

Académie de Vol Militaire

F/A-18C

2.1.3 Radionavigation / IFR
Rev :1.1



Versions successives du document

Version	Date de mise en ligne	Version du logiciel lors de la mise en ligne	Par
Version 1.0	18/04/2019	DCS 2.5	Ghostrider
Version 1.1	15/11/2020	DCS 2.5	Ghostrider

Sommaire

Introduction	4
Bases de la radio navigation	5
LE TACAN : Tactical Air Navigation	5
Sélection de la balise TACAN : canal / bande.....	7
Page HSI Horizontal Situation Indicator	8
Symbologie HSI	9
Options d’affichage du HSI	9
HSI & Orientation dans le plan	13
Orientation et navigation TACAN	15
Navigation TACAN : Placement sur une radiale	16
Suivre un arc TACAN	19
Pour conclure	21

Introduction

Dans ce module nous aborderons les bases de la radionavigation et les procédures standards aux instruments.

Vous trouverez sur le site AVM une vidéo complémentaire à ce module.

Documentations de références :

NATOP

Manuel DCS F/A-18C (dans votre répertoire DCS)

Bases de la radio navigation

Dans un premier temps, on essaiera de comprendre ce qu'est un TACAN, et comment ce système fonctionne. Dans un second temps, on verra comment utiliser les instruments du F/A-18C afin de s'orienter dans le plan. Puis on approfondira le sujet afin de naviguer avec cet instrument.

LE TACAN : Tactical Air Navigation

Définition :

Le TACAN est un système de navigation militaire, qui permet de se situer par rapport à une balise, en distance et en direction (relèvement). Des signaux radio sont échangés entre l'avion (interrogation) et la balise (réponse).

Ils sont émis dans la plage de fréquence 962-1215 MHz (avec un espacement de 1 MHz entre chaque canal). La différence de fréquence, entre l'interrogation (émise par l'avion) et la réponse (donnée par la balise) est de ± 63 MHz. La balise est généralement au sol, mais elle peut aussi être embarquée par un avion (ravitailleur par exemple) ou un navire (porte-avions).

Elle est capable de répondre à 100 interrogations simultanées.

Symbole d'une balise TACAN :

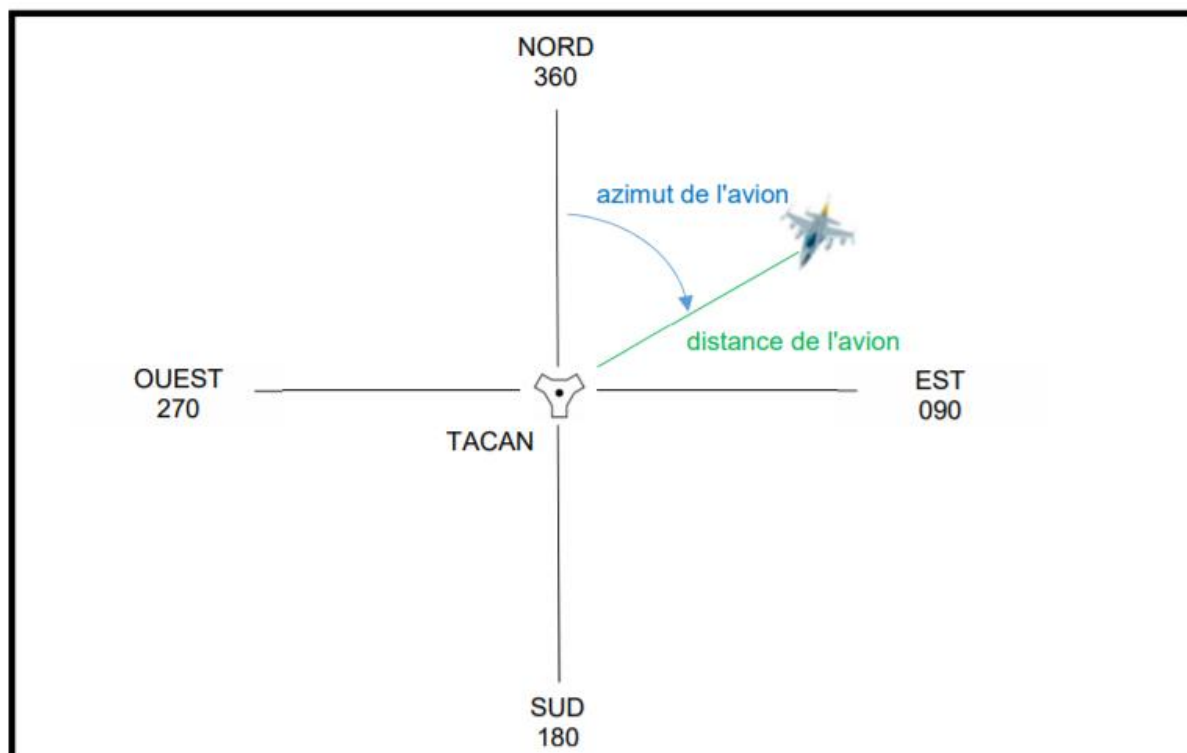


Remarque :

- Le canal 1 est composé des fréquences 962 MHz et 1025 MHz.
- Il existe 126 canaux disponibles pour le TACAN.

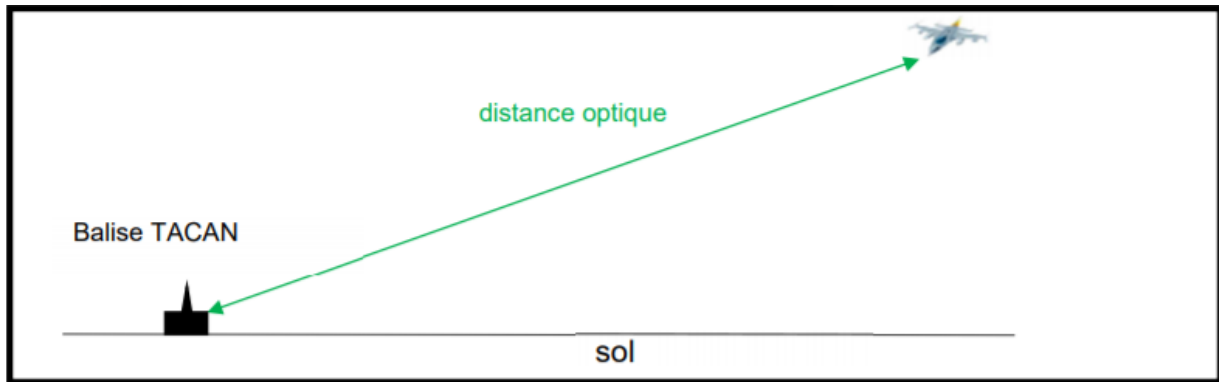
Fonctionnement

Le TACAN permet d'avoir deux informations de positionnement relatives à la balise : une distance et un relèvement.



