

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

**Les émetteurs-récepteurs VHF-COM (AM)**

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

Avant de débuter le cours ...

**Merci !**

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

**Présentation du cours**

- Introduction
- Caractéristiques et bandes de fréquences.
- Equipements et installation.
- Les antennes et leur implantation.
- Utilisation.
- La modulation CW – Continuous Wave.
- La modulation d'amplitude.
- Les émetteurs-récepteurs VHF-AM.
- Etude du King KY97A.
- Aspects réglementaires.
- Performances d'une radio AM.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

**Introduction**

- Les liaisons radio VHF-COM en aviation sont essentielles puis qu'il s'agit du principal moyen de radiocommunication entre les centres de contrôle du trafic aérien et les aéronefs.
- Historiquement, elles ont toujours utilisé la modulation d'amplitude.
- Les liaisons VHF-COM servent également à transmettre des données des systèmes ACARS, AFIS et, potentiellement, ADS-B (Europe).

• Un projet d'Aireon existe afin de développer un réseau de communication VHF par satellites.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

**Caractéristiques et bandes de fréquences**

**Caractéristiques générales**

**BANDE DE FRÉQUENCES :** 118.000 à 137.000 MHz  
**SÉPARATION DES CANAUX :** 50 kHz, 25 kHz ou 8.33 kHz  
**MODULATION :** AM (amplitude)  
**SIMPLEX / DUPLEX :** Simplex  
**PORTÉE :** Limitée par l'horizon  
**PUISSANCES :** 5 à 25 Watts  
**APPELS SÉLECTIFS :** Avec dispositif SELCAL

- ✓ Communications ATC.
- ✓ Communications air-air.
- ✓ Fréquence de détresse (121.50 MHz).

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

**Caractéristiques et bandes de fréquences**

**Bandes de fréquences et séparation des canaux**

Fréquence inférieure (MHz)	Fréquence supérieure (MHz)	Espaceur entre canaux	Nombre de canaux
118.000 MHz	136.000 MHz	50 kHz	360
118.000 MHz	136.000 MHz	25 kHz	720
118.000 MHz	137.000 MHz	25 kHz	760
118.000 MHz	137.000 MHz	8.33 kHz	2.280

• L'espacement de canal de **50 kHz** n'est plus autorisé.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

**Caractéristiques et bandes de fréquences**

**Bandes de fréquences et séparation des canaux**

- Au départ, l'espacement à **8.33 KHz** était seulement requis en Europe pour les avions évoluant à un niveau de vol égal ou supérieur au **FL190**.
- Mais, en Europe, depuis **2018**, tous les aéronefs, y compris ceux évoluant en dessous du FL190, sont équipés de radios VHF-COM à **8.33 KHz**.
- Voici un exemple de l'organisation de la bande de fréquences entre 118 et 137 MHz en Europe :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

**Caractéristiques et bandes de fréquences**

**Affichage des fréquences**

- Radios à **25 KHz** :
- Radios à **8.33 KHz** :

118,000 MHz	<b>118.00</b>	118,00000 MHz	<b>118.000</b>
		118,00833 MHz	<b>118.005</b>
		118,01666 MHz	<b>118.010</b>
118,025 MHz	<b>118.02</b>	118,02500 MHz	<b>118.015</b>
			<b>118.020</b>
			<b>118.025</b>
			<b>118.030</b>
			<b>118.035</b>
			<b>118.040</b>
118,050 MHz	<b>118.05</b>		<b>118.045</b>
			<b>118.050</b>

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

**Caractéristiques et bandes de fréquences**

**Affichage des fréquences**

• Exemple – Evolution en Europe :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Équipements et installation**

**Exemples d'équipements**

- Radios de type « monobloc » pour aviation générale :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Équipements et installation**

**Exemples d'équipements**

- Radios pour avions d'affaires ou commerciaux :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Équipements et installation**

**Exemples d'équipements**

- Radios pour avions d'affaires ou commerciaux :
- Souvent, l'ensemble des radios est contrôlé par un RTU (Radio Tuning Unit).

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Équipements et installation**

**Exemples d'équipements**

- Radios pour avions d'affaires ou commerciaux :
- Systèmes de contrôle multifonctions à écrans tactiles (ex. Garmin G5000).

