

**ÉNA** ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE  
COLLEGE EDOUARD-MONTPETIT

Collège Edouard-Montpetit  
École nationale d'aérotechnique



Photo © Pierre GILLARD/2015-410697

**HF COM**

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ÉNA** ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE  
COLLEGE EDOUARD-MONTPETIT

Collège Edouard-Montpetit  
École nationale d'aérotechnique

**Avant de débiter le cours ...**



**Merci !**

© Département d'avionique Document à des fins de formation

## Présentation du cours



Photo © Pierre GILLARD/2015-602815

- Introduction.
- La modulation à bande latérale unique.
- Caractéristiques générales des émetteurs-récepteurs.
- Composants du système embarqué.
- Exemples d'équipements.
- Exemples d'installations.
- Les antennes et leur implantation.
- Utilisation des systèmes embarqués.
- L'émetteur BLU.
- Le récepteur BLU.

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## La modulation à bande latérale unique

### Point de départ : la modulation d'amplitude (AM)

- Rappel : équation de la modulation d'amplitude :

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

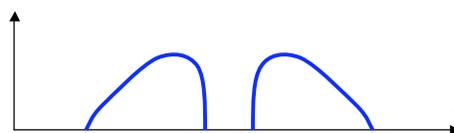
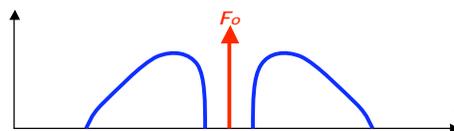
- Inconvénients de la modulation d'amplitude :

Puissance inutile nécessaire à transmettre la porteuse.

La bande occupée est double par rapport à la bande passante du signal modulant.

Nous pouvons éliminer la porteuse.

Nous obtenons ainsi de la modulation à « double bande latérale (DBL) » ou *DSB*.



© Département d'avionique

Document à des fins de formation



**ÉCOLE NATIONALE  
D'AÉROTECHNIQUE**  
COLLEGE EDOUARD-MONTPETIT



Collège  
Édouard-Montpetit  
**École nationale d'aérotechnique**

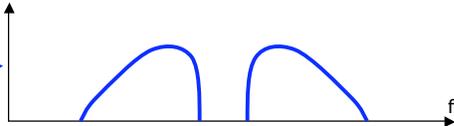
## La modulation à bande latérale unique

**Étape : la modulation à double bande latérale (DSB)**

- Équation de la DBL : 
$$v = \frac{1}{2}V_m \{ \sin(\omega_c + \omega_m)t + \sin(\omega_c - \omega_m)t \}$$
- Représentation de la DBL :

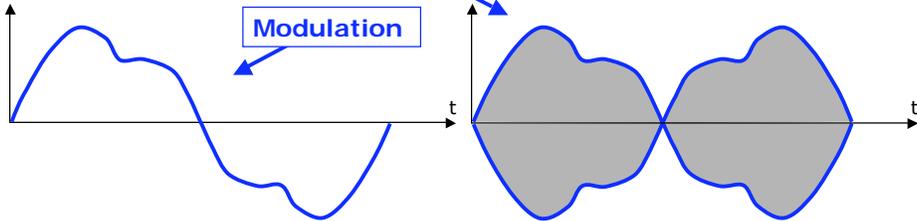
Représentation fréquentielle

→



Représentation temporelle

→



Modulation

←

© Département d'avionique
Document à des fins de formation



**ÉCOLE NATIONALE  
D'AÉROTECHNIQUE**  
COLLEGE EDOUARD-MONTPETIT



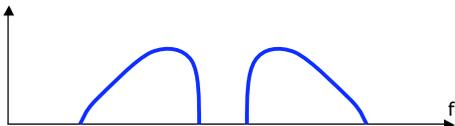
Collège  
Édouard-Montpetit  
**École nationale d'aérotechnique**

## La modulation à bande latérale unique

**Étape : la modulation à double bande latérale (DSB)**

- Inconvénient de la modulation à double bande latérale :

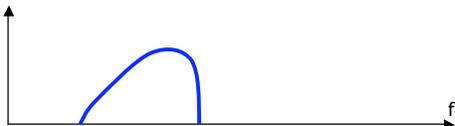
La bande occupée est double par rapport à la bande passante du signal modulant.



Nous pouvons éliminer une des deux bandes latérales.

Nous obtenons ainsi de la modulation à « bande latérale unique (BLU) » ou **SSB**.





© Département d'avionique
Document à des fins de formation

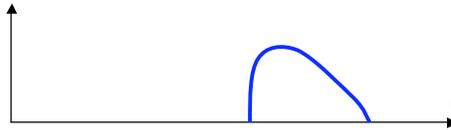
## La modulation à bande latérale unique

### Enfin : la modulation à bande latérale unique (SSB)

- Les deux formes de modulation à bande latérale unique :

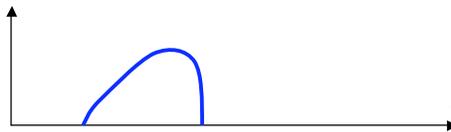
« Bande latérale supérieure (BLS) » ou *USB*.

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



« Bande latérale inférieure (BLI) » ou *LSB*.

