

## RECOMMANDATION UIT-R SM.1535-0\*, \*\*

**Protection des services de sécurité vis-à-vis des rayonnements non désirés**

(2001)

**Domaine d'application**

La présente Recommandation sert de base concernant les techniques de réduction des brouillages à utiliser pour protéger les services de sécurité contre les brouillages préjudiciables dus aux rayonnements non désirés.

**Mots clés**

Système de sécurité, rayonnements non désirés, réduction des brouillages, services aéronautiques

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que, dans certains cas, des bandes de fréquences adjacentes ou proches ont été attribuées à des services de sécurité et à des services utilisant des émetteurs à forte puissance;
- b) qu'en procédant à ces attributions, la compatibilité réelle entre émetteurs et récepteurs n'a peut-être pas été examinée;
- c) que le numéro 1.59 du Règlement des radiocommunications (RR) définit un service de sécurité comme étant tout service radioélectrique exploité de façon permanente ou temporaire pour assurer la sécurité de la vie humaine et la sauvegarde des biens;
- d) que certains services de radiocommunication, tels que les services de sécurité relatifs à la sauvegarde des biens et des personnes, sont fondés sur la réception d'émissions présentant une probabilité d'intégrité et de disponibilité plus importante que celle généralement requise pour les autres services radioélectriques;
- e) que le numéro 1.169 du RR définit le brouillage préjudiciable comme étant le brouillage qui compromet le fonctionnement d'un service de radionavigation ou d'autres services de sécurité ou qui dégrade sérieusement, interrompt de façon répétée ou empêche le fonctionnement d'un service de radiocommunication utilisé conformément au RR;
- f) que le numéro 4.10 du RR reconnaît que des dispositions spéciales sont nécessaires pour mettre le service de radionavigation et les autres services de sécurité à l'abri des brouillages préjudiciables;
- g) qu'il est important d'éviter que des services de sécurité ne subissent des brouillages préjudiciables, car cela présenterait des risques de pertes de vies humaines et de dégradations de biens;
- h) que plusieurs notes du RR soulignent la nécessité d'un accès plus rapide et prioritaire des services de sécurité à certaines bandes (par exemple, les numéros 5.353A, 5.357A, 5.362A), et que les émissions à forte puissance et les émissions émanant de stations spatiales ou aéroportées peuvent être particulièrement préjudiciables;

---

\* Cette Recommandation doit être portée à l'attention des Commissions d'études 4, 5, 6 et 7.

\*\* La Commission d'études 1 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à la présente Recommandation en 2018 et en 2019, conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 1.

- j) qu'il existe diverses pratiques opérationnelles et techniques de réduction des brouillages pouvant être appliquées aux services de sécurité pour minimiser l'incidence des brouillages causés par d'autres services;
- k) qu'il existe diverses pratiques opérationnelles et techniques de réduction des brouillages pouvant être utilisées pour éviter de causer des brouillages préjudiciables aux services de sécurité;
- l) que, en ce qui concerne les rayonnements non essentiels, les limites générales spécifiées dans l'Appendice 3 du RR peuvent ne pas être suffisantes pour protéger des brouillages les services de sécurité dans les limites voulues;
- m) que la Recommandation 66 (Rév.CMR-2000) a appelé l'UIT-R à: «étudier les bandes de fréquences et les situations dans lesquelles il faudra peut-être, pour des raisons techniques ou d'exploitation, fixer pour les rayonnements non essentiels des limites plus rigoureuses que les limites générales indiquées dans l'Appendice 3, afin de protéger les services de sécurité et les services passifs comme le service de radioastronomie, et l'incidence sur tous les services concernés de la mise en œuvre ou non de ces limites»;
- n) que la Recommandation 66 (Rév.CMR-2000) a appelé l'UIT-R à: «étudier les bandes de fréquences et les situations dans lesquelles il faudra peut-être, pour des raisons techniques ou d'exploitation, fixer des limites aux émissions hors bande afin de protéger les services de sécurité et les services passifs comme le service de radioastronomie, et l'incidence sur tous les services concernés de la mise en oeuvre ou non de ces limites»;
- o) que des mesures appropriées peuvent être prises pour éviter les risques de brouillages préjudiciables causés aux services de sécurité;
- p) que la mobilité des aéronefs et la grande zone de vision à laquelle les aéronefs sont exposés, ainsi que le caractère variable et incertain de l'occurrence de brouillages préjudiciables causés aux services aéronautiques de sauvegarde de la vie humaine, rendent nécessaires l'utilisation conjointe de techniques statistiques et d'autres techniques pour évaluer les brouillages préjudiciables;
- q) que des techniques statistiques ont été utilisées avec succès dans d'autres domaines tels que le contrôle de la qualité de fabrication et l'analyse de fiabilité;
- r) que le terme «brouillage préjudiciable» doit être interprété en fonction de la nature de l'exploitation et de l'environnement de sécurité,

*reconnaisant*

que le RR contient les définitions et la terminologie relatives aux services de sécurité (par exemple, les numéros 1.28 à 1.31, 1.32, 1.33, 1.36, 1.43, 1.44, 1.46 et 1.47, relatifs aux services; les numéros 4.10 et 1.59, à caractère général; et les numéros 1.166, 1.167, 1.168 et 1.169, relatifs aux brouillages),

*notant*

- a) que l'on trouvera explicitées dans l'Annexe 1 les raisons pour lesquelles une attention particulière doit en général être portée aux brouillages causés aux services de sécurité par les émissions hors bande ou les rayonnements non essentiels;
- b) qu'on ne peut définir les services de sécurité qu'en terme d'exigences de sécurité visant à établir que le système atteint un niveau d'intégrité spécifié dans toutes les conditions opérationnelles d'utilisation. Dans le cas d'exigences de protection, il est nécessaire de prouver que l'intégrité du système de sécurité n'est pas compromise;
- c) que des informations relatives à l'historique de la compatibilité entre les services de sécurité et les autres services sont vraisemblablement utiles,

