

FORMATION  
pilote

# AVIONIQUE

de la navigation aérienne

Michel COMBES

# TABLE DES MATIÈRES

## Chapitre Premier

### Radiocommunications

1. Introduction .....	25	3.4.6. Gammes de fréquences utilisées pour les radiocommunications .....	47
2. Signaux .....	25	<b>4. Traitement des signaux pour la transmission</b> .....	48
2.1. Qu'est-ce qu'une tension électrique ? .....	25	4.1. Structure d'un système de radiocommunication .....	48
2.2. Représentation des signaux .....	27	4.1.1. Emetteur .....	48
2.2.1. Représentation temporelle .....	27	4.1.2. Récepteur .....	50
2.2.2. Représentation spectrale des signaux .....	27	4.2. Qualités d'un système de radiocommunication .....	52
2.3. Modulation des signaux radioélectriques .....	34	4.2.1. Puissance .....	52
2.3.1. Les divers types de modulation .....	34	4.2.2. Sensibilité .....	54
2.3.2. Effets des signaux parasites sur les modulations .....	37	4.2.3. Sélectivité .....	54
<b>3. Ondes électromagnétiques</b> .....	37	4.2.4. Stabilité .....	54
3.1. Champ électrique .....	38	4.2.5. Fidélité .....	55
3.2. Champ magnétique .....	38	4.3. Fonctions radioélectriques .....	55
3.3. Aperçus sur la théorie de la propagation des ondes électromagnétiques .....	38	4.3.1. Fonctions analogiques .....	56
3.4. Définitions relatives aux ondes électromagnétiques et propriétés .....	41	4.3.2. Fonctions numériques .....	56
3.4.1. Surface d'onde et direction de propagation .....	41	<b>5. Antennes</b> .....	57
3.4.2. Onde plane sinusoïdale polarisée linéairement .....	42	5.1. Définitions .....	57
3.4.3. Ondes progressives et ondes stationnaires .....	44	5.2. Types d'antennes utilisées pour la radionavigation .....	59
3.4.4. Phénomènes généraux liés à la propagation .....	44	5.2.1. Antennes élémentaires .....	59
3.4.5. Propagation des ondes radioélectriques dans l'atmosphère terrestre .....	46	5.2.2. Effet de sol .....	59
		5.2.3. Réseaux d'antennes alignées .....	60
		5.2.4. Antennes diverses .....	62
		<b>6. Hyperfréquences-Radar</b> .....	63
		6.1. Formule du radar .....	64
		6.2. Classification des radars classiques .....	64
		6.3. Perfectionnements apportés aux radars classiques .....	65
		6.4. Radar secondaire .....	67

## Chapitre II

### Aides radioélectriques au contrôle de la circulation aérienne

1. Objectifs du contrôle de la circulation aérienne (C.A.) .....	73	3.1. Système de traitement radar .....	78
2. Organisation actuelle de la C.A. ....	74	3.2. Système de traitement des plans de vol .....	80
2.1. Généralités .....	74	3.3. Fonctions assurées par le contrôle en route .....	81
2.2. Espaces aériens .....	74	3.4. Equipements de la salle de contrôle .....	81
2.3. Plans de vol .....	77	<b>4. Transmission de données numériques entre le sol et l'avion</b> .....	81
3. Exploitation des informations radar pour le contrôle en route .....	77		

## Chapitre III

### Radionavigation à moyenne et longue distance

<b>1. Généralités</b> .....	83	2.5.5. <i>Utilisation</i> .....	9
1.1. Lignes de position et classification des systèmes .....	83	2.6. DME ou Distance Measuring Equipment .....	9
1.2. Définitions relatives aux systèmes angulaires .....	85	2.6.1. <i>Principe</i> .....	9
1.3. Erreurs et causes d'erreurs .....	87	2.6.2. <i>Portée et précision</i> .....	10
<b>2. Systèmes à moyenne distance</b> .....	88	2.6.3. <i>Causes d'erreurs et limitations d'emploi</i> .....	10
2.1. Généralités .....	88	2.6.4. <i>Présentation de l'information et utilisation</i> .....	10
2.2. Radiophares et radiobalises .....	88	2.6.5. <i>Autres systèmes et perfectionnements</i> .....	10
2.3. Radiogoniomètre automatique VHF d'aérodrome(VDF) .....	88	<b>3. Systèmes de bord autonomes basés sur le principe du radar</b> .....	10
2.3.1. <i>Radiogoniomètre automatique VHF d'aérodrome (VDF)</i> .....	88	3.1. Un système autonome de radionavigation : le radar DOPPLER .....	10
2.3.2. <i>Précision et portée</i> .....	89	3.1.1. <i>Principe</i> .....	10
2.3.3. <i>Erreurs et limitations d'emploi</i> .....	89	3.1.2. <i>Performances et utilisation</i> .....	10
2.3.4. <i>Présentation de l'information et utilisation du système</i> .....	89	3.2. Radar de bord ou radar METEO .....	10
2.4. Radiocompas de bord (ADF) .....	89	3.2.1. <i>Principe</i> .....	10
2.4.1. <i>Principe</i> .....	89	3.2.2. <i>Performances et utilisation</i> .....	10
2.4.2. <i>Précision et portée</i> .....	90	3.3. Radiosonde à impulsions pour la mesure de la hauteur au dessus du sol .....	10
2.4.3. <i>Causes d'erreurs et limitations d'emploi</i> .....	90	3.3.1. <i>Principe</i> .....	10
2.4.4. <i>Présentation de l'information</i> .....	92	3.3.2. <i>Performances et utilisation</i> .....	10
2.4.5. <i>Utilisation</i> .....	93	<b>4. Systèmes à longue distance</b> .....	10
2.5. Le VOR (VHF Omni Range) ou radiophare omnidirectionnel VHF .....	94	✓4.1. <i>Introduction</i> .....	10
2.5.1. <i>Principe</i> .....	94	✓4.2. <i>LORAN A et C</i> .....	10
2.5.2. <i>Portée et précision</i> .....	96	✓4.3. <i>OMEGA</i> .....	11
2.5.3. <i>Causes d'erreurs et limitations d'emploi</i> .....	96	4.3.1. <i>Description et principe</i> .....	11
2.5.4. <i>Présentation de l'information</i> .....	97	4.3.2. <i>Utilisation</i> .....	11

