

HF COM

Avant de débiter le cours ...

Merci !

Présentation du cours

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

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.

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

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.

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

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 3 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 peccer la porteuse à la réception et l'allouer adéquatement par rapport à la bande latérale reçue.

Caractéristiques générales des émetteurs-récepteurs

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

- ✓ 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 :

Composants du système embarqué

Composants du système

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

Exemples d'équipements

Rohde & Schwarz XK516

The Airborne Voice/Data Radio R855X16 is designed for use in commercial aircraft. The system provides conventional voice and high-speed air-ground, ground-air, and air-to-air data communication over long distances. The data communication is suitable for aircraft operational communication (AOC), Air-to-Air Remote-Terrestrial communication (A2A), and air-to-air communication (A2A). The radio is a joint development of Rohde & Schwarz and Honeywell Aerospace Electronic Systems. The available electronic options are: Honeywell Aerospace Electronic Systems, 15501 N.E. 36th Street, Redmond, WA 98072-9311, USA.

The "data module" which provides the high-speed data function are fully integrated within the transmitter. The specialty radio provides the use of the same HF frequency for voice and data. Additional space for the data capability is not needed. The functioning of the equipment is controlled by the integrated test system that conditionally monitors a number of functions. After the test routine has been triggered, the faulty module will be located and isolated. ATE checks are reported to the cockpit EICAS/ECAM system via the ARINC 429 system. Contraintes de compatibilité électromagnétique (CEM) are implemented in the radio. This Relating Line order number for details of aircraft types. The HF Airborne Voice/Data Radio R855X16 is designed to meet the requirements of:

ARINC 713 (voice function)
 ARINC 713 with DS (data function)
 The integrated data communication capability meets the specifications of ARINC 721 and 635 providing high-speed data communication at a data rate of 2500 bps.

Exemples d'installations

Canadair (Bombardier) CL601-3A Challenger

Exemples d'installations

Canadair (Bombardier) CL601-3A Challenger

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 avions, 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

Exemples d'installations

Installation de systèmes HF King KHF950 et KHF1050

Manuel d'installation du King KHF950

Manuel d'installation du King KHF1050

Les antennes et leur implantation

Avions légers

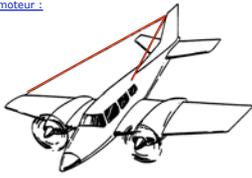
- Piper PA31 Navajo.

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET ÉPILÉCROTECHNIQUE

Les antennes et leur implantation

Avions légers

- Petit bimoteur :



© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET ÉPILÉCROTECHNIQUE

Les antennes et leur implantation

Anciens avions de transport commercial

- Douglas DC-3 :



© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET ÉPILÉCROTECHNIQUE

Les antennes et leur implantation

Avions militaires (missions spéciales)

- Lockheed VP-3A Orion :



© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET ÉPILÉCROTECHNIQUE

Les antennes et leur implantation

Hélicoptères

- Bell 206 Jet Ranger :



Antennes HF

© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET ÉPILÉCROTECHNIQUE

Les antennes et leur implantation

Hélicoptères

- Agusta A109BA :



Antenne HF

© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET ÉPILÉCROTECHNIQUE

Les antennes et leur implantation

Hélicoptères

- Bell UH-1 Troquois :



Antenne HF

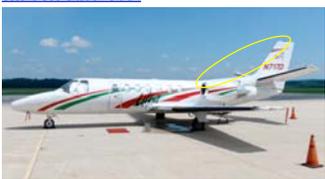
© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET ÉPILÉCROTECHNIQUE

Les antennes et leur implantation

Avions d'affaires et de transport régional

- Cessna 560 Citation Ultra :



© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET ÉPILÉCROTECHNIQUE

Les antennes et leur implantation

Avions d'affaires et de transport régional

- Bombardier CRJ900 :



© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET ÉPILÉCROTECHNIQUE

Les antennes et leur implantation

Installation provisoire

- ATR-42 :



© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET TECHNIQUE

Les antennes et leur implantation

Avions de transport commercial

- Boeing 707 et 720 :



© Département d'Avionique Document 2 des FRS de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET TECHNIQUE

Les antennes et leur implantation

Avions de transport commercial

- Airbus A330 :