*recommande*

- 1** de prendre les mesures suivantes afin d'éviter les risques de brouillages préjudiciables causés aux services de sécurité:
  - 1.1** consultation et échange d'informations techniques et opérationnelles entre les parties concernées;
  - 1.2** coopération pour le choix et la mise en œuvre des mesures les plus appropriées entre les opérateurs des systèmes de sécurité et les opérateurs d'autres systèmes; et
  - 1.3** mise en œuvre de techniques appropriées de gestion du spectre, en particulier celles relatives aux limites de rayonnements non désirés.
- 2** d'utiliser les techniques de réduction des brouillages et les mesures décrites dans l'Annexe 2 pour les systèmes d'émission, afin d'éviter les brouillages préjudiciables causés par les rayonnements non désirés, tout en gardant à l'esprit les contraintes liées à la conception de ces systèmes;
- 3** d'utiliser les techniques de réduction des brouillages et les mesures décrites dans l'Annexe 3 pour les systèmes de sécurité, afin de réduire ou d'éviter des brouillages causés par d'autres services lorsque celles-ci ne dégradent pas la qualité de fonctionnement des équipements des services de sécurité;
- 4** d'utiliser, lorsqu'on le jugera nécessaire, des limites de rayonnements non essentiels plus contraignantes que les limites générales figurant dans l'Appendice 3 du RR, pour les bandes de fréquences énumérées dans l'Annexe 4; dans les cas particuliers, on pourra utiliser les Recommandations UIT-R idoines;
- 5** que les bandes de fréquences énumérées dans l'Annexe 4 soient considérées comme étant les bandes relatives au service de sécurité pour lesquelles, pour des raisons techniques ou opérationnelles, on peut utiliser les limites hors bande appliquées aux autres services afin de protéger les services de sécurité;
- 6** que le niveau des brouillages préjudiciables causés aux systèmes de sauvegarde de la vie humaine soit déterminé au cas par cas sous forme d'une analyse de sécurité. Celle-ci a pour objet d'évaluer la façon dont est utilisé le système de sauvegarde et de montrer que le niveau d'intégrité spécifié est conservé quelles que soient les conditions d'exploitation;
- 7** que la détermination des niveaux de seuil quantitatifs relatifs aux brouillages préjudiciables subis par divers services mobiles aéronautiques implique l'examen de conditions d'exploitation ainsi que des critères de sécurité appropriés décrits dans les Annexes 5 et 6.

## ANNEXE 1

**Protection des systèmes de sécurité**

Les services de sécurité sont des services de radiocommunication utilisés pour la sauvegarde de la vie humaine et des biens. Par exemple, toutes les opérations de contrôle aérien et de contrôle du trafic aérien, ainsi que beaucoup de communications maritimes, constituent fondamentalement des opérations liées à la sécurité des personnes. L'efficacité des systèmes utilisés pour la sauvegarde des vies humaines, en particulier les systèmes de radionavigation et les systèmes de radionavigation par satellite, dépend souvent de la capacité à détecter un signal faible ou distant dont la réception peut être grandement perturbée par des brouillages. Cela signifie que des dispositions particulières en matière de sécurité peuvent être nécessaires pour les services de sécurité, comme le dispose le numéro 4.10 du RR, du fait de l'aspect critique que revêt la protection des personnes et des biens. Puisque les systèmes de sécurité doivent détecter de faibles signaux, il est important que leur exploitation se déroule dans un environnement exempt de brouillages préjudiciables. Les autorités internationales chargées de la réglementation en matière de radiocommunication reconnaissent que les services de sécurité nécessitent une protection particulière. Compte tenu de l'importance des systèmes de sécurité et de leur vulnérabilité aux brouillages, l'Article 31 du RR interdit explicitement toute émission causant des brouillages préjudiciables aux communications de détresse et de sécurité sur l'une quelconque des fréquences discrètes énumérées dans les Appendices 13 et 15 du RR. De plus, outre les limites générales de rayonnements non essentiels spécifiées dans le RR de l'UIT, des normes spécifiques ou des Recommandations UIT-R applicables sont nécessaires pour protéger certains services de sécurité. A titre d'exemple, on se reportera aux Recommandations UIT-R suivantes: UIT-R M.218, UIT-R M.441, UIT-R M.589, UIT-R M.690, UIT-R M.1088, UIT-R M.1233, UIT-R M.1234, UIT-R M.1313, UIT-R M.1317, UIT-R M.1318, UIT-R M.1343, UIT-R M.1371, UIT-R M.1460, UIT-R M.1461, UIT-R M.1463, UIT-R M.1464, UIT-R M.1478, UIT-R S.1342, UIT-R SM.1009 et UIT-R SM.1051.

**1 Systèmes aéronautiques**

Les normes de sécurité relatives à l'aviation civile internationale sont spécifiées par les Normes et les Pratiques recommandées de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) qui constituent l'Annexe 10 de la Convention relative à l'aviation civile internationale. L'OACI dispose que «le Règlement des radiocommunications est également très soucieux d'empêcher les brouillages de toutes sortes, qu'ils se produisent entre services ou régions, entre assignations, ou qu'ils soient causés par d'autres sources de radiation telles que les équipements industriels ou médicaux. Une attention particulière est portée aux services qui, à l'instar des services aéronautiques, accordent une importance prédominante à la sécurité des personnes».

Lors de la conception des systèmes aéronautiques de communications, de navigation et de surveillance (CNS, *communications, navigation and surveillance*), les impératifs d'efficacité spectrale et de robustesse en exploitation (marge de liaison adaptée, résistance aux brouillages, modes de défaillance par exemple) s'avèreront souvent contradictoires. Il faudra alors donner la priorité à la robustesse de la conception du système, eu égard à l'aspect critique que revêt la sécurité pour les systèmes aéronautiques CNS.

**2 Systèmes spatiaux de localisation et d'alerte en cas de détresse**

Les systèmes de détresse et de sécurité exploités sur des stations spatiales et utilisant des récepteurs sensibles sont particulièrement vulnérables aux brouillages causés par les émetteurs de Terre et spatiaux. Des systèmes tels que Cospas-Sarsat utilisent des satellites en orbite terrestre basse

altitude disposant d'un champ de vision de plusieurs millions de kilomètres carrés et des satellites en orbite géostationnaire observant à peu près 1/3 de la surface de la Terre. Ces satellites reçoivent des signaux de détresse de radiobalises de localisation des sinistres (RLS) par satellite à faible puissance et sont vulnérables aux brouillages. On a montré que les brouillages subis par le système Cospas-Sarsat dans la bande 406-406,1 MHz étaient causés par des équipements émettant dans des bandes adjacentes ou quasi adjacentes ainsi que par des émetteurs présentant des caractéristiques de modulation à large bande dont les fréquences d'exploitation s'écartent jusqu'à 20 MHz de 406 MHz. Les émissions hors bande et les rayonnements non essentiels émanant de systèmes à forte puissance utilisant des techniques de modulation numérique et de modulation d'impulsions peuvent culminer à des niveaux qui masquent complètement la réception des émissions RLS.

