

Liste des fréquences des DME

Canaux DME et fréquence ILS/VOR [MHz]

interrogation avion

..... Fréquence VHF	fréquence avion	fréquence réponse du sol

108.000	1041.000	978.000
108.050	1041.000	1104.000
108.100	1042.000	979.000
108.150	1042.000	1105.000
108.200	1043.000	980.000
108.250	1043.000	1106.000
108.300	1044.000	981.000
108.350	1044.000	1107.000
108.400	1045.000	982.000
108.450	1045.000	1108.000
108.500	1046.000	983.000
108.550	1046.000	1109.000
108.600	1047.000	984.000
108.650	1047.000	1110.000
108.700	1048.000	985.000
108.750	1048.000	1111.000
108.800	1049.000	986.000
108.850	1049.000	1112.000
108.900	1050.000	987.000
108.950	1050.000	1113.000
109.000	1051.000	988.000
109.050	1051.000	1114.000
109.100	1052.000	989.000
109.150	1052.000	1115.000
109.200	1053.000	990.000
109.250	1053.000	1116.000
109.300	1054.000	991.000
109.350	1054.000	1117.000
109.400	1055.000	992.000
109.450	1055.000	1118.000
109.500	1056.000	993.000
109.550	1056.000	1119.000
109.600	1057.000	994.000
109.650	1057.000	1120.000
109.700	1058.000	995.000
109.750	1058.000	1121.000
109.800	1059.000	996.000
109.850	1059.000	1122.000
109.900	1060.000	997.000
109.950	1060.000	1123.000
110.000	1061.000	998.000

110.050	1061.000	1124.000
110.100	1062.000	999.000
110.150	1062.000	1125.000
110.200	1063.000	1000.000
110.250	1063.000	1126.000
110.300	1064.000	1001.000
110.350	1064.000	1127.000
110.400	1065.000	1002.000
110.450	1065.000	1128.000
110.500	1066.000	1003.000
110.550	1066.000	1129.000
110.600	1067.000	1004.000
110.650	1067.000	1130.000
110.700	1068.000	1005.000
110.750	1068.000	1131.000
110.800	1069.000	1006.000
110.850	1069.000	1132.000
110.900	1070.000	1007.000
110.950	1070.000	1133.000
111.000	1071.000	1008.000
111.050	1071.000	1134.000
111.100	1072.000	1009.000
111.150	1072.000	1135.000
111.200	1073.000	1010.000
111.250	1073.000	1136.000
111.300	1074.000	1011.000
111.350	1074.000	1137.000
111.400	1075.000	1012.000
111.450	1075.000	1138.000
111.500	1076.000	1013.000
111.550	1076.000	1139.000
111.600	1077.000	1014.000
111.650	1077.000	1140.000
111.700	1078.000	1015.000
111.750	1078.000	1141.000
111.800	1079.000	1016.000
111.850	1079.000	1142.000
111.900	1080.000	1017.000
111.950	1080.000	1143.000
112.000	1081.000	1018.000
112.050	1081.000	1144.000
112.100	1082.000	1019.000
112.150	1082.000	1145.000
112.200	1083.000	1020.000
112.250	1083.000	1146.000
112.300	1094.000	1157.000
112.350	1094.000	1031.000
112.400	1095.000	1158.000
112.450	1095.000	1032.000
112.500	1096.000	1159.000

112.550	1096.000	1033.000
112.600	1097.000	1160.000
112.650	1097.000	1034.000
112.700	1098.000	1161.000
112.750	1098.000	1035.000
112.800	1099.000	1162.000
112.850	1099.000	1036.000
112.900	1100.000	1163.000
112.950	1100.000	1037.000
113.000	1101.000	1164.000
113.050	1101.000	1038.000
113.100	1102.000	1165.000
113.150	1102.000	1039.000
113.200	1103.000	1166.000
113.250	1103.000	1040.000
113.300	1104.000	1167.000
113.350	1104.000	1041.000
113.400	1105.000	1168.000
113.450	1105.000	1042.000
113.500	1106.000	1169.000
113.550	1106.000	1043.000
113.600	1107.000	1170.000
113.650	1107.000	1044.000
113.700	1108.000	1171.000
113.750	1108.000	1045.000
113.800	1109.000	1172.000
113.850	1109.000	1046.000
113.900	1110.000	1173.000
113.950	1110.000	1047.000
114.000	1111.000	1174.000
114.050	1111.000	1048.000
114.100	1112.000	1175.000
114.150	1112.000	1049.000
114.200	1113.000	1176.000
114.250	1113.000	1050.000
114.300	1114.000	1177.000
114.350	1114.000	1051.000
114.400	1115.000	1178.000
114.450	1115.000	1052.000
114.500	1116.000	1179.000
114.550	1116.000	1053.000
114.600	1117.000	1180.000
114.650	1117.000	1054.000
114.700	1118.000	1181.000
114.750	1118.000	1055.000
114.800	1119.000	1182.000
114.850	1119.000	1056.000
114.900	1120.000	1183.000
114.950	1120.000	1057.000
115.000	1121.000	1184.000

