



Le Localizer

Avant de débuter le cours ...



Merci !

Présentation du cours



Photo © Pierre GILLARD/2015-406205

- 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.
- Étude de l'indicateur KING KI209.

Introduction



Photo © Pierre GILLARD/2015-133261

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

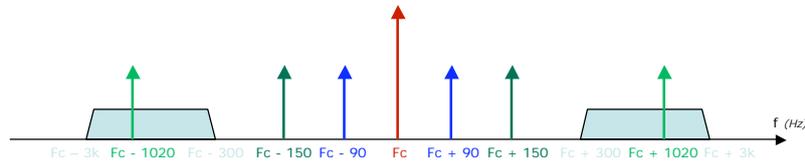
- Le Localizer (LOC) permet d'indiquer au pilote l'angle d'écart latéral éventuel par rapport à l'axe de la piste vers laquelle il effectue une approche.
- La fréquence sélectionnée se trouve dans la bande VHF entre 108,00 MHz et 111,95 MHz pour les canaux aux dixièmes de mégahertz impairs, ce qui correspond 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.

Modulation du signal LOC

- Le principe de fonctionnement du LOC est basé sur la modulation d'amplitude de deux signaux :

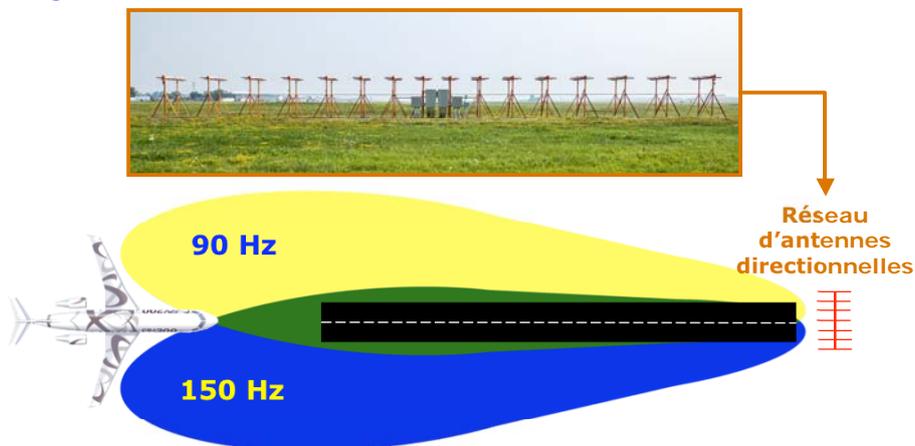
- 90 Hz** : prédominant à gauche de l'axe de piste.
- 150 Hz** : prédominant à droite de l'axe de piste.

- 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'ATIS de l'aéroport modulée en amplitude (bande passante de 300 Hz à 3 kHz).



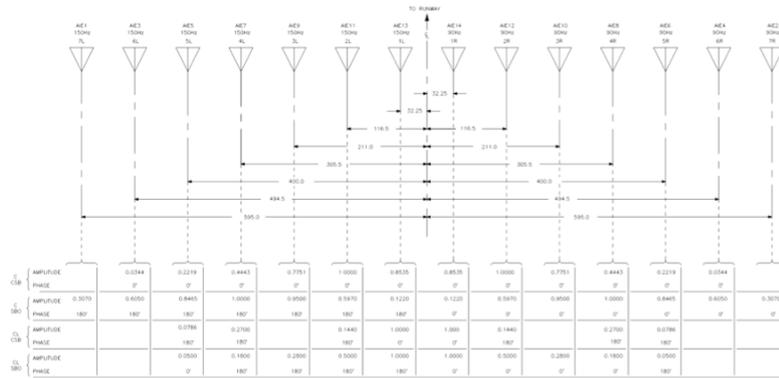
L'installation au sol

- 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 :



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 porteuse, en faisceau étroit ou large :



CSB = Carrier & Sidebands ou Carrier Signal Beam
C ou CLR = Course (faisceau large env. ± 35°)

SBO = Sidebands Only ou Sideband Oscillator
CL ou COU = Course Line (faisceau étroit env. ± 5°)

L'installation au sol

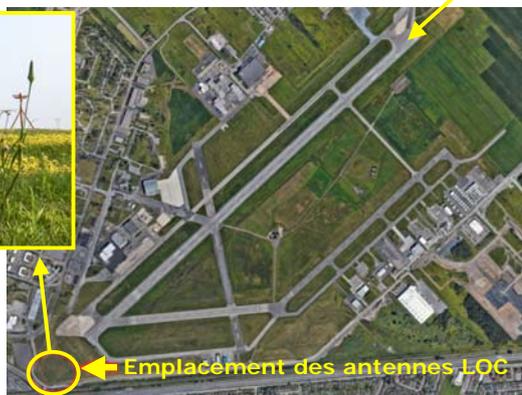
- Le réseau d'antennes LOC se trouve à l'extrémité de la piste disposant du système ILS.
- Exemple : Piste 24 Droite à Saint-Hubert :

