

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



**Les radiocommunications en aéronautique**

© Département d'avionique Document à des fins de formation

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

Avant de débiter le cours ...



**Merci !**

© Département d'avionique Document à des fins de formation

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

**Présentation du cours**



- Introduction
- Rôle des communications aéronautiques.
- Types de radios utilisées en aéronautique.
- Réglementations et documents.
- Les émetteurs-récepteurs VHF-AM.
- Les émetteurs-récepteurs HF-SSB.
- Les radiocommunications militaires.
- Le système SELCAL.
- Les systèmes SATCOM.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

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

**Présentation du cours**



- Exigences ETOPS en matière de communications.
- Le système ACARS.
- Le système AFIS.
- Les émetteurs-récepteurs VHF/UHF-FM.
- Interférences électromagnétiques.
- Evolution.
- Conclusions.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

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

**Introduction**



- Les liaisons radio en aviation sont essentielles.
- On pourrait les classer selon leur fonction :
  - ✓ Radiocommunication.
  - ✓ Radionavigation.
  - ✓ Identification et localisation.
- L'objet de ce cours porte sur les radiocommunications.
- Les radiocommunications permettent la transmission de messages.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

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

**Rôles des communications aéronautiques**

- Les radiocommunications aéronautiques permettent de transmettre et de recevoir des messages vocaux ou numériques :
  - ✓ Gestion du trafic aérien.
  - ✓ Gestion des mouvements sur les aéroports.
  - ✓ Information de positionnement.
  - ✓ Messages d'urgence et signaux de détresse.
  - ✓ Messages de compagnie.
  - ✓ Transmission de données techniques.
  - ✓ Informations relatives à la météo ou à la sécurité.
  - ✓ Divertissement : télévision, Internet, etc.
  - ✓ Autres communications.



© Département d'avionique Document à des fins de formation

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

**Rôles des communications aéronautiques**

- Les aéronefs peuvent communiquer entre eux ou avec d'autres véhicules ou stations radio :



Communications air-air bilatérales  
Communications air-mer bilatérales  
Communications bilatérales avec les services publics  
Transmissions par satellites  
Communications air-sol bilatérales

© Département d'avionique Document à des fins de formation

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

**Types de radios utilisées en aéronautique**

- Les principales sortes d'émetteurs-récepteurs utilisés en aéronautique :
  - ✓ VHF-AM (civil et militaire).
  - ✓ UHF-AM (militaire).
  - ✓ VHF-FM (services publics).
  - ✓ UHF-FM (services publics).
  - ✓ HF-SSB (civil).
  - ✓ SATCOM (civil et militaire).



© Département d'avionique Document à des fins de formation

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

**Types de radios utilisées en aéronautique**

**Stations de radiocommunication au sol**

- Servent à gérer le trafic aérien ainsi que les mouvements tant d'aéronefs que de véhicules au sol.

**Stations portables** **Stations de base**



**Stations mobiles**

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Types de radios utilisées en aéronautique**

**Stations de radiocommunication au sol**

- La qualité des stations de base des organismes du contrôle aérien (ATC) doit être très élevée pour garantir des communications claires et sans ambiguïté.



© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Types de radios utilisées en aéronautique**

**Stations de radiocommunication au sol**

- Il existe aussi des stations émettrices automatisées servant à transmettre les informations d'aéroport et de météorologie (ATIS-Automatic Terminal Information Service) aux pilotes.



© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Réglementations et documents**

**Exigences concernant l'opérateur**



- Pour pouvoir utiliser une station radio d'aéronef, il est obligatoire de disposer d'un certificat restreint de radiotéléphoniste.
- Tout contrevenant s'expose à des amendes ou des peines de prison.
- Pour obtenir le certificat, il faut présenter un examen auprès d'Industries Canada.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Réglementations et documents**

**Exigences concernant l'équipement**

- Les émetteurs-récepteurs embarqués doivent répondre à des exigences de certification techniques comme, par exemple :

✓	RTCA DO-154 (ELT)
✓	RTCA DO-160, DO-169 (VHF-AM)
✓	RTCA DO-163 (HF-SSB)
✓	TSO C37b, C38b (VHF-AM)
✓	Etc.

RTCA-Radio Technical Commission for Aeronautics  
 ITO-Technical Standard Orders

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**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

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**Bandes de fréquences et séparation des canaux**



- Au début, la bande de fréquences utilisée s'étendait de 118.00 MHz à 136.00 MHz (exclue) et l'espacement entre canaux était de 50 KHz.
- Ce qui nous donne ....

136.00 MHz - 118.00 MHz = 18 MHz  
 18 MHz / 50 KHz = 360 CANAUX

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**Bandes de fréquences et séparation des canaux**



- Par la suite, la bande de fréquences utilisée est demeurée entre 118.00 MHz et 136.00 MHz (exclue), mais l'espacement entre canaux est passé à 25 KHz.
- Ce qui nous donne ....