115.050	1121.000	1058.000
115.100	1122.000	1185.000
115.150	1122.000	1059.000
115.200	1123.000	1186.000
115.250	1123.000	1060.000
115.300	1124.000	1187.000
115.350	1124.000	1061.000
115.400	1125.000	1188.000
115.450	1125.000	1062.000
115.500	1126.000	1189.000
115.550	1126.000	1063.000
115.600	1127.000	1190.000
115.650	1127.000	1064.000
115.700	1128.000	1191.000
115.750	1128.000	1065.000
115.800	1129.000	1192.000
115.850	1129.000	1066.000
115.900	1130.000	1193.000
115.950	1130.000	1067.000
116.000	1131.000	1194.000
116.050	1131.000	1068.000
116.100	1132.000	1195.000
116.150	1132.000	1069.000
116.200	1133.000	1196.000
116.250	1133.000	1070.000
116.300	1134.000	1197.000
116.350	1134.000	1071.000
116.400	1135.000	1198.000
116.450	1135.000	1072.000
116.500	1136.000	1199.000
116.550	1136.000	1073.000
116.600	1137.000	1200.000
116.650	1137.000	1074.000
116.700	1138.000	1201.000
116.750	1138.000	1075.000
116.800	1139.000	1202.000
116.850	1139.000	1076.000
116.900	1140.000	1203.000
116.950	1140.000	1077.000
117.000	1141.000	1204.000
117.050	1141.000	1078.000
117.100	1142.000	1205.000
117.150	1142.000	1079.000
117.200	1143.000	1206.000
117.250	1143.000	1080.000
117.300	1144.000	1207.000
117.350	1144.000	1081.000
117.400	1145.000	1208.000
117.450	1145.000	1082.000
117.500	1146.000	1209.000

117.550	1146.000	1083.000
117.600	1147.000	1210.000
117.650	1147.000	1084.000
117.700	1148.000	1211.000
117.750	1148.000	1085.000
117.800	1149.000	1212.000
117.850	1149.000	1086.000
117.900	1150.000	1213.000
117.950	1150.000	1087.000

source <http://serge.laforest.free.fr/principes/dme.htm>

source <http://www.lavionnaire.fr/RadioNavDME.php>

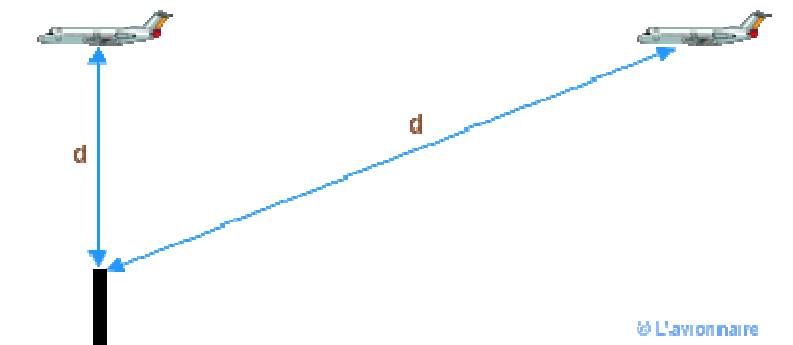
INSTRUMENTS DE RADIONAVIGATION

DISTANCE MEASURING EQUIPMENT

Introduction

LE DME permet de mesurer la distance qui sépare un aéronef d'une balise au sol en chronométrant le temps que met une impulsion radioélectrique UHF pour faire le trajet aller et retour entre l'avion et la station sol. Cette distance est une distance oblique et non réelle. Donc lorsque l'aéronef survole la verticale de la station sol l'instrument à bord indique la hauteur de l'aéronef.