DISTANCE

Il s'agit de la distance **optique** entre l'avion et la balise.



Détermination de la distance : La distance est calculée selon le même principe que celui de l'écho radar (en connaissant la vitesse de l'onde électromagnétique, et en mesurant le temps de parcours, on en déduit une distance).

L'avion émet une interrogation, la balise TACAN reçoit ce signal et répond $50 \mu\text{s}$ plus tard.

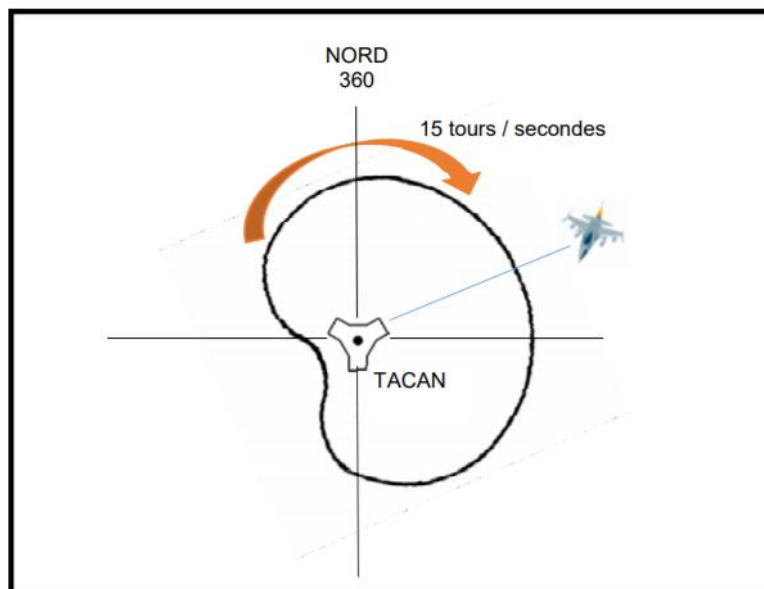
L'avion reçoit la réponse. La vitesse du signal est d'environ $6 \mu\text{s}/\text{NM}$. En mesurant le temps entre l'émission et la réception, le système de l'avion calcule sa distance à la balise.

En réalité l'avion émet 2 impulsions. Le temps séparant ces 2 impulsions correspond à la bande X ($12 \mu\text{s}$ entre les deux impulsions) ou Y ($32 \mu\text{s}$). Cela permet de doubler les stations sur le même canal.

L'AZIMUT

Il s'agit de l'azimut de l'avion par rapport à la balise, ou en d'autres termes, la valeur de l'angle entre le nord de la balise, la balise et l'avion.

Détermination de l'azimut : Le calcul de l'azimut est obtenu par une subtilité du signal expliqué précédemment. Ce signal a une amplitude modulaire (c'est-à-dire que « la puissance » du signal est variable). L'amplitude du signal se fait suivant une conchoïde (c'est le nom de la courbe en forme de haricot du schéma ci-dessous). Cette modulation tourne à 15 Hz.



A l'instant représenté ci-dessus, un avion au nord de la balise reçoit un signal d'amplitude plus forte qu'un avion à l'ouest de la balise.

Lorsque l'axe de la conchoïde passe par le nord, des impulsions particulières sont émises. En mesurant le déphasage entre ces impulsions, et le moment où l'axe de la conchoïde arrive sur l'avion, on peut calculer l'azimut de l'avion.

Sélection de la balise TACAN : canal / bande

Le F/A-18C offre deux manières de sélectionner la balise TACAN que l'on souhaite interroger : une méthode normale avec l'UFC (Up Front Control), et un moyen de secours via le panneau AUX COMM (non fonctionnel dans DCS).

Up Front Control



1. On sélectionne le bouton **TCN** sur l'UFC
2. On allume ce dernier : **ON/OFF**
3. On renseigne la bande désirée avec le pavé numérique + **ENT**
4. On sélectionne le type de canal : **X ou Y**

Le canal est choisi par la validation d'un nombre de 1 à 3 chiffres dans la zone de saisie. Le canal sélectionné est affiché dans l'afficheur. La bande, X ou Y, est modifiée en appuyant sur le bouton associé (un marqueur de 2 traits indique la valeur sélectionnée).

Sur la figure ci-dessus, on a donc saisi le TACAN : 67X (canal 75, bande X).

Les modes TACAN de l'UFC comprennent :

- **T/R** (émission / réception). Calcule le relèvement et la distance oblique de la station TACAN sélectionnée.
- **RCV** (réception uniquement). Seules les informations de relèvement provenant de la station TACAN sélectionnée sont calculées.
- **A/A** (TACAN air-air) : calcule la distance jusqu'à cinq stations TACAN aéroportées.
- **X**. Sélectionne l'option Canal X.
- **Y**. Sélectionne l'option Canal Y.

Page HSI Horizontal Situation Indicator

Pour visualiser les informations du TACAN il faut afficher la page HSI sur un DDI ou l'AMPCD

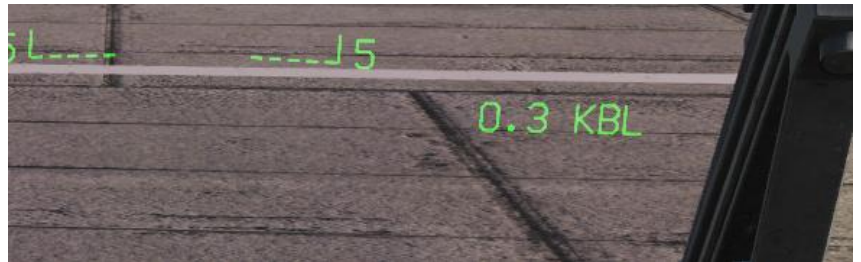


HSI sans aucun Tacan renseigné



HSI avec un Tacan renseigné (ici Kobuleti avec notre avion au parking)

Les données du Tacan apparaissent bien en haut à gauche du HSI (nous reviendrons plus bas sur les informations affichées).



