



Le TACAN

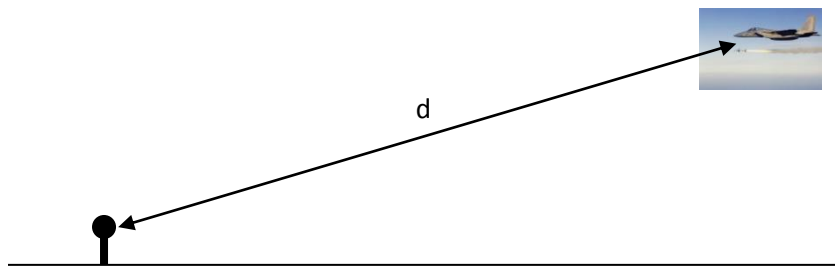
Par Cat Plombe

Il est difficile de parler du TACAN sans parler du DME. En effet, ces deux systèmes fonctionnent sur le même principe. Nous allons donc parler tout d'abord du DME.

Distance Measuring Equipment

Caractéristiques générales

- C'est une aide à la navigation à petite et moyenne distance
- Il donne une information de distance oblique et non une distance sol. On a donc une erreur sur la distance horizontale. Cette erreur est négligeable lorsque l'avion est loin de la station



- Donc, lorsque l'appareil est vertical la balise, la distance lue n'est pas nulle et donne en fait la hauteur de l'avion par rapport à la balise



Principe du DME

Le système fonctionne avec des impulsions selon le principe de l'interrogation-réponse.

L'avion envoie une impulsion à t_0 . On dit qu'il envoie une interrogation.

La balise sol reçoit l'impulsion de l'avion, puis après un retard Φ de $50\mu s$, elle envoie à son tour une impulsion. On dit qu'elle répond à l'avion.

L'avion reçoit la réponse à t_1 .

Le temps mesuré est donc de :

$$t = t_1 - t_0 = \frac{2d}{c} + 50\mu s, \text{ avec } c = \text{vitesse de la lumière}$$

Il devient facile d'en déduire la distance :

$$d = \frac{c(t - 50\mu s)}{2}$$

Cette distance est affichée de manière numérique sur un indicateur à tambours ou sur des EFIS.

Pour qu'il n'y ait pas d'interférences entre interrogation et réponse, l'interrogation s'effectue sur une fréquence UHF et la réponse de la balise se fait sur une autre fréquence UHF. Un DME fonctionne donc sur 2 fréquences UHF qu'on appelle *canal DME*.

La bande attribuée au DME va de 962MHz à 1213MHz, avec un espacement de 1MHz. La différence de fréquence entre interrogation et réponse est de ± 63 MHz.

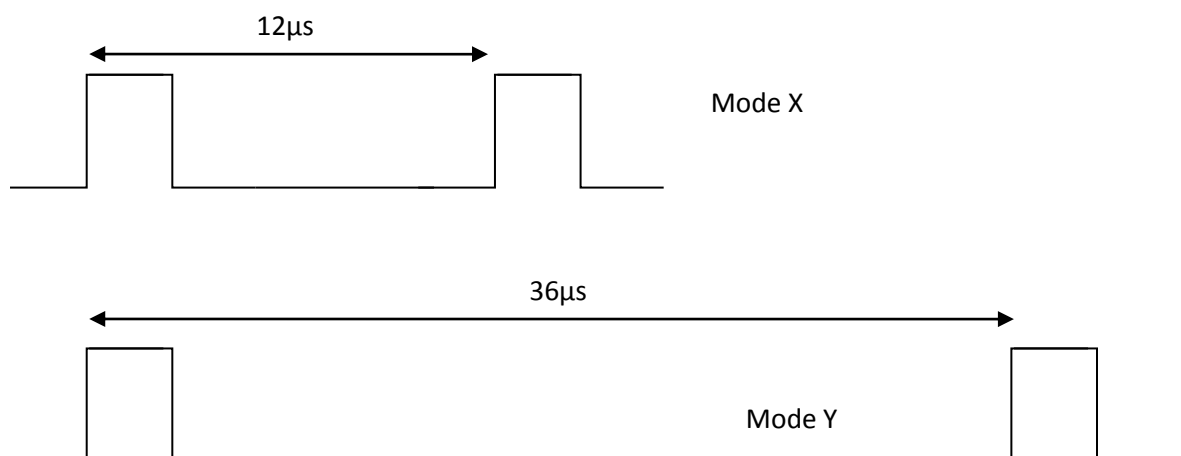
Ex : si l'interrogation se fait sur le canal 1, soit à 962MHz, la réponse se fera sur la fréquence $962+63=1025$ MHz. Ce couple de fréquence représente donc le canal 1.

