

RECOMMANDATION UIT-R M.1040

SERVICE MOBILE PUBLIC DE TÉLÉCOMMUNICATION AVEC LES AÉRONEFS
DANS LES BANDES 1 670-1 675 MHz ET 1 800-1 805 MHz

(Question UIT-R 74/8)

(1994)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) qu'il existe une demande pour un système automatique de correspondance publique téléphonique ou de transmission de données air-sol qui devrait être capable d'assurer une capacité adéquate dans toutes les régions d'exploitation;
- b) que le service mobile téléphonique public, c'est-à-dire le service de correspondance publique aéronautique par l'intermédiaire de stations de radiocommunications connectées au réseau téléphonique public avec commutation, existe déjà (ou existera) dans un certain nombre de pays;
- c) que les administrations qui ont l'intention de mettre en œuvre une correspondance publique aéronautique utiliseront, sur une base mondiale, les bandes 1 670-1 675 MHz et 1 800-1 805 MHz (voir le numéro 740A du Règlement des radiocommunications (RR));
- d) qu'il est indispensable que ces systèmes soient tout à fait compatibles avec les autres systèmes installés à bord des aéronefs, notamment avec ceux qui assurent les services de sécurité;
- e) qu'il est souhaitable que le système soit compatible et exploitable sur le plan mondial afin d'accroître au maximum les possibilités d'exploitation des systèmes,

recommande

1. de faire en sorte que les caractéristiques de système d'un service public mondial de télécommunications mobiles avec les aéronefs soient celles qu'indique l'Annexe 1 à la présente Recommandation;
2. de veiller à ce que le système de Terre de télécommunications en vol (TFTS) soit tout à fait compatible avec les autres systèmes à bord des aéronefs, notamment avec ceux qui assurent les services de sécurité. A cet effet, il peut être nécessaire de faire des essais en exploitation afin de confirmer que l'exploitation ne cause pas de brouillages avant la mise en œuvre des systèmes TFTS.

ANNEXE 1

1. Introduction

Un service public de télécommunications mobiles avec les aéronefs sera assuré au moyen d'un système numérique cellulaire appelé système de Terre de télécommunications en vol (TFTS).

Le TFTS répond aux normes qui sont imposées aux équipements embarqués par la Airlines Electronic Engineering Committee (AEEC) (Commission technique électronique des compagnies aériennes) et la European Airlines Electronics Committee (EAEC) (Commission électronique européenne des compagnies aériennes).

Le système garantit une utilisation efficace du spectre des fréquences, donne une couverture complète de la zone de service grâce à un réseau cellulaire, facilite au maximum la continuité des appels et donne accès, à partir de chaque terminal d'aéronef, à quatre circuits pour voix, données ou télécopie tout en réduisant au minimum le poids, la consommation d'énergie et la production de chaleur des équipements embarqués.

2. Services

2.1 Généralités

Le TFTS assure les types de communications suivants:

- téléphonie air-sol y compris les procédures multifréquence à double tonalité;
- télécopie, données et radiorecherche;
- services supplémentaires comme appels sol-air par radiorecherche.

Les services autres que la parole peuvent fonctionner à des débits de données d'utilisateur atteignant 4,8 kbit/s.

Le TFTS permet aux passagers de communiquer pendant toutes les phases du vol (à condition que la couverture soit assurée par le réseau au sol).

La facturation se fait par cartes de crédit.

2.2 Accès

Le système assure des communications numériques, automatiques, en duplex et de haute qualité avec accès par numérotation directe au réseau téléphonique public ou de transmission de données, y compris le RNIS (réseau numérique à intégration de services).

Il n'impose à la destination des appels pas d'autres restrictions que celles qui existent dans les réseaux fixes.

La procédure de numérotation est la même que pour la numérotation directe internationale (voir la Recommandation UIT-T E.164). (C'est-à-dire qu'elle commence par l'indicatif du pays.)

La conception du système garantit qu'il ne sera pas nécessaire de modifier les réseaux publics commutés nationaux ni les RNIS (c'est-à-dire le réseau public à partir du terminal au sol).

L'interface air-sol qu'utilise le système est la même dans toute sa zone de couverture. Le choix de la station au sol qu'utilisera un aéronef donné se fait en fonction de l'efficacité du système et non d'après un critère de préférence.

Le système permet le transfert entre stations au sol de tous types.

3. Description technique

Les principales caractéristiques techniques du TFTS sont résumées au Tableau 1.

3.1 Plan de fréquences

Conformément au numéro 740A du RR, les bandes de fréquences suivantes sont identifiées pour le sens indiqué:

1 670-1 675 MHz pour les transmissions sol-air;

1 800-1 805 MHz pour les transmissions air-sol.