## 2.1 Critères de protection applicables au système Cospas-Sarsat

L'UIT a approuvé des Recommandations permettant:

- d'identifier des critères de protection applicables aux processeurs de recherche et de sauvetage Cospas-Sarsat fonctionnant dans la bande de fréquences 406-406,1 MHz; et
- de fournir des indications relatives à la détection et à l'élimination des brouillages préjudiciables dans la bande de fréquences 406-406,1 MHz.

Plus précisément, la Recommandation UIT-R M.1478 – Critères de protection applicables aux processeurs de recherche et de sauvetage Cospas-Sarsat dans la bande 406-406,1 MHz, fixe le seuil de la puissance surfacique spectrale du signal large bande à l'entrée de l'antenne du satellite à un niveau maximal acceptable de  $-198,6 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$ . Elle établit également que le niveau des rayonnements non essentiels en bande étroite ne doit pas être supérieur à  $-185,8 \text{ dB(W/m}^2)$  à l'entrée de l'antenne Sarsat. On trouvera dans la Recommandation UIT-R SM.1051 des informations relatives aux principes de détection et de localisation des RLS, au traitement des signaux brouilleurs à 406 MHz, aux niveaux de brouillages préjudiciables et aux procédures de localisation et d'élimination des brouillages préjudiciables.

## ANNEXE 2

**Techniques de réduction des brouillages et mesures pouvant être appliquées au niveau de l'émetteur**

Diverses techniques de réduction des brouillages ont été décrites dans de nombreuses Recommandations UIT-R, dont la Recommandation UIT-R SM.328. Ces techniques peuvent avoir un rapport direct avec les thèmes énumérés ci-dessous:

**1 Mesures pratiques relatives aux équipements et aux systèmes à considérer aux premières phases de la conception des systèmes, afin de réduire les brouillages causés par les rayonnements non désirés**

- Architecture de l'émetteur.
- Conception de l'amplificateur de puissance en sortie permettant d'éviter un accroissement spectral réitéré du signal dans les canaux adjacents, ou l'intermodulation.
- Utilisation de composants présentant dans la mesure du possible des caractéristiques de fonctionnement linéaires.
- Analyse et/ou simulations pour s'assurer que le vieillissement des composants de l'émetteur n'entraînera pas de brouillages causés aux systèmes de détresse et de sécurité au cours de la durée d'exploitation de l'émetteur.
- Conception du processus de modulation pour éviter les rayonnements non essentiels.
- Diagrammes d'antenne.
- Commande de puissance.

**2 Gestion de la charge de trafic**

La gestion de la charge de trafic consiste en la modification ou la réduction des émissions de sources potentielles de brouillage dans des situations (occurrences temporelles ou scénarios) pouvant générer des brouillages préjudiciables si l'on ne procède à aucune réduction. Il semble souvent nécessaire d'inclure à l'évaluation globale de compatibilité les considérations relatives au trafic probable permettant de déterminer les risques de brouillage. On s'accorde également à penser que, d'une manière générale, la gestion de la charge de trafic relative aux sources potentielles de brouillage pour protéger un service de sécurité n'est pas réalisable, du fait du degré élevé d'intégrité que nécessite une telle protection.

### 3 Utilisation de la bande

- L'usage optimal de la réutilisation de fréquence constitue une façon d'éviter les brouillages préjudiciables dans le même canal.
- La séparation géographique et la séparation en fréquence constituent des méthodes classiques pour éviter les brouillages préjudiciables.
- Les services de sécurité sont plus aisément protégés des brouillages préjudiciables dus aux rayonnements non désirés lorsque des bandes de fréquences leur ont été attribuées à titre exclusif.
- Les systèmes spatiaux d'alerte en cas de détresse et de localisation utilisant des récepteurs sensibles, il convient de prendre en compte les considérations ci-après lors de la planification de nouveaux systèmes ou la mise à jour d'anciens systèmes:
  - Les largeurs de bande de protection proposées doivent tenir compte des décalages Doppler dus au mouvement relatif entre l'émetteur et la station spatiale de réception. Cet aspect est particulièrement important lorsque l'émetteur se trouve également dans l'espace.
  - Une attention particulière doit être portée à l'incidence des émissions hors bande et des rayonnements non essentiels émanant de systèmes utilisant des techniques de modulation à impulsions, des techniques à étalement de spectre ou d'autres techniques de modulation à large bande. Ces types de systèmes peuvent causer des brouillages lorsque la fréquence de l'émetteur est relativement proche de la fréquence de la porteuse du système de sécurité.
- Une désensibilisation des amplificateurs peut survenir lorsque les systèmes de sécurité et les autres systèmes sont situés dans l'espace à proximité les uns des autres. Il existe également un risque de claquage des amplificateurs à faible bruit, par exemple lorsque les géométries d'orbite sont telles que les systèmes de sécurité et les autres systèmes sont à proximité les uns des autres.
- Il convient d'utiliser les Recommandations UIT-R applicables qui identifient les niveaux de brouillage préjudiciables aux systèmes de sécurité afin d'établir une séparation de fréquence idoine entre les systèmes de sécurité et les autres systèmes.

### 4 Voies de garde

La voie 16 de la bande maritime a été protégée dans le passé en laissant libres des voies de chaque côté de ces voies d'appel de détresse et de sécurité et de ces voies de travail. Par exemple, les voies 15 et 17 n'ont pas été utilisées par le passé pour éviter de causer des brouillages à la voie 16. L'Appendice 18 actuel traite de la protection de la voie 16 par le biais de notes encourageant les opérations à faible puissance et les communications internes à bord des navires sur les voies 15, 75, 76 et 17. L'utilisation de bandes de garde attribuées à des bandes adjacentes aux services de sécurité peut contribuer à réduire les brouillages.

### 5 Surveillance

On peut utiliser des rapports traitant des brouillages pour déterminer le type de brouillage ou de service reçu, afin de décider s'il faut résoudre cette question aux moyens de stations de contrôle locales ou internationales.

La surveillance du spectre par des équipes de contrôle mobile et des laboratoires de compatibilité électromagnétique (CEM) peut être utilisée en complément de la surveillance effectuée au moyen d'équipements fixes.

## **6 Arrêt d'émission**

On peut établir des procédures opérationnelles suivant lesquelles l'émetteur cesse d'émettre lorsque son faisceau principal de rayonnement se trouve dans le champ de vision d'un système appartenant à un service de sécurité.

