

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

Le Localizer

© 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.
- Modulation du signal LOC.
- L'installation au sol.
- La différence de profondeur de modulation (DDM).
- La somme de profondeur de modulation (DDM).
- Les antennes sur les aéronefs.
- Les récepteurs LOC.
- Les indicateurs et affichages.
- Les problèmes et les limitations.
- Vérification et calibration des installations au sol.
- Etude de l'indicateur KING KI209.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

Introduction

Les deux récepteurs de Localizer de la piste 24R à Saint-Hubert.

- Le Localizer (LOC) permet d'indiquer au pilote l'angle d'écart latéral éventuel par rapport à l'axe de la piste vers laquelle il effectue une approche.
- La fréquence sélectionnée se trouve dans la bande VHF entre 108,00 MHz et 111,95 MHz pour les canaux aux dixèmes de mégahertz impairs, ce qui correspond à 40 canaux.
- La portée du LOC est de l'ordre de 25 NM à 30 NM.
- Le LOC partage le même récepteur et la même antenne que le VOR.
- La sélection de fréquence LOC peut servir à la sélection des fréquences UHF d'un récepteur Glideslope ainsi que d'un DME attirés à la même approche.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

Modulation du signal LOC

- Le principe de fonctionnement du LOC est basé sur la modulation d'amplitude de deux signaux :
 - **90 Hz** : prédominant à gauche de l'axe de piste.
 - **150 Hz** : prédominant à droite de l'axe de piste.
- Un code morse identifiant la station ILS est également modulé en amplitude avec une fréquence de 1020 Hz.
- Le code morse peut éventuellement être remplacé par l'information de l'AIS de l'aéroport modulée en amplitude (bande passante de 300 Hz à 3 kHz).

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

L'installation au sol

- L'installation LOC au sol consiste en un réseau d'antennes directionnelles polarisées horizontalement permettant de générer les deux lobes à 90 Hz et 150 Hz :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

L'installation au sol

- Afin de pouvoir réaliser les deux lobes, les antennes directionnelles transmettent des modulations à 90 Hz et 150 Hz à des niveaux différents, en phase ou en opposition de phase, avec ou sans porteurs, en faisceau étroit ou large :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

L'installation au sol

- Le réseau d'antennes LOC se trouve à l'extrémité de la piste disposant du système ILS.
- Exemple : Piste 24 Droite à Saint-Hubert :

Piste 24R

IHU ILS - DME 111,10 MHz

Emplacement des antennes LOC

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

L'installation au sol

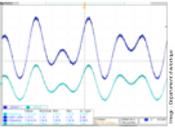
Couverture

- Selon le Chapitre 3 du Volume 1 de l'Annexe 1Q de l'OACI, la couverture du Localizer s'établit comme suit :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

La différence de profondeur de modulation (DDM)

- À la réception, le signal BF extrait est un mélange des deux ondes à 90 Hz et 150 Hz tel l'exemple ci-contre :
- Mais chaque onde peut aussi être caractérisée par son **taux de modulation** par rapport à sa porteuse : M_{90} et M_{150} .
- La différence de profondeur de modulation (DDM) est donc la **différence entre le taux de modulation le plus grand et le taux de modulation le plus petit**.
- Ceci peut s'écrire sous la forme de l'équation ci-contre :

$$DDM = \frac{|M_{90} - M_{150}|}{100}$$


© Département d'avionique Document à des fins de formation

La différence de profondeur de modulation (DDM)

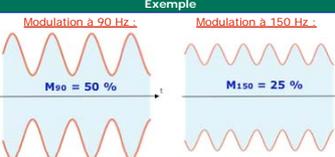
Exemple

Modulation à 90 Hz : $M_{90} = 50\%$

Modulation à 150 Hz : $M_{150} = 25\%$

$$DDM = \frac{|50 - 25|}{100} = 0,250$$

- Que vaut le DDM ?