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



**Seule la BLS (*USB*) sera utilisée en aviation**

## La modulation à bande latérale unique

### Enfin : la modulation à bande latérale unique (SSB)

- En résumé :

Bande Latérale Inférieure - BLI (*LSB-Lower Side Band*)  
Bande Latérale Supérieure - BLS (*USB-Upper Side Band*)  
AM = Porteuse + BLI + BLS = Porteuse + DBL



## La modulation à bande latérale unique

### Enfin : la modulation à bande latérale unique (SSB)

- Avantages de la BLU :
  - On multiplie par 8 la puissance de transmission compte tenu du rendement par rapport à l'AM.
  - On peut utiliser deux bandes latérales pour acheminer deux canaux distincts.
  - Meilleure occupation du spectre de fréquence : théoriquement double par rapport à l'AM.
- Inconvénient de la BLU :
  - Difficulté d'utilisation car il faut recréer la porteuse à la réception et l'aligner adéquatement par rapport à la bande latérale reçue.

## Caractéristiques générales des émetteurs-récepteurs

<b>BANDE DE FRÉQUENCES :</b>	<b>2.000 à 30.000 MHz</b>
<b>INCRÉMENTS :</b>	<b>0.1 kHz</b>
<b>MODULATION :</b>	<b>SSB et AM</b>
<b>SIMPLEX / DUPLEX :</b>	<b>Simplex</b>
<b>PORTÉE :</b>	<b>Non limitée par l'horizon</b>
<b>PUISSANCE :</b>	<b>Centaines de Watts</b>
<b>APPELS SÉLECTIFS :</b>	<b>Avec dispositif SELCAL</b>

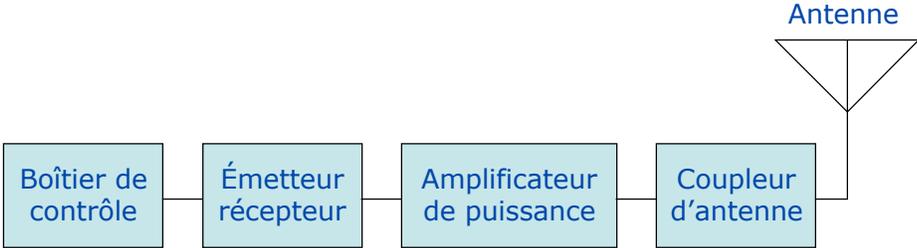
- ✓ Communications trans-océaniques et en régions éloignées.
- ✓ Faible fiabilité des communications.
- ✓ De plus en plus remplacées par les radiocommunications SATCOM plus fiables.




## Composants du système embarqué

### Composants du système

- Un système d'émission-réception en HF pour aviation est composé de plusieurs éléments distincts :



Antenne

Boîtier de contrôle — Émetteur récepteur — Amplificateur de puissance — Coupleur d'antenne

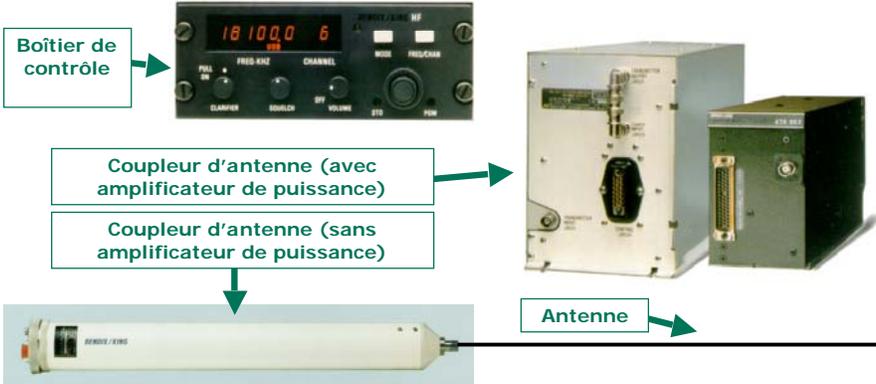
© Département d'avionique Document à des fins de formation




## Composants du système embarqué

### Composants du système

- Un système d'émission-réception en HF pour aviation est composé de plusieurs éléments distincts :



Bendix King

© Département d'avionique Document à des fins de formation

## Exemples d'équipements

### Rohde & Schwarz XK516

Image : Rohde & Schwarz



The Airborne Voice/Data Radio R&S@XK516 is designed for use in commercial aircraft. The system provides conventional voice and high-speed air-to-ground, ground-to-air, and air-to-air data communication over long distances. The data communication is suitable for aircraft operational communication (AOC), airline administrative communication (AAC) as well as air traffic communication (ATC).

The radio is a joint development of Rohde & Schwarz and Honeywell Aerospace Electronic Systems. The exclusive distribution rights rest with Honeywell Aerospace Electronic Systems, 15001 N.E. 36th Street, Redmond, WA98073-9701, USA.