### ANNEXE 3

## **Techniques et mesures de réduction des brouillages pouvant être utilisées par les services de sécurité pour minimiser les brouillages préjudiciables causés par d'autres services**

Les techniques de réduction des brouillages varient suivant les services et les systèmes considérés, toutes les techniques indiquées ci-dessous ne s'appliquant pas à toutes les situations. Certains systèmes de communication et de surveillance utilisés par l'aviation civile font ainsi appel à la diversité de fréquences et au traitement du signal. Toutefois, d'autres techniques telles que l'adaptation du diagramme d'antenne ou l'inclinaison du faisceau peuvent limiter la qualité de fonctionnement de certains systèmes de sécurité aéronautiques, et ne conviendraient donc pas.

### **1 Architecture du receveur**

Une sélectivité radiofréquence accrue réduira les rayonnements non désirés hors de la largeur de bande désirée. Une conception double superhétérodyne permettra à la fois une bonne qualité d'image et un rejet des canaux adjacents.

### **2 Protection de site**

Des clôtures ainsi que l'utilisation appropriée de la topographie locale peuvent affaiblir les signaux brouilleurs.

### **3 Mesures opérationnelles**

L'utilisation le cas échéant de procédures opérationnelles appropriées peut permettre de minimiser les sources de brouillage.

### **4 Correction d'erreurs et entrelacement**

L'utilisation des techniques de codage de correction d'erreur et d'entrelacement peut améliorer la qualité de fonctionnement des systèmes numériques en présence de rayonnements non désirés.

### **5 Diversité de fréquence**

Lorsqu'un certain nombre de fréquences sont disponibles et peuvent être utilisées à tout instant, deux fréquences ou plus peuvent être émises simultanément. On peut soit combiner les signaux au niveau du récepteur ou sélectionner le signal le plus fort. Il convient toutefois de noter que cette technique est inefficace d'un point de vue spectral.



## 6 Diversité spatiale

On renforce les signaux faibles par l'utilisation d'antennes séparées spatialement et dont les sorties sont combinées au niveau du récepteur.

## 7 Inclinaison du faisceau

Cette technique permet non seulement de réduire le signal brouilleur d'au moins 3 dB (même s'il se trouve dans le même canal que le signal brouillé), mais elle permet aussi d'accroître la pénétration. Des techniques d'antenne telles que le «remplissage par des zéros» ont été utilisées pour fournir une meilleure qualité de service.

## 8 Diagramme d'antenne

Des réflecteurs dièdres ou d'autres antennes directionnelles peuvent être utilisés pour adapter la zone de service concernée et minimiser les brouillages provenant de l'extérieur de cette zone.

## 9 Traitement du signal (radar)

La Recommandation UIT-R M.1372 – Utilisation efficace du spectre radioélectrique par les stations radar du service de radiorepérage contient quelques-unes des méthodes permettant d'améliorer l'efficacité de l'utilisation du spectre radioélectrique par les systèmes radar fonctionnant dans les bandes attribuées au service de radiorepérage. Elle traite de plusieurs techniques de suppression du brouillage après les opérations de détection dans le récepteur actuellement utilisées par les radars de radionavigation, de radiolocalisation et de météorologie ainsi que l'efficacité comparée au niveau des performances des systèmes propres à ces techniques.

## 10 Filtrage radiofréquence

Les filtres rejeteurs ont été utilisés avec succès par le passé pour protéger des brouillages préjudiciables les systèmes de navigation hyperbolique tels que ceux de Loran. Ce type de filtrage peut être facilement utilisé pour affaiblir les signaux à forte puissance à proximité du signal utile. On peut également utiliser avec profit d'autres types de filtrage (tels que le filtrage passe-bande, etc.), seuls quelques canaux ou bandes présentant un intérêt. On peut appliquer ces techniques tant aux émetteurs qu'aux récepteurs.

## 11 Systèmes à accès multiple par répartition dans le temps (AMRT)/accès multiple par répartition en fréquence (AMRF)

Les systèmes d'accès AMRT ou AMRF peuvent présenter une immunité plus importante à certains types de brouillage que les systèmes asynchrones et à large bande.

## 12 Silencieux à codage numérique (DCS, *digitally coded squelch*)/Système de signalisation par tonalité gérée en continu (CTCSS, *continuous tone control signalling system*)

Un récepteur utilisant cette technique n'est activé que lorsque le trafic lui est destiné.

### 13 Surveillance

Le système Cospas-Sarsat a la possibilité de localiser plusieurs types de signaux brouilleurs. Cette potentialité a été mise en œuvre au niveau de nombreuses stations au sol et les informations sont régulièrement acheminées vers les administrations et l'UIT. On trouvera dans la Recommandation UIT-R SM.1051 un exemple de procédures de surveillance du spectre.

### 14 Gestion de la charge de trafic

La gestion de la charge de trafic peut être effectuée de diverses manières. L'une d'entre elles consiste à établir un schéma de priorité et de préemption. En d'autres termes, lorsque tous les canaux de communication disponibles sont utilisés pour des messages non relatifs à la sécurité, les messages à priorité plus élevée seront privilégiés par rapport aux messages à priorité plus faible. On peut utiliser cette technique au sein du réseau d'un système à satellites acheminant des communications du service mobile par satellite ne présentant pas de caractère lié à la sécurité ainsi que des communications de sécurité du service mobile aéronautique (le long des routes) par satellite (SMA(R)S) et du système mondial de détresse et de sécurité en mer (SMDSM). Un système de partage (trunking) acheminant des communications de sécurité peut utiliser des techniques de priorité et de préemption lorsqu'un canal de commande est utilisé.

### 15 Commande de puissance adaptative

On peut ajuster automatiquement la puissance d'un émetteur mobile. Cette technique connaît des limitations pratiques.

## ANNEXE 4

### Bandes de fréquences relatives aux services de sécurité

La présente Annexe énumère les bandes de fréquences dont l'utilisation par les services de sécurité a été identifiée. Certaines autres bandes dépendant des administrations nationales peuvent être utilisées par les services de sécurité, sans toutefois figurer dans la liste ci-dessous.

