



© Pierre GILLARD/2011-09195

Le radiophare omnidirectionnel VOR

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Avant de débuter le cours ...



Merci !

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Présentation du cours



© Pierre GILLARD/ENAO142

- Introduction.
- Description du radiophare omnidirectionnel VOR.
- Exercices.
- Les éléments constituant le VOR.
- Utilisation du VOR.
- Tests des systèmes VOR embarqués.
- Exercices.
- Calibration des balises au sol.
- Évolution.
- Conclusion.

Introduction



© Pierre GILLARD/2013-221215

- Le système ADF étant peu précis et sujet à des erreurs, un système plus fiable utilisant des ondes VHF a été développé.
- Il s'agit du VOR ou radiophare VHF omnidirectionnel.
- Parallèlement, un système d'atterrissage sans visibilité, l'ILS, a été développé dans la même bande de fréquences ainsi qu'en UHF.
- Afin de simplifier la charge de travail de l'équipage et de réduire le nombre d'appareils radio, le VOR et l'ILS ont été combinés en un seul appareil souvent référencé à l'aide de l'acronyme « NAV ».

Description du radiophare omnidirectionnel VOR

Présentation

- VOR signifie « *VHF Omnidirectional Range* » ou radiophare omnidirectionnel VHF.
- Il est constitué des éléments suivants :



Le récepteur



L'indicateur



L'antenne

Becker, Bendix King & Comant Industries

Description du radiophare omnidirectionnel VOR

Présentation

- Fonctionnant en VHF, sa portée est limitée par l'horizon.
- Il est donc utilisé pour la navigation à courte et moyenne distance.
- Chaque station VOR possède sa propre fréquence.
- Chaque station VOR est identifiée par un code morse.
- Exemple :



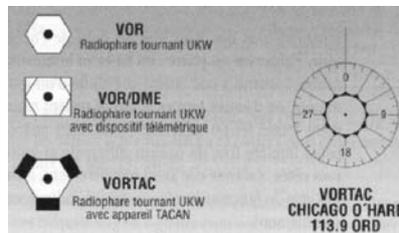
YUL MONTREAL VOR/DME	
FAA MONTREAL, CANADA	
Location	
Lat/Long:	45-36-56.113N / 073-58-15.680W
Elevation:	164216.113N / 266295.680W
Variation:	200 Ft.
	16W (1985)
Operational Characteristics	
Type:	VOR/DME
Class:	VOR/DME [about]
Frequency:	116.30
TACAN channel:	110X
Hours of operation:	24
Voice:	no
Station call name:	NONE

Pilotnav

Description du radiophare omnidirectionnel VOR

Présentation

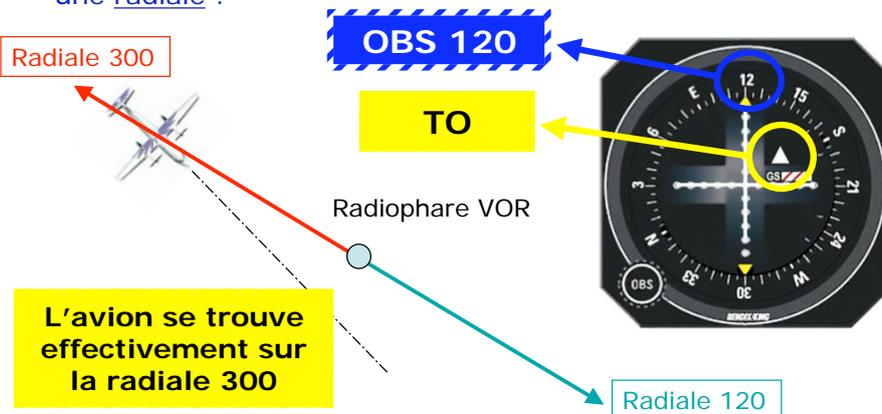
- Souvent, une station VOR sera associée à un DME (*Distance Measurement Equipment*); on parlera d'un « VOR-DME ».
- Il arrive aussi qu'une station VOR soit associée à un TACAN (*Tactical Air Navigation*); on parlera dans ce cas d'un « VORTAC ».
- Le TACAN comprenant un système DME, pour l'utilisateur civil, il n'y aura aucune différence entre un VOR-DME et un VORTAC.