## Chapitre IV

### Radionavigation à courte distance et atterrissage

<b>1. Généralités</b> .....	113	2.2.3. <i>Erreurs dues au matériel embarqué et à son utilisation</i> .....	113
<b>2. Système ILS (Instrument Landing System)</b> .....	114	2.2.4. <i>Précision globale du système</i> .....	113
2.1. Description et principe de fonctionnement .....	114	2.3. Récepteur de bord .....	113
2.1.1. <i>Structure des émissions LOC et GLIDE</i> .....	117	2.4. Présentation de l'information et utilisation .....	113
2.1.2. <i>Valeurs normalisées des signaux ILS</i> .....	117	<b>3. Radioaltimètres à modulation de fréquence</b> .....	113
2.1.3. <i>Antennes ILS</i> .....	118	3.1. Principe du radioaltimètre à modulation de fréquence .....	113
2.2. Limitations d'emploi et précision .....	120	3.2. Erreurs, précision .....	113
2.2.1. <i>Erreurs dues aux émetteurs ILS</i> .....	120	3.3. Utilisation et présentation de l'information .....	113
2.2.2. <i>Erreurs de propagation</i> .....	120		

4. Radar GCA (Ground Control Approach) .....	126	5.1. Description et spécifications .....	127
4.1. Principe et caractéristiques .....	126	5.1.1. Principe des faisceaux battants à référence de temps .....	127
4.2. Présentation de l'information .....	126	5.1.2. Couverture <b>MLS</b> .....	128
5. Système <b>MLS 127</b> (Microwave Landing System) .....	127	5.2. Précision du système .....	128
		5.3. Problèmes d'utilisation et de mise en œuvre .....	128

## Chapitre V

### Systèmes de navigation intégrés

1. Généralités .....	131	4.4. Centrales inertielles .....	142
2. Instruments intégrés .....	131	4.4.1. Principe des centrales inertielles actuelles .....	142
2.1. Instruments intégrés classiques .....	131	4.4.2. Utilisation d'une centrale inertielle .....	144
2.2. Ecrans cathodiques couleur .....	132	4.5. Systèmes de conduite du vol .....	145
2.2.1. EFIS (Electronique Flight Instrument System) .....	132	4.5.1. Le FMS (Flight Management System) .....	145
2.2.2. ECAM (Electronic Centralized Aircraft Monitor) .....	133	4.5.2. Le TCAS (Traffic Alert and Collision Avoidance System) .....	150
3. Pilote automatique .....	134	5. Satellites artificiels et navigation : Le système GPS/NAVSTAR .....	153
3.1. Modes du PA .....	134	5.1. Satellites et navigation .....	153
3.2. Structure d'un PA .....	136	5.2. Description du système GPS/NAVSTAR .....	154
4. Navigation de surface et conduite du vol .....	136	5.3. Précision du système .....	155
4.1. Généralités .....	136	5.4. Présentation des informations .....	155
4.2. Principes de réalisation .....	139	5.5. Utilisation en aéronautique civile .....	155
4.3. Les paramètres de la navigation de surface .....	139		

## Chapitre VI

### Auto-évaluation

Questionnaire à choix multiple .....	161
--------------------------------------	-----

## Annexes

Annexe I Extrait du Journal Officiel .....	173
Annexe II Grille de réponses du QCM .....	175
Annexe III Commentaires aux questions du QCM .....	177
Liste des figures .....	181
Index .....	185