



Photo auteur inconnu

## Le Marker Beacon

## Avant de débuter le cours ...



**Merci !**

## Présentation du cours

Image : PS Engineering



- Introduction.
- Modulation des signaux MB.
- Les installations au sol.
- Les antennes sur les aéronefs.
- Les récepteurs MB.
- Les indicateurs et affichages.
- Étude du récepteur KING KMA24.

## Introduction

Images : PS Engineering et King

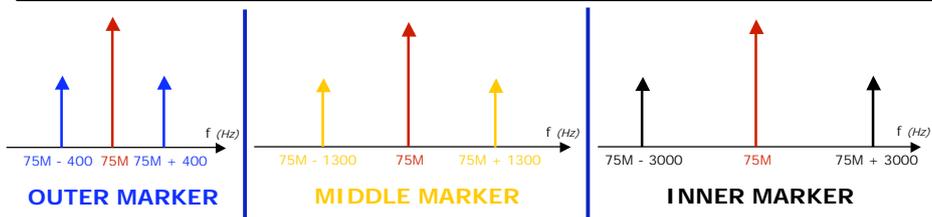


- Le Marker Beacon (MB ou MKR), ou radio-bornes, permet d'indiquer au pilote la distance séparant son aéronef par rapport au seuil de piste.
- La fréquence porteuse des trois stations au sol est identique : 75 MHz.
- La polarisation de l'onde électromagnétique est horizontale.
- Les trois balises sont l'Outer Marker (OM), le Middle Marker (MM) et l'Inner Marker (IM).
- Actuellement, les MB sont souvent remplacés par un DME plus précis (exemple IHU à Saint-Hubert).
- Au Canada, il n'y a plus de MB. Dans ce cas, pour intercepter le Glideslope, on utilisera une balise NDB (ADF) ou un point de route GPS (RNAV) en lieu et place de l'Outer Marker.

## Modulation des signaux MB

- Chaque balise MB émet une fréquence audio distincte modulée en AM avec une fréquence porteuse de 75 MHz :

OM	-----	Bleu	400 Hz	4 à 7 NM, point d'interception GS à l'altitude publiée.
MM	--- ---	Ambre	1300 Hz	3500 ft, DH d'environ 200 ft (CAT I)
IM	.....	Blanc	3000 Hz	1000 ft, DH d'environ 100 ft (CAT II)
BC	.....	Blanc		



- À la réception de chaque fréquence audio correspond l'allumage d'une lampe de couleur sur le tableau de bord de l'aéronef.

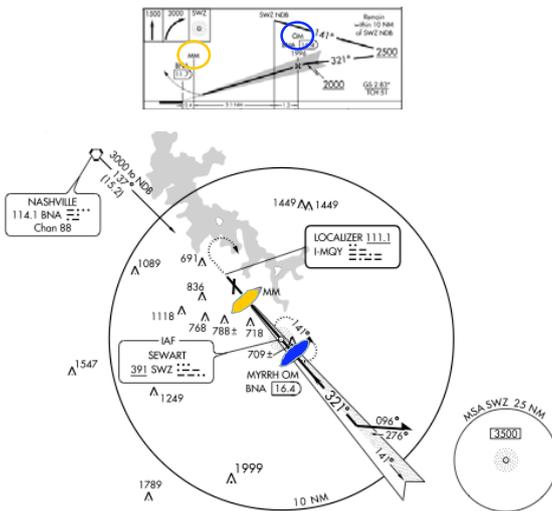
## Les installations au sol



Image : auteur inconnu

- Les installations MB au sol consistent en trois stations implantées à des endroits stratégiques dans le prolongement de l'axe de piste.
- L'antenne de chaque station est directionnelle avec une propagation orientée vers le haut et est à polarisation horizontale.
- Dans certains cas, il n'y a pas d'Inner Marker.

## Les installations au sol



- L'Outer Marker correspond à un point où le glideslope devrait avoir été capturé.
- Le Middle Marker est établi à une distance correspondant à une altitude de 200 pieds AGL (hauteur de décision CAT 1).
- L'Inner Marker serait pour les hauteurs de décision CAT 2, mais aussi pour les Airways (A) Markers (bornes implantées sur une route aérienne).