Piste 24R

Photo © Pierre GILLARD/2025-PG1030072



IHU
ILS – DME
111,10 MHz

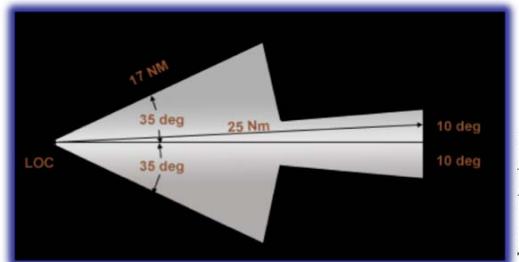


Emplacement des antennes LOC

L'installation au sol

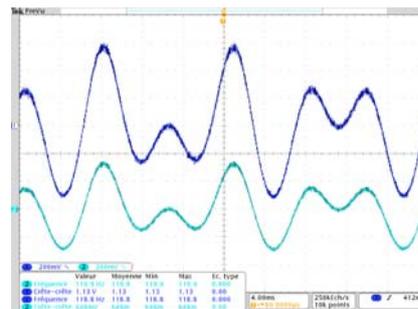
Couverture

- Selon le Chapitre 3 du Volume 1 de l'Annexe 10 de l'OACI, la couverture du Localizer s'établit comme suit :



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 :

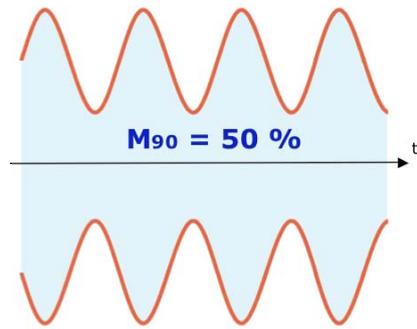


$$DDM = \left| \frac{M_{90} - M_{150}}{100} \right|$$

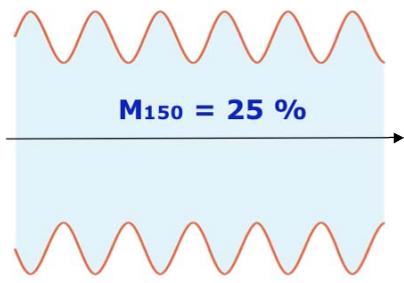
La différence de profondeur de modulation (DDM)

Exemple

Modulation à 90 Hz :



Modulation à 150 Hz :



• Que vaut le DDM ?

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

La différence de profondeur de modulation (DDM)

Explications

- On dit qu'un DDM = 0,155 provoque la *déflexion maximale* de la CDB d'un CDI (2,5°).
- 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.

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 signal du Localizer.
- Lors des tests, le SDM sera donc fixé par défaut à 40%.
- Dans ce cas :

Avion 2,5° à gauche de l'axe de piste :

- $M_{90} = 27,75\%$.
- $M_{150} = 12,25\%$.
- $SDM = 40\%$.
- $DDM = 0,155$ ou $15,5\%$.

L'avion est dans le secteur du 90 Hz prédominant.

CDB à droite.

Avion aligné sur l'axe de piste :

- $M_{90} = 20\%$.
- $M_{150} = 20\%$.
- $SDM = 40\%$.
- $DDM = 0$.

L'avion reçoit autant de 90Hz que de 150 Hz.

CDB centrée.

Avion 2,5° à droite de l'axe de piste :

- $M_{90} = 12,25\%$.
- $M_{150} = 27,75\%$.
- $SDM = 40\%$.
- $DDM = 0,155$ ou $15,5\%$.

L'avion est dans le secteur du 150 Hz prédominant.

CDB à gauche.

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 constitués 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 50Ω .



Image : Sensor Systems

Les antennes sur les aéronefs

Exemple d'antenne NAV pour petits aéronefs



RAMI

RAMI, Inc.
P.O. Box 858
Grand Haven, MI 49417-0858
(616) 842-9458
www.rami.com

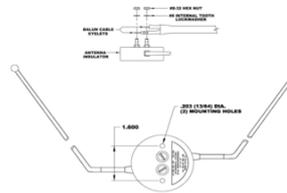
AV-532L & AV-532L
General Aircraft Navigation Antenna (VOR)
Frequency Range: 108-118 MHz, 328-336 MHz

The AV-532L model is supplied with an integral balun cable assembly.
The AV-532 model is not supplied with an integral balun cable assembly.
** An integral balun cable assembly is required for proper performance of the antenna.