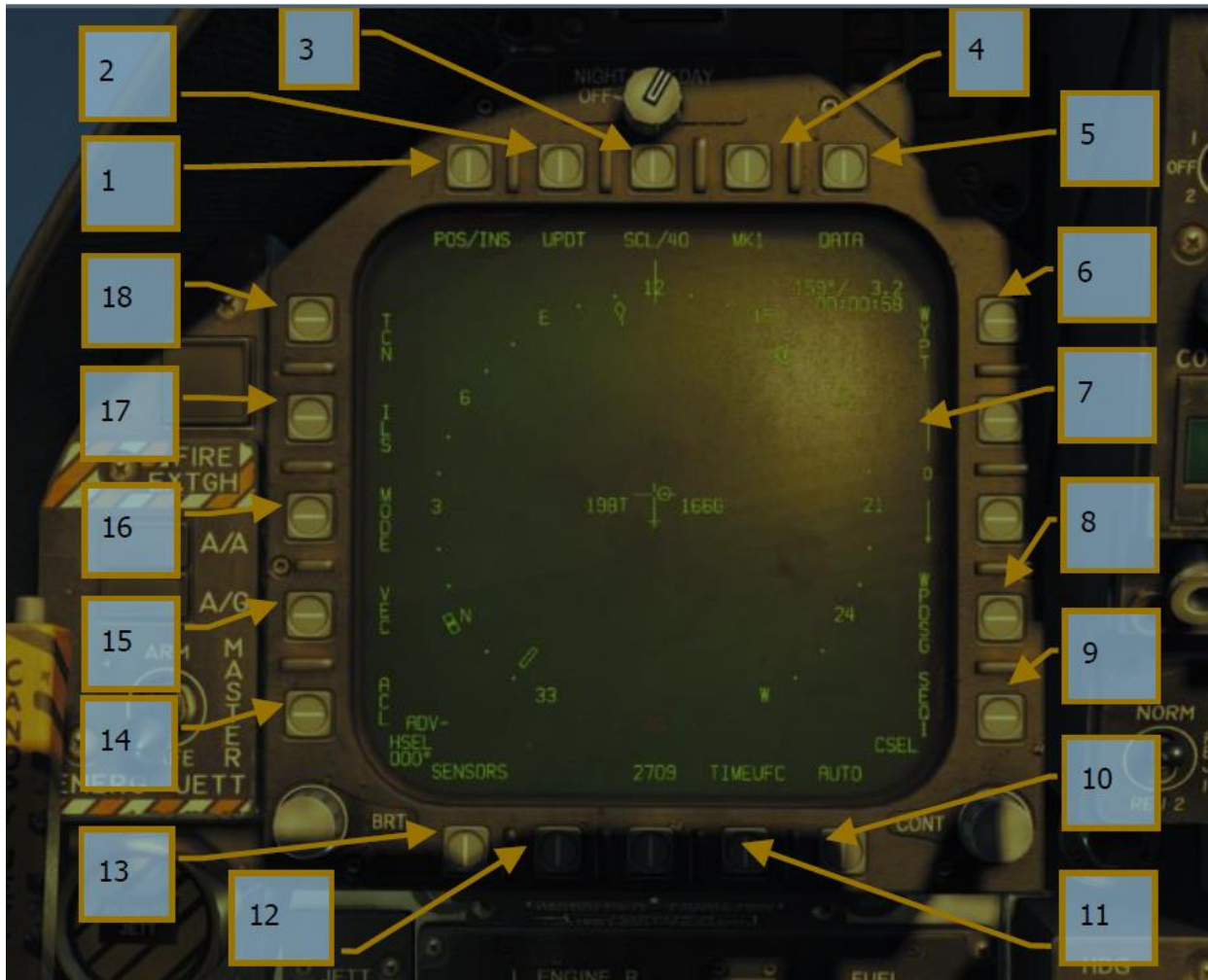
Si vous voulez afficher les données Tacan sur le viseur (HUD) il vous suffit de sélectionner **TCN** en cliquant sur le bouton. La mention TCN se trouve encadrée pour signifier cette sélection.

Symbologie HSI

Maintenant que nous avons vu comment fonctionne la balise TACAN, et vu comment configurer l'avion pour recevoir et afficher ces informations, on va s'intéresser à notre position, dans le plan, par rapport à la balise. En plus des symboles HSI décrits ci-dessus, d'autres symboles sont présents pour faciliter la navigation.

Le manuel du module F/A -18C est très complet sur ce chapitre. Les informations ci-dessous sont directement reprises de ce manuel

Options d'affichage du HSI



(Manuel DCS)

1. Option POS/XXX. Le bouton d'option POS détermine la source du suivi de position. En appuyant sur ce bouton, vous affichez les quatre options en haut du DDI avec un bouton de retour à la page principale HSI sans effectuer de changement. La source sélectionnée s'affiche sous la forme POS/(source sélectionnée).