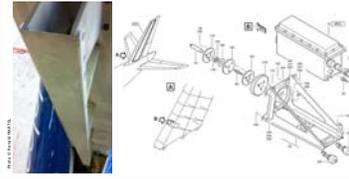
© Département d'Avionique Document 2 des FRS de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET TECHNIQUE

Les antennes et leur implantation

Avions de transport commercial

- Airbus A330 :



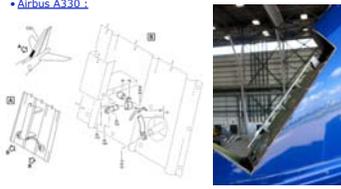
© Département d'Avionique Document 2 des FRS de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET TECHNIQUE

Les antennes et leur implantation

Avions de transport commercial

- Airbus A330 :



© Département d'Avionique Document 2 des FRS de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET TECHNIQUE

Utilisation des systèmes embarqués

Communications HF aéronautiques

Deux utilisations

- Contrôle du trafic aérien**
Exemples : Rapports de position lors de vols transocéaniques
- Communications privées**
Exemples : Informations de compagnie, soutien au sol, etc.

ARINC Voice Services Operating Procedures Handbook

© Département d'Avionique Document 2 des FRS de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET TECHNIQUE

Utilisation des systèmes embarqués

L'utilisation des systèmes HF est complexe si l'on désire obtenir une communication relativement fiable du fait de la piètre 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 :



[KHF950 Pilot's Guide](#)

© Département d'Avionique Document 2 des FRS de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET TECHNIQUE

Utilisation des systèmes embarqués

Réglementation



- 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 2 des FRS de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET TECHNIQUE

Utilisation des systèmes embarqués

HFDDL – High Frequency Data Link

- Le HFDDL est une méthode de transfert de données numériques par HF servant à acheminer des messages :
 - AOC – Airline Operational Control.
 - CPDLC – Controller-Pilot Data Link Communication.
 - ADS – Automatic Dependent Surveillance.
- Le système est géré par Rockwell Collins/ARINC.
- Est une alternative bon marché par rapport au SATCOM ou peut convenir là où il n'y a pas de couverture satellite.
- Utilise 15 stations au sol (HGS-HF Ground Stations) avec 167 possibilités de fréquences différentes; chaque station au sol est prévue pour fonctionner sur quatre canaux, évitant ainsi la saturation du système.
- La portée peut atteindre 3000 NM.

© Département d'Avionique Document 2 des FRS de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET TECHNIQUE

Utilisation des systèmes embarqués

HFDDL – High Frequency Data Link

- L'équipement à bord de l'aéronef nécessite un CMU (Communication Management Unit) et un émetteur-récepteur HF compatible HFDDL.



© Département d'Avionique Document 2 des FRS de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ÉLECTROTECHNIQUE

L'émetteur BLU

Schéma bloc

• 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.

© Département d'électronique Document 2 des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ÉLECTROTECHNIQUE

L'émetteur BLU

Schéma bloc

• Certains émetteurs (même en aviation) permettent de sélectionner la bande latérale inférieure ou la bande latérale supérieure :

© Département d'électronique Document 2 des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ÉLECTROTECHNIQUE

L'émetteur BLU

Schéma bloc

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

© Département d'électronique Document 2 des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ÉLECTROTECHNIQUE

L'émetteur BLU

Le modulateur en anneau

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

... Équivalent à ...

© Département d'électronique Document 2 des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ÉLECTROTECHNIQUE

L'émetteur BLU

Le modulateur en anneau

Conduction de D1 et D2
Conduction de D3 et D4

© Département d'électronique Document 2 des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ÉLECTROTECHNIQUE

L'émetteur BLU

Le modulateur en anneau

• Variante du précédent à transistors :

© Département d'électronique Document 2 des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ÉLECTROTECHNIQUE

L'émetteur BLU

Le modulateur en anneau

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

Exemple de circuit démodulateur BLU

© Département d'électronique Document 2 des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ÉLECTROTECHNIQUE

L'émetteur BLU

Schéma bloc

• Exemple : King KHF950 – transmission SSB :

© Département d'électronique Document 2 des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ÉLECTROTECHNIQUE

L'émetteur BLU

Schéma bloc

• Exemple : King KHF950 – transmission AM :

© Département d'électronique Document 2 des fins de formation