The data modules which provide the high-speed data function are fully integrated within the transceiver. The voice/data radio therefore fits into the space of the conventional HF voice radio. Additional space for the data capability is not needed. The functioning of the equipment is controlled by the integrated test system that continuously monitors a number of functions. After the test routine has been triggered, the faulty module will be located and indicated. BITE results are reported to the onboard CFDS/CMC system via two ARINC 429 busses. Interfaces to the central maintenance systems of:

Airbus  
Boeing

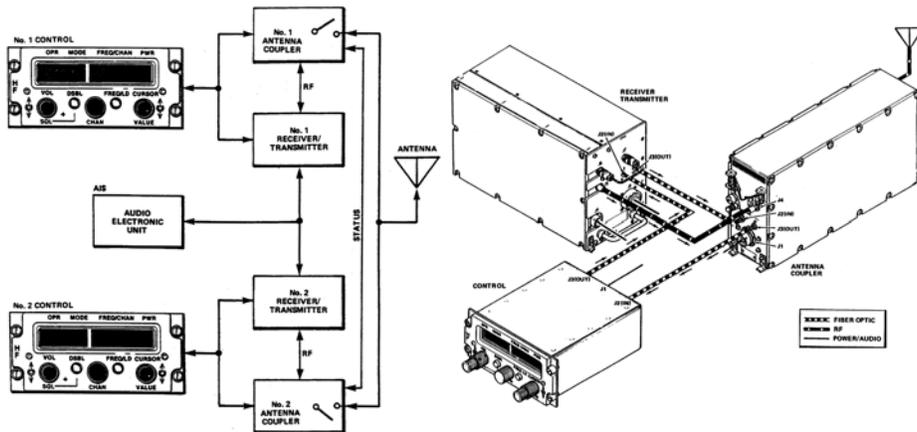
are implemented in the radio, thus featuring one order number for nearly all aircraft types. The HF Airborne Voice/Data Radio R&S@XK516D is designed to meet the requirements of:

ARINC 719 (voice function)  
ARINC 753 and 635 (data function)

The integrated data communication capability meets the specifications of ARINC 753 and 635 providing high-speed data communication at a data rate of 1800 bits/s.

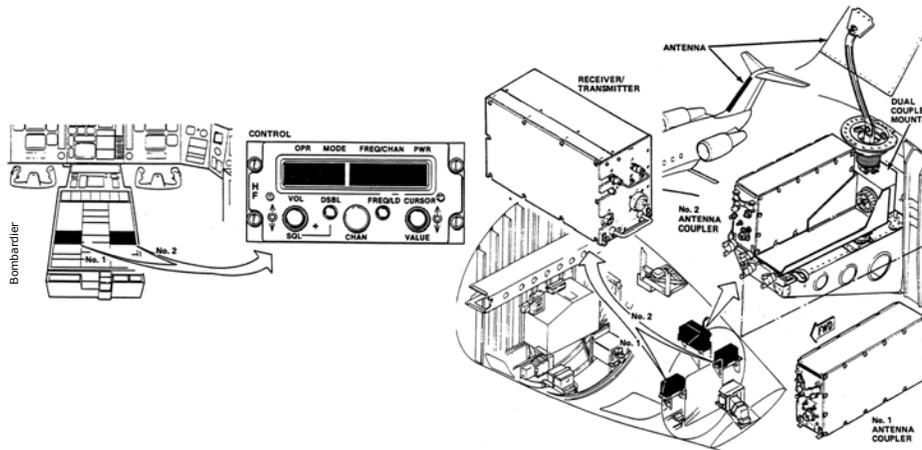
## Exemples d'installations

### Canadair (Bombardier) CL601-3A Challenger



## Exemples d'installations

### Canadair (Bombardier) CL601-3A Challenger



© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## Exemples d'installations

### Utilisation de postes HF de radioamateurs

- Les systèmes HF aéronautiques sont très onéreux par rapport à certains postes HF de radioamateurs.
- Ce qui fait que, pour des vols de convoyage de petits aéronefs, des postes HF de radioamateurs sont installés temporairement.
- Un adaptateur NAT-AA34 permet d'interfacer le poste HF avec la console audio de bord.



### Manuel d'installation de l'interface NAT AA34

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Images : Capital Avionics & Kenwood