2. Option UPDT. Aucune fonction dans cette version Early Access.

3. **Option SCL.** Cette option permet de sélectionner l'échelle du HSI. Appuyez successivement sur ce bouton pour sélectionner et ensuite parcourir des échelles de 5, 10, 20, 40, 80 et 160 nautiques. L'échelle sélectionnée est indiquée à droite de la légende SCL.
4. **Option MK.** L'appui sur le bouton d'option MK permet d'enregistrer un point de marquage à l'emplacement de l'avion lorsque le bouton a été enfoncé. Il est possible de créer jusqu'à neuf points de marquage. Après la neuvième, le premier point de marquage sera remplacé et ainsi de suite. *Non implémenté dans la version Early Access. (Arrivera bientôt dans l'Open Beta)*
5. **Option DATA.** Avec TCN ou WYPT sélectionné comme méthode de navigation, appuyez sur le bouton DATA pour afficher un sous-menu avec des informations supplémentaires sur l'avion, le TACAN sélectionné et le point de navigation sélectionné. Voir la section DATA ci-dessous.
6. **Option WYPT.** Lorsqu'elle est sélectionnée et que la case est cochée, les informations de pilotage sont présentées par rapport au point de navigation sélectionné.
7. **Sélection point de navigation / Point de marquage.** Le numéro entre les deux flèches est le point de navigation sélectionné, la flèche vers le haut sélectionne le point de navigation suivant dans la séquence et la flèche vers le bas sélectionne le point de navigation précédent. A la fin de la séquence des points de navigation, les points de marquage sont disponibles en séquence.
8. **Option WPDSG.** L'appui sur la touche WPDSG définit le point de navigation actuel comme un repère de cible (TGT). Lorsqu'un point de navigation est désigné comme cible, la légende WPDSG est supprimée et la légende WYPT devient TGT. La symbologie du HUD reflète également l'emplacement de la cible.
9. **Option SEQ #.** Lorsqu'ils sont sélectionnés et encadrés, tous les points de navigation de la séquence sont affichés sur le HSI et des lignes pointillées les relient. Les lignes pointillées sont supprimées lorsque la carte est déplacée. Les pressions successives sur ce bouton font défiler les séquences. Le Hornet peut en mémoriser trois.
10. **Option AUTO.** Lorsqu'il est sélectionné et encadré, le guidage automatique vers le prochain point de navigation est activé. WYPT doit être sélectionné comme méthode de navigation.
11. **Option TIMEUFC.** La sélection de cette option permet de sélectionner des options de sélection du temps à partir de l'UFC. Il s'agit notamment de SET, ET (temps écoulé) et CD (compte à rebours). Après avoir sélectionné cette option, l'UFC liste les options de temps à afficher sur le HSI et le HUD.



SET. Affiche la date.

ET. Démarre l'incréméntation du temps minutes et secondes jusqu'à 59:59. Appuyez sur la touche UFC ENT pour démarrer le compteur et appuyez successivement sur la touche ENT pour arrêter et redémarrer le compteur.

CD. Le compte à rebours se fait en minutes et secondes à partir de 06:00. Après avoir sélectionné l'option CD, appuyez sur la touche ENT pour démarrer le compte à rebours et appuyez successivement sur la touche ENT pour arrêter et redémarrer le décompte.

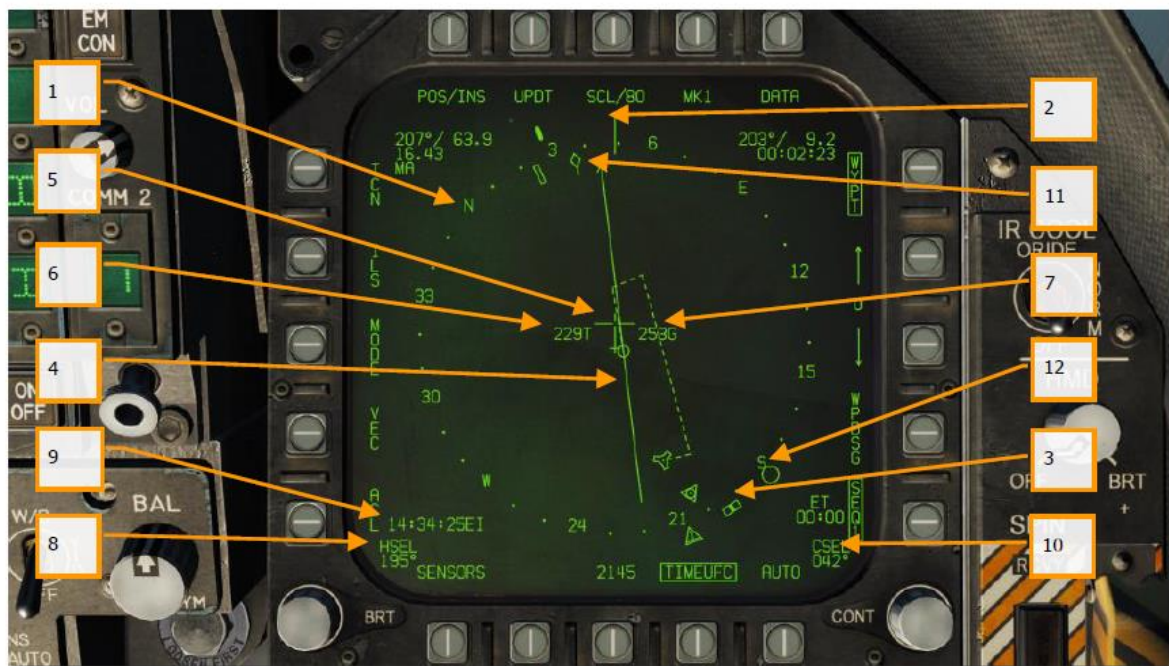
ZTOD. Lorsque cette option est sélectionnée, l'heure « ZULU » (zoulou) est affichée.

LTOD. Lorsque cette option est sélectionnée, l'heure locale est affichée.

Notez que ET et CD sont mutuellement exclusifs de même que ZTOD et LTOD.

12. **Option MENU.** Affiche la page du menu TAC.
13. **Option SENSORS.** Lorsqu'elle est activée, les cibles aériennes détectées par le Radar sont affichées sur le HSI en distance et en azimut.
14. **Option ACL.** *Aucune fonction dans cette version Early Access.*
15. **Option VEC.** *Aucune fonction dans cette version Early Access.*
16. **Option MODE.** L'appui sur le bouton d'option MODE affiche les options de sous-niveau le long du côté gauche du HSI. Il s'agit notamment de :
 - a. **TUP** (le HSI est orienté de façon à ce que le suivi de la trajectoire de vol soit toujours dirigé vers le haut de l'écran),
 - b. **NUP** (le nord vrai est toujours en haut de l'écran), DCTR (décentré, le symbole de l'avion est placé au bas de l'écran),
 - c. **MAP** (active ou désactive la carte mobile),
 - d. **SLEW** (la carte est déplacée par le TDC lorsqu'il est assigné à l'écran).
17. **Option ILS.** *Aucune fonction dans cette version Early Access.*
18. **Option TCN.** Le TACAN est sélectionné comme méthode de navigation. Voir la navigation TACAN

En plus des symboles HSI décrits ci-dessus, d'autres symboles sont présents pour faciliter la navigation. Ceux-ci incluent:



(Manuel DCS)

1. **Rose des vents.** Boussole 360 degrés avec directions cardinales. La rotation de la rose des vents se réfère au cap de l'aéronef vu de dessus.
2. **Ligne de référence.** Ligne tracée sur la rose des vents indiquant le cap de l'avion.
3. **Repère de sélection de cap.** Marqueur de cap sur la rose des vents pour indiquer la valeur de cap définie affichée dans l'indicateur numérique de sélection de cap.
4. **Ligne de route.** Réglez la ligne de route passant par la station TACAN ou le point de navigation sélectionné et faites la pivoter pour qu'elle corresponde à la valeur numérique choisie.
5. **Symbole de l'avion.** Placé au centre ou décentré dans la rose des vents, il indique la position de l'avion.
6. **Vitesse vraie.** Vitesse vraie de votre avion.
7. **Vitesse sol.** Vitesse sol réelle de votre avion.