Bande de fréquences	Brève description de l'utilisation en terme de sécurité
70-130 kHz	Comparaison de phases hyperboliques
90-110 kHz	Différence de temps hyperbolique LORAN-C
190-535 kHz	Balises non directionnelles, NAVTEX
275-335 kHz	Système numérique mondial de navigation aéronautique par satellite (DGNSS, <i>digital global navigation satellite system</i> ), RANA hyperbolique
1 625-1 635 kHz	Comparaison de phases hyperboliques TORAN
1 800-1 810 kHz	Comparaison de phases hyperboliques TORAN
2 160-2 170 kHz	Comparaison de phases hyperboliques TORAN

Bande de fréquences	Brève description de l'utilisation en terme de sécurité
2,1-28 MHz (plusieurs bandes)	Service mobile aéronautique (R) et (OR) et communications SMDSM conformément à l'Article 5 du RR
74,8-75,2 MHz	Radioborne de système d'atterrissage aux instruments (ILS, <i>instrument landing system</i> )
108-118 MHz	Aides à la radionavigation – radiophare omnidirectionnel à ondes métriques, ILS, partie voie hertzienne de Terre pour le service de radionavigation par satellite (RNSS, <i>radionavigation satellite service</i> )
118-137 MHz	Communications de sécurité aéronautiques
121,45-121,55 MHz	Balises de détresse: Cospas-Sarsat et repérage aéronautique d'urgence
156-162 MHz	Communications maritimes SMDSM, système d'identification automatique
242,95-243,05 MHz	Balises de détresse: Cospas-Sarsat et repérage aéronautique d'urgence
225-328,6 MHz	Communications de sécurité air-sol et sol-air
328,6-335,4 MHz	Plan de descente de l'ILS
335,4-400 MHz	Communications de sécurité air-sol et sol-air
406,00-406,10 MHz	Balise de détresse Cospas-Sarsat (Terre vers espace), SMDSM
960-1 215 MHz	Aides à la radionavigation aéronautique – dispositif de mesure de distance, navigation aérienne tactique, balises radar, radar de surveillance secondaire, système anti-collision aéroporté, systèmes de radionavigation par satellite
1 215-1 400 MHz	Radar aéronautique
1 215-1 260 MHz	Systèmes de radionavigation par satellite
1 525-1 559 MHz (espace vers Terre)	Communications mobiles de détresse et de sécurité par satellite (SMDSM et SMA(R)S)
1 544-1 545 MHz (espace vers Terre)	RLS du SMDSM
1 559-1 610 MHz	Systèmes de radionavigation par satellite, systèmes complémentaires de Terre et par satellite pour les systèmes de navigation par satellite
1 626,5-1 660,5 MHz (Terre vers espace)	Communications mobiles de détresse et de sécurité par satellite, SMDSM et SMA(R)S
1 645,5-1 646,5 MHz (Terre vers espace)	RLS du SMDSM
2 700-3 300 MHz	Radar (à bord de navire, terrestre, aéronautique et météorologique; RACON, répéteurs aéroportés)
4 200-4 400 MHz	Radioaltimètre aéroporté

Bande de fréquences	Brève description de l'utilisation en terme de sécurité
5 000-5 250 MHz	Système d'atterrissage hyperfréquences (MLS, <i>microwave landing system</i> ), systèmes de radionavigation par satellite
5 350-5 650 MHz	Balises radar, radars aéroporté et météorologique
8 750-8 850 MHz	Aides à la navigation Doppler aéroportées (radar)
8 900-9 280 MHz	Radar terrestre, radar aéronautique
9 200-9 500 MHz	Radar (à bord de navire), balises radar et renforceurs d'échos radar, radar météorologique aéroporté et terrestre, radar aéronautique au sol, répéteurs de recherche et de sauvetage
13,25-13,4 GHz	Aides à la navigation Doppler aéroporté (radar)
15,4-16,4 GHz	Equipement de détection à la surface des aéroports, radar météorologique, systèmes d'aide à l'atterrissage des avions, systèmes radars de détection et de mesure

## ANNEXE 5

### Facteurs à examiner pour déterminer les critères de protection relatifs aux services de sécurité aéronautique

#### 1 Introduction

Dans la présente Annexe, le bruit électromagnétique, ou bruit, est défini comme toute énergie électromagnétique provenant aussi bien d'émetteurs voulus ou involontaires, à l'exception de l'énergie provenant d'un signal utile à un système particulier.

Les critères de protection existants et proposés, que l'on appelle aussi parfois signaux brouilleurs maximaux admissibles, champs brouilleurs maximaux admis, ou limites de bruit, sont souvent exprimés comme suit:

$$N (\mu\text{V/m}) \text{ à } 30 \text{ m pour la bande de fréquences } 108 \text{ à } 112 \text{ MHz}$$

Cette formule peut être insuffisante telle quelle, car elle ne tient pas compte de bien des facteurs pertinents, dont certains sont analysés dans le § 2 ci-dessous.

#### 2 Facteurs spéciaux

**2.1** Il faudrait indiquer les conditions de mesure du champ créé par le signal brouilleur. Si on ne spécifie pas des conditions, comme la largeur de bande du récepteur (exemples: 10 kHz, 100 kHz ou 1 MHz, 3 dB, 6 dB, ou largeur de bande d'impulsion effective), les caractéristiques du détecteur du récepteur, les techniques d'étalonnage, le type d'antenne utilisé, la polarisation et la hauteur de l'antenne au-dessus du sol, la méthode de mesure peut être interprétée de différentes façons, ce qui peut conduire à des conclusions erronées et à l'impossibilité de comparer les résultats avec les données obtenues par d'autres experts.

**2.2** Les erreurs systématiques et aléatoires de mesure sont la conséquence d'erreurs des instruments et des étalons et d'erreurs de montage d'essai et de procédure de mesure. Des problèmes d'erreur découlent également du fait que les problèmes de brouillage électromagnétique sont souvent de nature probabiliste plutôt que déterministe. Dans la détermination des limites de paramètre, la méthode d'analyse des erreurs devient importante lorsqu'il faut tenir compte des aspects réglementaires.

**2.3** Beaucoup d'administrations, d'instituts d'enseignement et d'organismes de recherche industrielle élaborent ou améliorent actuellement des techniques de prévision du brouillage, des modèles de bruit et des modèles de système de communication. La liste ci-après des techniques et paramètres utilisés dans la mesure du bruit n'est pas exhaustive:

- tension moyenne ( $V_{avg}$ );
- tension efficace ( $V_{rms}$ );
- tension de quasi-crête ( $V_{qp}$ ) (Comité international spécial des perturbations radioélectriques (CISPR) et «American national standards institute» (ANSI));
- tension de crête ( $V_p$ );
- rapport impulsionnel:  $V_d = 20 \log (V_{rms}V_{avg})$ ;
- facteur de bruit d'antenne équivalent ( $F_a$ );
- puissance de bruit moyenne ( $P_n$ );
- distribution de probabilité des amplitudes (APD, *amplitude probability distribution*);
- distribution d'amplitude de bruit (NAD, *noise amplitude distribution*);
- fréquence moyenne de passage à zéro (ACR, *average crossing rate*).