## Les antennes sur les aéronefs



- Les antennes MB existent sous deux formes différentes.
- Sur les aéronefs plus anciens, il s'agit d'une antenne courbée horizontalement d'environ 1 mètre de longueur.
- Actuellement, il s'agit d'une antenne profilée de forme allongée d'une trentaine de centimètres de long.
- Il s'agit d'une polarisation horizontale.

## Les antennes sur les aéronefs

### Avions de transport régional



Pierre GILLARD/02101

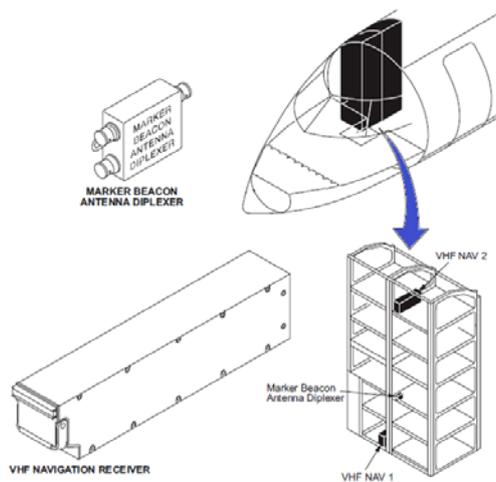


*Antenne MKR*

## Les antennes sur les aéronefs

### Utilisation de multiplexeurs

- Les plus gros aéronefs sont en général équipés de deux récepteurs MB.
- Dans ce cas, ils sont connectés à une seule antenne en utilisant un duplexeur.



Images : Bombardier

## Les récepteurs MB

- Les récepteurs MB sont indépendants des autres récepteurs NAV.
- Actuellement, ils sont intégrés dans le même boîtier que les récepteurs VOR-LOC et GS.

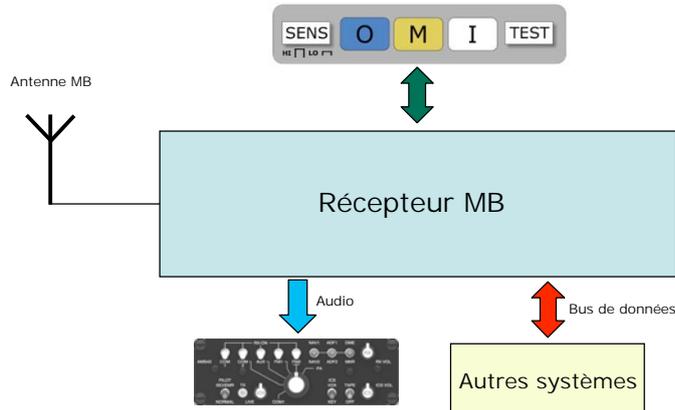


Image : Département d'avionique

## Les indicateurs et affichages



Images : Département d'avionique



- Les indicateurs analogiques comportent les trois lampes correspondant aux trois balises.
- Il y a aussi un bouton permettant d'augmenter la sensibilité du récepteur pour capter les balises en airway.
- Enfin, il y a un bouton de test des lampes.
- Sur les systèmes EFIS, tout est affiché sur le PFD.
- Et il y a aussi les trois tonalités audio.

## Les indicateurs et affichages



La **radioborne extérieure** - OM (*Outer Marker*) est placée à environ 5 NM de la piste et émet un signal modulé par une fréquence de 400 Hz (tonalité grave) constituant un code Morse formé d'une série de traits continus.

La **radioborne intermédiaire** - MM (*Middle Marker*) est placée à 0,6 NM de la piste et émet un signal modulé par une fréquence de 1300 Hz constituant un code Morse formé d'une série de traits et des points alternatifs.

La **radioborne intérieure** - IM (*Inner Marker*) est placée à 0,3 NM de la piste et émet un signal modulé par une fréquence de 3000 Hz (tonalité aiguë) constituant un code Morse formé d'une série de points continus.

## Les indicateurs et affichages



- Et il y a aussi les trois tonalités audio.
- On écoute celles-ci en utilisant la sélection adéquate sur la console audio.