3.2 Type d'accès et structure de trame

Pour la liaison sol-air, le système emploie un multiplex à répartition dans le temps (MRT) associé à un multiplex par répartition en fréquence (MRF) et pour la liaison air-sol un accès multiple à répartition dans le temps (AMRT).

Le débit binaire global de chaque porteuse est de 44,2 kbit/s, ce qui donne 4 à 16 canaux de trafic sur une même porteuse.

Le système prévoit la transmission de la parole au moyen de codecs vocaux à 9,6 kbit/s. Toutefois, on a réservé la possibilité d'autres types d'accès pour des codecs de données ou de parole à débit binaire réduit.

La conception de la structure de trame permet d'utiliser simultanément des codecs de débits différents.

TABLEAU 1

Principales caractéristiques du TFDS

1.	Fréquence	
1.1	Bande d'émission au sol	1 670-1 675 MHz
1.2	Bande d'émission d'aéronef	1 800-1 805 MHz
2.	Canaux	
2.1	Canal «n» d'émission au sol	$1\ 670 + n/33$ MHz
2.2	Canal «n» d'émission d'aéronef	$1\ 800 + n/33$ MHz
2.3	Nombre de canaux ($n = 1$ à 164)	
2.4	Largeur du canal	30,30 kHz
2.5	Tolérance de fréquence	2×10^{-7}
3.	Station au sol en route (exemple type)	
3.1	Espace entre stations au sol adjacentes	380 km
3.2	Couverture d'une station	125 000 km ²
3.3	Critère de distance pour le transfert	240 km
4.	Altitudes d'exploitation	
4.1	Stations en route	15 000-43 000 pieds
4.2	Stations intermédiaires	0-15 000 pieds
4.3	Stations d'aéroports	0 pied
5.	Codage de la parole	
5.1	Débit de sortie du codec	9,6 kbit/s
5.2	Durée de la trame du codec	20 ms
6.	Puissance de sortie p.i.r.e.	
6.1	Stations en route	-1 à 19 dBW
6.2	Stations intermédiaires	-11 à 9 dBW
6.3	Stations d'aéroports	-11 à 9 dBW
6.4	Stations d'aéronefs (gain d'antenne: 1 dB)	-69 à 11 dBW
7.	Modulation	
7.1	Méthode: MDP-4 différentielle décalée de $\pi/4$ (MDP-4D $\pi/4$)	
7.2	Largeur de bande à 3 dB du spectre émis	22,1 kHz
7.3	Débit binaire	44,2 kbit/s
8.	Structure du signal	
8.1	Durée d'un bit	22,62 μ s
8.2	Longueur du créneau	208 bits
8.3	Durée du créneau	4,706 ms
8.4	Longueur de la trame	17 créneaux
8.5	Durée de la trame	80 ms
8.6	Nombre de bits de trafic par créneau	192 bits

Les trames consistent en 17 créneaux temporels de 4,706 ms, ce qui donne une durée totale de 80 ms. Seize d'entre eux servent au trafic (4 par canaux de trafic de 9,6 kbit/s) et un aux commandes. Les trames sont groupées par 20 en supertrames.

Les canaux de trafic appartenant à une trame d'une porteuse donnée, dans une station au sol (SS), peuvent être attribués à plusieurs aéronefs distincts.

La station d'aéronef (SA) explore périodiquement les porteuses des stations au sol et en tire l'information de commande au moyen d'un récepteur à balayage spécialisé. Dans ces conditions, la SA peut choisir les meilleures SS et porteuses lors du début ou du transfert d'un appel.

3.3 *Caractéristiques de modulation*

La porteuse est modulée au débit de 44,2 kbit/s en modulation quaternaire par déplacement de phase à codage différentiel décalée de $\pi/4$ (MDP-4D $\pi/4$).

Le Tableau 2 présente le gabarit du spectre RF dans la bande.

TABLEAU 2
TFTS – Gabarit du spectre RF dans la bande

Fréquence (kHz)	Niveau (dB)
$\pm 11,31$	+1
$\pm 14,05$	-20
$\pm 15,6$	-43
$\pm 30,0$	-45
$\pm 60,0$	-49
$\pm 120,0$	-65
$\pm 5\,000,0$	-65

Note 1 – Le spectre de sortie dans la bande doit respecter le gabarit défini en reliant par des segments de droite les points énumérés dans le Tableau 2. Les fréquences sont mesurées par rapport à leur valeur nominale et les niveaux par rapport au niveau à la fréquence nominale.

3.4 *Caractéristiques des stations au sol et d'aéronefs*

3.4.1 *Stations au sol (SS)*

Dans un réseau TFTS, il y a trois types de stations au sol:

– *SS en route (SS/ER)*

Les SS/ER sont utilisées quand un aéronef est à son altitude de croisière, soit entre 15 000 et 43 000 pieds. On envisage de les implanter dans la zone de couverture tous les 380 km environ selon une grille à peu près hexagonale.