Selon la bande de fréquence allouée, nous disposons ainsi de 126 canaux à notre disposition.

Petite précision : les fréquences 1030 et 1090MHz ne sont pas utilisées car elles sont réservées pour l'IFF qui lui aussi fonctionne selon le principe de... l'interrogation-réponse... .

La capacité de réponses de la balise est de 100 avions. Seules les 100 plus fortes seront prises en compte.

Pour en revenir aux impulsions émises, il n'y a pas qu'une seule impulsion envoyée par l'avion et la station, mais 2, ce qui permet d'éliminer tout signal parasite. En jouant sur l'espacement de ces 2 impulsions, on peut multiplier le nombre de stations sur le même canal, dans la pratique, deux formats sont utilisés et appelés *MODE X* et *MODE Y*



On a ainsi le canal 1X et le canal 1Y.

Lorsque la balise est en mode X, on omettra de l'écrire sur la doc aéronautique ou sur les cartes. Le mode X est le mode par défaut.

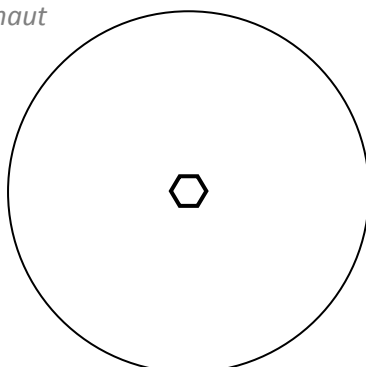
Par contre, le mode Y sera systématiquement indiqué.

Une station DME ayant par exemple le canal 23, sera donc en mode X, mais recevra aussi les interrogations d'un avion sur le canal 23Y puisque le couple de fréquences est le même. La station sol, mesurant des impulsions espacées de 36µs, ne répondra donc pas à cette interrogation.

Diagramme de rayonnement

Ce diagramme est circulaire, donc à distance égale du DME, le niveau de puissance reçu est égal.

vue du haut



Couplages avec VOR, ILS

Le DME peut être soit :

- L'info de distance d'un TACAN
- Un équipement isolé

Dans ce cas, il est toujours associé à un VOR ou un ILS implanté au même endroit.

Les fréquences VOR/ILS et DME sont appariées selon le tableau ci-dessous :

APPARIEMENT DE FREQUENCES VOR ET DES VOIES DME ou TACAN

MHz	,00	,10	,20	,30	,40	,50	,60	,70	,80	,90
108	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
109	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
110	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
111	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
112	57	58	59	70	71	72	73	74	75	76
113	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
114	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
115	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106
116	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116
117	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126

Si on affiche la fréquence d'un VOR/DME, il suffit de sélectionner uniquement la fréquence VHF, celle du DME est affichée automatiquement

Différentes situations peuvent se présenter :

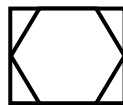
- **VOR – TAC**

Il y a co implantation d'un VOR et d'un TACAN à fréquences appariées



- **VOR/DME ou ILS/DME**

Co implantation d'un VOR et d'un DME ou ILS + DME faible portée implanté au bord de piste



- **TACAN**

Info de distance seulement pour les civils. Seule la fréquence appariée sera écrite sur la carte.



Performances

Puissance 0.5 à 1kW

Portée 200 ou 300NM pour les derniers modèles.

Le boîtier TACAN sert aussi de sélection DME.

Précision

- Limite OACI : $\pm 3\%$ ou $\pm 0.5\text{NM}$
- Recommandée OACI : $\pm 0.25\% D$, ou $\pm 0.2\text{NM}$

En pratique, la valeur recommandée est généralement obtenue.

Portée optique

$D = 1.23\sqrt{H}$, avec D la distance en NM et H la hauteur en pieds de l'avion

Ex : si H = 40 000ft, la portée du DME sera de $D = 1.23\sqrt{40\ 000} = 1.23 \times 200 = 256\text{NM}$

Le TACAN

Le TACAN a été conçu par les américains pour équiper leurs porte-avions.

Le sigle signifie TACTical Air Navigation

Le but du TACAN est de donner à la fois *QDR et distance*.

La déclinaison de référence est celle de la station

On a vu que le DME utilisait le système de mesure de distance du TACAN. Par conséquent, un avion équipé d'un DME recevra les informations de distance des TACAN. De même, un avion militaire équipé d'un TACAN recevra les informations de distance d'un DME.