136.00 MHz - 118.00 MHz = 18 MHz  
 18 MHz / 25 KHz = 720 CANAUX

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**Bandes de fréquences et séparation des canaux**



- Par après, la bande de fréquences utilisée s'est élargie pour s'étendre de 118.00 MHz à 137.00 MHz (exclue), mais l'espacement entre canaux est resté à 25 KHz.
- Ce qui nous donne ....

137.00 MHz - 118.00 MHz = 19 MHz  
 19 MHz / 25 KHz = 760 CANAUX

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**Bandes de fréquences et séparation des canaux**



- Enfin, actuellement, la bande de fréquences utilisée s'étend toujours de 118.00 MHz à 137.00 MHz (exclue), mais l'espacement entre canaux est passé à 8.33 KHz.
- Ce qui nous donne ....

137.00 MHz - 118.00 MHz = 19 MHz  
 19 MHz / 8,33 KHz = 2280 CANAUX

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**Affichage des fréquences**

- Radios à 25 KHz :
 

118,000 MHz	118.00
118,025 MHz	118.02
118,050 MHz	118.05
- Radios à 8.33 KHz :
 

118,0000 MHz	118.000
118,00833 MHz	118.010
118,01666 MHz	118.015
118,02500 MHz	118.025
118,03333 MHz	118.030
118,04166 MHz	118.040
118,05000 MHz	118.050

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**Exemples d'équipements**

- Radios de type « monobloc » pour aviation générale :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**Exemples d'équipements**

- Radios pour avions d'affaires ou commerciaux :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**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

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**Exemple d'installation**

- Canadair CL601-3A Challenger :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**Exemple d'installation**

- Canadair CL601-3A Challenger :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF-AM**

**Les antennes et leur implantation**

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs HF-SSB**

**Caractéristiques générales**

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

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

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs HF-SSB**

**Réglementation**

- Service A/G internationale (AIM).
- Usage de la fréquence 5680 KHz (AIM).

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs HF-SSB**

**Composants du système**

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

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs HF-SSB**

**Composants du système**

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

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs HF-SSB**

**Exemple d'installation**

• Canadair CL601-3A Challenger :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs HF-SSB**

**Exemple d'installation**

• Canadair CL601-3A Challenger :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs HF-SSB**

**Les antennes et leur implantation**

• Avions légers :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs HF-SSB**

**Les antennes et leur implantation**

• Hélicoptères légers :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs HF-SSB**

**Les antennes et leur implantation**

• Hélicoptères légers :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs HF-SSB**

**Les antennes et leur implantation**

• Avions d'affaires et de transport régional :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs HF-SSB**

**Les antennes et leur implantation**

• Antenne probe pour avions de transport régional :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

### Les émetteurs-récepteurs HF-SSB

#### Les antennes et leur implantation

- Avions de transport commercial

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

### Les radiocommunications militaires

- Communications militaires vocales ou numériques, cryptées ou non

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

### Le système SELCAL

- SELCAL signifie « *Selective Calling* »
- Il s'agit d'un système d'appels sélectifs

- Un code individuel est attribué à chaque aéronef disposant d'un système SELCAL.
- À chaque lettre du code correspond une fréquence audio bien précise.
- Lorsque le décodeur SELCAL de l'aéronef détermine que le code reçu est celui attribué à l'aéronef, il déclenche un gong ou une tonalité dans le système audio.

Code	Fréquence (kHz)
A	1300
B	1350
C	1400
D	1450
E	1500
F	1550
G	1600
H	1650
I	1700
J	1750
K	1800
L	1850
M	1900
N	1950
O	2000
P	2050
Q	2100
R	2150
S	2200
T	2250
U	2300
V	2350
W	2400
X	2450
Y	2500
Z	2550

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

### Le système SELCAL

Écoute permanente des radios

Codeur → Décodeur SELCAL

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

### Le système SELCAL

Réception d'un code SELCAL

Vérification du code → OK!

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

### Le système SELCAL

Le pilote utilise la radio de l'appel

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

### Le système SELCAL

#### Types de décodeurs

- Avec codage dans l'avion :

TONE DESIGNATION	WFO CHANNEL	PROBING	LETTERS	P	A	Z	L	S
100.0	A	1	1	1	1	1	1	1
100.1	B	2	2	2	2	2	2	2
100.2	C	3	3	3	3	3	3	3
100.3	D	4	4	4	4	4	4	4
100.4	E	5	5	5	5	5	5	5
100.5	F	6	6	6	6	6	6	6
100.6	G	7	7	7	7	7	7	7
100.7	H	8	8	8	8	8	8	8
100.8	I	9	9	9	9	9	9	9
100.9	J	10	10	10	10	10	10	10
101.0	K	11	11	11	11	11	11	11
101.1	L	12	12	12	12	12	12	12
101.2	M	13	13	13	13	13	13	13
101.3	N	14	14	14	14	14	14	14
101.4	O	15	15	15	15	15	15	15
101.5	P	16	16	16	16	16	16	16
101.6	Q	17	17	17	17	17	17	17
101.7	R	18	18	18	18	18	18	18
101.8	S	19	19	19	19	19	19	19
101.9	T	20	20	20	20	20	20	20