Description du radiophare omnidirectionnel VOR

Fonction

- Le VOR indique au pilote une position relative par rapport à une radiale :



ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLEGE EDOUARD-MONTPETIT

Collège Edouard-Montpetit
École nationale d'aérotechnique

Description du radiophare omnidirectionnel VOR

Fonction

- Le VOR indique au pilote une position relative par rapport à une radiale :

L'avion se trouve effectivement sur la radiale 294

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Pierre GILLARD, Bombardier & Bendix King

ÉNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE
COLLEGE EDOUARD-MONTPETIT

Collège Edouard-Montpetit
École nationale d'aérotechnique

Description du radiophare omnidirectionnel VOR

Fonction

- Le VOR indique au pilote une position relative par rapport à une radiale :

L'avion se trouve effectivement sur la radiale 300

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Pierre GILLARD, Bombardier & Bendix King



ÉCOLE NATIONALE
D'AÉROTECHNIQUE
COLLEGE EDOUARD-MONTPETIT



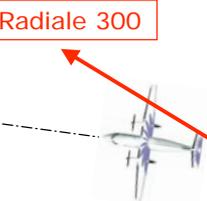
Collège
Edouard-Montpetit
École nationale d'aéronautique

Description du radiophare omnidirectionnel VOR

Fonction

- Le VOR indique au pilote une position relative par rapport à une radiale :

Radiale 300



L'avion se trouve effectivement sur la radiale 294

OBS 300

FROM

Radiophare VOR



Radiale 120

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Pierre GILLARD, Bombardier & Bendix King



ÉCOLE NATIONALE
D'AÉROTECHNIQUE
COLLEGE EDOUARD-MONTPETIT



Collège
Edouard-Montpetit
École nationale d'aéronautique

Description du radiophare omnidirectionnel VOR

Fréquences utilisées

- Le système VOR utilise 160 canaux entre 108.00 MHz et 117.95 MHz.
- L'espace entre les canaux est de 50 KHz.
- Les 160 canaux sont répartis de la manière ci-contre :

De 108.00 MHz à 112.00 MHz, les canaux VOR occupent les fréquences au dixième de mégahertz pair.

108.00 MHz canal VOR
108.05 MHz canal VOR
108.10 MHz canal LOC
108.15 MHz canal LOC
108.20 MHz canal VOR
108.25 MHz canal VOR
108.30 MHz canal LOC
...
111.95 MHz canal LOC
112.00 MHz canal VOR
112.05 MHz canal VOR
112.10 MHz canal VOR
112.15 MHz canal VOR
...
117.95 MHz canal VOR

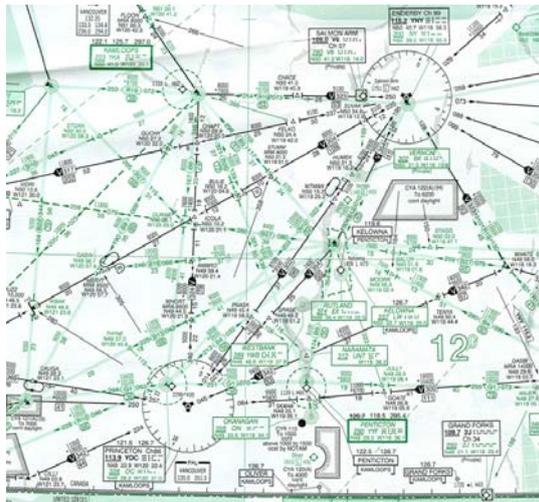
© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Description du radiophare omnidirectionnel VOR

Utilisation des radiophares VOR pour les routes aériennes

Carte « En Route
Low Altitude »



© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Description du radiophare omnidirectionnel VOR

Les stations au sol

- Exemple de la station VORTAC de YJN (Saint-Jean) 115,8 MHz :