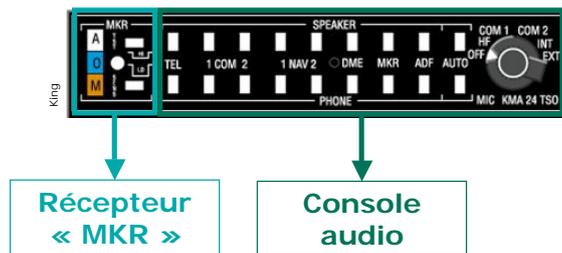


Images : Cablès, Garmin, King et NAT

## Étude du récepteur KING KMA24

### Présentation

- Le King KMA24 est avant tout une console audio.
- Un récepteur MB (MKR) y est intégré :



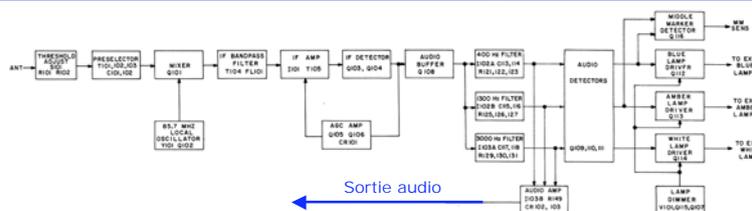
Récepteur  
« MKR »

Console  
audio

- Dans la version KMA24H, le récepteur MB est remplacé par un interphone.

## Étude du récepteur KING KMA24

### Le récepteur MB

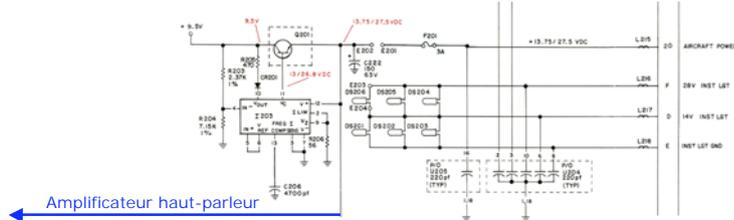


Sortie audio

- Le récepteur MB de la console KMA24 est assez simple.
- Il y a un ajustement de seuil à l'entrée, un présélecteur, un mélangeur avec la fréquence produite par l'oscillateur local, un étage fréquence intermédiaire avec amplificateur, trois filtres, les détecteurs audio, le contrôle des trois lampes et un amplificateur audio.

## Étude du récepteur KING KMA24

### Le récepteur MB

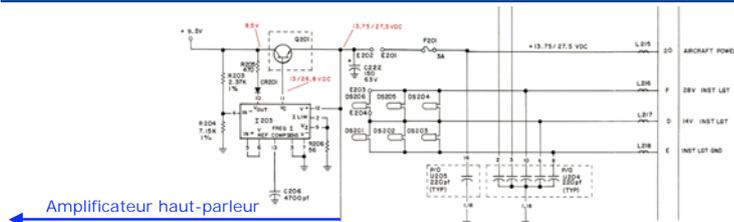


← Amplificateur haut-parleur

- Le circuit du récepteur MB fonctionne avec une tension de 9,5 V.
- Une alimentation permet d'amener la tension de l'aéronef (14 V ou 28V) à 9,5 V.
- L'alimentation est protégée par le fusible F201 de 3 ampères.
- Q201 est le transistor de puissance amenant la tension de l'aéronef à 9,5 V.