© Département d'avionique Document à des fins de formation

La différence de profondeur de modulation (DDM)

Explications

- On dit qu'un $DDM = 0,155$ provoque la **déflexion maximale** de la **CSB** d'un **CDI** ($2,5^\circ$).
- On en déduit que la **différence des deux taux de modulation** vaut **15,5%**.
- Que valent donc les **taux de modulation** des deux composantes à 90 Hz et 150 Hz ?
- Ils pourraient valoir **20% et 4,5%**, mais aussi **30% et 14,5%**, ou encore **35% et 19,5%**.
- Il existe donc une **infinité de possibilités**, mais on verra qu'une autre condition interviendra (SDM).
- Ceci démontre qu'il peut y avoir une **variation de l'amplitude de la porteuse** sans que ceci ait une **influence** sur la **comparaison** des signaux à 90 Hz et 150 Hz, car **l'amplitude des bandes latérales** reste **identique** même si l'amplitude de la porteuse change.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

La somme de profondeur de modulation (SDM)

- Le **SDM** correspond à la **somme des modulations**.
- Ce paramètre est utile afin de garantir un **bon fonctionnement** de la **réception** du signal du Localizer.
- Ainsi, lorsque le **SDM** vaut **40%**, le **drapeau « NAV » disparaît** de la vue du pilote garantissant ainsi une **réception optimale** du signal du Localizer.
- Lors des **tests**, le **SDM** sera donc fixé **par défaut à 40%**.
- Dans ce cas :

<p>Avion à 50% gauche de l'axe de piste :</p> <ul style="list-style-type: none"> $M_{90} = 27,75\%$ $M_{150} = 12,25\%$ $SDM = 40\%$ $DDM = 0,155$ ou $15,5\%$ <p>L'avion est dans le secteur de 90 Hz prédominant. CSB à droite.</p>	<p>Avion aligné sur l'axe de piste :</p> <ul style="list-style-type: none"> $M_{90} = 20\%$ $M_{150} = 20\%$ $SDM = 40\%$ $DDM = 0$ <p>L'avion reçoit autant de 90 Hz que de 150 Hz. CSB centrée.</p>	<p>Avion à 50% droite de l'axe de piste :</p> <ul style="list-style-type: none"> $M_{90} = 12,25\%$ $M_{150} = 27,75\%$ $SDM = 40\%$ $DDM = 0,155$ ou $15,5\%$ <p>L'avion est dans le secteur de 150 Hz prédominant. CSB à gauche.</p>
---	--	--

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les antennes sur les aéronefs

- Les **antennes** servent autant pour la **réception LOC** que **VOR**.
- Certaines antennes combinent la **réception VOR/LOC** (108-118 MHz) et **Glideslope** (328-336 MHz).
- Elles peuvent être de **types** et de **formes variés**.
- Les antennes VOR/LOC (NAV) sont en réalité des **dipôles de Hertz** constituées de **deux éléments** correspondant à $\lambda/4$ pour former une **antenne à $\lambda/2$** .
- Les **deux éléments** sont connectés à un **duplexeur/coupleur**, ou à un **balun** servant à adapter les **impédances** sur 50 Ω .




© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les antennes sur les aéronefs

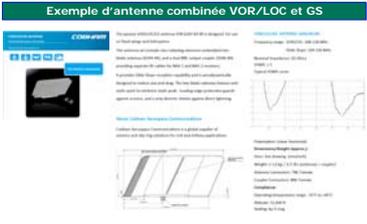
Exemple d'antenne NAV pour petits aéronefs



© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les antennes sur les aéronefs

Exemple d'antenne combinée VOR/LOC et GS

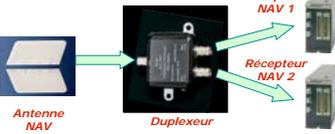


© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les antennes sur les aéronefs

Utilisation de duplexeurs

- En général, il n'y aura qu'une **seule antenne** VOR/LOC sur un aéronef.
- Pour alimenter les différents récepteurs (en général deux), des **duplexeurs** sont utilisés.



© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les antennes sur les aéronefs

Petits avions



© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les antennes sur les aéronefs
Hélicoptères

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les antennes sur les aéronefs
Avions de transport régional

Antenne NAV (VOR-LOC)

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les antennes sur les aéronefs
Boeing 747

- L'antenne VOR/LOC au sommet de la *dérive* sert pour la *capture* du signal du Localizer.
- Les antennes LOC sous le *radôme* permettent le *suivi de précision* (mode « approche » du directeur de vol).

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les antennes sur les aéronefs
Boeing 747

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les antennes sur les aéronefs
Airbus A220

- Sur l'Airbus A220 (ex-CSeries), deux antennes LOC sont montées dans le radôme avec les antennes Glideslope à l'avant de l'appareil.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les antennes sur les aéronefs
Airbus A220

- Ces deux antennes dans le radôme sont utilisées exclusivement en mode APPR.
- De manière générale, l'antenne VOR/LOC dans la *dérive* est utilisée.

VOR NAVIGATION ANTENNA SWITCHING
The VOR navigation receiver is connected to a single VOR antenna during flight.
After selection of the approach (APPR) switch on the right control panel (RCP), a VOR switching circuit disconnects the VOR antenna and connects the VOR navigation receiver to a dual-antenna (LOC) antenna. The DDM also, the PFCO switches to control the SW switches for the VOR and LOC antenna selection.
The national first VOR navigation system is provided with a dedicated feed from a combined VOR/LOC antenna, and does not require antenna switching.

DMC - Display Management Computer
PFCO - Primary Flight Control Computer

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les antennes sur les aéronefs
Airbus A220

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les récepteurs LOC

- Les récepteurs LOC sont combinés avec les récepteurs VOR.
- Ils utilisent les mêmes indicateurs (CDI, HSI, RMI) ou affichages.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les indicateurs et affichages

- Peu importe le type d'indicateur analogique ou synthétique (EFIS), la déviaton maximale de l'aiguille (CDB) correspond à 2,5° de part et d'autre du repère central.
- La déviaton maximale d'un côté ou de l'autre correspond à DDM = 0,155 (15,5%) selon la recommandation du RTCA DO-195.
- Souvent, les indicateurs analogiques auront quatre points (*dots*) de chaque côté du repère central, ce qui correspond à 0,5° par point.
- La résolution doit être égale ou supérieure à DDM = 0,014 (1,6%).

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les problèmes et les limitations

- Le Localizer ne couvre pas tous les côtés des approches et l'avion doit donc amorcer son approche assez loin de la piste.
- Des lobes secondaires sont produits par le rayonnement des antennes et peuvent créer des fausses indications. Ce risque est diminué grâce à l'addition d'un autre rayonnement latéral.

Fausse approche LOC (inversée)

Fausse approche LOC (inversée)

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les problèmes et les limitations

- L'équipement au sol doit être vérifié périodiquement pour sa calibration (en général, deux fois par an).
- Certains anciens équipements n'ont pas de compensation « backcourse » pour l'affichage (interprétation « inverse »).

ILS piste 09

- De multiples erreurs sont possibles sur le signal transmis, dont les réflexions (multipaths) et la courbure du signal (signal bending).
- La proximité de stations radio FM commerciales représente un risque possible de saturation du récepteur.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Vérification et calibration des installations au sol

Vérification

- Le signal Localizer est vérifié continuellement par des bornes de réception et de comparaison des signaux au sol (monitoring).
- Elles sont appelées near-field monitor station et far-field monitor station.

- En cas de dysfonctionnement ou de perte de signal, une alarme prévient la tour de contrôle de la situation (mais pas l'équipage des avions).
- Un dysfonctionnement provoque une dégradation des exigences liées à la catégorie d'approche de la piste touchée.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Vérification et calibration des installations au sol

Calibration

- Au Canada, les aides à la radionavigation, donc aussi les stations LOC et GS au sol, appartiennent à NAV Canada (compagnie privée).
- NAV Canada est donc responsable de l'entretien et de la calibration des installations au sol.
- Ce sont des avions CRJ-200 et Dash 8 spécialement équipés qui assurent les vérifications régulières des stations au sol.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Étude de l'indicateur KING KI209

Présentation

- L'indicateur KI208 n'a pas d'indication Glideslope au contraire du KI209.
- Indications en lien avec le Localizer :

- Aliquette d'écart latéral (CDB - Course Deviation Bar) 0,5° /dot.
- Drapeau NAV (flag).