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Équipements et installation**

**Exemples d'équipements**

- Systèmes avioniques intégrés :
- Les émetteurs-récepteurs VHF-COM sont des modules constituant des systèmes avioniques intégrés.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Équipements et installation**

**Exemples d'équipements**

- Exemple de caractéristiques (Rockwell Collins VHF-22A/422) :

**KEY OWNER/USER BENEFITS**

- ANNC 428, C208 and analog tuning capabilities provide a variety of installation options.
- Frequency read-out and auto-tuning control tuning is provided via the digital display and/or control knob.
- Three frequency ranges are available (118 to 136, 118 to 135, 118 to 132) to meet current operational requirements.
- Compliance with EASA and FAA regulatory requirements.
- VHF-422 meets E21 (EASA) and E22 (FAA) requirements (Category II).
- VHF-422 meets D3 (EASA) and D3 (FAA) requirements (Level II).
- Features available for use in installations with GPS receivers.
- Meets EASA Annex 10 (II) and FAA Advisory Circular (AC) 20-138B and 20-138C.
- Designed for optimal performance, rugged capability and convenient mechanical design.
- Significant weight savings is provided by a minimized number of parts, highly efficient use of total power and careful thermal design.
- Advanced signal processing provides superior audio quality while ensuring all requirements.
- Modular approach allows for personal communication systems, dual microphone and control system interface.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Équipements et installation**

**Exemple d'installation**

- Canadair CL601-3A Challenger :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Équipements et installation**

**Exemple d'installation**

- Canadair CL601-3A Challenger :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Équipements et installation**

**Bus de données**

**Information de fréquence**

**Liaison ?**

• Exemple : bus 2 de 5.

10 MHz	1 MHz/100 KHz
100 A=0, B=0	1
110 A=1, B=0	2
120 A=0, B=1	3
130 A=1, B=1	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
	25
	26
	27
	28
	29
	30
	31
	32
	33
	34
	35
	36
	37
	38
	39
	40
	41
	42
	43
	44
	45
	46
	47
	48
	49
	50
	51
	52
	53
	54
	55
	56
	57
	58
	59
	60
	61
	62
	63
	64
	65
	66
	67
	68
	69
	70
	71
	72
	73
	74
	75
	76
	77
	78
	79
	80
	81
	82
	83
	84
	85
	86
	87
	88
	89
	90
	91
	92
	93
	94
	95
	96
	97
	98
	99
	100

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Supérieure de l'Avionique

### Équipements et installation

#### Bus de données

Information de fréquence  
Liaison ?

• Exemple : ARINC 429.

Bus Série

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Supérieure de l'Avionique

### Équipements et installation

#### Bus de données

Information de fréquence  
Liaison ?

• Exemple : ARINC 429.

Bus Série

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Supérieure de l'Avionique

### Équipements et installation

#### Environnement d'un VHF COM (AM)

• Installation autonome dans un petit aéronef.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Supérieure de l'Avionique

### Équipements et installation

#### Environnement d'un VHF COM (AM)

• Installation sans console audio dans un petit aéronef.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Supérieure de l'Avionique

### Équipements et installation

#### Environnement d'un VHF COM (AM)

• Installation autonome avec interphone dans un petit aéronef.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Supérieure de l'Avionique

### Équipements et installation

#### Environnement d'un VHF COM (AM)

• Installation avec console audio dans un petit aéronef.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Supérieure de l'Avionique

### Équipements et installation

#### Environnement d'un VHF COM (AM)

• Installation avec console audio dans un petit aéronef.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Supérieure de l'Avionique

### Équipements et installation

#### Installation d'un King KY96A ou KY97A

- KY96A : alimentation 27.5 VDC.
- KY97A : alimentation 13.75 VDC.
- Bande de fréquences : de 118,000 MHz à 136,975MHz.
- Espacement de canal : 25 KHz.
- Nombre de canaux : 760.

[Manuel d'installation](#)

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Supérieure de l'Avionique

### Équipements et installation

#### Installation d'un Collins VHF-422

- VHF-422 : alimentation 27.5 VDC.
- Bande de fréquences : de 118,000 MHz à 136,975MHz pour VHF-422A/C et de 118,000 à 151,975 pour le VHF-422B/D.
- Espacement de canal : 25 KHz pour les VHF-422A/B ou 8.33 KHz avec CTL-22C pour les VHF-422C/D.
- Nombre de canaux : 760 ou 2280.