Certains de ces paramètres sont utiles principalement pour détecter la présence ou l'absence d'émissions non désirées émanant d'une zone ou d'un objet quelconque. L'idéal serait que la technique de mesure ou le paramètre d'émission ou de rayonnement choisi soit en corrélation avec la façon dont le bruit dégrade les performances d'un système de radiocommunication ou de radionavigation.

**2.4** Il n'est peut-être pas réaliste de fixer un seul critère de protection contre toutes les sources de bruit à l'intérieur d'une bande de fréquences déterminée. Un tel critère risque de ne pas tenir compte des caractéristiques du bruit (qui peut être du type onde entretenue, gaussien, erratique ou impulsif). Peut-être faut-il définir des groupes de sources de bruit (lignes électriques, applications industrielles, scientifiques et médicales et systèmes d'allumage, par exemple) et des critères de protection pour chacun de ces groupes.

**2.5** La caractéristique de temps du bruit est un facteur important. Compte tenu de la qualité de service exigée, il faut peut-être traiter différemment une source de bruit pour laquelle le critère de protection est dépassé pendant 0,5% du temps seulement et une source de bruit pour laquelle ce critère est dépassé pendant 95% du temps.

**2.6** Il faut peut-être que les critères de protection tiennent compte des variations des performances de l'équipement de radiocommunication et de radionavigation. Une solution pourrait consister à déterminer la sensibilité des systèmes de radiocommunication et de radionavigation au bruit artificiel et à établir des paramètres et des niveaux décrivant le bruit que ces systèmes peuvent supporter sans dégradation des performances.

**2.7** Quand les sources de bruit sont des articles fabriqués en grande série, on peut contrôler les limites de leurs émissions en radiofréquence au moyen d'essais d'échantillonnage statistique (par exemple la méthode d'essai du CISPR). Ces essais garantissent seulement qu'une certaine proportion de ces articles respecte une limite spécifiée. Il peut par conséquent être nécessaire de procéder à un examen détaillé des essais d'échantillonnage statistique pour déterminer si les garanties statistiques sont compatibles avec le critère de protection requis.

**2.8** Pour la protection des services de sécurité aéronautique, il n'est peut-être pas réaliste de formuler des critères de protection d'après des mesures de champ effectuées au niveau ou à proximité du sol, alors qu'en fait les aéronefs survolent les sources de bruit. Selon la documentation disponible à ce sujet, les niveaux de bruit mesurés à une distance latérale donnée d'une source de bruit sont parfois moins élevés qu'à la même distance au-dessus de cette source. En outre, les aéronefs en vol peuvent être exposés à des bruits provenant de nombreuses sources possibles; le bruit produit par une source donnée n'a peut-être guère d'incidence, mais l'effet de nombreuses sources du même genre pourrait être important. Il convient de noter que les aéronefs en vol captent régulièrement des signaux brouilleurs qui ne sont pas détectés par les appareils de contrôle au sol.

Etant donné la mobilité des aéronefs et l'étendue de leur zone d'exposition, ainsi que la variabilité et l'incertitude de l'évaluation et de la protection contre le brouillage préjudiciable à la sécurité de la vie humaine, il est manifestement impossible de rendre compte exactement de toutes les caractéristiques des signaux émanant des sources de brouillage non désiré que les aéronefs peuvent rencontrer. Néanmoins, il faut tenir compte de ces facteurs pour maintenir la haute fiabilité du transport aérien civil. Un moyen d'en tenir compte consiste à prévoir une compensation sous la forme d'une marge ajoutée aux critères de protection.

## ANNEXE 6

### **Critères de sécurité généraux du point de vue des services aéronautiques**

#### **1 Généralités**

La définition de l'UIT du «brouillage préjudiciable» figure au numéro 1.169 du RR. Le terme «brouillage préjudiciable» doit être compris à la lumière de la nature des opérations effectuées et de l'environnement de sécurité. Il en résulte alors immédiatement que la détermination de niveaux quantitatifs de seuil relatifs au brouillage préjudiciable et valables pour les divers services de radiocommunications mobiles aéronautiques nécessite l'examen de critères de sécurité appropriés.

#### **2 Sources de brouillage préjudiciable d'origine aéronautique et non aéronautique**

Lorsqu'on identifie les brouillages préjudiciables causés à un service radioélectrique particulier, il est en général nécessaire de comprendre la nature et les variations des brouillages, ces caractéristiques pouvant avoir des incidences graves. Ceci s'applique en particulier aux environnements susceptibles de présenter une multitude de sources de brouillage, le cas échéant de plusieurs types différents, et dans lesquels il est donc prévisible que les brouillages préjudiciables cumulatifs en un point donné quelconque varient au cours du temps.

Un aspect important de l'étude des brouillages préjudiciables consiste à déterminer si le critère de brouillages préjudiciables causés par des sources non aéronautiques présente, ou doit présenter, une relation quelconque avec les critères de planification techniques établis dans les services aéronautiques pour les assignations dans les mêmes canaux ou des canaux adjacents. Les critères de planification des assignations de fréquence adoptés sur le plan international au sein des services aéronautiques sont fondés sur des considérations pratiques qui tiennent compte de l'utilisation en exploitation du service considéré. De plus, les critères de planification sont fondés, autant que faire se peut, sur l'hypothèse que toutes les parties en présence s'appuient sur la coopération mutuelle et les normes et procédures en matière d'aviation convenues sur le plan international. Il est établi que les Etats contractants de l'OACI sont soumis à certaines obligations relatives à l'adoption de normes aéronautiques, de pratiques recommandées et de procédures, comme le dispose l'Article 38 de la Convention relative à l'aviation civile internationale (Chicago, 1944). En vertu de ces obligations, il existe un service international d'informations et d'enregistrement très élaboré qui fait en sorte que tous les équipements en matière d'aviation et leur volume de service protégé en fréquence soient établis de manière formelle et soient disponibles sur des cartes conformément à l'Annexe 15 de la Convention relative à l'aviation civile internationale. Certaines informations de ce service constituent une partie de la documentation embarquée à bord. Ainsi, en vertu de tous les critères de protection adoptés par la communauté de l'aviation civile internationale contre les brouillages préjudiciables «entre avions», il existe une protection supplémentaire globale et significative établie par la structure et l'organisation de l'aviation civile internationale, dont l'OACI constitue le point central.

Le critère de protection supplémentaire indiqué au paragraphe ci-dessus ne concerne pas, pour une large part, les sources non aéronautiques de brouillages préjudiciables causés à l'aviation, certaines sources n'étant que partiellement réglementées par l'UIT. En conséquence, il n'existe pas nécessairement de relation intrinsèque entre les critères de protection aéronautique et les critères applicables aux services de sécurité et relatifs aux sources non aéronautiques de brouillages préjudiciables. A cet égard, il faut examiner au cas par cas chaque source potentielle non aéronautique de brouillages préjudiciables.