## Étude du récepteur KING KMA24

### Le récepteur MB

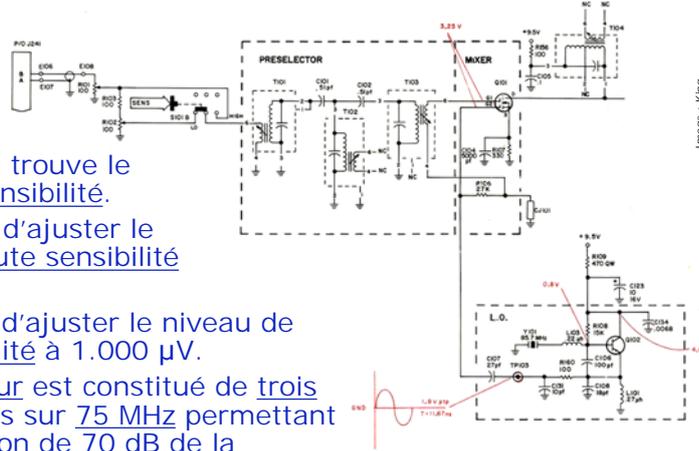


← Amplificateur haut-parleur

- La tension de sortie de Q201 est contrôlée par I203 qui dispose d'une protection en courant.
- Les résistances de précision R203 et R204 donnent la consigne de tension de sortie (9,5 V) à I203.
- R206 permet de fixer la valeur du courant limite dans Q201.
- Via R205 et CR201, I203 (#10) mesure la tension de sortie et bloque l'alimentation si la tension excède 12 V.

## Étude du récepteur KING KMA24

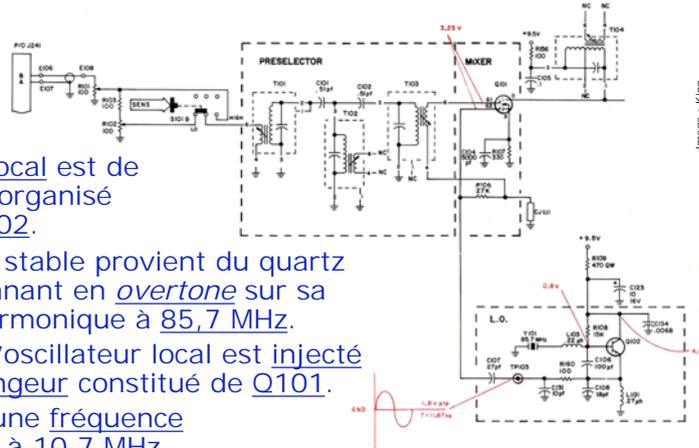
### Le récepteur MB



- À l'entrée, on trouve le réglage de sensibilité.
- R101 permet d'ajuster le niveau de haute sensibilité à 200  $\mu\text{V}$ .
- R102 permet d'ajuster le niveau de basse sensibilité à 1.000  $\mu\text{V}$ .
- Le présélecteur est constitué de trois étages centrés sur 75 MHz permettant une atténuation de 70 dB de la fréquence image à 96,4 MHz et au-delà.

## Étude du récepteur KING KMA24

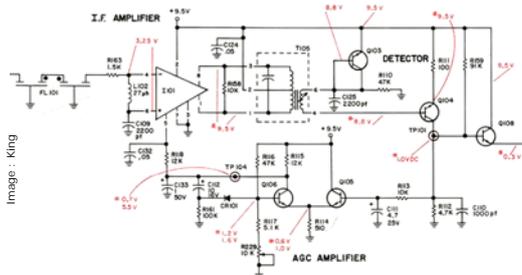
### Le récepteur MB



- L'oscillateur local est de type Colpitts organisé autour de Q102.
- Sa fréquence stable provient du quartz Y101 fonctionnant en overtone sur sa cinquième harmonique à 85,7 MHz.
- Le signal de l'oscillateur local est injecté dans le mélangeur constitué de Q101.
- Il en résulte une fréquence intermédiaire à 10,7 MHz.
- T104, C105 et R156 agissent comme un premier filtre FI.

## Étude du récepteur KING KMA24

### Le récepteur MB

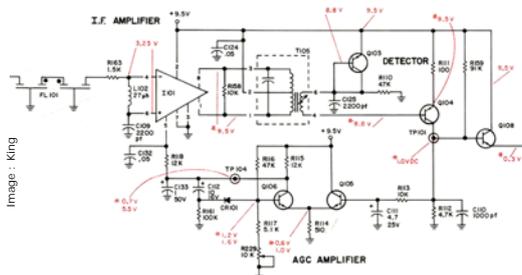


- FL101 est un filtre FI à cristaux à quatre pôles.
- R163 et L102 permettent l'adaptation d'impédance entre FL101 et l'ampli I101.
- I101 est l'amplificateur FI dont le gain est contrôlé par un circuit d'AGC.