[Manuel d'installation](#)

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Utilisation**

**Radios monoblocs et têtes de contrôle**

- **Sélection mécanique des fréquences sur les anciennes radios :**

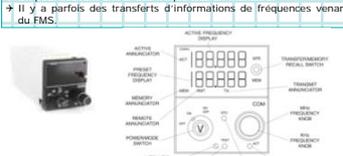


© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Utilisation**

**Radios monoblocs et têtes de contrôle**

- **Sélection numérique des fréquences :**
- On peut souvent entrer des fréquences en mémoire.
- Il y a parfois des transferts d'informations de fréquences venant du FMS.



© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Utilisation**

**Radio Tuning Units - Radio Management Units**

- **Sélection numérique des fréquences semblable à celle des têtes de contrôle conventionnelles :**



© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Utilisation**

**Touchscreen Controllers**

- **Sélection tactile des fréquences (Garmin GTC570/G2000) :**



© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les antennes et leur implantation**

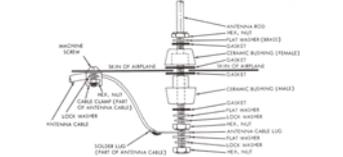
**Antennes VHF-COM (polarisation verticale)**



© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les antennes et leur implantation**

- Pour installer des antennes sur un aéronef, on se fera à la documentation du fabricant (exemple : SPM).
- Par défaut, on consultera l'AC 43-13.



© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les antennes et leur implantation**

**Implantation des antennes sur un Cessna 150**



© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les antennes et leur implantation**

**Implantation des antennes sur un hélicoptère léger**



© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les antennes et leur implantation**

**Implantation des antennes sur un Agusta Westland AW139**



© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Supérieure de l'Avionique

### Les antennes et leur implantation

#### Implantation des antennes sur un Beechjet 400

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Supérieure de l'Avionique

### Les antennes et leur implantation

#### Implantation des antennes sur un Bombardier Challenger

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Supérieure de l'Avionique

### Les antennes et leur implantation

#### Implantation des antennes sur un Boeing 747-830

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Supérieure de l'Avionique

### La modulation CW – Continuous Wave

- Avant de parler de la modulation d'amplitude, effectuons un **retour en arrière** avec la **modulation CW** transmettant le **code Morse**.
- Il s'agit du **premier moyen de transmission de messages par radio** qui ait été utilisé.
- Son **inconvenient** est de ne **pas** pouvoir **transmettre** un **message vocal** en clair.
- De plus, les **opérateurs** à l'émetteur et au récepteur doivent connaître le **code Morse de mémoire**.

Alphabet	Code Morse
A	.-
B	-...-
C	-.-.-
D	-..
E	.
F	..-.
G	-.-
H	....
I	..
J	.-
K	-.-.
L	.-..
M	--
N	-. -
O	---
P	.-.-.
Q	--.-
R	.-.
S	...
T	-
U	..-
V	...-
W	.-.-
X	-. -.
Y	-. -.-
Z	..--
0	----
1	-----
2	----.
3	---..
4	--...
5	-....
6	-...-
7	-..--
8	-.-.-.
9	-.-.-.-

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Supérieure de l'Avionique

### La modulation CW – Continuous Wave

#### Représentations d'une fréquence porteuse

- On peut représenter un signal sinusoïdal dans un **diagramme temporel**.
- On peut représenter un signal sinusoïdal dans un **diagramme fréquentiel**.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Supérieure de l'Avionique

### La modulation CW – Continuous Wave

#### Représentations de la modulation CW

- La **modulation CW** consiste à **activer** et **désactiver** ce **signal sinusoïdal** appelé « porteuse » au rythme du **code Morse**.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Supérieure de l'Avionique

### La modulation CW – Continuous Wave

#### Représentations de la modulation CW

- La **modulation CW** consiste à **activer** et **désactiver** ce **signal sinusoïdal** appelé « porteuse » au rythme du **code Morse**.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Supérieure de l'Avionique

### La modulation d'amplitude

#### Equation générale

$$e = E \sin(\omega_c t + \varphi)$$

- Les **variations de l'amplitude E** en fonction du **temps** caractérisent la **modulation** ( $E = f(t)$ ).
- Toute l'information (**signal modulant**) est transmise de cette manière.
- Avec la variante la plus courante de modulation en amplitude (modulation A3E), les **variations d'amplitude** sont l'image fidèle du **signal modulant**.
- Le **spectre** résultant fait apparaître la **porteuse** accompagnée de **deux plages de fréquences** placées symétriquement de part et d'autre : les **bandes latérales**.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Supérieure de l'Avionique