- Le reste est dédié au VOR et au GS.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Étude de l'indicateur KING KI209

Présentation

- Afin de réduire le nombre de fils entre le récepteur VOR/LOC et l'indicateur CDI (Course Deviation Indicator), sur certains systèmes KING, le convertisseur est placé dans l'indicateur.
- Ceci est le cas des KI208 et KI209.
- La liaison entre le récepteur et l'indicateur consiste, des lors, en un seul fil blindé « VOR/LOC COMPOSITE » et un fil « ILS ENERGIZE ».

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Étude de l'indicateur KING KI209

Présentation

- Dans le cas du Localizer, le signal composite est constitué du mélange de 90Hz et de 150 Hz capté par le récepteur.
- Le signal ILS ENERGIZE active la fonction LOC lorsqu'il est mis à la masse.
- Il est généré par le récepteur lorsqu'il est synthétisé sur une fréquence ILS.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Étude de l'indicateur KING KI209

Présentation

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Étude de l'indicateur KING KI209

Connexions du convertisseur

- Ce qui est en lien avec le Localizer :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Étude de l'indicateur KING KI209

Alimentation

- À partir de la tension de l'adronet (11 à 33 VDC), l'alimentation située sur le circuit imprimé « converter #2 » produit une tension de 9.2 VDC ainsi que de 4.15 VDC.
- Le 4.15 V sert à la polarisation des amplificateurs opérationnels.
- CR307 est une protection contre les surtensions.
- Q101 permet de maintenir 9.2 V à son collecteur (TP308) quelle que soit la tension à son émetteur (11 à 33 V).

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Étude de l'indicateur KING KI209

Étage tampon d'entrée

- Le rôle de l'étage tampon d'entrée (Input Buffer) est d'assurer une adaptation d'impédance grâce au transistor Q201.
- Il s'agit d'un montage émetteur-suiveur permettant d'avoir une impédance élevée à l'entrée pour le signal composite et une résistance de sortie faible évitant toute influence significative du déplacement du curseur de R203 sur l'impédance de sortie de l'étage (TP202).

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Étude de l'indicateur KING KI209

Étage tampon d'entrée

- L'ajustement de R203 n'est destiné qu'au signal VOR (l'ajustement de la déflexion du LOC s'effectuera avec R313 plus loin sur le schéma).
- Le mélange de 90 Hz et de 150 Hz poursuit son chemin par TP102 pour rejoindre les deux filtres passe-bandes.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Étude de l'indicateur KING KI209

Sélection VOR-LOC

- Lorsqu'une masse est appliquée sur ILS ENERGIZE (synchroisation d'une fréquence ILS), Q203 passe en conduction.
- Ceci a pour effet d'amener 9 V à TP201 (ILS HIGH).

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Étude de l'indicateur KING KI209

Sélection VOR-LOC

- ILS HIGH étant à 9 V, Q204, Q205, Q206 et Q207 sont amenés à saturation (conduction).
- Une tension de 9 V étant appliquée à la borne 5 de I201, ceci désactive la boucle à verrouillage de phase du discriminateur FM (VOR) et la rend inerte.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Étude de l'indicateur KING KI209

Sélection VOR-LOC

- Le SQUARING AMPLIFIER I202D est activé par CR208 et donne une sortie d'environ 9 V (« high »).
- Donc, tout ce qui concerne la conversion d'un signal VOR est désactivé.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Étude de l'indicateur KING KI209

Sélection VOR-LOC

- Ainsi, le mélange de 90 Hz et de 150 Hz peut se rendre aux deux filtres passe-bandes.
- Comme nous l'avons vu, la sortie de l'ampli I202D sera à environ 9 V (« high ») en mode LOC.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Étude de l'indicateur KING KI209