- La sortie d'I101 est différentielle et se retrouve au primaire de T105.
- T105 est ajusté à 10,7 MHz et son rôle consiste à améliorer la sélectivité de la réception.
- Q103 et Q104 forment le détecteur.
- Q103 polarise Q104 de manière à amener Q104 au seuil de la conduction en l'absence de signal.

## Étude du récepteur KING KMA24

### Le récepteur MB

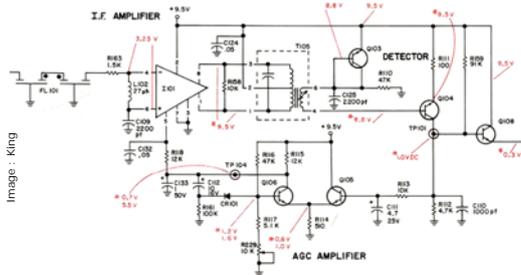


- Q104 sera passant uniquement lors des demi-alternances négatives du signal FI.
- C110 est le « frequency killer » de la FI.
- Q108 est un étage tampon dont la sortie se rend aux trois filtres.

- À TP101, nous avons donc le signal BF démodulé.
- C'est à cet endroit que l'on prélève le signal de commande de l'AGC.
- Le gain d'I101 sera minimal lorsque la tension à borne 5 sera élevée.

## Étude du récepteur KING KMA24

### Le récepteur MB

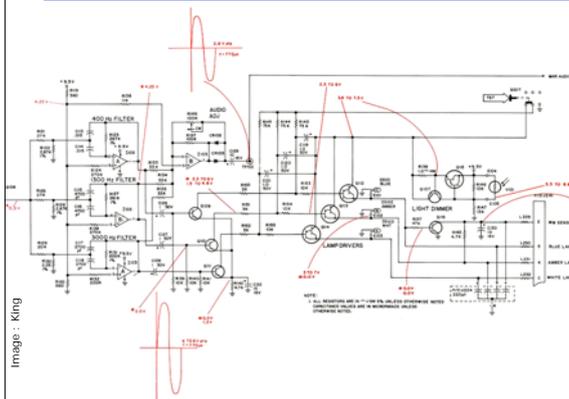


- R113 et C111, avec leur constante de temps élevée, éliminent tout signal BF pour fournir une tension DC à la base de Q105.
- Celle-ci correspond à la tension DC de polarisation fixe de Q104 à laquelle s'ajoute la moyenne de la modulation.

- Q105 et Q106 forment un ampli différentiel.
- Donc, dès que le niveau de la modulation augmente, Q105 devient conducteur à partir du moment où le seuil de conduction de Q106 est franchi.
- De ce fait, la tension à TP104 augmente et réduit le gain d'I101.

## Étude du récepteur KING KMA24

### Le récepteur MB

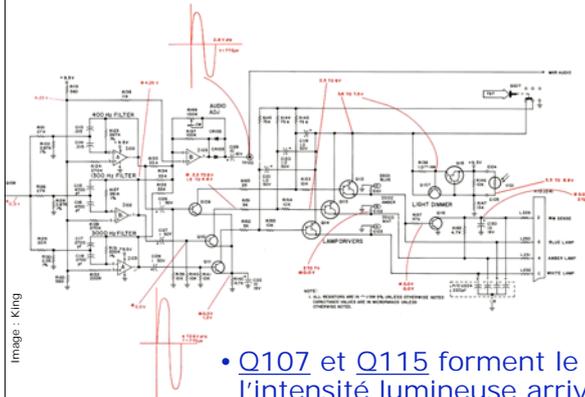


- Le signal BF détecté arrive aux trois filtres actifs : I102A pour le 400 Hz, I102B pour le 1.300 Hz et I103A pour le 3.000 Hz.
- Les sorties des trois filtres actifs sont connectés à l'ampli audio additionneur I103B via les résistances R133, R134 et R135.

- R149 permet d'ajuster le niveau de sortie audio en influençant le gain de l'ampli I103B.