The ideal mounting location for a VOR NAV antenna is on top of the vertical stabilizer. This location allows the antenna elements to be in an open area, free from any reflections or shadowing caused by the metal aircraft structure which can cause poor performance.

Installation Instructions

- 1) Drill two .203 (1/8") diameter mounting holes on aircraft at the specified distance apart shown below.
- 2) Mount the antenna using the appropriate hardware.
- 3) Remove one #8-32 hex nut and the #8 internal tooth lock washer from each stud of the antenna insulator.
- 4) Slide the integral balun cable eyelets onto the studs and secure by replacing the internal tooth lock washers and hex nuts. See illustration below.
- 5) Terminate the other end of the cable with a suitable connector to mate with the navigation receiver.



Document #27-1088-1
Rev. C, Revised Sept. 2014

Overview

The AV-532L is a VOR/LOC/GS receive only antenna which consists of taper ground high-strength 17-7PH stainless steel elements to reliably withstand vibration and wind loads. The insulators are weather-sealed compression-molded bakelite with the mounting holes provided. The unit may be mounted with the V pointed either forward or aft. The antenna is designed to operate at speeds up to 350 mph and altitudes up to 50,000 ft. It has a drag force of 3.42 lb @ 250 mph, A 30 ft. transmission line with integral balun is also supplied.

Specifications

Application: VOR/LOC/GS (Receive Only)
Frequency: 108 to 118 MHz, 328-336MHz
Impedance: 50 Ohms Nominal
VSWR: 2.0:1 Maximum
Pattern: Omni-Directional
Connector: Threaded studs to accept transmission line assembly with integral balun transformer (included)
Max Weight: 11 oz
FAA TSO: C40c

Les antennes sur les aéronefs

Exemple d'antenne combinée VOR/LOC et GS



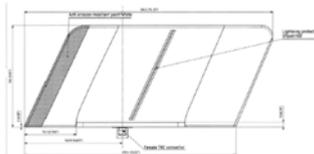
The passive VOR/LOC/GS antenna P/N 6243-83-00 is designed for use on fixed-wings and helicopters.

This antenna set includes two radiating elements embedded into blade radomes (6244-44), and a dual BNC output coupler (5046-89) providing separate RF cables for NAV 1 and NAV 2 receivers.

It provides Glide Slope reception capability and is aerodynamically-designed to reduce size and drag. The two blade radomes feature anti-static paint to minimize static peak. Leading-edge protection guards against erosion, and a strip diverter shields against direct lightning.

About Cobham Aerospace Communications

Cobham Aerospace Communications is a global supplier of avionics and slip-ring solutions for civil and military applications.



VOR/LOC/GS ANTENNA 6243-83-00:

Frequency range: VOR/LOC: 108-118 MHz
Glide Slope: 328-336 MHz

Nominal impedance: 50 Ohms
VSWR: ≤ 5
Typical VSWR curve:

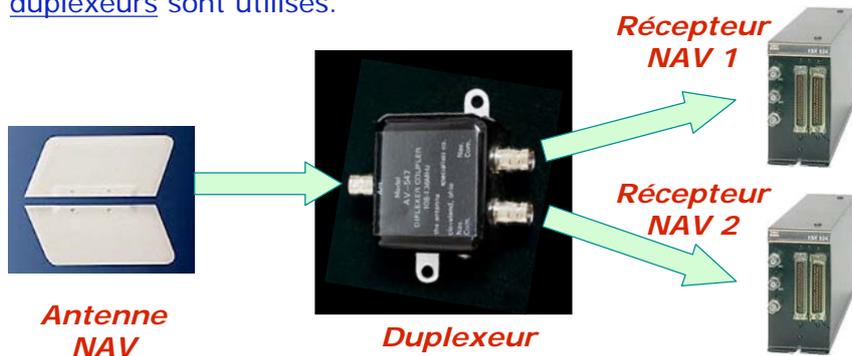


Polarization: Linear Horizontal
Dimensions/Weight (approx.):
Sizes: See drawing (mm/inch)
Weight: ≤ 1.6 kg / 3.5 lbs (antennas + coupler)
Antenna Connectors: TNC Female
Coupler Connectors: BNC Female
Compliance:
Operating temperature range: -55°C to +85°C
Altitude: 51,000 ft
Sealing: by O-ring

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.