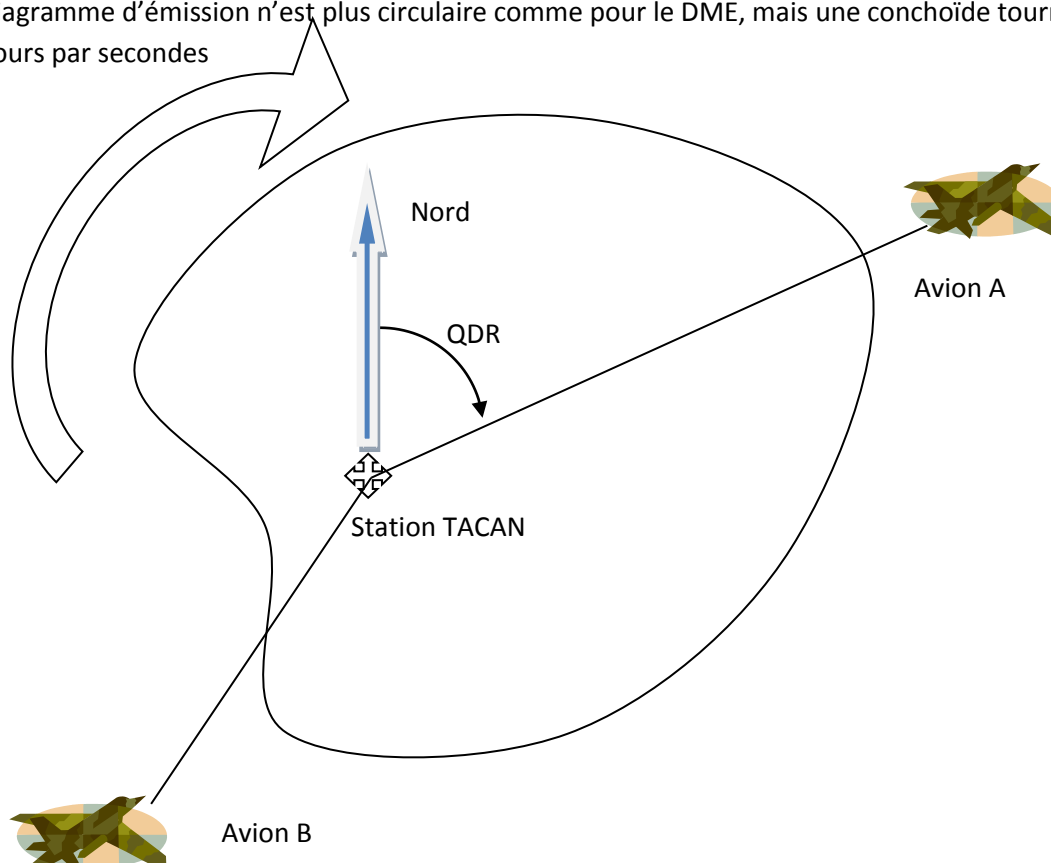
Principe du TACAN

La mesure de la distance est évidemment la même que pour celle d'un DME. Nous n'y reviendrons donc pas.

L'azimut est obtenu par la modulation d'amplitude des impulsions utilisées pour la mesure de distance.

Puisqu'il n'y a impulsions que lorsqu'il y a interrogation, des impulsions dites de remplissage seront émises par la station sol afin qu'une mesure d'azimut puisse se faire.

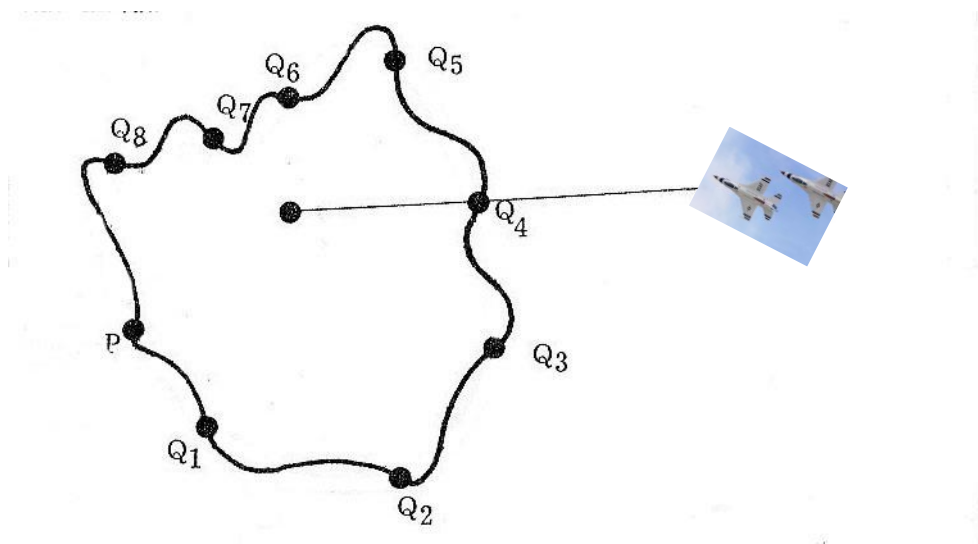
Le diagramme d'émission n'est plus circulaire comme pour le DME, mais une conchoïde tournant à 15 tours par secondes