La portée d'un DME est une portée optique soit environ 200Nm et sa précision est d'environ 0,25 Nm soit (+/- 0,25 % de la distance).



Station sol

Actuellement on peut considérer qu'il existe deux types d'installation de DME :

a) - DME/N : ce système répond principalement aux exigences opérationnelles de la navigation en route.

La lettre N ("Narrow") signifie spectre étroit.

b) - DME/P : ce système est développé pour être utilisé avec un système d'atterrissage MLS.

Les caractéristiques de spectre sont les mêmes que celles du DME/N.

Le P signifie : mesure précise de la distance et il utilise le codage de type Y.

Ci-dessous une station sol DME appelée également transponder en anglais, à ne pas confondre avec l'instrument de bord transpondeur utilisé pour le radar secondaire.



Source: Wikipedia Commons
Photo: Csnok

Principe de fonctionnement

Un émetteur/récepteur à bord de l'aéronef envoie des paires d'impulsions codées vers la station au sol sur une fréquence. Après un retard de $50\mu\text{s}$ pour le canal X et $56\mu\text{s}$ pour le canal Y la balise sol transmet à son tour des paires d'impulsions sur une fréquence décalée de 63MHz . Le temps nécessaire pour le voyage aller-retour de cet échange de signal est mesuré par l'instrument DME de l'aéronef puis est traduit et affiché en distance (miles nautiques).

Exemple: Si l'aéronef envoie à t_0 une interrogation et reçoit à t_1 la réponse, le temps mesuré de l'aller et retour est de:

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

et la distance oblique de l'aéronef à la balise sol:

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

Le DME fonctionne dans la gamme des fréquences UHF entre 962 et 1150 MHz pour l'interrogation et entre de 962 et 1213 MHz pour la réponse. L'espacement entre deux canaux est de 1 MHz et pour éviter les interférences entre interrogation et réponse, les fréquences d'interrogation (avion) et réponse (station sol) diffèrent de 63 MHz.

Exemple: - l'interrogation se fait sur la fréquence 965 MHz
- la réponse se fera sur la fréquence $965 + 63 = 1028\text{ MHz}$.

Ce couple de fréquences est appelé canal.

L'IFF (Identification friend or foe) ayant le même principe de fonctionnement utilise les fréquences 1030 MHz pour l'interrogation et 1090 pour la réponse. Ces deux fréquences sont réservées et ne sont pas disponibles pour l'aviation.

Les impulsions

Toutes les impulsions, calibrées et modulées sont espacées d'un certain temps entre elles. Il est donc possible d'émettre sur plusieurs canaux différents en jouant sur l'espacement des deux impulsions d'une même paire.

Deux formats de canaux sont actuellement utilisés le Mode X et le Mode Y
 Mode X l'espaceur entre 2 impulsions est de $12\mu\text{s}$



Mode Y l'espaceur entre 2 impulsions est de $36\mu\text{s}$ en interrogation et $30\mu\text{s}$ en retour

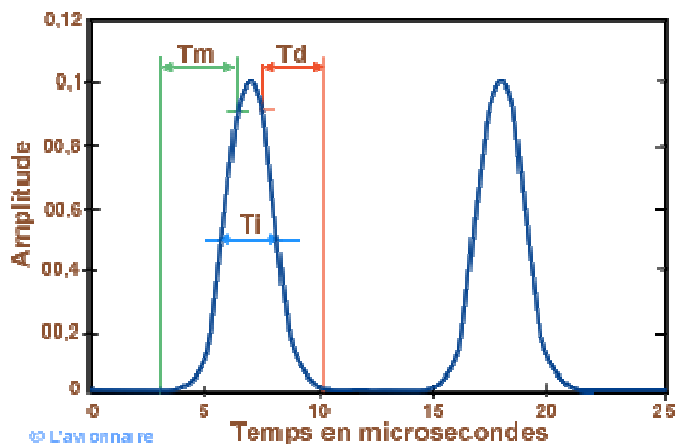


Un utilisant les 2 modes on obtient 256 canaux disponibles. Les nouvelles stations sol peuvent répondre à 100 voire 200 interrogateurs en même temps, c'est à dire 2700 à 4800 paires d'impulsions par seconde. Alors que les anciens équipements DME au sol sont généralement limités à 100 interrogateurs soit 2700 paires.