## Exemples d'installations

### Installation de systèmes HF King KHF950 et KHF1050

Manuel d'installation du King KHF950

Manuel d'installation du King KHF1050

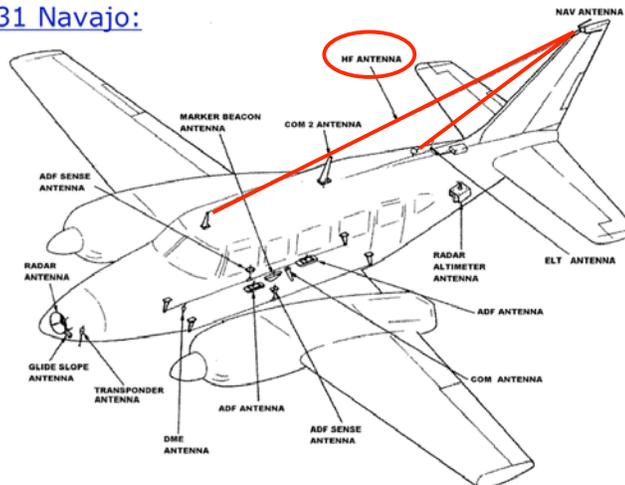


Image : Henrywell/King

## Les antennes et leur implantation

### Avions légers

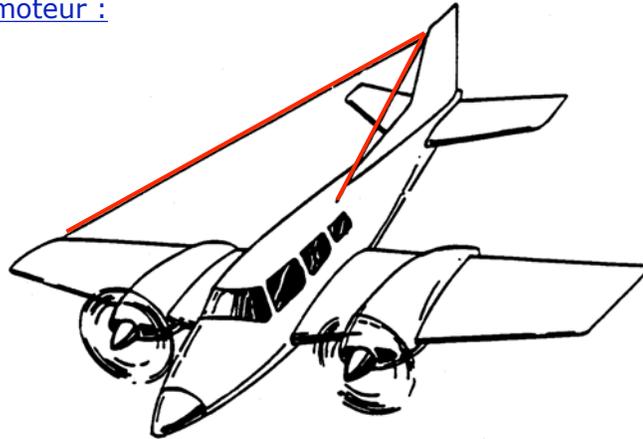
- Piper PA31 Navajo:



## Les antennes et leur implantation

### Avions légers

- Petit bimoteur :



## Les antennes et leur implantation

### Anciens avions de transport commercial

- Douglas DC-3 :

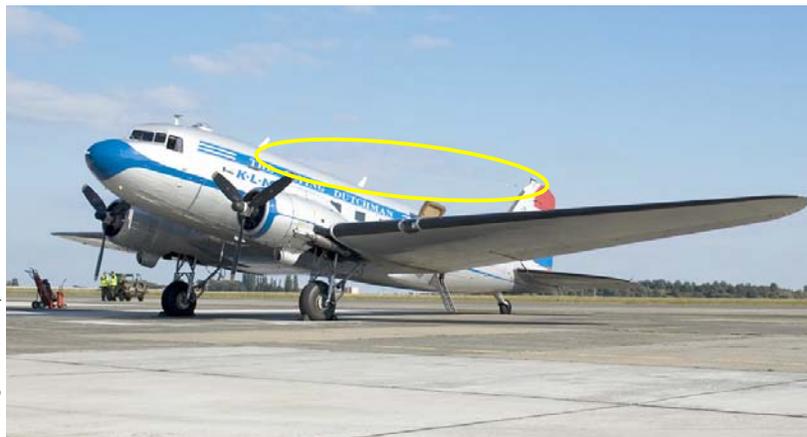


Photo © Pierre GILLARD/2008-20564

## Les antennes et leur implantation

### Avions militaires (missions spéciales)

- Lockheed VP-3A Orion :



Photo © Pierre GILLARD/2000-017-6-4A

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## Les antennes et leur implantation

### Hélicoptères

- Bell 206 Jet Ranger:



© Jean-Pierre BROSSARD



© Pierre GILLARD

Antennes HF

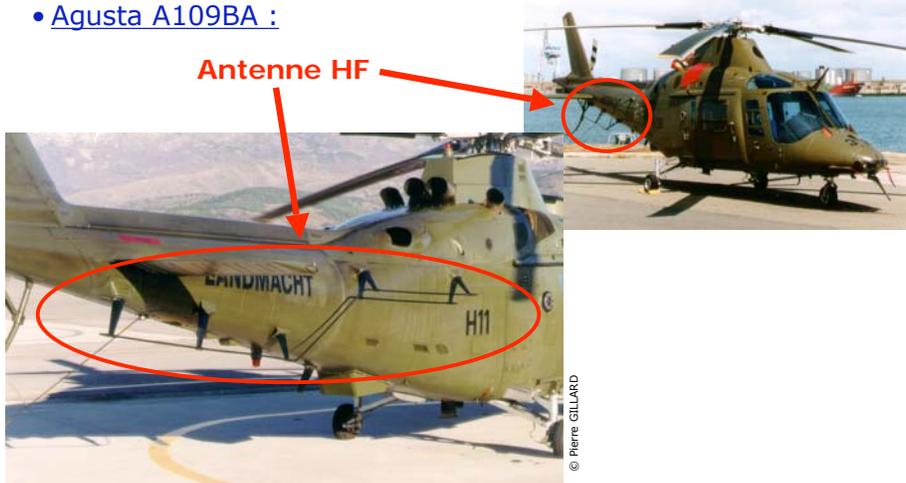
© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## Les antennes et leur implantation

### Hélicoptères

- Agusta A109BA :



© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## Les antennes et leur implantation

### Hélicoptères

- Bell UH-1 Iroquois :



Antenne HF

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## Les antennes et leur implantation

### Avions d'affaires et de transport régional

- Cessna 560 Citation Ultra :



Photo © Pierre GILLARD/2015-603888

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## Les antennes et leur implantation

### Avions d'affaires et de transport régional

- Bombardier CRJ900 :