Les antennes sur les aéronefs

Petits avions



Image : Aviationstackexchange

Les antennes sur les aéronefs

Hélicoptères



Photo © Pierre GILLARD/2019-800426

Les antennes sur les aéronefs

Avions de transport régional



Pierre GILLARD/002101

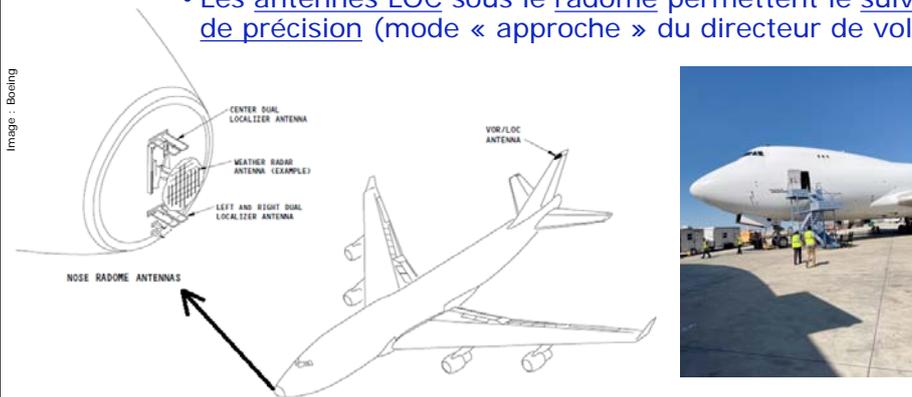


Antenne NAV (VOR-LOC)

Les antennes sur les aéronefs

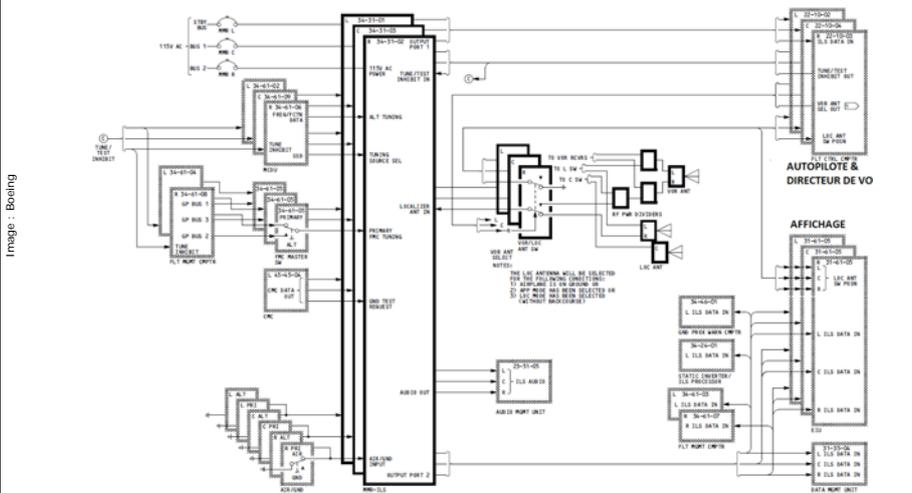
Boeing 747

- 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).



Les antennes sur les aéronefs

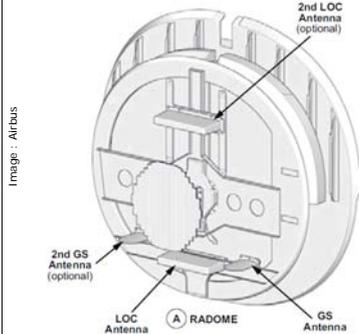
Boeing 747



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.



Les antennes sur les aéronefs

Airbus A220

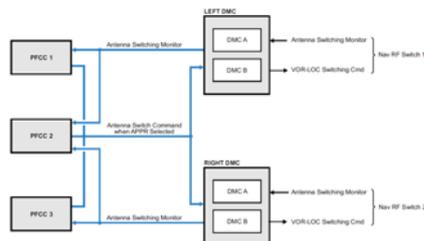
- Ces deux antennes GS dans le radôme sont utilisées exclusivement en mode APPR.
- De manière générale, l'antenne VOR/LOC dans la dérive est utilisée.

VHF NAVIGATION ANTENNA SWITCHING

The VHF navigation receivers are connected to a single VOR antenna during flight.

After selection of the approach (APPR) switch on the flight control panel (FCP), a RF switching circuit disconnects the VOR antenna and connects the VHF navigation receivers to a dual-localizer (LOC) antenna. The DMCs relay the PFCCs command to control the RF switches for the VOR and LOC antenna selection.

The optional third VHF navigation system is provided with a dedicated input from a combined VOR/LOC antenna, and does not require antenna switching.