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

### Le système SELCAL

#### Types de décodeurs

- Avec codage sur le décodeur :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ENNA** ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION TECHNIQUE

### Les systèmes SATCOM

- Comme le nom le laisse supposer, les systèmes SATCOM font usage de satellites de communication
- Ces satellites sont exploités par des compagnies privées
- Plusieurs opérateurs existent; l'utilisateur aura un choix à faire.
- Les systèmes SATCOM peuvent transmettre et/ou recevoir des signaux analogiques (voix) ou numériques

**VIDÉO : exemple de satellite de communication**

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les systèmes SATCOM**

- En ce qui concerne l'aviation, les principaux fournisseurs de services SATCOM sont :
  - ✓ EAN – European Aviation Network (\*)
  - ✓ Inmarsat.
  - ✓ Intelsat/Gogo (\*)
  - ✓ Iridium.
  - ✓ OneWeb.
  - ✓ StarLink Aviation.
  - ✓ ViaSat.

(\*) Proposent aussi des communications air-sol

- Certaines entreprises proposent des services de gestion de l'ensemble des systèmes de communication privés à leur clients : ARINC Direct, Honeywell GDC, SATCOM Direct, SITA, etc.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les systèmes SATCOM**

**Deux familles de constellations de satellites SATCOM**

- Les satellites en orbite basse (LEO):
- Les satellites géostationnaires (GEO):

Exemple : Iridium

Exemple : Inmarsat

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les systèmes SATCOM**

**Type d'antennes SATCOM**

- Antennes à réseau de phase (Phased Array):

**Avantage :** aucun élément mobile

**Inconvénient :** électronique complexe

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les systèmes SATCOM**

**Type d'antennes SATCOM**

- Antennes mobiles :

**Avantage :** Plus simple à contrôler

**Inconvénient :** volumineuse

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les systèmes SATCOM**

**Type d'antennes SATCOM**

- Antennes « blade » à faible gain :

**Avantage :** Très simples à fabriquer

**Inconvénient :** Gain très faible

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les systèmes SATCOM**

**Installation d'antennes sur avions légers**

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les systèmes SATCOM**

**Installation d'antennes sur avions d'affaires**

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les systèmes SATCOM**

**Installation d'antennes sur avions commerciaux**

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les systèmes SATCOM**

**Installation d'antennes sur avions commerciaux**

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les systèmes SATCOM**

**Maillon des systèmes IFE récents**

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les systèmes SATCOM**

**Exemple de systèmes embarqués : Iridium**

- Equipement nécessaire à l'installation dans un hélicoptère :

- L'antenne est combinée SATCOM/ GPS

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les systèmes SATCOM**

**Exemple de systèmes embarqués : INMARSAT**

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Le système ACARS**

- ACARS signifie « *Aircraft Communications Addressing and Reporting System* ».
- Il s'agit d'un système de transfert de données numériques transmettant des messages simples et relativement brefs depuis les avions vers des stations au sol ou des satellites.
- Le système a été développé par ARINC et mis en service à partir de 1978 dans le but de réduire la tâche des équipages et d'améliorer l'intégrité des informations transmises.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Le système ACARS**

- Organisation du système ACARS :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF/UHF-FM**

- Installation essentiellement à bord d'hélicoptères ou d'avions de services publics (protection des forêts, bombardiers d'eau, police, ...)
- Les émetteurs-récepteurs peuvent être de type « monobloc » :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Les émetteurs-récepteurs VHF/UHF-FM**

- Installation essentiellement à bord d'hélicoptères ou d'avions de services publics (protection des forêts, bombardiers d'eau, police, ...)
- Les émetteurs-récepteurs peuvent être de type « monobloc ».
- Ils peuvent aussi exister sous forme de boîtiers séparés avec une tête de contrôle pouvant éventuellement gérer plusieurs radios sur plusieurs gammes de fréquences :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Interférences électromagnétiques**

- Les appareils de radiocommunication ne peuvent interférer entre eux ou avec les systèmes de radionavigation.
- Il en va de même pour tous les appareils électroniques embarqués.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**Évolution**

- Les communications numériques SATCOM et les systèmes de divertissement IFE sont en pleine évolution.
- Depuis peu, il est possible d'utiliser son ordinateur portable, connecté à Internet par WiFi de même que son cellulaire à bord de certains avions, ceci sans restriction à l'exception des phases de décollage et d'atterrissage.
- Actuellement, il est permis d'utiliser cellulaires, ordinateurs portables et tablettes de « porte à porte » sur certaines lignes aériennes ou à bord d'avions d'affaires.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA École Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de l'Espace

Conclusions



- Les radiocommunications sont essentiels en aviation.
- Les transmissions peuvent être analogiques comme numériques.
- Avec le développement des technologies, les radiocommunications sont en pleine expansion en aéronautique.
- Il appartient au TEA de suivre l'évolution des différents systèmes implantés à bord des aéronefs.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA École Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de l'Espace



*Merci de votre attention*

© Département d'avionique Document à des fins de formation