© Pierre GILLARD/2009-00123

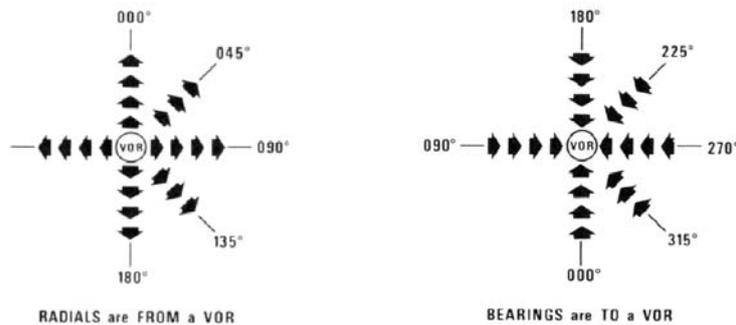
© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Description du radiophare omnidirectionnel VOR

Les stations au sol

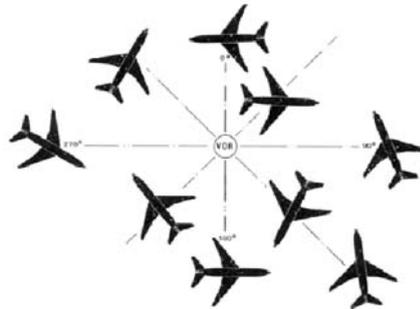
- Une radiale « s'éloigne » de la station.
- Elle représente un « FROM ».
- La radiale opposée représente un « TO » ou un relèvement.



Description du radiophare omnidirectionnel VOR

Les stations au sol

Attention :
Le cap de l'aéronef n'a rien à voir avec la valeur de la radiale ou du relèvement !



- Le VOR indiquera uniquement la valeur de la radiale ou de son opposée, mais **pas** le cap de l'aéronef.

Description du radiophare omnidirectionnel VOR

Les stations au sol

- Le 30 Hz REF est modulé en FM avec une sous-porteuse à 9960 Hz.
- Le 30 Hz VAR est modulé en AM.
- L'audio ou le morse est modulé en AM avec une bande passante de 300 Hz à 3 KHz.
- Si un des éléments n'est pas présent dans le signal ou n'est pas conforme, le récepteur devra informer le pilote à l'aide d'un drapeau signifiant le dysfonctionnement du signal VOR.

Exercices

- Trouver la valeur de la radiale survolée par un aéronef si le pilote lit les informations suivantes sur son indicateur VOR :

✓ OBS = 212
✓ Flag = TO
✓ CDB = 2 dots à droite

✓ OBS = 080
✓ Flag = FROM
✓ CDB = 4 dots à gauche

✓ OBS = 160
✓ Flag = TO
✓ CDB = 3 dots à gauche

Les éléments constituant le VOR

Le récepteur

- Il existe différentes formes de récepteurs :



Bendix King

Les éléments constituant le VOR

Le récepteur

- En aviation générale, le récepteur VOR-ILS pourra être intégré avec un émetteur-récepteur COM, ou même avec un COM et un GPS :



Bendix King

Les éléments constituant le VOR

L'indicateur

- Différents éléments constituant l'indicateur :



- ✓ L'indicateur d'écart de route - CDI (*Course Deviation Indicator*) comprenant la barre d'écart de route - CDB (*Course Deviation Bar*).
- ✓ Le sélecteur d'azimut - OBS (*Omni Bearing Selector*).
- ✓ Le disque d'azimut (réglé avec l'OBS - *Omni Bearing Selector*).
- ✓ L'indicateur TO/FROM.
- ✓ Le drapeau (« *Flag* ») de signal VOR.
- ✓ Le repère d'azimut.
- ✓ La graduation de déviation (1 point ou « *Dot* » = 2°).