DMC = Display Management Computer
PFCC = Primary Flight Control Computer

Les antennes sur les aéronefs

Airbus A220

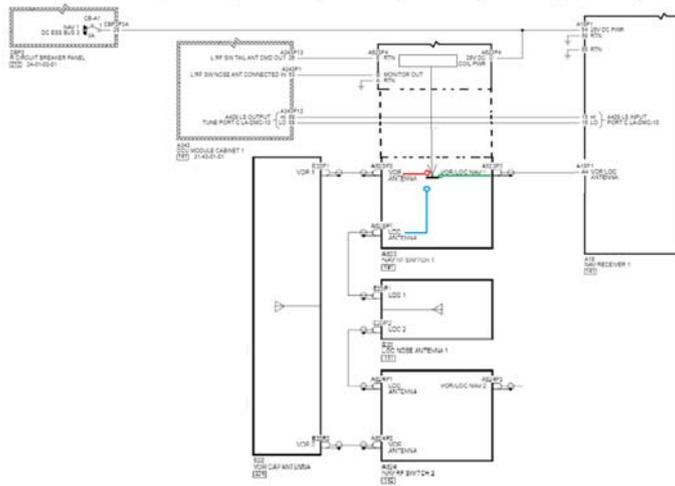


Image : Airbus

Les récepteurs LOC

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

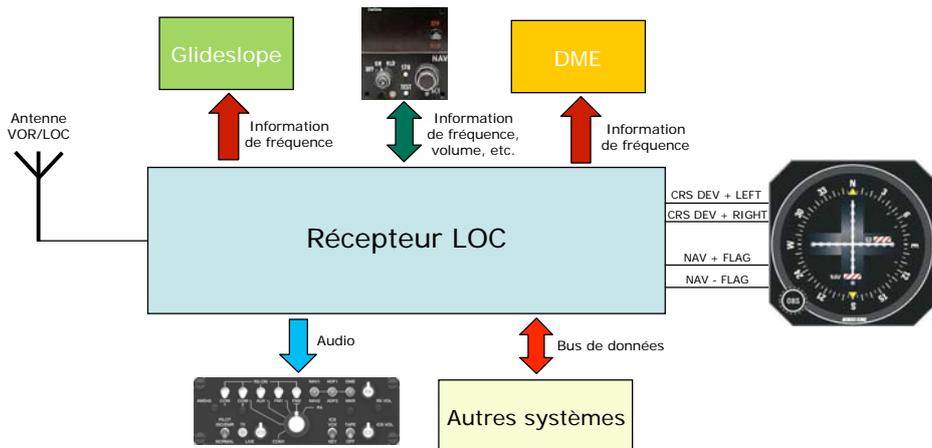
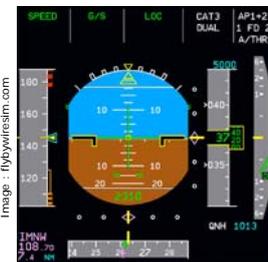


Image : Département d'avionique

Les indicateurs et affichages

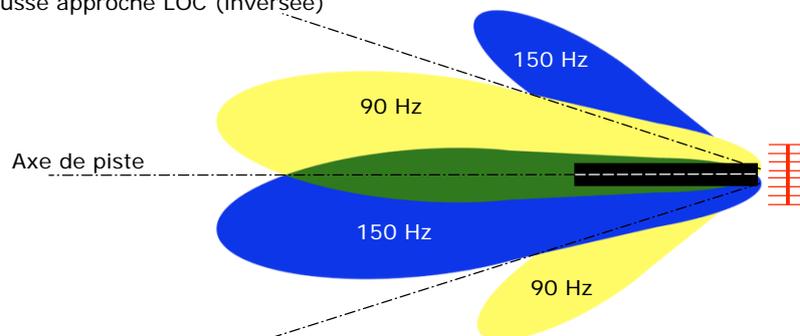


- Peu importe le type d'indicateur, analogique ou synthétique (EFIS), la déviatiion maximale de l'aiguille (CDB) correspond à 2,5° de part et d'autre du repère central.
- La déviatiion maximale d'un côté ou de l'autre correspond à DDM = 0,155 (15,5%) selon la recommandation du RTCA DO-195.
- Souvent, les indicateurs analogiques auront cinq 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 = 0,016 (1,6%).

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.

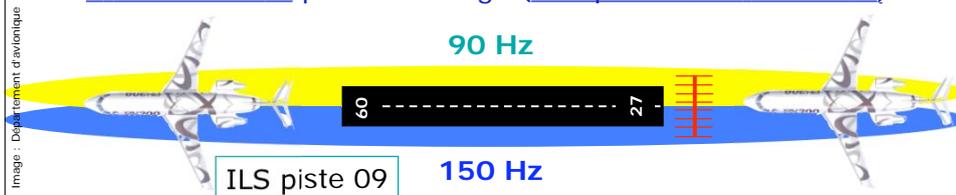
Fausse approche LOC (inversée)



Fausse approche LOC (inversée)

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 »).