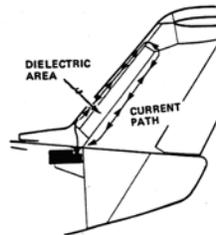
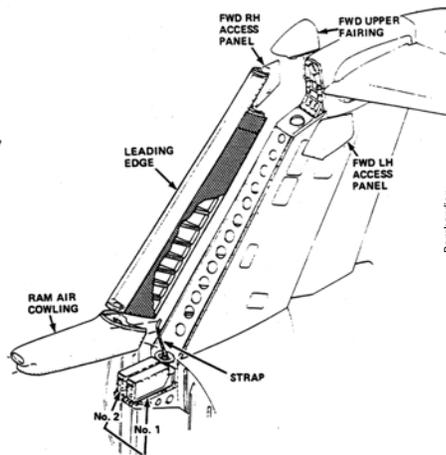


Photo © Pierre GILLARD/2011-05159



Bombardier

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## Les antennes et leur implantation

### Installation provisoire

- ATR-42 :



© Pierre GILLARD/2005-006302



Pierre GILLARD/EXT0383



Pierre GILLARD/EXT0356

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## Les antennes et leur implantation

### Avions de transport commercial

- Boeing 707 et 720 :



Photo collection Pierre GILLARD/005104

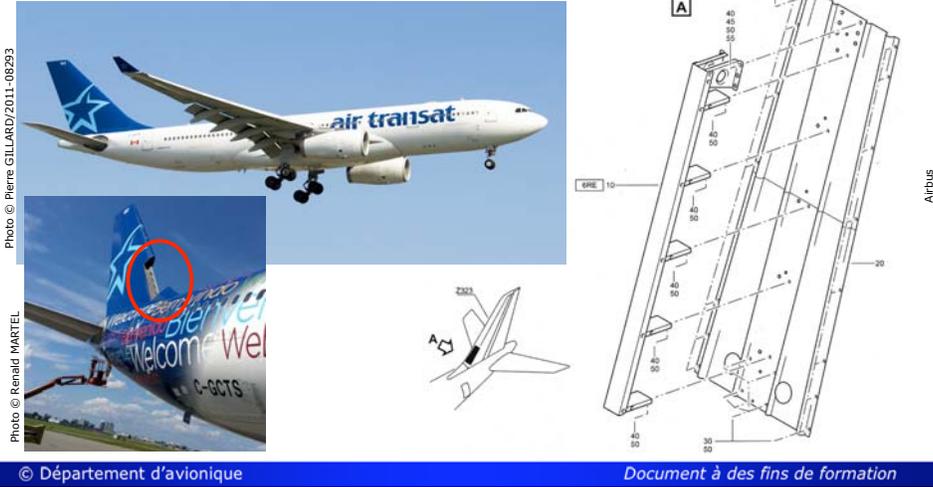
© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## Les antennes et leur implantation

### Avions de transport commercial

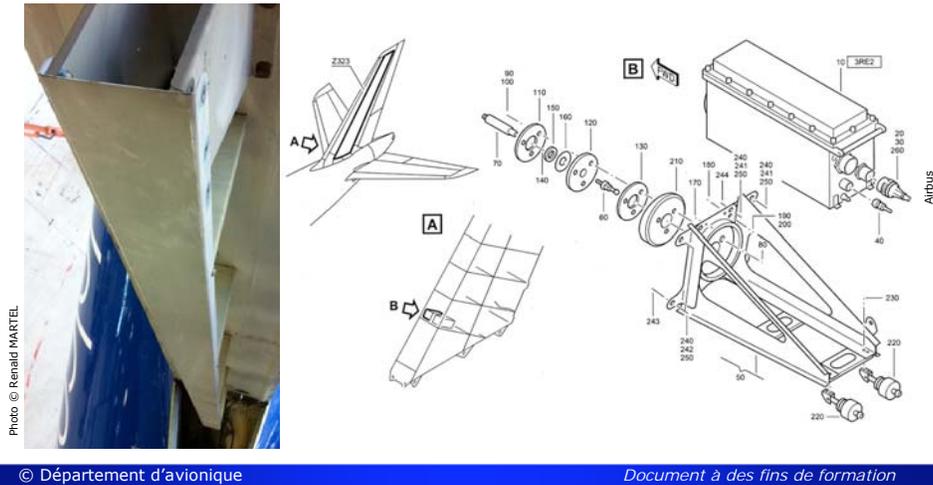
- Airbus A330 :



## Les antennes et leur implantation

### Avions de transport commercial

- Airbus A330 :



## Les antennes et leur implantation

### Avions de transport commercial

- Airbus A330 :

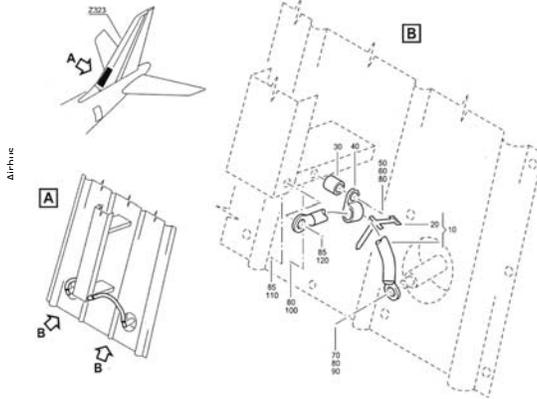
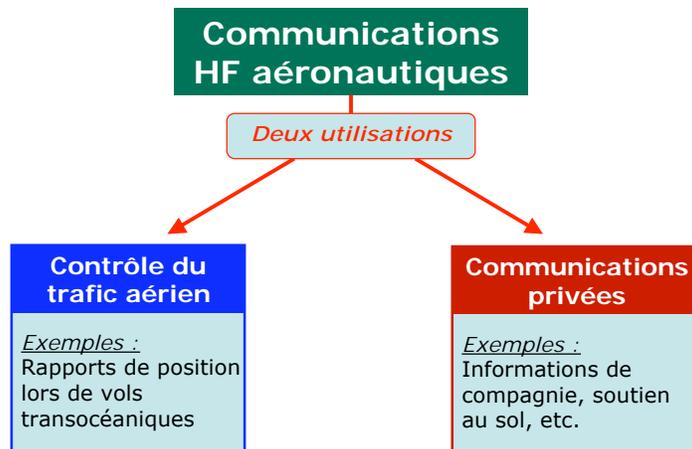


