

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

Le radiophare omnidirectionnel VOR

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

Avant de débuter le cours ...

Merci !

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

Présentation du cours

- 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.
- Evolution.
- Conclusion.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

Introduction

- 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 VHF.
- 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 ».

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

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*

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

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 :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

Description du radiophare omnidirectionnel VOR

Présentation

- Souvent, une station VOR sera associée à une 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.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

Description du radiophare omnidirectionnel VOR

Fonction

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

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

Description du radiophare omnidirectionnel VOR

Fonction

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

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET TECHNIQUE

Description du radiophare omnidirectionnel VOR

Fonction

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

R radiale 300 OBS 300 FROM Radiophare VOR Radiale 120

L'avion se trouve effectivement sur la radiale 300

© Département d'aviation Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET TECHNIQUE

Description du radiophare omnidirectionnel VOR

Fonction

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

R radiale 300 OBS 300 FROM Radiophare VOR Radiale 120

L'avion se trouve effectivement sur la radiale 294

© Département d'aviation Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET TECHNIQUE

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 :

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

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

© Département d'aviation Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET TECHNIQUE

Description du radiophare omnidirectionnel VOR

Utilisation des radiophares VOR pour les routes aériennes

Carte « En Route Low Altitude »

© Département d'aviation Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET TECHNIQUE

Description du radiophare omnidirectionnel VOR

Les stations au sol

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

© Département d'aviation Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET TECHNIQUE

Description du radiophare omnidirectionnel VOR

Les stations au sol

- Exemple de la station DVOR BUB (Bruxelles 25L) 114,6 MHz :

© Département d'aviation Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET TECHNIQUE

Description du radiophare omnidirectionnel VOR

Les stations au sol

- Le principe d'une station au sol VOR est d'émettre 360 faisceaux représentant 360°, orientés selon le nord magnétique.
- Chaque faisceau représentant 1° parmi les 360° est appelé « radiale ».
- Une station au sol émettra deux signaux à 30 Hz ainsi qu'un signal audio ou morse.
- Chaque radiale peut être vue comme étant le déphasage (P) entre le signal à 30 Hz dit « de référence » (R) émis de manière omnidirectionnelle et le signal à 30 Hz dit « variable » (V) émis de façon directionnelle :

© Département d'aviation Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET TECHNIQUE

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.

© Département d'aviation Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET TECHNIQUE

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 opposé, mais pas le cap de l'aéronef.

© Département d'aviation Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

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.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

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

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

Les éléments constituant le VOR

Le récepteur

- Il existe différentes formes de récepteurs :



© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

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 :



© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

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 (équipé 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 « 1 dot »).



© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

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) :



© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

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 relevement ADF sur l'indication d'un gyroscope directionnel :



© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

Les éléments constituant le VOR

L'antenne

- Une antenne adaptée pour chaque type d'aéronef :



© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

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

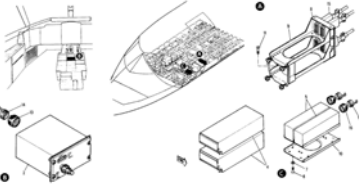


- Afin d'adapter en impédance les deux dipôles d'une antenne en « V », il faut réaliser un « balun ».
- Une méthode est décrite dans l'AC43-13 :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les éléments constituant le VOR

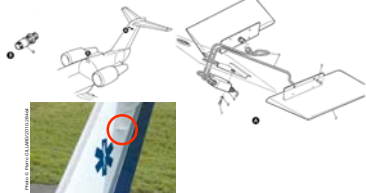
Exemple d'installation d'un système VOR-LOC



© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les éléments constituant le VOR

Exemple d'installation d'un système VOR-LOC



© Département d'avionique Document à des fins de formation

Utilisation du VOR

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



© Département d'avionique Document à des fins de formation

Utilisation du VOR

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

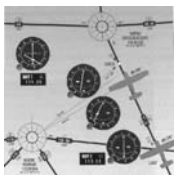


Lorsque l'aéronef survole la station, il se trouve dans le cône de silence. Il ne reçoit plus aucune information valide et le drapeau apparaît sur l'indicateur.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Utilisation du VOR

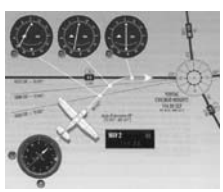
- A l'aide de deux stations VOR, il est possible de déterminer la position de l'aéronef (θ, ρ) :



© Département d'avionique Document à des fins de formation

Utilisation du VOR

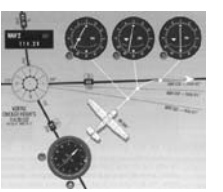
- Procédure d'interception d'une radiale VOR en rapprochement :



© Département d'avionique Document à des fins de formation

Utilisation du VOR

- Procédure d'interception d'une route aérienne en éloignement :



© Département d'avionique Document à des fins de formation

Utilisation du VOR

- Changement de route aérienne avec survol de la balise :



© Département d'avionique Document à des fins de formation

Utilisation du VOR

- Changement de route aérienne sans survol de la balise :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

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.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

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 :

© 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 :

- ✓ 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

Tests des systèmes VOR embarqués

Tests fonctionnels à l'aide du TIC T30D

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

- ✓ Sélection de radiales à des valeurs prédéterminées.
- ✓ Sélection de la fréquence de test : 108.00 MHz ou 108.05 MHz.
- ✓ Suppression de composantes du signal VOR.
- ✓ Sélection de radiales variables.
- ✓ Vérification de la réception de la tonalité audio (indicatif).

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Exercices

- **Exercice # 1 :** sur le HSI suivant (on suppose le système fonctionnel, pas de drapeaux) :
 - *1a.* Quelle est la valeur du cap de l'aéronef ?
 - *1b.* Quelle radiale (OBS) le pilote a-t-il sélectionné ?
 - *1c.* L'aéronef est-il en éloignement ou en rapprochement ?
 - *1d.* Réalisez un croquis de situation.
- **Exercice # 2 :** un pilote a sélectionné « 050 » sur son OBS pour une station se situant devant lui. L'avion suit un cap 065. La CDB dévie de deux marques (dots) à droite. Sur quelle radiale se trouve-t-il ?

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Exercices

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

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

© Département d'avionique Document à des fins de formation

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 ».

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Évolution

- 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).

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA École Nationale Supérieure de l'Avionique

Conclusions



- 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 relevements 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.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA École Nationale Supérieure de l'Avionique



Merci de votre attention

© Département d'avionique Document à des fins de formation