Les éléments constituant le VOR

Autres types d'indicateurs fonctionnant avec le VOR

- L'*Horizontal Situation Indicator (HSI)* combine les indications du VOR, du LOC, du GS et du gyroscope directionnel (HDG) :



Les éléments constituant le VOR

Autres types d'indicateurs fonctionnant avec le VOR

- Le *Radio Magnetic Indicator (RMI)* permet d'indiquer la valeur d'une radiale VOR ou un relèvement ADF sur l'indication d'un gyroscopie directionnel :



Les éléments constituant le VOR

L'antenne

- Une antenne adaptée pour chaque type d'aéronef :



Les éléments constituant le VOR

L'antenne

- Une antenne adaptée pour chaque type d'aéronef :



© Département d'avionique

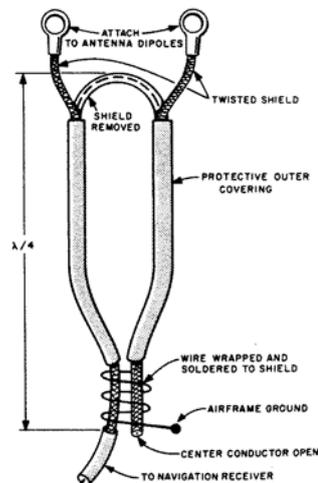
Document à des fins de formation

Les éléments constituant le VOR

L'antenne



- Afin d'adapter en impédance les deux dipôles d'une antenne en « V », il faut réaliser un « balun ».
- Une méthode est décrite dans l'AC43.13 :