Une SS/ER couvre environ 240 km (valeur nominale). Les cellules adjacentes se recouvrent de manière à faciliter les transferts.

Dans le plan horizontal, les SS/ER ont une p.i.r.e. de l'ordre de +29 à +49 dBm par canal, à réglage manuel.

– *SS intermédiaire (SS/INT)*

Les SS/INT servent au décollage et à l'atterrissage, c'est-à-dire pour des altitudes de 0 à 15 000 pieds et des distances d'environ 50 km. Elles se trouvent au voisinage des aéroports.

Dans le plan horizontal, les SS/INT ont une p.i.r.e. de l'ordre de +19 à +39 dBm par canal, à réglage manuel.

– *SS d'aéroport (SS/AP)*

Les SS/AP servent pour des aéronefs au sol. Elles se trouvent dans l'emprise de l'aéroport ou en son voisinage et peuvent coïncider avec une SS/INT. Elles ont une portée d'environ 5 km.

Dans le plan horizontal, les SS/AP ont une p.i.r.e. de l'ordre de +19 à +39 dBm par canal, à réglage manuel.

3.4.2 Organisation et implantation de la SS

Les stations au sol sont rattachées à un contrôleur de centre de commutation au sol (CCS) qui procure l'interface avec les réseaux fixes et gère les communications de la SS. Un groupe de SS rattachées au même CCS constitue un système de stations au sol (SSS).

3.4.3 Stations d'aéronefs (SA)

La SA est capable d'émettre dans le plan horizontal avec une puissance d'au plus +41 dBm. Elle règle périodiquement, sous contrôle de la SS, sa puissance RF émise.

3.4.4 Décalage Doppler

Le système TFTS ne corrige pas le décalage Doppler car il est faible (1,8 kHz au maximum) par rapport à l'écart entre les canaux.

3.5 Caractéristiques des antennes

L'antenne embarquée est à peu près torique et de gain supérieur à 0 dBi, sans dépasser 2,5 dBi dans le plan horizontal.

Les antennes des SS/ER et des SS/INT sont équidirectives dans le plan de l'azimut avec un gain d'au minimum 8 dBi pour un angle d'élévation voisin de 0°.

On ne définit pas de diagramme pour les antennes des SS/AP car elles peuvent être directives ou avoir un diagramme de rayonnement particulier en fonction de leur emplacement.

La polarisation est verticale.

3.6 Bilan de liaison

Le Tableau 3 présente un bilan de liaison type d'une transmission sol-air entre un aéronef à la limite d'une cellule (240 km) et une station au sol en route.

TABLEAU 3

TFTS – Bilan de liaison type air-sol

a)		
	Sortie de l'émetteur de l'aéronef	+44 dBm
	Pertes dans le diplexeur et les câbles	-4 dB
	Gain de l'antenne SA	+1 dBi
	Affaiblissement de propagation (240 km)	-144 dB
	Gain de l'antenne SS	+8 dBi
	Pertes du récepteur de la SS	-4 dB
		<hr/>
	Puissance nette du signal reçu (entrée de l'amplificateur à faible bruit)	-99 dBm
b)		
	Bruit dans 1 Hz ($T = 290$ K)	-174 dBm
	Débit binaire (44,2 kbit/s)	+46,4 dBm
	Facteur de bruit du récepteur	+3 dB
	E_b/N_0 pour TEB de 1×10^{-3}	+11 dB
		<hr/>
	Sensibilité nécessaire du récepteur	-113,6 dBm
		<hr/>
	Marge	+14,6 dB

4. Mise en œuvre du réseau au sol en Europe

La norme du TFTS qui le décrit a été mise au point par l'ETSI (Institut européen des normes de télécommunication) pour la liaison radioélectrique et le réseau au sol.

En Europe, une couverture continue sera assurée pour des avions qui volent à des altitudes de 15 000 à 43 000 pieds.

Les SS/ER qui assurent cette couverture sont situées de manière à garantir aussi une couverture à basse altitude au voisinage des principaux aéroports européens, ce qui limite le nombre des stations intermédiaires à installer.

S'agissant du plan de fréquences, les SS qui travaillent sur les mêmes canaux radioélectriques sont distantes d'au moins 900 km (distance de visibilité à une altitude de 43 000 pieds) et celles qui se trouvent sur des canaux adjacents (écartés de 30,3 kHz) le sont d'au moins 700 km.

Les SS travaillent sur des canaux espacés de 60,6 kHz pour réduire les risques de brouillages entre avions dans la même cellule.