En réalité les impulsions émises par l'avion et par la station sol sont de forme gaussienne et doivent respecter des normes strictes édictées par l'OACI.

- T_m Temps de montée $2,5\mu\text{s}$
- T_i Largeur de l'impulsion à mi-amplitude $3,5\mu\text{s}$
- T_d Temps de chute $2,5\mu\text{s}$

Avec une tolérance de plus ou moins $0,5\mu\text{s}$



Fontionnement du DME

Après l'affichage d'une fréquence manuelle ou automatique, l'interrogateur passe en phase recherche et émet environ entre 120 et 150 paires impulsions (interrogations) de manière à déterminer un intervalle de temps constant entre l'émission et le retour du signal. La récurrence des impulsions d'interrogation est affectée de fluctuations aléatoires propres à chaque équipement de bord, dans le but de pouvoir distinguer parmi toutes les impulsions reçues à bord celles qui sont synchrones des impulsions d'interrogation. Après la transmission de l'impulsion le récepteur écoute les répliques sur une période de $2466\mu\text{s}$.

Lorsque plus de 50% des paires d'impulsions envoyées sont identifiées en retour par le récepteur de bord, ce dernier calcule la distance et passe en mode poursuite.

Dans le mode poursuite 20 ou 30 paires d'impulsions sont émises par secondes de façon à

actualiser les calculs de distance.

Le DME a un rayonnement omnidirectionnel et sa portée correspond à une portée optique donc elle augmente avec l'altitude de l'aéronef, mais elle dépasse rarement les 200Nm (370Km) sur la plupart des appareils.

Sa précision est de l'ordre de 0,2 Nm et il est quasi insensible aux perturbations atmosphériques.

Rarement implanté seul le DME est généralement couplé à un VOR ou à un ILS , dans ce cas l'utilisateur affiche uniquement la fréquence du VOR ou de l'ILS. Le DME peut également être associé à un locator (ADF) pour une approche sur un aéroport.

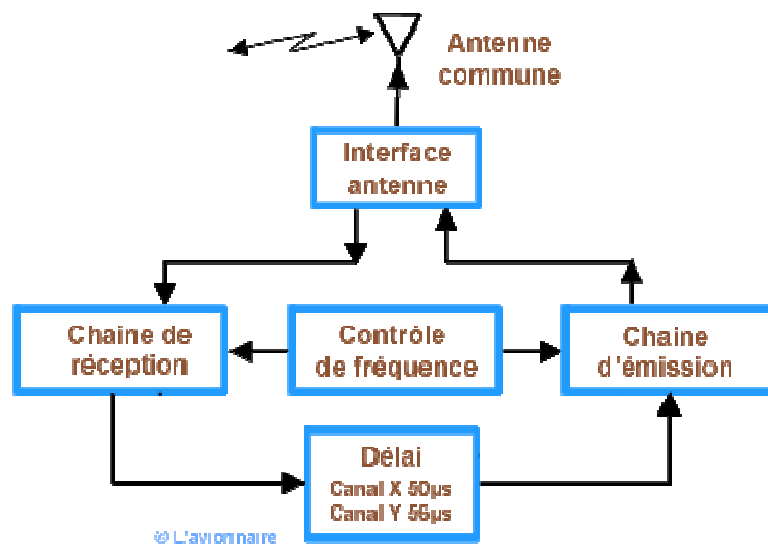
Chaque DME a son propre indicatif en trois lettres. Celui-ci est émis en morse sur la fréquence de 1350 Hz tous les 40 secondes. Toutefois, lorsqu'il s'agit d'une station jumelée VOR/DME, VORTAC ou ILS/DME l'identification est identique.

Emetteur - Récepteur

Station sol

Deux versions de station sol DME existent. L'une dite « DME en route » souvent associée à un VOR, possède une puissance d'émission de 1 KW . L'autre version « DME atterrissage » généralement associée à un ILS possède une puissance de 100W obtenus par la suppression de l'amplificateur 1 KW et de son modulateur.

L'antenne de la station de l'émetteur et du récepteur est commune. Un contrôle permanent des fréquences d'émission et de réception est effectué afin d'éviter tout dysfonctionnement pouvant entraîner des erreurs.