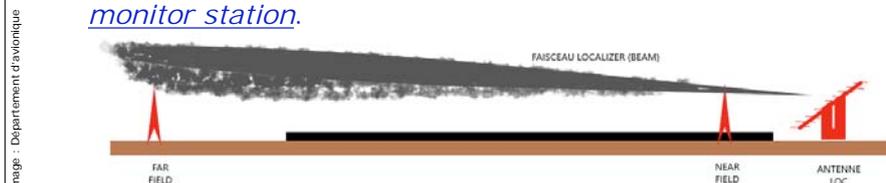


- De multiples erreurs sont possibles sur le signal transmis, dont les réflexions (*multipaths*) et la courbure du signal (*signal bending*).
- La proximité de stations radio FM commerciales représente un risque possible de saturation du récepteur.

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.

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.

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 :

Aiguille d'écart latéral
(CDB - Course Deviation Bar)
0,5° / dot.

Drapeau NAV (flag).

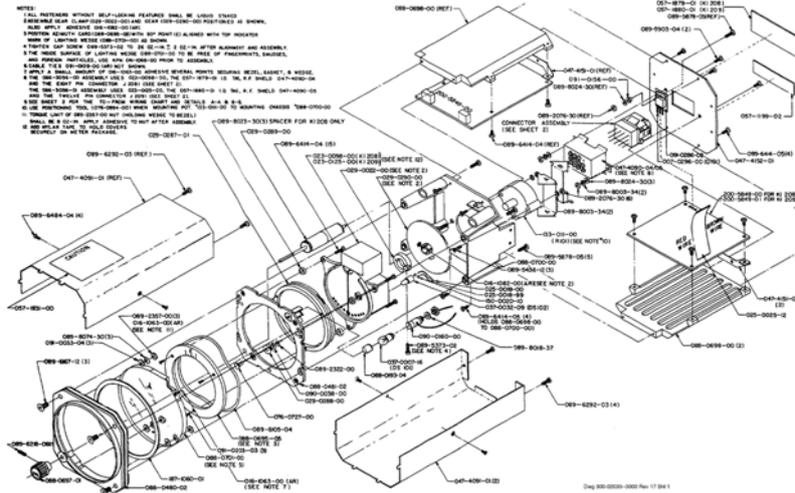


Image : King

- Le reste est dédié au VOR et au GS.

Étude de l'indicateur KING KI209

Présentation



© Département d'avionique

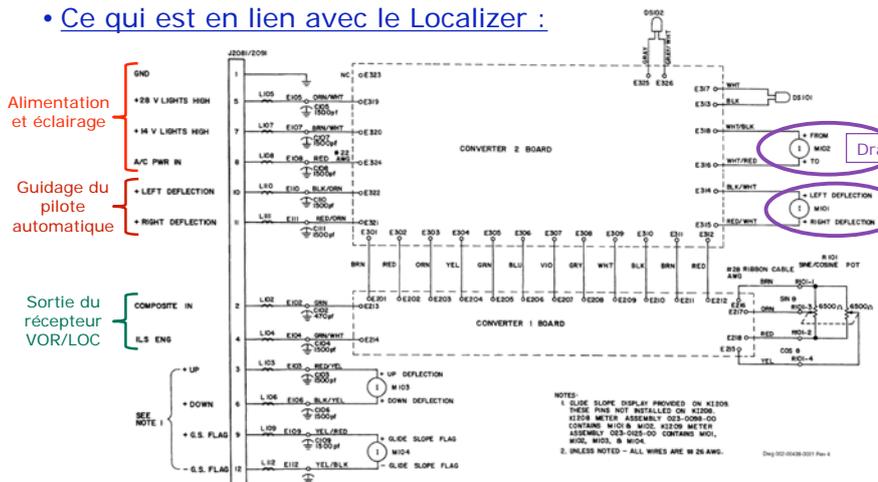
Document à des fins de formation

Image : King

Étude de l'indicateur KING KI209

Connexions du convertisseur

- Ce qui est en lien avec le Localizer :



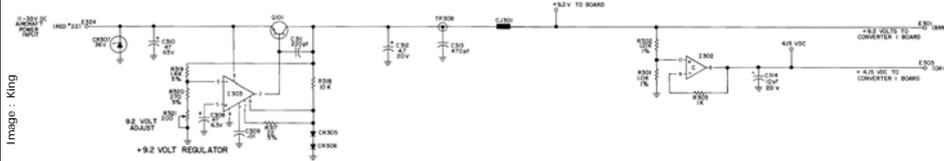
© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Image : King/Département d'avionique