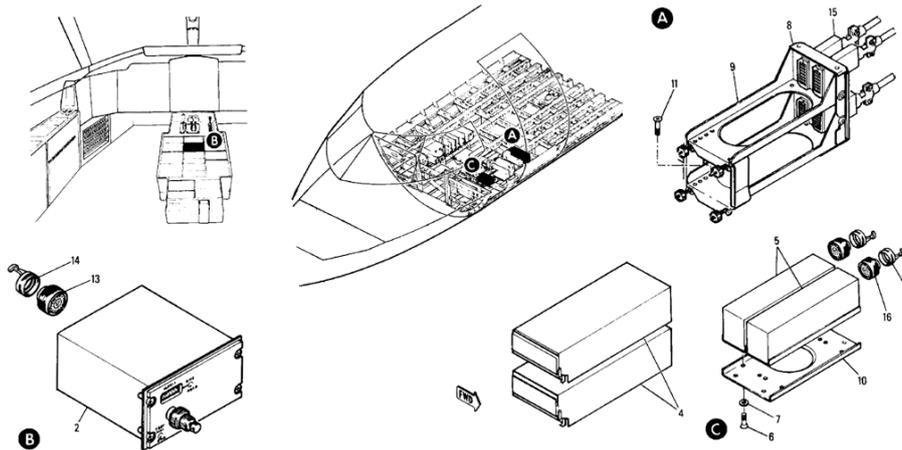
AC43.13

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

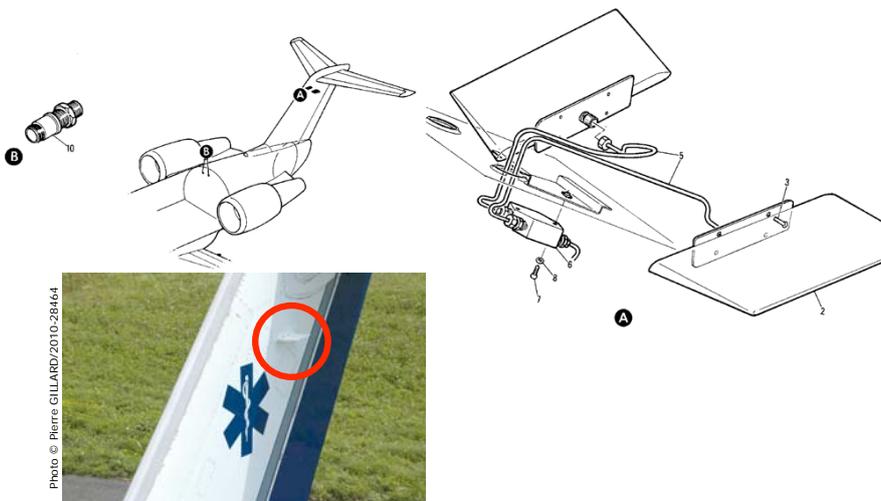
Les éléments constituant le VOR

Exemple d'installation d'un système VOR-LOC



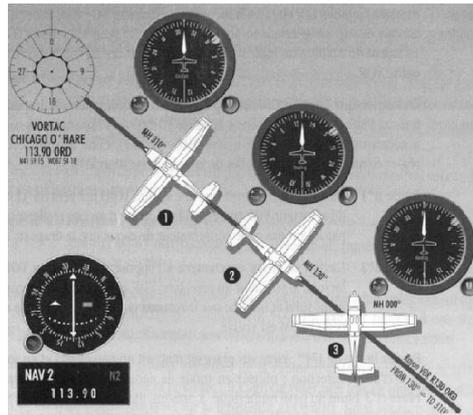
Les éléments constituant le VOR

Exemple d'installation d'un système VOR-LOC



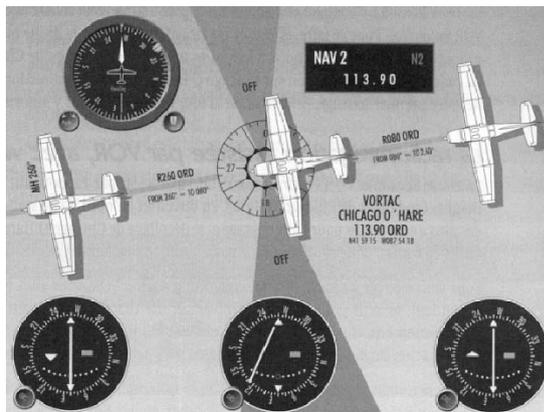
Utilisation du VOR

- Rappel : l'indication fournie par le VOR ne tient pas compte du cap de l'aéronef :



Utilisation du VOR

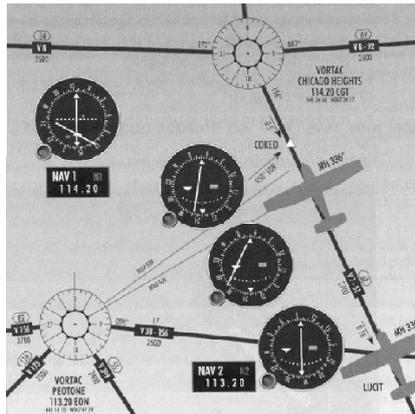
- Utilisation en rapprochement (*Inbound, TO*) et en éloignement (*Outbound, FROM*) :



Lorsque l'aéronef survole la station, il se trouve dans le **cône de silence**. Il ne reçoit plus aucune information valide et le drapeau apparaît sur l'indicateur.

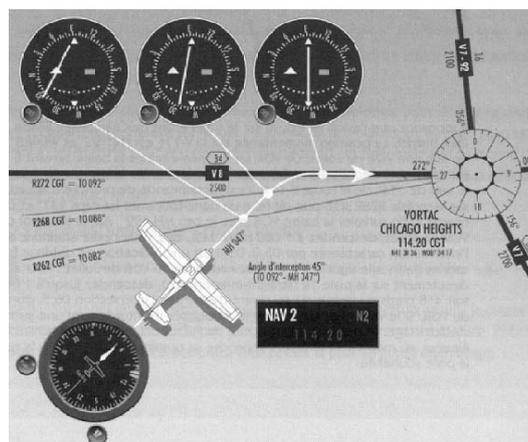
Utilisation du VOR

- À l'aide de deux stations VOR, il est possible de déterminer la position de l'aéronef (θ, θ) :



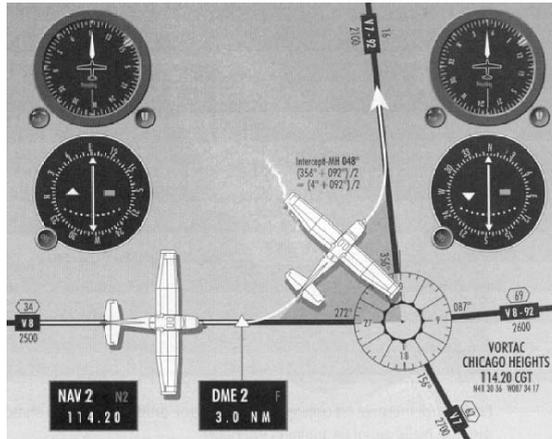
Utilisation du VOR

- Procédure d'interception d'une radiale VOR en rapprochement :



Utilisation du VOR

- Changement de route aérienne sans survol de la balise :



Tests des systèmes VOR embarqués

- Un test en piste (*Ramp Test*) peut être effectué pour vérifier et certifier les systèmes VOR.
- Le technicien utilisera un banc de tests portable.