Photo © Renaud MARTEL

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## Utilisation des systèmes embarqués



ARINC Voice Services Operating Procedures Handbook

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## Utilisation des systèmes embarqués

- L'utilisation des systèmes HF est complexe si l'on désire obtenir une communication relativement fiable du fait de la pièreté qualité de la modulation SSB et des conditions de propagation dépendant de l'état des couches ionosphériques.
- Voyons le guide d'utilisation d'un système Bendix-King KHF950 :



Image : Avionics Master

### KHF950 Pilot's Guide

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## Utilisation des systèmes embarqués

### Réglementation



Rockwell-Collins

- Service A/G internationale (AIM).
- Usage de la fréquence 5680 KHz (AIM).
- On trouvera dans la partie VII du RAC diverses exigences relatives aux systèmes HF selon le type d'exploitation.

© Département d'avionique

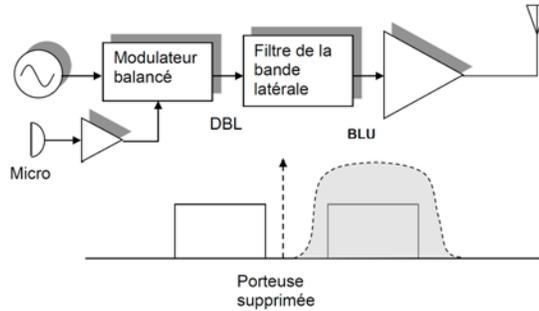
Document à des fins de formation



## L'émetteur BLU

### Schéma bloc

Département d'avionique

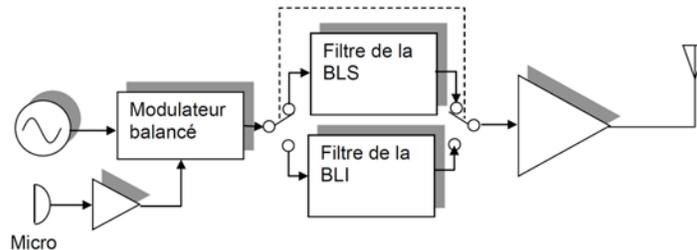


- En général, on utilise un modulateur symétrique qui permet dès le départ d'éliminer la porteuse.
- On filtre ensuite la DBL pour ne garder qu'une seule des deux bandes latérales.

## L'émetteur BLU

### Schéma bloc

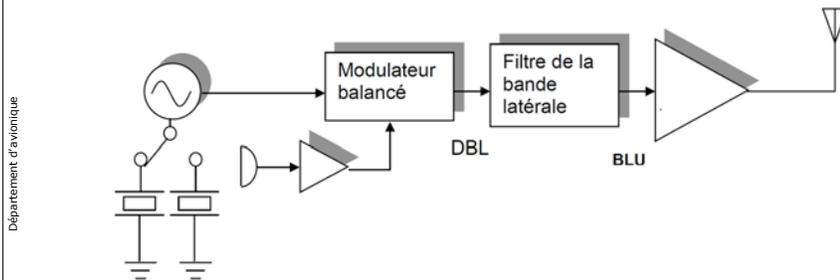
Département d'avionique



## L'émetteur BLU

### Schéma bloc

- On peut aussi garder un filtre BLU unique et utiliser deux fréquences différentes pour le mélange :