### La modulation d'amplitude

#### Représentations de la modulation d'amplitude (AM)

- Diagrammes temporels**

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École nationale aérospatiale

### La modulation d'amplitude

**Analyse spectrale**

- La fréquence porteuse :  $v_c = V_c \sin \omega_c t$   $\omega_c = 2\pi f_c$
- La modulation :  $v_m = V_m \sin \omega_m t$   $\omega_m = 2\pi f_m$
- L'enveloppe :  $v_e = V_c + v_m = V_c + V_m \sin \omega_m t$

Donc, on peut en déduire l'onde modulée en amplitude :

$$v = v_c \sin \omega_c t = (V_c + V_m \sin \omega_m t) \sin \omega_c t$$

$$v = V_c \sin \omega_c t + (V_m \sin \omega_m t \sin \omega_c t)$$

$$v = V_c \sin \omega_c t + \frac{1}{2} V_m (\sin(\omega_c + \omega_m)t + \sin(\omega_c - \omega_m)t)$$

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École nationale aérospatiale

### La modulation d'amplitude

**Analyse spectrale**

Diagrammes temporel et fréquentiel :

$$v = V_c \sin \omega_c t + \frac{1}{2} V_m (\sin(\omega_c + \omega_m)t + \sin(\omega_c - \omega_m)t)$$

modulation A3E

Ces deux diagrammes ont la même signification !

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École nationale aérospatiale

### La modulation d'amplitude

**Le taux de modulation**

$m =$  Variation maximale d'amplitude de la porteuse  
Deux fois la valeur moyenne de cette amplitude

$$m = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max} + V_{min}}$$

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École nationale aérospatiale

### La modulation d'amplitude

**Le taux de modulation**

$m =$  Variation maximale d'amplitude de la porteuse  
Deux fois la valeur moyenne de cette amplitude

- $m = 100\%$
- $V_m = V_c$
- $V_{max} = 2 V_c$
- $P_m = P_c/2$

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École nationale aérospatiale

### La modulation d'amplitude

**Le taux de modulation**

- Si le taux de modulation est faible (50 %), l'efficacité est faible.
- Si le taux de modulation est trop élevé (plus de 100 %), il y aura une distorsion du signal ou surmodulation.
- La plupart des émetteurs de transmission de la voix ont un taux de modulation d'environ 70 %.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École nationale aérospatiale

### La modulation d'amplitude

**Le taux de modulation**

Exercice : estimez le taux de modulation de chacun des diagrammes suivants :

0 %      100 %      50 %      > 100 %

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École nationale aérospatiale

### Les émetteurs-récepteurs VHF-AM

**L'émetteur**

Modulation de la fréquence radio

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École nationale aérospatiale

### Les émetteurs-récepteurs VHF-AM

**L'émetteur**

- Le **modulateur à diode** :

- Harmoniques produites par la **non-linéarité** de la diode :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École nationale aérospatiale

### Les émetteurs-récepteurs VHF-AM

**L'émetteur**

- Le **modulateur à transistor** :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**L'émetteur**

- Le **modulateur à amplificateur différentiel**.

Porteuse  
Signal modulant  
Filtre  
Modulation AM

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**L'émetteur**

- Tous les circuits vus jusqu'à présent sont à **faible niveau**.
- L'**amplification** de ceux-ci est **trop faible** pour **transmettre un signal AM** à une antenne (5 W à 25 W en général).
- Il est donc nécessaire de prévoir des **étages d'amplification à tous les niveaux** de l'émetteur :

Ampli audio (BF)    Ampli RF

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**L'émetteur**

- Il existe des **modulateurs à gain élevé** :

Modulateur à collecteur    Modulateur série

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**Le récepteur**

Fréquence intermédiaire  
 $F_i = 118-137 \text{ MHz}$   
 $F_c = 10.7 \text{ MHz}$

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**Le détecteur**

- Le **signal AM** arrive à l'entrée.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**Le détecteur**

- Le **signal AM** arrive à l'entrée.
- La **diode D** permet de récupérer la **partie positive** du signal.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**Le détecteur**

- Le **signal AM** arrive à l'entrée.
- La **diode D** permet de récupérer la **partie positive** du signal.
- Le **condensateur C1** élimine la **fréquence intermédiaire**.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**La sélection de fréquence**

- On trouve à l'**antenne** d'un récepteur, l'ensemble des canaux d'une **large bande de fréquences**.
- Le principe d'un récepteur est de **choisir un canal** déterminé par sa fréquence porteuse et de **démoduler le signal** pour l'écouter.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**La sélection de fréquence**

- Une **possibilité** pourrait être de réaliser un **filtrage sélectif**.

