## Le *Marker Beacon*



## Avant de débuter le cours ...

## Présentation du cours

- 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

- 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.

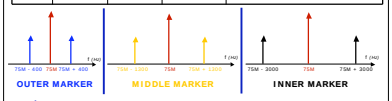
- Les trois balises sont l'Outer Marker (OM), le Middle Marker (MM) et l'Inner Marker (IM).
- Actuellement, les MB sont souvent remplacés par un DME plus précis (exemple IHU à Saint-Hubert).
- Au Canada, il n'y a plus de MB. Dans ce cas, pour intercepter le Glideslope, on utilisera une balise NDB (ADF) 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.

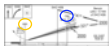


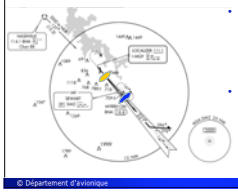
## Les installations au sol

- 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

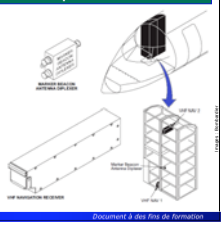
**Avions de transport régional**

*Antenne MKR*

## Les antennes sur les aéronefs

**Utilisation de multiplexeurs**

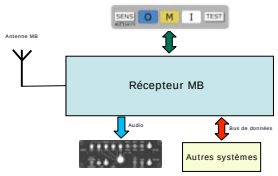
- Les plus gros aéronefs sont en général équipé de deux récepteurs MB.
- Dans ce cas, ils sont connectés à une seule antenne en utilisant un duplexeur.





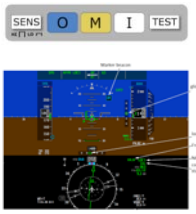
## Les récepteurs MB

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






## Les indicateurs et affichages




- 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

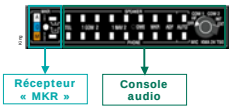
- Et il y a aussi les trois tonalités audio.
- On écoute celles-ci en utilisant la sélection adéquate sur la console audio.



## Étude du récepteur KING KMA24

**Présentation**

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




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



## Étude du récepteur KING KMA24

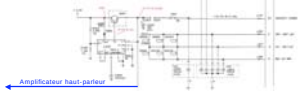
**Le récepteur MB**

- 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**

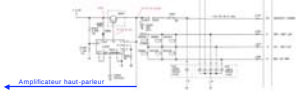



- Le circuit du récepteur MB fonctionne avec une tension de 9,5 V.
- Une alimentation permet d'amener la tension de l'aéronef (14 V ou 28V) à 9,5 V.
- L'alimentation est protégée par le fusible F201 de 3 ampères.
- Q201 est le transistor de puissance amenant la tension de l'aéronef à 9,5 V.



## Étude du récepteur KING KMA24

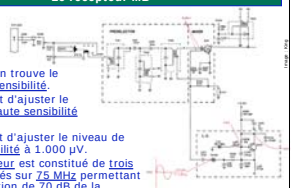
**Le récepteur MB**




- 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 µV.
- R102 permet d'ajuster le niveau de basse sensibilité à 1.000 µV.
- 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

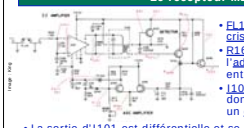
### Le récepteur MB

- 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

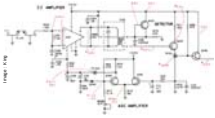


- FL101 est un filtre FI à cristaux à quatre pôles.
- R163 et L102 permettent l'adaptation d'impédance entre FL101 et l'ampli I101.
- I101 est l'amplificateur FI dont le gain est contrôlé par un circuit d'AGC.
- La sortie d'I101 est différentielle et se retrouve au primaire de T105.
- T105 est ajusté 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

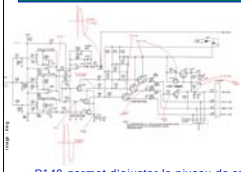
### Le récepteur MB

- 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

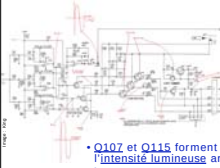


- Le signal BF détecté arrive aux trois filtres actifs : I102A pour le 400 Hz, I102B pour le 1.300 Hz et I103A pour le 3.000 Hz.
- Les sorties des trois filtres actifs sont connectés à l'ampli audio additionneur I103B via les résistances R133, R134 et R135.
- R149 permet d'ajuster le niveau de sortie audio en influençant le gain de l'ampli I103B.



## Étude du récepteur KING KMA24

### Le récepteur MB

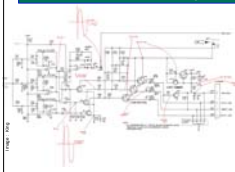


- CR102 et CR103 créent un seuil de fonctionnement afin d'éviter que du bruit nuisible ne soit amplifié et se rende à la sortie audio.
- TP102 représente la sortie audio se rendant à la console audio de l'aéronef.
- Q107 et Q115 forment le circuit de *dimmer* selon l'intensité lumineuse arrivant sur 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

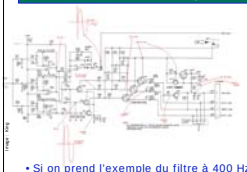


- R138 et Q107 forment une protection en courant au cas ou une des sorties des lampes extérieures serait en court-circuit ou drainerait trop de courant.
- Le bouton de test amène une masse provoquant la conduction des trois transistors Q112, Q113 et Q114.
- Ce faisant, les trois lampes doivent s'allumer,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



## Étude du récepteur KING KMA24

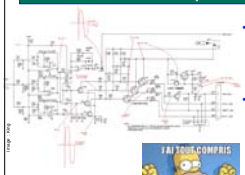
### Le récepteur MB



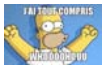
- Les sorties des trois filtres actifs se rendent chacune à un circuit de déclenchement des lampes.
- Q109 contrôle Q112 et la lampe bleue (OM), Q110 contrôle Q113 et la lampe ambre (MM) et Q111 contrôle Q114 et la lampe blanche (IM).
- Si on prend l'exemple du filtre à 400 Hz, dès qu'un signal à 400 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



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



*Merci de votre attention*