Sélection VOR-LOC

- ILS HIGH étant à 9 V, ceci a pour effet de rendre les portes I301A et I301B passantes pour leur signal respectif.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Étude de l'indicateur KING KI209

Filtre passe-bande de 90 Hz

- Q206 étant passant, les résistances R218 et R219 sont mises en parallèle avec R221, amenant la résistance globale de l'ensemble des trois à une valeur proche de celle de la somme de R218 et R219, beaucoup plus faible que celle de R221.
- Le mélange de 90 Hz et de 150 Hz passe ensuite dans le filtre actif de 90 Hz (I202B, R218-R219, R223, C206 et C207) ayant un facteur Q de 12.
- Le signal de 90 Hz sort ensuite de l'amplificateur I202B.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Étude de l'indicateur KING KI209

Filtre passe-bande de 150 Hz

Mélange 90 Hz et 150 Hz

- Q204 étant **passant**, le mélange de 90 Hz et de 150 Hz se rend jusqu'aux **condensateurs du filtre** (C208 et C209).
- Q205 étant lui aussi **passant**, la résistance R216 est mise en **parallèle** avec R232 et R233, amenant la **résistance globale** de l'ensemble des trois à une **valeur proche** de celle de R216, beaucoup plus faible que la somme des deux autres.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Étude de l'indicateur KING KI209

Filtre passe-bande de 150 Hz

Mélange 90 Hz et 150 Hz

- En conduisant, Q207 vient mettre la résistance R231 en **parallèle** avec R235, changeant ainsi la **valeur de la contre-réaction**.
- Se faisant, le **facteur Q** du filtre de 150 Hz passe de 20 à 12 afin d'être **identique** à celui du filtre de 90 Hz.
- Seul le **150 Hz** se trouve en **sortie** de l'amplificateur I202A.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Étude de l'indicateur KING KI209

Déflexion du LOC

Signal = 150 Hz + 90 Hz

- CR204 laisse passer les **alternances positives** du 150 Hz.
- CR203 laisse passer les **alternances négatives** du 90 Hz.
- Si les **amplitudes** sont **identiques**, on aura 0V à R227.
- Si l'**amplitude** du 150 Hz est plus **grande** que celle du 90 Hz, on aura une **tension positive** à R227 et **négligeable** dans le cas contraire.
- En réalité, il faudra tenir compte de la **tension de polarisation** de 4,15 V.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Étude de l'indicateur KING KI209

Déflexion du LOC

Signal = 150 Hz + 90 Hz

- L'amplificateur I302B est un **ampli intégrateur inverseur**; sa sortie est une **tension DC** :
 - > **4,15 VDC** si le 90 Hz est **prédominant** - CDB à droite.
 - < **4,15 VDC** si le 150 Hz est **prédominant** - CDB à gauche.
 - = **4,15 VDC** si le 90 Hz et le 150 Hz sont **égaux** - CDB centrée.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Étude de l'indicateur KING KI209

Drapeau

Signal = 150 Hz + 90 Hz

- CR205 laisse passer les **alternances positives** du 150 Hz.
- CR202 laisse passer les **alternances positives** du 90 Hz.
- Les **amplitudes** du 90 Hz et du 150 Hz s'**additionnent** pour donner un **drapeau « TO »**.
- Si une des composantes **manque**, le signal sera seulement à la **moitié** de sa **valeur nominale** et donnera un **drapeau « TO »** apparaissant à **moitié**.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Étude de l'indicateur KING KI209

Drapeau

Signal = 150 Hz + 90 Hz

- L'amplificateur I302A est un **ampli intégrateur inverseur**; sa sortie est une **tension DC**.
- L'**entrée** de l'amplificateur étant **supérieure** à 4,15 V si l'**une ou les deux composantes** à 90 Hz et 150 Hz sont **présentes**, sa sortie sera **inférieure** à 4,15 V.
- Ceci donnera un **drapeau « TO »** apparaissant à **moitié** ou **entièrement** selon le cas.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