**Filtre sélectif**

- Pour se faire une idée de la **qualité** nécessaire au filtre, prenons l'exemple d'une radio **VHF** aéronautique fonctionnant sur la fréquence de la tour de l'aéroport de Saint-Hubert :

$$Q = \frac{118,40 \text{ MHz}}{25 \text{ KHz}} = 4736$$

**Totalement irréaliste !**

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**La sélection de fréquence**

- Une **amélioration** consiste à utiliser un **mélangeur** permettant de ramener la **fréquence porteuse** à une **fréquence intermédiaire** :

**Exemple :**

Fréquence porteuse en A et B	118,40 MHz
Fréquence de l'oscillateur local	107,70 MHz
Fréquence intermédiaire en C	10,7 MHz

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**La sélection de fréquence**

- Avec cette stratégie de l'utilisation de la **fréquence intermédiaire**, le **filtre passe-bande** est **plus simple à réaliser** car sa **fréquence centrale (FI)** ne **change pas**.
- On remplacera l'**oscillateur local** par un **synthétiseur de fréquences** capable de générer la **fréquence porteuse désirée plus ou moins** la valeur de la **fréquence intermédiaire**, ce qui permettra de **sélectionner une variété de canaux** pour une **bande de fréquences** donnée.
- C'est le principe de **tuning** d'une radio moderne.
- Il est donc primordial de **choisir adéquatement** la valeur de la **fréquence intermédiaire**.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**La sélection de fréquence**

- Doit-on choisir une **fréquence intermédiaire élevée** ou **basse** ?
- Regardons, d'abord, la **facilité de réjection du canal adjacent** :

Fréquence porteuse / image	FI = 10,7 MHz			FI = 455 kHz		
	CL	Différence		CL	Différence	
118,400 MHz	129,100 MHz	10,700 MHz		118,855 MHz	455 kHz	
118,425 MHz	129,100 MHz	10,675 MHz	25 kHz	118,855 MHz	430 kHz	25 kHz
			0,23 %			5,5 %

**Très difficile à rejeter !** (for 10.7 MHz FI)  
**Plus facile à rejeter !** (for 455 kHz FI)

- Une **fréquence intermédiaire basse** permet d'avoir une **meilleure réjection** du canal adjacent.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**La sélection de fréquence**

- Analysons, maintenant, le **problème de la fréquence image** :
- Qu'est-ce que la **fréquence image** ?
- Imaginons une **fréquence intermédiaire de 5 MHz**.
- Prenons la **fréquence porteuse (désirée) 118,40 MHz**.
- La fréquence de l'**oscillateur local** est donc **123,40 MHz**.
- Mais on constate que la **fréquence porteuse 128,40 MHz** avec le **même oscillateur local à 123,40 MHz** donne également une **fréquence intermédiaire à 5 MHz** :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**La sélection de fréquence**

- Donc, si **aucune mesure n'est prise**, la **fréquence image** sera **démodulée** au même titre que la **fréquence désirée**.
- Les **signaux audio** des deux canaux seront simplement **mélangés**, ce qui n'est pas souhaitable.
- Il est donc nécessaire de **filtrer avant le mélangeur**.

**Exemple :**

Fréquence intermédiaire = 2,5 MHz
Fréquence désirée = 118,00 MHz
Fréquence image = 123,00 MHz

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**La sélection de fréquence**

- Quelle est l'influence du **choix d'une fréquence intermédiaire** sur le problème de la **fréquence image** ?

Fréquence porteuse / image	FI = 5 MHz			FI = 1 MHz		
	CL	Différence		CL	Différence	
118,400 MHz	123,400 MHz	10 MHz	8,1 %	118,400 MHz	119,400 MHz	2 MHz
128,400 MHz	123,400 MHz	5 MHz		120,400 MHz	119,400 MHz	1,7 %

**Plus facile à filtrer !** (for 5 MHz FI)  
**Plus difficile à filtrer !** (for 1 MHz FI)

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**La sélection de fréquence**

- Si nous faisons le bilan quant au **choix d'une fréquence intermédiaire** :

→ FI la **plus basse possible** pour la **réjection du canal adjacent**.  
→ FI la **plus haute possible** pour le **filtrage de la fréquence image**.