Tests des systèmes VOR embarqués

Tests fonctionnels à l'aide du TIC T30D

- Dans le cadre de ce cours, nous utiliserons le banc de tests en piste portable TIC T30D :



Photo © Pierre GILLARD/2010-15337



Photo © Pierre GILLARD/2010-15346

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Tests des systèmes VOR embarqués

Tests fonctionnels à l'aide du TIC T30D

- Utilisation du banc de tests en piste portable TIC T30D :



Photo © Pierre GILLARD/2010-15341

- ✓ Mettre le banc de tests en fonction en suivant les recommandations.
- ✓ Connecter l'antenne sur le connecteur TNC; ajuster la longueur suivant les indications.
- ✓ Sélectionner la fonction « VOR ».

L'atténuateur sert à réduire la puissance du signal de sortie lorsque le banc est connecté directement à l'entrée d'antenne d'un récepteur VOR.

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Exercices

- Exercice # 3 : sur le EHSI suivant (système EFIS) :



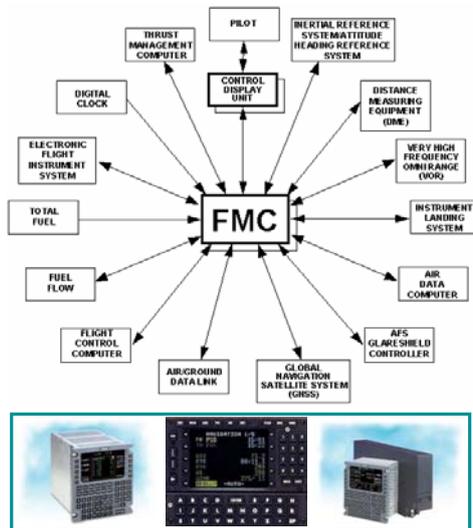
- 3a : Sur quelle radiale du VOR 1 se trouve l'aéronef (déflexion de 10° de la CDB) ?
- 3b : Quel est le cap de l'aéronef ?
- 3c : Quelle route a été sélectionnée sur le VOR 1 ?
- 3d : Quelle route a été sélectionnée sur le VOR 2 ?
- 3e : L'aéronef est-il en rapprochement ou en éloignement par rapport au VOR 1 ?
- 3f : Réalisez un croquis de situation.

Calibration des balises au sol

- La gestion des stations au sol est assurée par NAV Canada.
- Afin d'assurer la calibration des balises au sol (VOR, ILS, NDB, DME, ...), NAV Canada utilise des avions dits « de calibration ».



Évolution



© Département d'avionique

Document à des fins de formation

- Le nombre de systèmes de navigation ayant augmenté avec le temps, la tâche de gestion de ces systèmes par le pilote s'est donc accrue également.
- Afin de limiter autant que possible la charge du pilote, les systèmes se sont intégrés et sont connus sous l'acronyme RNAV (Area Navigation).
- Le cœur d'un système intégré de navigation est le FMS (Flight Management System).

Conclusions



© Pierre GILLARD/2014-500335

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

- Il est important pour le technicien d'entretien d'aéronefs « E » de connaître parfaitement le fonctionnement des systèmes de navigation.
- Il est aussi nécessaire de bien différencier la navigation effectuée à l'aide de mesures et de relèvements par rapport à la navigation à l'estime.
- Actuellement, l'évolution va dans le sens de l'intégration des systèmes de navigation et de guidage de l'aéronef.



© Pierre GILLARD/2013-314736

Merci de votre attention