Étude de l'indicateur KING KI209

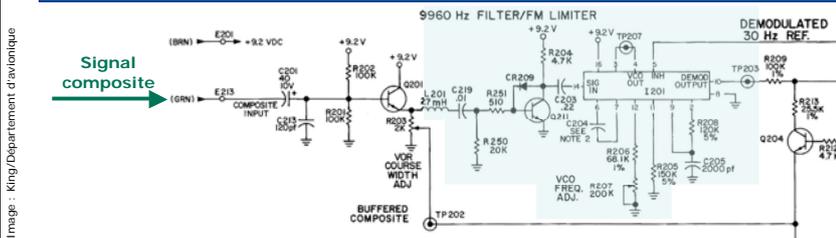
Alimentation



- À partir de la tension de l'aéronef (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).

Étude de l'indicateur KING KI209

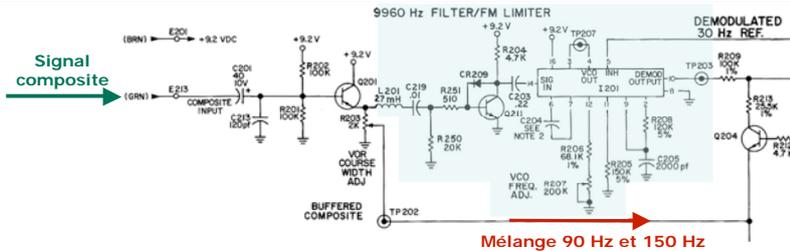
Étage tampon d'entrée



- 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).

Étude de l'indicateur KING KI209

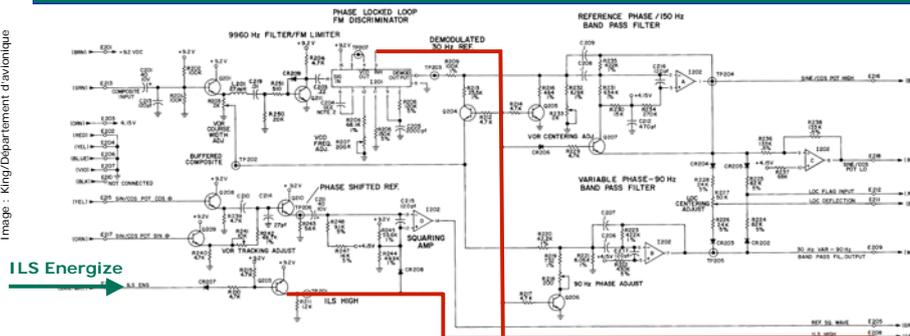
Étage tampon d'entrée



- 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.

Étude de l'indicateur KING KI209

Sélection VOR-LOC

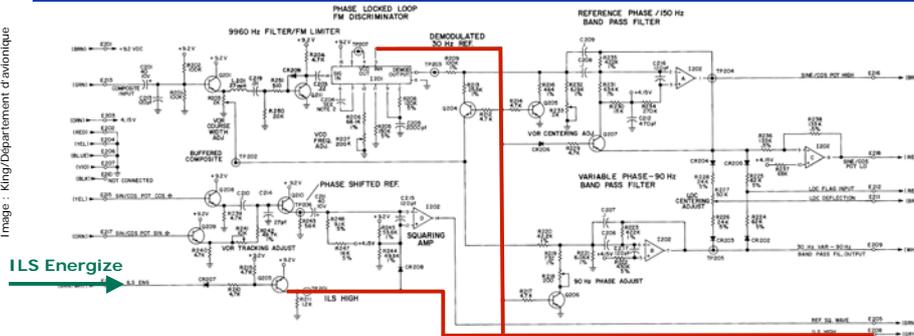


- Lorsqu'une masse est appliquée sur ILS ENERGIZE (synthonsation d'une fréquence ILS), Q203 passe en conduction.
- Ceci a pour effet d'amener 9 V à TP201 (ILS HIGH).

Étude de l'indicateur KING KI209

Sélection VOR-LOC

Image : King/Département d'avionique

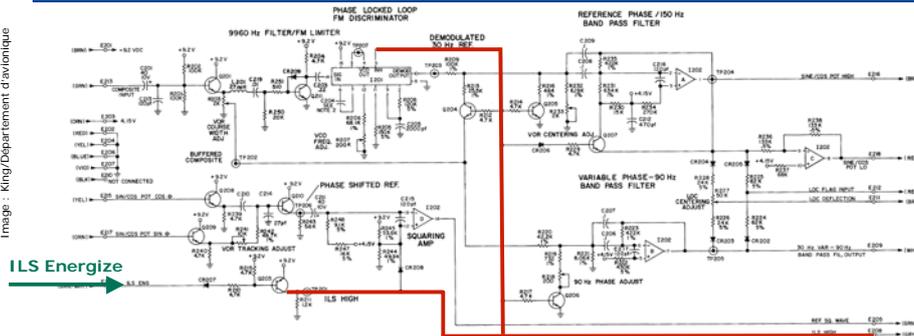


- ILS HIGH étant à 9 V, Q204, Q205, Q206 et Q207 sont amenés à saturation (conduction).
- Une tension de 9 V étant appliquée à la borne 5 d'I201, ceci désactive la boucle à verrouillage de phase du discriminateur FM (VOR) et la rend inerte.