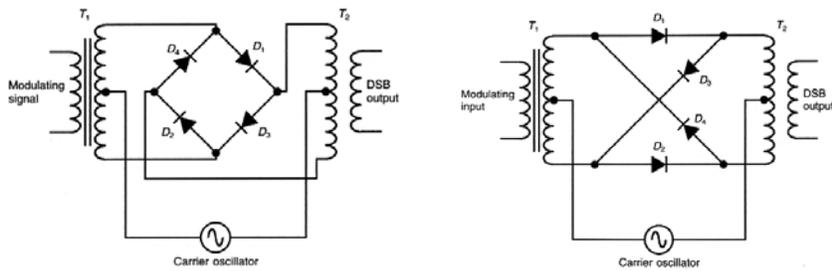


Département d'aviation

## L'émetteur BLU

### Le modulateur en anneau

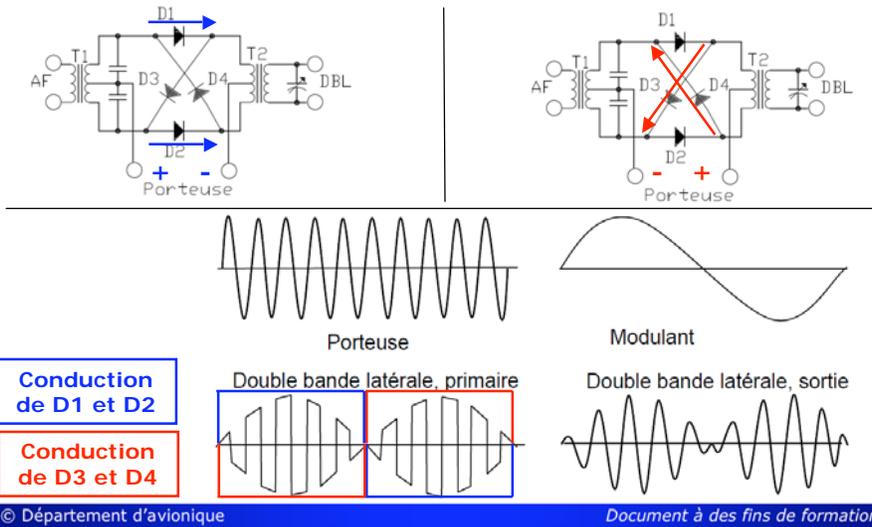
- Un moyen pour produire de la DBL est l'utilisation d'un modulateur en anneau :



... Équivalent à ...

## L'émetteur BLU

### Le modulateur en anneau

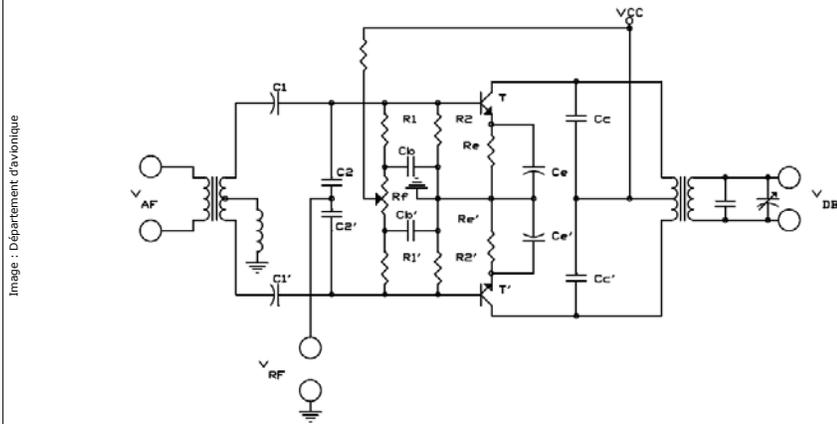


Département d'avionique

## L'émetteur BLU

### Le modulateur en anneau

- Variante du précédent à transistors :



© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## L'émetteur BLU

### Le modulateur en anneau

- Il existe une version 100% électronique en circuit intégré (exemple 1496/1596) du modulateur en anneau :

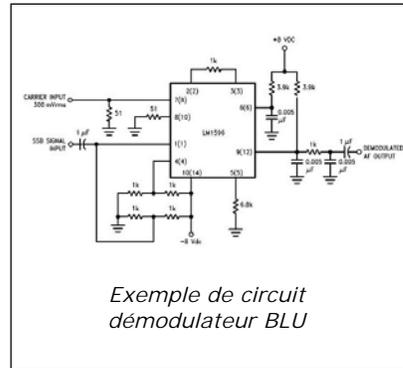
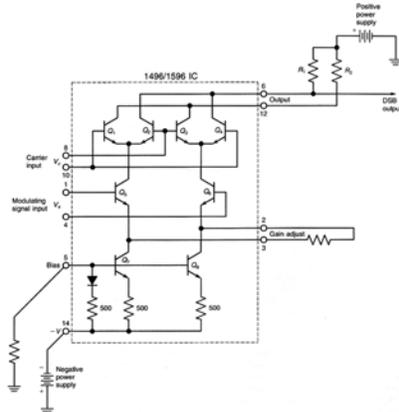
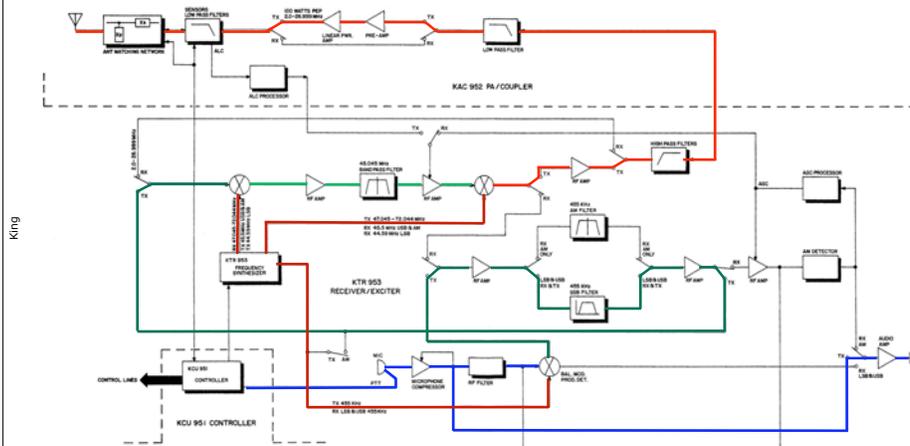