De ce fait, l'amplitude des impulsions reçue varie 15 fois par secondes. L'avion A reçoit à l'instant T des impulsions dont l'amplitude est plus grande que celles reçues par l'avion B. La conchoïde tournant, il arrivera un moment où les impulsions reçues par l'avion B seront plus grandes que celles reçues par l'avion A.

Lorsque l'axe de la conchoïde passe par le Nord (cet axe est représenté ici sur l'avion A), des impulsions spéciales sont émises et signifient qu'il faut déclencher un chronomètre. Lorsque cet axe se trouve face à l'avion, le chrono s'arrête. Sachant qu'il tourne de 15 tours par seconde, on en déduit de combien de degrés cet axe a tourné depuis qu'il est passé au Nord, c'est-à-dire qu'on a mesuré le QDR. (version simplifiée, mais c'est un peu plus complexe dans la réalité...)

Pour être plus précis, le véritable diagramme de rayonnement du TACAN est quelque peu différent, une sur-modulation est ajoutée afin d'augmenter la précision en azimuth. Voici à quoi il ressemble :



Nous ne détaillerons pas davantage ce diagramme, cela dépasse le cadre de cet exposé.

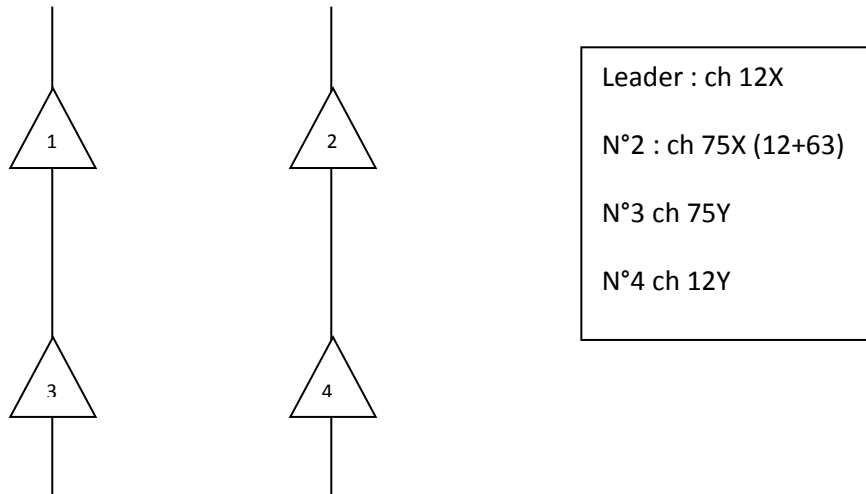
Le TACAN air/air

Pour faciliter la rejoincte la rejoincte entre avions, on utilise 2 canaux DME.

Si le leader prend le canal 1, son ailier prendra un canal augmenté de 63 (ou diminué selon le cas), soit ici 64. Si un avion prend le ch 70, son ailier prendra donc ch7

Attention : il n'y a pas de mesure d'azimut entre avions, seule la distance est disponible.

Avec une patrouille de 4 avions en vol de nuit, en suivi de terrain, il est possible de connaître les distances entre avions de cette façon :



Lorsque le leader est sur 12X, il lit la distance avec le N°2, si il passe sur Y, il lit la distance avec le N°3. Il n'est pas possible de connaître la distance entre le leader et le N°4, de toute façon, elle n'est pas utile à savoir.

Nous voyons donc dans cet exemple que chaque avion peut savoir rapidement la distance avec l'avion qui est à coté de lui ou de celui qui le suit/précède simplement en changeant le mode X ou Y

Avantages – inconvénients

Avantages

- La précision en distance est excellente ainsi qu'en azimut (environ $\pm 1^\circ$)
- On a un point précis
- Le TACAN air/air peut aider à faire des rejointes

Inconvénients

- La portée n'est qu'optique
- La distance mesurée est oblique, on a donc une erreur sur la distance horizontale
- Les percées TACAN n'ont pas de minima suffisamment performants
- L'utilisation du TACAN dépend de moyens sol : la destruction du moyen sol ou le brouillage le rend inutilisable.

Cat Plombe