On sait que les sources externes ci-après d'émissions et de radiations d'origine humaine ont causé des brouillages préjudiciables aux services aéronautiques:

- la radiodiffusion à modulation d'amplitude en ondes kilométriques/hectométriques ou à modulation de fréquence en ondes métriques;
- les systèmes de distribution par câble;
- les réseaux de distribution d'énergie électrique;
- les matériels industriels, médicaux et scientifiques;
- les émissions d'oscillateurs locaux provenant des appareils électroniques ménagers;
- les instruments ne faisant pas l'objet de licence;
- les liaisons montantes par satellite.

Il convient de noter que certains des dispositifs susmentionnés ne sont pas du ressort direct de l'UIT, et que par conséquent une coopération peut se révéler nécessaire entre l'UIT, l'OACI et les autres organisations concernées.

### 3 Attributions partagées

Un service de sécurité doit faire l'objet de précautions drastiques pour faire en sorte que tout service radioélectrique utilisant la même bande en partage radioélectrique soit soumis à des contraintes suffisantes pour garder une marge appropriée dans toutes les circonstances envisageables, de telle façon que le total des brouillages préjudiciables ne soit jamais supérieur au critère de protection requis.

Les contraintes de poids, de dimensions et de puissance consommée imposées à un équipement aéroporté ont conduit à élaborer des émetteurs à relativement faible puissance et des récepteurs sensibles, ce qui est conforme aux directives générales de l'UIT relatives à l'utilisation efficace et efficiente du spectre radioélectrique. Les contraintes susmentionnées peuvent toutefois compliquer la tâche de la communauté aéronautique dans ses tentatives de réduction des brouillages. Par exemple, le signal utile en début d'un volume de service de communications en ondes métriques doit présenter un certain niveau pour satisfaire aux normes et aux pratiques recommandées de l'OACI. Dans le cas d'un aéronef, il est possible qu'une source de rayonnements non désirés au sol génère des signaux d'intensité égale ou supérieure au champ utile. Il faut donc se montrer prudent avant d'envisager toute utilisation en partage avec des services de radiocommunications aéronautiques.

### 4 Systèmes de radiocommunications aéronautiques

Des détails précis relatifs aux systèmes de radiocommunications aéronautiques figurent dans l'Annexe 10 de la Convention sur l'aviation civile internationale. Cette Annexe ne contient toutefois aucune norme relative aux radars primaires. On trouvera ci-dessous un bref exposé de ces systèmes:

#### 4.1 Radiophare non directionnel (NDB, *non-directional beacon*) – (ondes kilométriques/hectométriques)

Bien que les concepts de NDB et de radiophare omnidirectionnel à ondes métriques (VOR, *VHF omnidirectional radio range*) semblent très proches, des différences pratiques significatives les distinguent quant à leur utilisation. La mise en œuvre des NDB est beaucoup plus large que celle des VOR, et l'utilisation des premières est plus fréquente sur les aéronefs plus petits qui parfois ne possèdent pas l'équipement nécessaire à l'utilisation des VOR. On utilise aussi souvent les NDB pour guider et maintenir les aéronefs sur des trajectoires de vol leur permettant d'acquérir des aides en ondes métriques plus précises (VOR, ILS, etc.) dans le cadre de la procédure d'approche. A cette fin, on les désigne également sous le terme de radiobalise. De plus, l'équipement aéroporté associé aux NDB repose sur un concept plus simple, ce qui le rend moins à même de faire face à des brouillages que des équipements aéronautiques plus sophistiqués. La grande simplicité du système limite sa capacité à opérer une distinction entre de véritables signaux NDB et des rayonnements non désirés à proximité ou au sein de la bande passante du canal. En particulier, l'indication «passage à la verticale d'une balise» peut dans certains cas être affichée par erreur sur le poste de pilotage en raison des signaux brouilleurs.

La question des brouillages causés aux NDB constitue un thème important du monde de l'aviation, car de nombreux NDB fonctionnent dans des bandes radioélectriques utilisées en commun avec d'autres usagers dans certaines parties du monde. Ces bandes sont en outre parfois fortement surchargées. Ces considérations doivent être prises en compte lors de l'établissement des critères de protection relatifs aux brouillages préjudiciables.



## 4.2 Echanges de données numériques en ondes décamétriques et métriques et radiotéléphonie analogique

Les échanges de données numériques air/sol et la radiotéléphonie analogique constituent des moyens de liaison directe entre un aéronef en vol et des stations aéronautiques au sol. Le nombre d'aéronefs volant simultanément dans un espace aérien donné et la multiplicité des couloirs aériens empruntés conduisent à la nécessité d'établir un ensemble complexe de règles et de procédures pour garantir la sécurité des opérations aériennes. S'il est vrai que les brouillages causés aux communications de radiotéléphonie air/sol sont relativement plus simples à détecter (dans la mesure où le pilote peut les entendre et qu'il est donc moins susceptible de suivre des indications erronées) que les brouillages causés aux échanges de données numériques ou à un système d'aide à la navigation, il n'en demeure pas moins possible que ces brouillages aient des incidences graves, en particulier lorsqu'un aéronef approchant d'un aéroport contacte la tour de contrôle tout en évoluant à des positions pour lesquelles le dégagement est de l'ordre d'une à plusieurs centaines de mètres. Ainsi, par delà l'observation d'une phraséologie exacte et le respect d'autres procédures d'exploitation classiques, certains cas ont montré que des brouillages même minimes détériorant une seule phrase peuvent avoir des conséquences catastrophiques.

Traduire les considérations susmentionnées par des critères de rapport de protection constitue une tâche ardue. S'il est vrai que l'on convient généralement d'un niveau minimal de brouillage couramment acceptable pour les communications vocales, il n'en demeure pas moins nécessaire de reconnaître que dans certaines circonstances opérationnelles difficiles, les erreurs tolérables en temps normal peuvent être d'une importance cruciale, et qu'alors un service non brouillé peut se révéler vital.

## 4.3 VOR

Le système VOR est constitué d'un émetteur au sol émettant un signal équidirectif permettant un guidage directionnel dans le plan horizontal de telle façon que le système aéroporté indique précisément la distance entre l'aéronef et la balise. Le système fournit également des signaux d'identification et permet la transmission vocale. La balise émet en continu des signaux à ondes entretenues modulées et peut desservir simultanément un nombre quelconque d'aéronefs dûment équipés. Le volume de service de certains équipements en route peut s'étendre au-delà d'une distance de 300 km.