Image : electroniq.net

## L'émetteur BLU

### Schéma bloc

- *Exemple* : King KHF950 – transmission SSB :

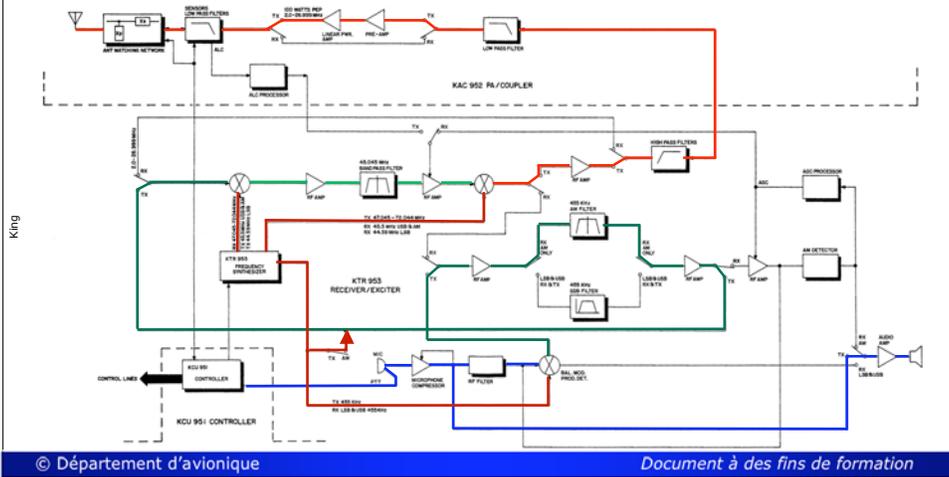


King

## L'émetteur BLU

### Schéma bloc

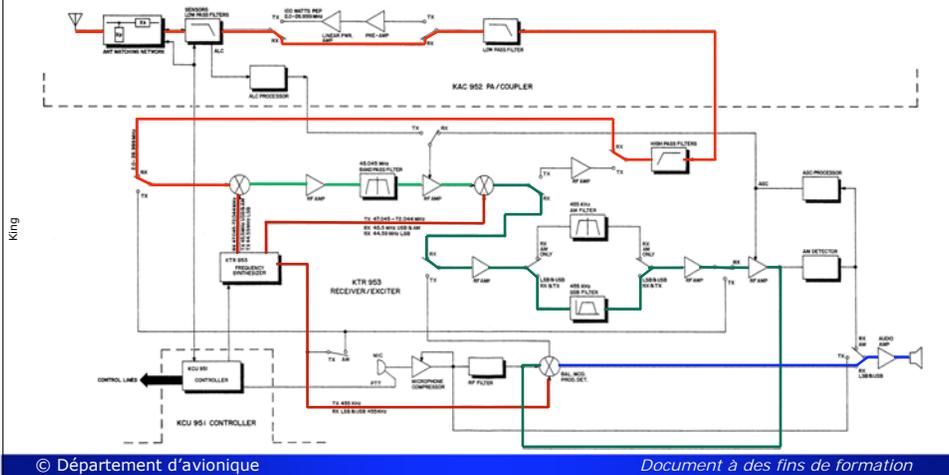
- Exemple : King KHF950 – transmission AM :



## Le récepteur BLU

### Schéma bloc

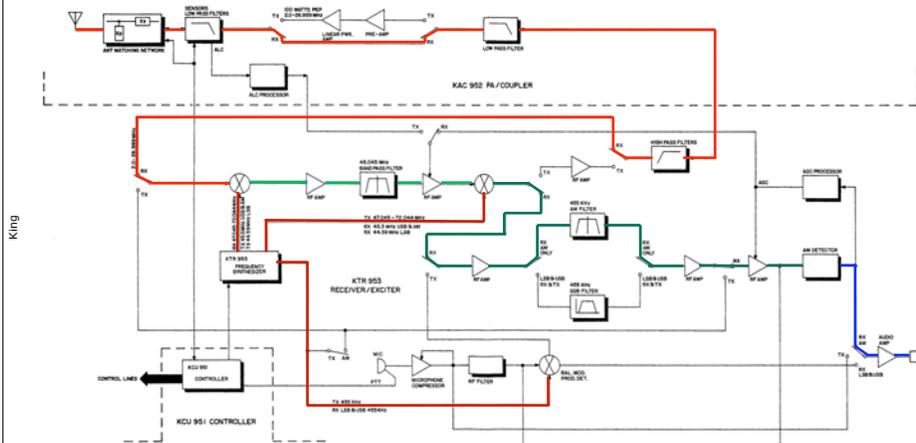
- Exemple : King KHF950 – réception SSB :



## Le récepteur BLU

### Schéma bloc

- *Exemple* : King KHF950 – réception AM :



© Département d'avionique

Document à des fins de formation



Photo © Pierre GILLARD/2015-413611

**Merci de votre attention**

© Département d'avionique

Document à des fins de formation