## Étude du récepteur KING KMA24

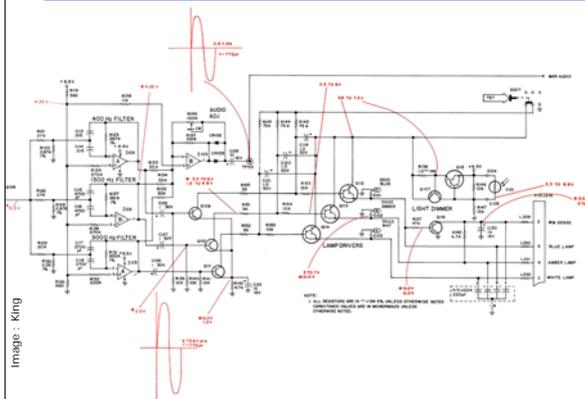
### Le récepteur MB



- CR102 et CR103 créent un seuil de fonctionnement afin d'éviter que du bruit nuisible ne soit amplifié et se rende à la sortie audio.
- TP102 représente la sortie audio se rendant à la console audio de l'aéronef.
- Q107 et Q115 forment le circuit de dimmer selon l'intensité lumineuse arrivant sur V101.
- Si l'intensité lumineuse augmente, la résistance de V101 diminue et Q115 devient plus conducteur faisant augmenter la tension de sortie du circuit éventuellement jusqu'à 7,5 V.

## Étude du récepteur KING KMA24

### Le récepteur MB



- R138 et Q107 forment une protection en courant au cas où une des sorties des lampes extérieures serait en court-circuit ou drainerait trop de courant.
- Le bouton de test amène une masse provoquant la conduction des trois transistors Q112, Q113 et Q114.
- Ce faisant, les trois lampes doivent s'allumer, permettant ainsi de vérifier leur état.

## Étude du récepteur KING KMA24

### Le récepteur MB

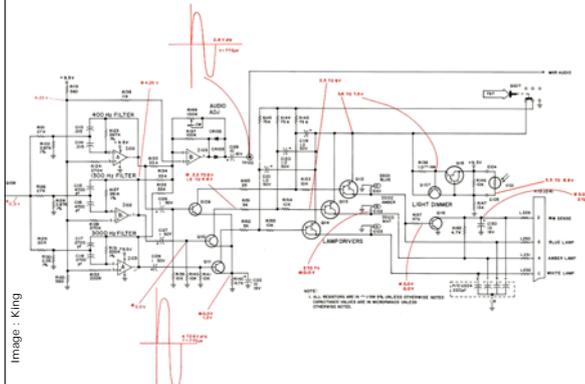


Image : King

- Les sorties des trois filtres actifs se rendent chacune à un circuit de déclenchement des lampes.
- Q109 contrôle Q112 et la lampe bleue (OM), Q110 contrôle Q113 et la lampe ambré (MM) et Q111 contrôle Q114 et la lampe blanche (IM).
- Si on prend l'exemple du filtre à 400 Hz, dès qu'un signal à 400 Hz est présent à la sortie d'I102A, celui-ci va mettre Q109 en conduction, provoquant la conduction de Q112 et l'allumage de la lampe bleue.

## Étude du récepteur KING KMA24

### Le récepteur MB

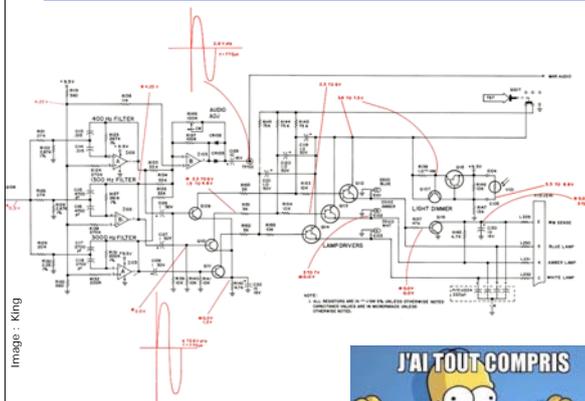


Image : King

- La sortie « MM SENSE » consiste simplement en la tension de la lampe ambré prélevée au travers de la résistance R162.
- Q116 a pour but de maintenir cette sortie à 0 V lors d'un test des lampes.





Photo © Pierre GILLARD/2018-522936

*Merci de votre attention*