8. **Cap sélectionné.** Valeur de cap définie par le commutateur de sélection de cap du MPCD.
9. **Heure.** Indication de l'heure sélectionnée à partir du bouton d'option TIMEUFC.
10. **Route sélectionnée.** Valeur de route définie par le bouton de sélection de route du MPCD.
11. **Pointeur de trace au sol.** Trajectoire réelle de l'avion au-dessus du sol.
12. **Recherche automatique de direction (symbole ADF).** Lorsque l'ADF est réglé sur une fréquence valide, cette icône fournit une indication de cap vers la balise ADF sélectionnée. Non illustré.

HSI & Orientation dans le plan

Maintenant que nous avons vu comment fonctionne la balise TACAN et vu comment configurer l'avion pour recevoir et afficher ces informations, on va s'intéresser à notre position, dans le plan, par rapport à la balise.

Rappel : coordonnées polaires et simplification

On va donc travailler en « coordonnées polaires » par rapport à la balise. C'est à-dire que la position de notre avion par rapport à la balise est définie par notre position angulaire par rapport au nord, d'une part, et notre distance à la balise, d'autre part.

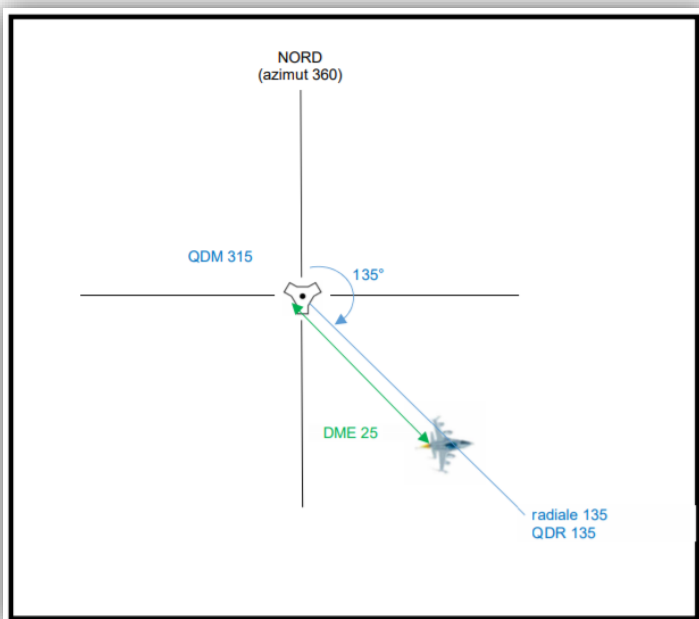
Pour simplifier, dans la suite du document, on va raisonner dans le plan, comme si la distance lue était la projection sur le sol de notre distance à la balise. C'est une grosse simplification puisque la distance est optique, et que notre altitude est rarement négligeable.

En ce qui concerne la navigation abordée aux paragraphes suivants, il faut être conscient que notre raisonnement sera juste dans le cas où : notre altitude ne varie pas ET notre distance à la balise reste constante. Si notre altitude varie, si on s'approche ou l'on s'éloigne de la balise, on ajoute cette erreur aux manœuvres qu'on réalise. Plus on est haut et proche de la balise, et plus cette erreur est grande.

Définitions

On va commencer par définir quelques termes qui vont nous permettre de décrire notre position dans le plan, par rapport à la balise.

- **DME** : distance entre l'avion et la balise (en NM).
- **QDR** : azimut de l'avion par rapport à la balise (en ° « degré » par rapport au nord).
- **Radiale** : c'est une demi-droite qui a la balise pour origine. On la désigne par la valeur de son angle par rapport au nord (égal au QDR).
- **QDM** : azimut de la balise par rapport à l'avion (en ° par rapport au nord). $QDM = QDR \pm 180$



On peut dire que l'avion est
 - au DME 25
 - au QDR 135 *
 - sur la radiale 135 - au QDM 315

Remarque :

Moyen mnémotechnique pour ne pas confondre **QDM** et **QDR**, pensez **M**=Maison=azimut vers la balise 😊.

Où est la balise (par rapport à l'avion) ?

Pour savoir où est la balise par rapport à nous, on va devoir lire deux informations sur le HSI : le DME et le QDM affichées en haut à gauche du HSI

Exemple d'affichage d'une balise Tacan sur le HSI du F/A-18C



Orientation et navigation TACAN

Où est l'avion (par rapport à la balise) ?

La plupart du temps, c'est plutôt la réponse à cette question qui nous intéresse. Non pas car on est perdu (quoique ^^), mais plutôt car c'est cette représentation qui va nous permettre d'anticiper les questions suivantes : « où je veux aller » et « comment j'y vais ».

Pour connaître notre position par rapport à la balise (ou au point de référence sélectionné), on a encore besoin de deux informations (un angle et une distance) : le QDR et le DME. Le DME se lit (encore) en haut à gauche. Le QDR se lit avec la queue de l'aiguille.

Les HSI du F/A-18C permet de représenter graphiquement les deux points dans l'espace ainsi que notre cap et avoir une représentation de la position de notre avion dans le plan par rapport à la balise et notre direction par rapport à celle-ci. C'est une grande avancée par rapport à des avions moins modernes comme les premiers F-16

Prenons l'affichage HSI ci-dessous comme référence pour nos explications :



Nous sommes donc sur la radiale (QDR) 024 (du tacan STN, à 31.9 NM de la station. Si on veut compléter cette position pour avoir l'orientation de l'avion dans le plan, il faut également lire notre cap, soit 268.

Il faudra donc tourner à gauche vers le cap 204 pour se diriger vers la balise (sans tenir compte du rayon de virage bien sûr).