Étude de l'indicateur KING KI209

Sélection VOR-LOC

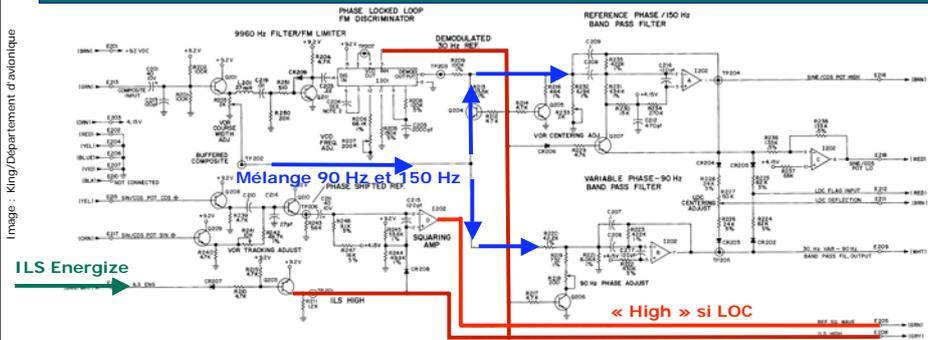
Image : King/Département d'avionique



- 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.

Étude de l'indicateur KING KI209

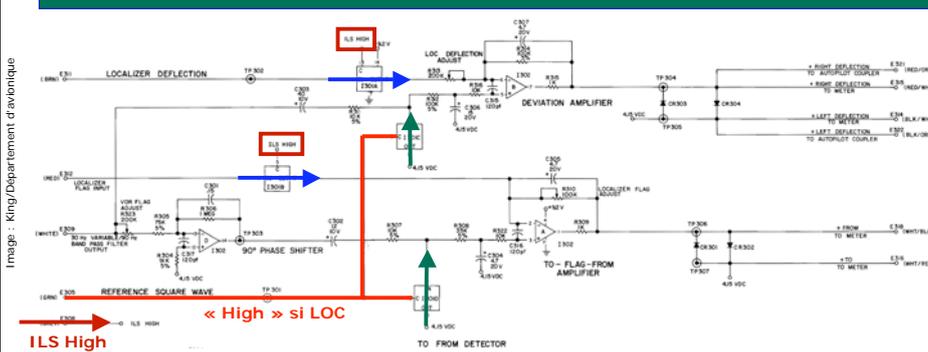
Sélection VOR-LOC



- 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.

Étude de l'indicateur KING KI209

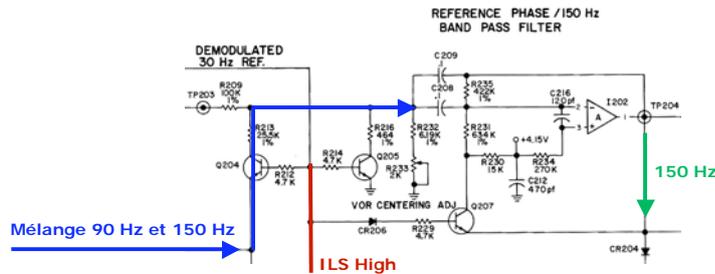
Sélection VOR-LOC



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

Étude de l'indicateur KING KI209

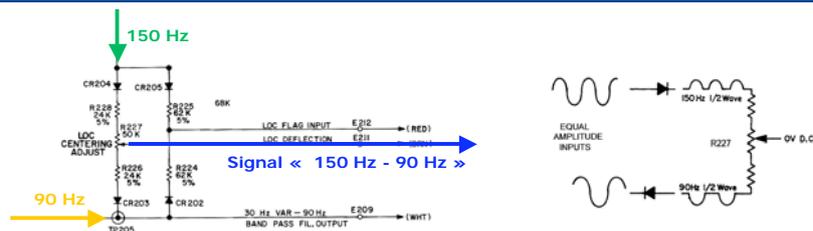
Filtre passe-bande de 150 Hz



- 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.

Étude de l'indicateur KING KI209

Déflexion du LOC



- 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 négative dans le cas contraire.
- En réalité, il faudra tenir compte de la tension de polarisation de 4,15 V.