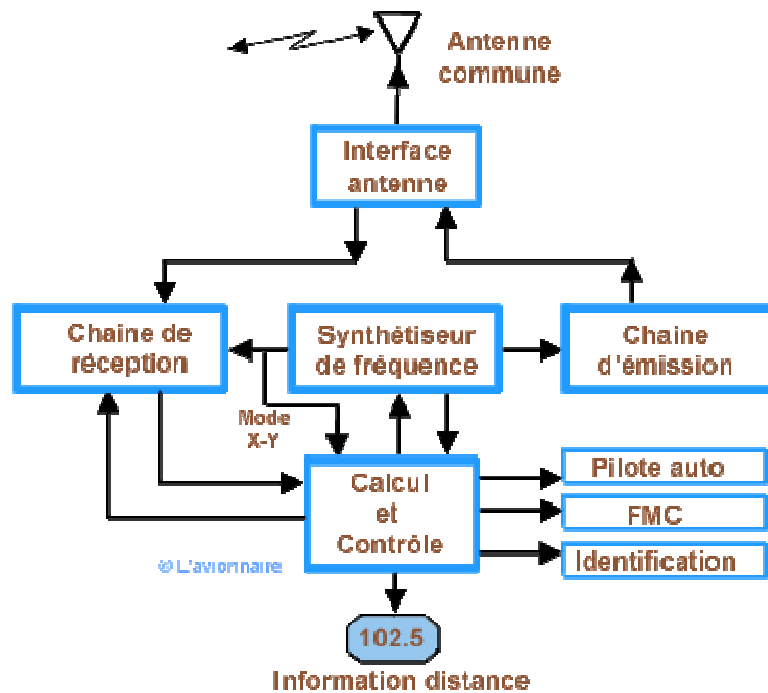


Instrument de bord

- Interface antenne: permet de dissocier la transmission et la réception du signal hertzien support de l'information et assure la conversion "hertzien-électrique".
- Chaîne d'émission: élabore les signaux modulant et modulé et amplifie le signal modulé.
- Chaîne de réception: effectue un changement de fréquence du signal UHF reçu et le démodule.
- Synthétiseur de fréquence: élabore les porteuses d'émission et de réception ainsi que les

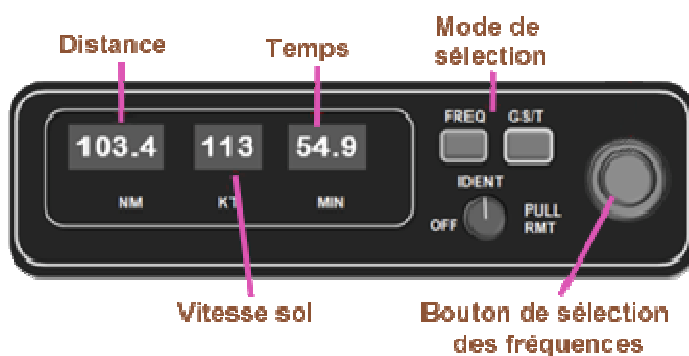
signaux de commande nécessaires à la détermination des stations recherchées.

-Calcul et contrôle: cette fonction élabore (calcul, correction) et transmet les informations à l'afficheur, le signal audio, les informations nécessaires au contrôle et à la neutralisation de la chaîne de réception et le signal d'horloge nécessaire au pilotage du synthétiseur.



Boîtier de commande

Ci-dessous un boîtier DME indépendant avec sélection des fréquences, affichage de la distance, de la vitesse sol et du temps pour rejoindre la station sol. Attention la vitesse sol et le temps ne seront valables que si l'aéronef se rapproche ou s'éloigne sur un radial constant de la station et qu'il se trouve à une distance raisonnable (mesure oblique).



Présentation des informations

Dans le cas d'un VOR et d'un DME implantés sur le même site, la fréquence VHF pour le VOR et la fréquence UHF pour le DME sont toujours appariées. L'indication de distance DME peut alors être affichée sur le HSI (horizontal situation indicator) ou sur le RMI (Radio Magnetic Indicator).



HSI



RMI

Affichage sur un écran EFIS Navigation Display. En Europe la couverture VOR/DME étant très dense, certains avions équipés de FMS (Flight Management System) utilisent automatiquement par l'intermédiaire des FMC (Flight Management Computers) les VOR/DME en faisant des points de triangulation pour la gestion de leur navigation. Ce système remplace les centrales à inertie.