Navigation TACAN : Placement sur une radiale

Maintenant que l'on sait où est la balise par rapport à notre position, et que l'on sait où l'on est par rapport à la balise, il est intéressant de savoir rejoindre une radiale déterminée basée sur le moyen de navigation utilisé. Par exemple, afin de rejoindre l'axe de la piste quand la balise sélectionnée est située à proximité du terrain ou d'arriver dans un axe prédéfini sur une cible prévue dans le plan de vol

Pour cela, le HSI nous offre une fonctionnalité très pratique : l'affichage d'une « course sélectionnée » **CSEL**.

Cette course est basée sur le mode de navigation sélectionné dans le HSI. Soit **TCN** (tacan) soit **WYPT** (point de navigation). Elle est symbolisée sur le HSI par une flèche passant par le repère choisi orientée selon la course réglée.

Deux façons de régler la course :

- Utiliser le switch **CRS** au-dessus de l'AMPCD un clic droit (souris) augmente la valeur, un clic gauche (souris) diminue la valeur. Si vous laissez le bouton de la souris enfoncé la valeur change de façon continue
- Laisser le bouton de la souris appuyé plus de 1 seconde fait apparaître l'option **CSEL** dans l'UFC et vous pouvez ainsi saisir directement la valeur souhaitée avec le clavier + **ENT**

La valeur sélectionnée s'affiche en bas à droite du HSI sous l'indication **CSEL**.

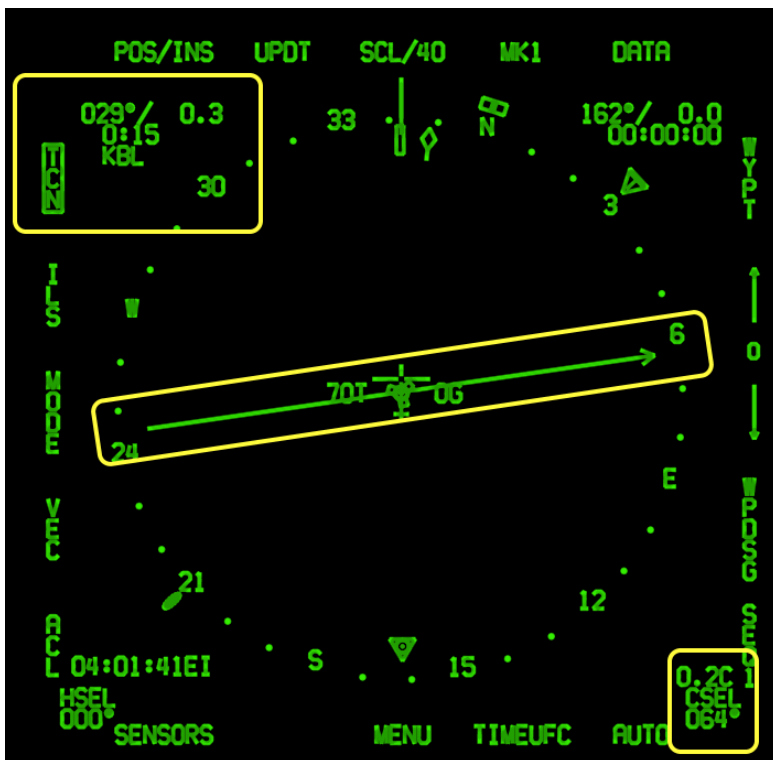
Si vous changer de mode de navigation la valeur saisie s'efface automatiquement.



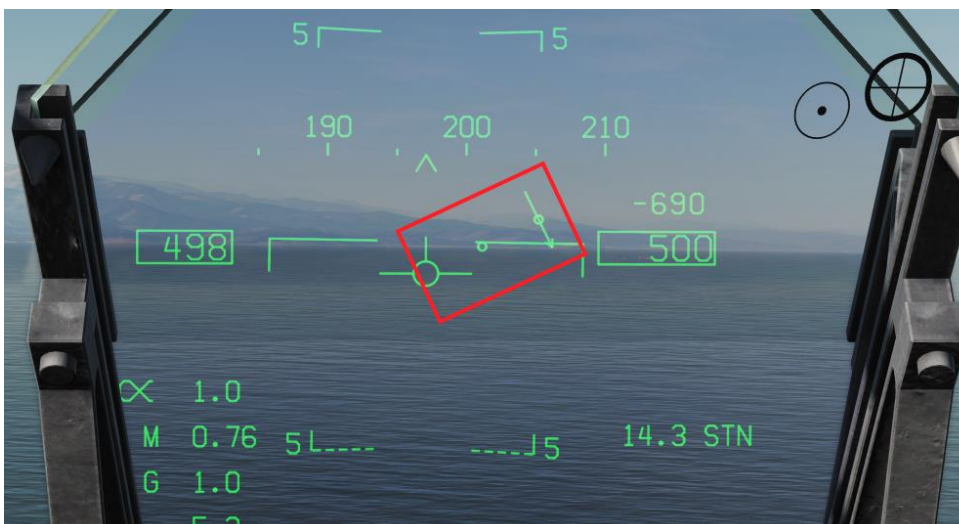
- Le tacan de KBL Kobuleti est réglé
- Ne pas oublier de sélectionner ce dernier avec le bouton TCN



- Activer le switch CRS pendant 1 sec
- Utiliser l'UFC pour saisir la valeur souhaitée (ici le cap magnétique de la piste de Kobuleti).



- La course (radiale) choisie apparaît sous forme d'une flèche.
- La distance par rapport à cette radiale est affichée au-dessus de l'indication **CSEL**, ici **0.2 nm**



- Sur le HUD la course (radiale) choisie apparaît sous forme d'une flèche.
- A la manière d'un ICLS la flèche se rapproche du centre lorsque l'on se rapproche de la radiale. La flèche atteint le centre sur le vecteur vitesse une fois l'avion positionné sur la radiale.