- Nous sommes donc face à un **dilemme** !
- Il faut également définir si nous voulons pratiquer une **injection haute** ou une **injection basse** au mélangeur :

→ Si la fréquence de l'oscillateur local > FI → **injection haute**.  
→ Si la fréquence de l'oscillateur local < FI → **injection basse**.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**La sélection de fréquence**

- Conversion superhétérodyne :**

- Une **seule fréquence intermédiaire basse** pour la **réjection du canal adjacent**.
- Filtrage à l'ampli RF** pour **éviter les fréquences images**.
- La **bande passante du filtre** de l'ampli RF est ajustée avec un **signal du synthétiseur**.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**La sélection de fréquence**

- Double conversion :**

- On utilise **deux fréquences intermédiaires**.
- Une **1<sup>ère</sup> FI haute** pour **éviter les fréquences images**.
- Une **2<sup>e</sup> FI basse** pour la **réjection du canal adjacent**.
- On a ainsi « le meilleur des deux mondes ».
- Vu que les **deux fréquences intermédiaires** sont **constantes** une **fréquence unique** est appliquée au **second mélangeur**.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**La sélection de fréquence**

• Super hétérodyne à double conversion :

Superhétérodyne A double conversion

- Amélioration du circuit de conversion précédent pour éviter les fréquences images.
- Comme pour la conversion superhétérodyne, la bande passante du filtre de l'ampli RF est ajustée avec un signal provenant du synthétiseur.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**La sélection de fréquence**

• Exemples de fréquences intermédiaires les plus courantes :

455 KHz :	radios AM broadcast (MF, HF).
3385 KHz et 9 MHz :	HF et LO-VHF.
10,7 MHz :	récepteurs FM,VHF.
60 MHz :	micro-ondes, radar.
70 MHz et 140 MHz :	communications satellites.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**La sélection de fréquence**

• Si on considère maintenant un signal AM arrivant à l'antenne :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**Les mélangeurs**

• Mélangeur à diode simple :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**Les mélangeurs**

• Mélangeur symétrique à diodes :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**Les mélangeurs**

• Mélangeur à MOSFET :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**Les mélangeurs**

• Circuit intégré mélangeur NE602 :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Étude du King KY97A**

**Description générale et utilisation**

- Alimentation KY96A : 28 VDC.
- Alimentation KY97A : 14 VDC.
- Bande de fréquences : 118,000 à 136,975 MHz (760 canaux).
- Puissance de sortie : minimum 5 W.

[Guide du pilote \(brochure\)](#)

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Étude du King KY97A**

**Description technique générale**

- Le KY97A est composé des cinq éléments suivants :
  1. Un récepteur VHF AM à simple conversion superhétérodyne qui utilise un filtre pré-sélecteur à quatre pôles à diodes varicaps, un transistor FET pour l'amplificateur RF ainsi que pour le mélangeur, un filtre FI à cristal à 8 pôles, et des amplificateurs FI intégrés.
  2. Un émetteur à large bande composé de transistors de puissance, montés sur un radiateur d'aluminium, suivi de trois sections de filtres passe-bas elliptiques.
  3. Une section de contrôle basée sur un microprocesseur servant à :
    - Augmenter ou diminuer la fréquence sélectionnée.
    - Conserver les fréquences USE (utilisées), STBY (attente) et neuf fréquences programmables dans une mémoire non-volatile (NVM).
    - Télécommande du transfert entre les fréquences USE et STBY; et transfert des canaux en mémoire par commande interne ou externe.
    - Afficher et contrôler l'éclairage de l'affichage.
    - Générer un code de fréquence pour le synthétiseur.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Étude du King KY97A**

**Description technique générale**

- Le KY97A est composé des cinq éléments suivants :

4. Un bloc d'alimentation composé d'un régulateur de 9 volts et d'un autre de 5 volts.
5. Un affichage des fréquences à cristaux liquides avec éclairage variable.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Étude du King KY97A**

**Le synthétiseur**

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Étude du King KY97A**

**Le synthétiseur**

- Boucle à verrouillage de phase :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Étude du King KY97A**

