement apparaissent.

Tir au passage (SNAP)

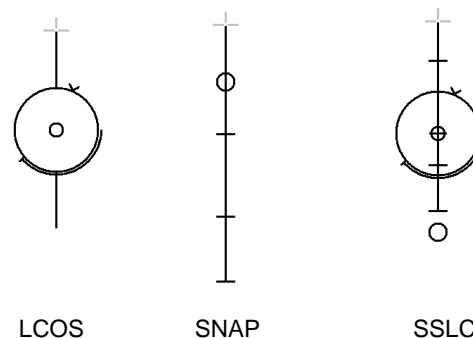
Le réticule SNAP est composé d'une ligne des traceurs présentant la position instantanée, dans l'espace, d'une salve fictive. Cette ligne porte des repères stadimétriques représentant le temps de vol d'un obus à 0,5 – 1 – 1,5 seconde. L'algorithme fonctionne indépendamment des paramètres de la cible.

Un pointeur circulaire donnant l'angle d'avance apparaît sur la ligne des traceurs quand une cible est verrouillée.

Tir mixte (SSLC)

Le réticule SSLC n'est autre que l'association des réticules LCOS et SNAP.

LCOS - SNAP - SSLC



LCOS

SNAP

SSLC