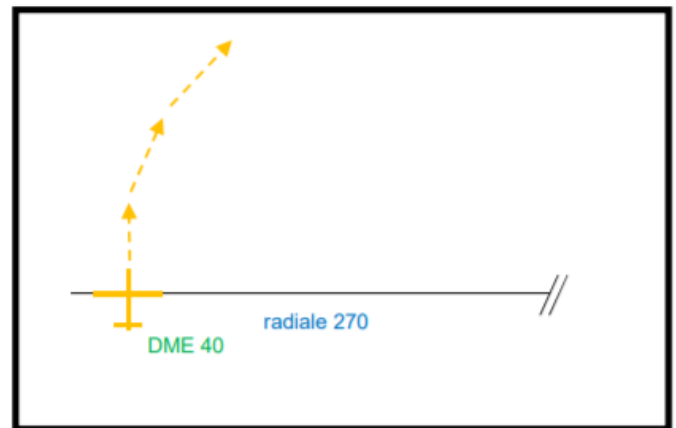
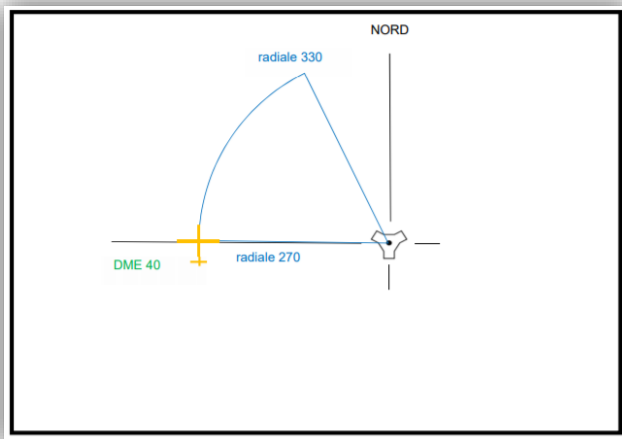
Rappels importants :

- le Tacan n'est pas un instrument de précision, il sert à s'approcher du terrain, mais n'est pas assez précis pour être la seule information nécessaire pour un posé aux instruments.
- Si vous utilisez le tacan seul, vérifiez bien que les conditions météo vous permettent d'acquérir le visuel de la piste avant les minimas de la procédure.
- L'idéal étant de commencer l'approche via le Tacan et de définir la procédure : soit à vue (longue finale ou break), soit avec un ICLS (seulement disponible à bord d'un porte-avion).
- Il est de plus préférable que le Tacan soit implanté le plus près possible de l'axe piste pour que la radiale soit le plus proche possible de l'axe d'approche final.

Suivre un arc TACAN

L'arc TACAN est défini par le rayon du cercle correspondant à la trajectoire de l'avion, le sens de rotation de l'avion autour de la balise, la radiale de début et la radiale de fin. Il s'agit tout simplement de « tourner » autour de la balise, en restant à la même distance. Dans l'exemple développé ci-dessous, on va réaliser un arc, à 40 NM de la balise, de la radiale 270 à la radiale 330, dans le sens horaire.

On va débuter d'une situation où l'on a déjà manœuvré pour mettre la balise dans les 3h de l'avion.



Le premier point important est que l'on ne va pas suivre une trajectoire tout à fait circulaire. On va se « contenter » de piloter l'avion suivant des cordes ; des segments si l'on veut, du cercle. Cela permet d'avoir une discontinuité entre les manœuvres, et ainsi de séquencer le pilotage sur l'arc.

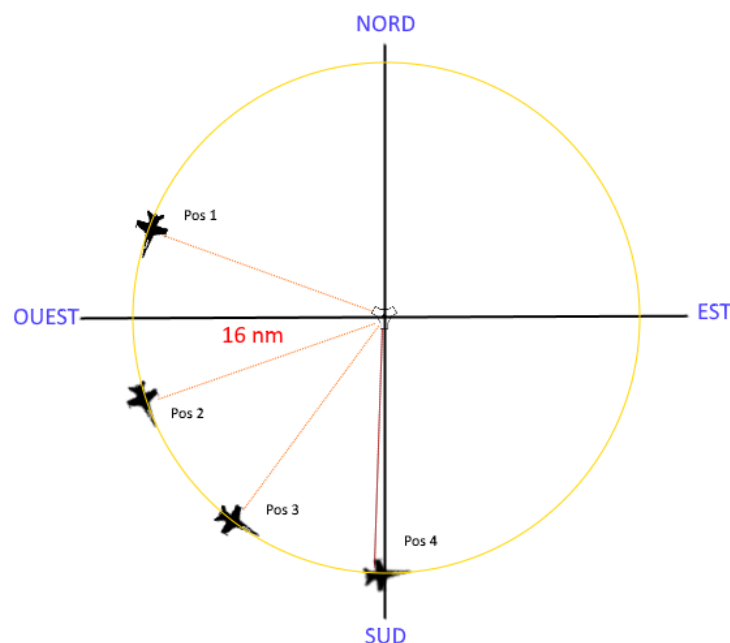
On pourra donc facilement réaliser d'autres actions en parallèle, et ne pas devoir se concentrer constamment sur la tenue d'un arc « parfait ».

Pour tenir un Arc DME (dispositif de mesure de distance) il « suffit » de couper la radiale à la distance voulue avec un angle de 90° par rapport à cette dernière. Puis de conserver cet angle (90°) d'interception en virant vers la balise tous les 10 degrés de variation.

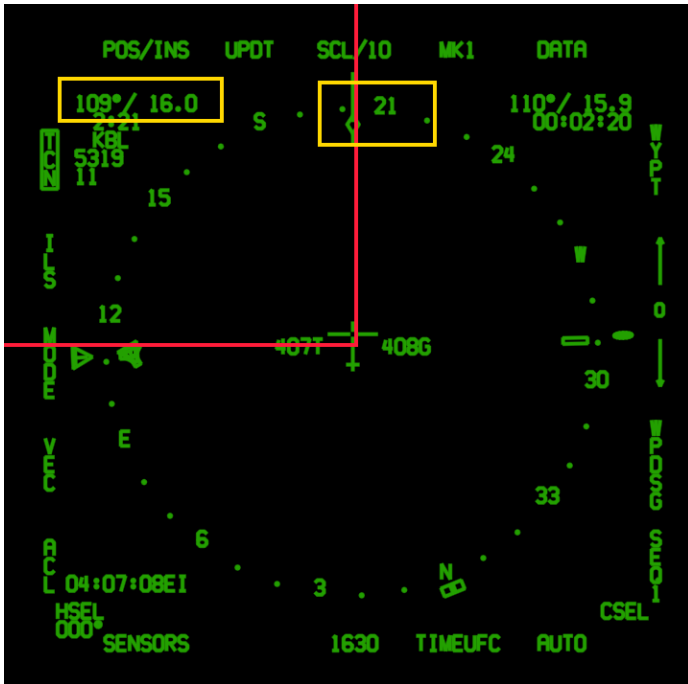
Plus vous serez près de la balise plus les variations seront rapides.