**Le récepteur**

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Étude du King KY97A**

**Le récepteur**

- Étage d'entrée RF :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Étude du King KY97A**

**Le récepteur**

- Mélangeur :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Étude du King KY97A**

**Le récepteur**

- Filtre fréquence intermédiaire :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Étude du King KY97A**

**Le récepteur**

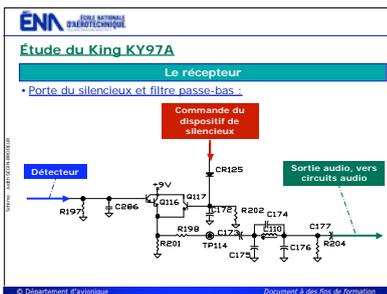
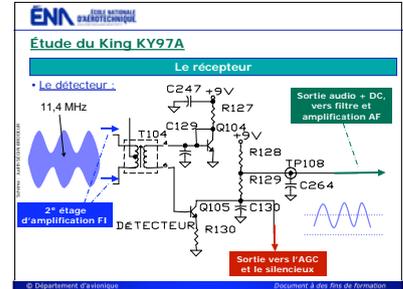
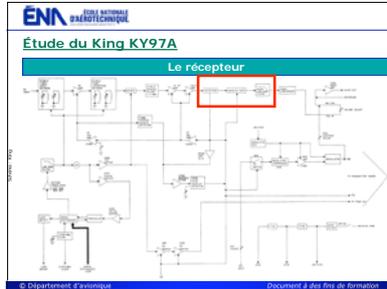
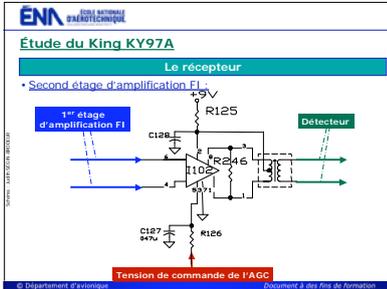
© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Étude du King KY97A**

**Le récepteur**

- Premier étage d'amplification FI :

© Département d'avionique Document à des fins de formation







**ENNA** École Nationale Aéronautique

### Aspects réglementaires

#### Installation à bord d'un aéronef et réparation

665.107 Équipement de radiocommunication (jusqu'à 2005/12/31)

**Notes d'information:**  
(jusqu'à 2005/12/31)

44. L'installation et l'équipement de radiocommunication exigés en vertu des articles 602.117, 602.14, 602.15, 602.16, 602.18, 602.19, 602.20 et 602.21 du RAC doivent être effectués conformément aux instructions du fabricant et l'équipement doit être testé et étiqueté en conséquence, comme l'exigent les exigences de la circulaire consultative AC 21.08, de la 104 après sa version modifiée.

45. De plus, conformément à l'article 602.22 du Règlement de l'aviation, l'installation de l'équipement doit respecter les normes prescrites de la base de production de l'aéronef.

**Advisory Circulars**

Advisory Circular	Date
28-09 AC 21-08 Flight Test Guide for Certification of Part 21 Aircraft (Canadian Data Consolidation)	08-19-2003
	11-16-2011

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Aéronautique

### Performances d'une radio AM

#### Pourquoi des tests de performances ?

- Une radio a été **homologuée** (Industrie Canada) et a été **certifiée** pour être **installée** à bord d'un **aéronef** (Transports Canada).
- Elle répond donc à des **critères techniques précis** (RTCA et TSO).
- En cas de **dépannage**, **réparation** ou **modification**, il faut **garantir** qu'une radio répond **au minimum** aux **mêmes critères de performance** que ceux d'**origine**.

**Toujours se référer aux manuels des fabricants des radios (CMM) pour connaître les différents tests de performances à effectuer ainsi que les tolérances acceptées sur les mesures.**

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Aéronautique

### Performances d'une radio AM

#### Comment effectuer des tests de performances ?

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Aéronautique

### Performances d'une radio AM

#### Comment effectuer des tests de performances ?

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Aéronautique

### Performances d'une radio AM

#### Comment effectuer des tests de performances ?

- Si le test de performance est **concluant**, remplir un bon de sortie autorisée « **FORM ONE** » en plus de la **carte de travail** :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** École Nationale Aéronautique

**Merci de votre attention**

© Département d'avionique Document à des fins de formation