Avec les HSI modernes comme celui du F/A-18C vous pouvez anticiper les corrections de 10 degrés et ainsi coller au plus près à l'arc DME.

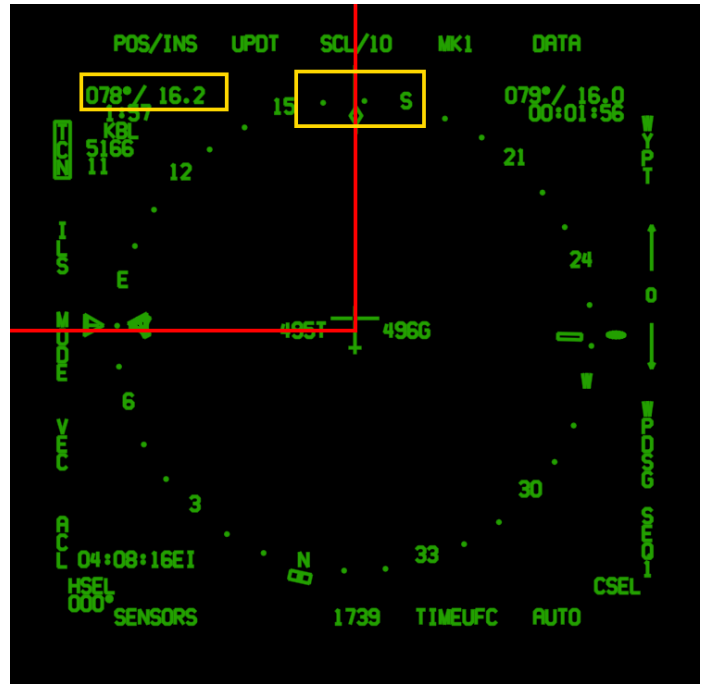
Ci-dessous la trajectoire suivie par un F18 effectuant un Arc DME à 16 nm



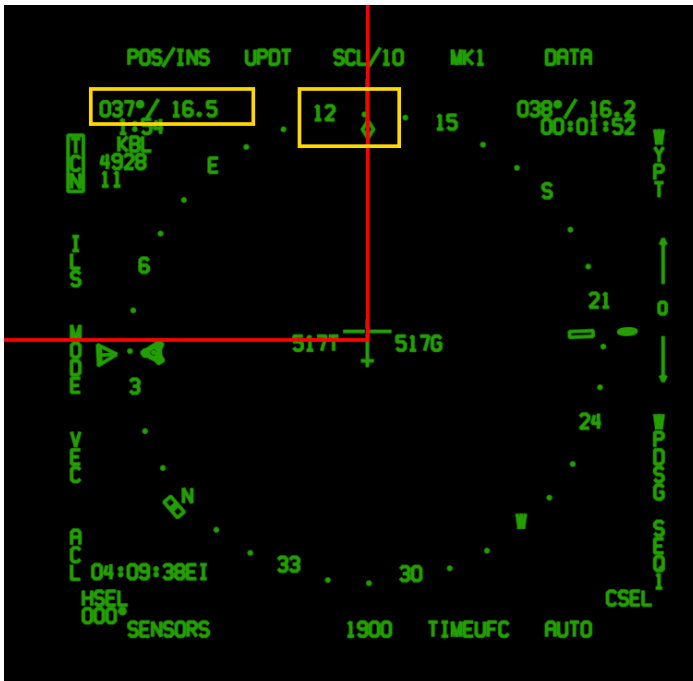
Ci-dessous la transcription HSI de la figure ci-dessus



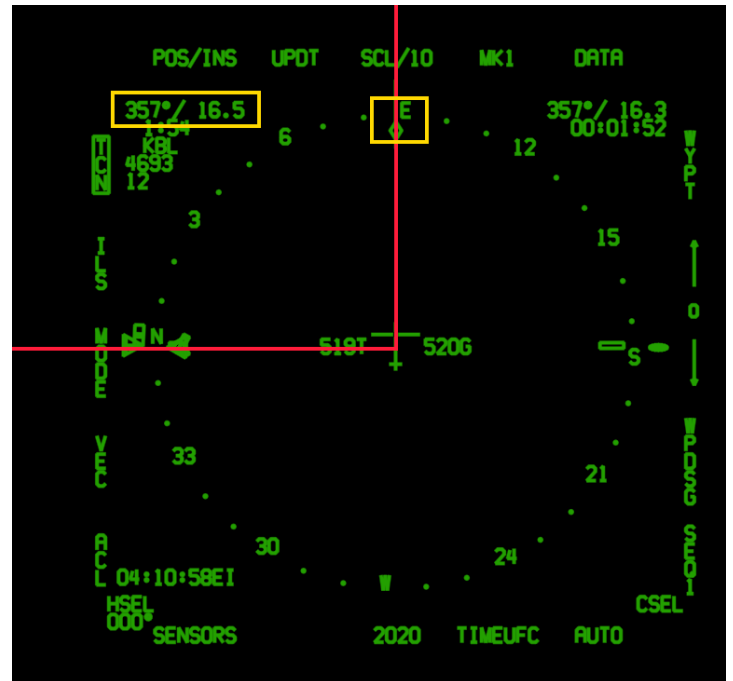
Position 1



Position 2



Position 3



Position 4

Nota : « Garder la balise dans vos 90 degrés droite ou gauche permet de tourner à distance constante de cette dernière »

Voir cas pratique ci-dessus

Effectuer un Arc DME a pour objectif de venir vous faire intercepter l'axe d'approche finale et / ou un moyen de guidage d'approche finale, comme l'ILS .

Ceci dans une configuration (altitude/vitesse) compatible avec la procédure finale.

Pour conclure

Le Tacan est un moyen très important de navigation sur F/A-18C, il vous ramènera souvent à la maison ou vers une piste de déroutement non planifiée !!

Vous avez dans ce document toutes les bases pour utiliser ce moyen de radionavigation essentiel pour les avions de combat !

A maitriser !