La plupart des installations VOR fournissent des services en route, souvent associés à des dispositifs de mesure de distance (DME, *distance measuring equipment*). En outre, certaines installations VOR à faible puissance sont utilisées comme aide de maintien ou d'approche à proximité des aérodromes. En ce qui concerne la fonction de relèvement, les brouillages causés à un VOR peuvent se traduire par des relèvements erronés parvenant à l'équipage et/ou au système de contrôle de vol automatique, ce qui constitue une menace immédiate pour la sécurité du vol. L'incidence des brouillages dépend de leur type, intensité et durée. Dans le cas des VOR à faible puissance, même des niveaux minimes de brouillage peuvent se révéler critiques pour l'exploitation de l'aéronef; heureusement cependant, les volumes de service concernés sont relativement faibles. La compatibilité entre le service de radiodiffusion sonore dans la bande d'environ 87-108 MHz et les services aéronautiques dans la bande 108-137 MHz fait l'objet de la Recommandation UIT-R SM.1009.

#### 4.4 Fréquences d'urgence en ondes métriques

Le RR et l'Annexe 10 de la Convention relative à l'aviation civile internationale comportent des dispositions particulières relatives à l'utilisation et à la protection de la fréquence d'urgence mobile aéronautique 121,5 MHz. En conséquence, l'OACI a convenu de procédures particulières pour la surveillance de ces fréquences, le système Cospas-Sarsat fournissant en outre les moyens d'alerte essentiels. Par ailleurs, les RLS, obligatoires dans certains pays pour le transport aérien, fonctionnent à ces fréquences. Il est important que la réception des émissions de détresse et d'urgence ne soit pas détériorée. Ces fréquences sont également utilisées par d'autres services pour les communications en cas d'urgence avec les services aéronautiques.

#### 4.5 ILS – (ondes métriques et décimétriques)

Les systèmes ILS se composent d'un radiophare d'alignement (en ondes métriques) permettant le guidage latéral des aéronefs vers la piste de l'aéroport, une trajectoire de descente (en ondes décimétriques) fournissant la ligne de descente dans le plan vertical, et une, deux ou trois «radiobornes» permettant des contrôles d'altitude et de distance pour l'aéronef en des points connus à partir du seuil de piste. Un ou plusieurs «radiophares d'alignement» ou d'autres aides d'approche supplémentaire telles que des VOR peuvent être utilisés conjointement à l'ILS pour aide au guidage de l'aéronef vers les faisceaux radioélectriques d'alignement. Chacune des composantes de l'ILS réalise une fonction différente, sans redondance aucune.

Lors de la phase de vol d'approche et d'atterrissage, lorsque l'aéronef manœuvre à proximité immédiate du sol, il est essentiel que les brouillages préjudiciables causés à une aide radioélectrique quelconque utilisée durant cette phase de vol soient maintenus à des niveaux extrêmement faibles de probabilité d'occurrence. Il convient particulièrement de noter à cet égard que l'utilisation de systèmes d'atterrissage automatique utilisant des signaux de guidage ILS constitue la procédure opérationnelle normale pour les grands aéronefs modernes, quelles que soient les conditions météorologiques. Notons aussi que le niveau de protection très élevé contre les brouillages préjudiciables permettant ces opérations n'est nécessaire que dans des volumes aériens relativement restreints autour des installations ILS, par exemple autour des aérodromes. Cet élément peut se révéler utile lors de l'examen des questions d'ordre pratique sous-tendues par la protection contre les brouillages préjudiciables.

Du fait du caractère critique de cette question, un nombre considérable d'études relatives aux brouillages causés aux ISL ont été effectuées, et la compatibilité entre le service de radiodiffusion sonore dans la bande d'environ 87-108 MHz et les services aéronautiques dans la bande 108-137 MHz fait l'objet de la Recommandation UIT-R SM.1009.

#### 4.6 DME – (ondes décimétriques)

Le système DME utilise des émissions numériques codées fournissant à l'aéronef des mesures de distance oblique par rapport à des positions de balises au sol. La balise émet en réponse à une interrogation émanant d'un aéronef et, bien que l'interrogation et réponse codée donne une mesure de la protection contre les brouillages, le système est saturé lorsque plusieurs aéronefs sont à portée d'une balise. Dans ce cas, les brouillages peuvent être préjudiciables à la sécurité.

Les DME sont le plus souvent utilisés en association avec les VOR pour constituer des dispositifs de navigation internationaux à courte distance. Toutefois, certains DME sont utilisés conjointement aux ILS, ce qui nécessite alors des dispositions particulières pour assurer une protection appropriée contre les brouillages préjudiciables.

Il est également important d'avoir à l'esprit que les assignations de fréquence DME sont couplées, en vertu d'un accord international, avec une fréquence VOR, ILS ou MLS. Ainsi, les critères de protection des fréquences doivent être satisfaits de manière simultanée par toutes les fréquences «couplées».

#### **4.7 Système mondial de navigation par satellite (GNSS, *global navigation satellite system*)**

Le Groupe GNSS de l'OACI élabore le premier système de navigation spatial destiné à l'aviation civile mondiale, appelé GNSS. Ce système se compose des deux constellations à satellite suivantes: le système mondial de radiopéage (GPS, *global positioning system*) des Etats-Unis d'Amérique et le système mondial de navigation par satellite (GLONASS) de la Fédération de Russie. Chacune de ces constellations est constituée de 24 satellites en orbite moyenne, chaque signal émettant un signal dans la bande de fréquences 1 559-1 610 MHz. Ces signaux sont directement reçus par des récepteurs à bord des aéronefs. Ils sont ensuite traités pour déterminer l'emplacement précis dans un espace à trois dimensions.

Les signaux conviennent pour une navigation en route à travers le monde. Ils peuvent également être utilisés pour une approche et un atterrissage de précision lorsqu'on utilise en sus un système complémentaire à satellites (SBAS, *space based augmentation system*) ou un système complémentaire à base de stations terrestres (GBAS, *ground based augmentation system*), également élaborés par le Groupe GNSS. Le signal GBAS complémentaire utilise des fréquences dans la bande 108-118 MHz.

Les signaux satellite reçus présentent des niveaux très faibles, ce qui les rend vulnérables aux brouillages préjudiciables. Il convient cependant de noter que des gains de traitement significatifs seraient possibles lors du processus de démodulation, les signaux présentant une modulation avec étalement du spectre en séquence directe. Ainsi, des mesures particulières pourraient être nécessaires pour protéger ces récepteurs des émetteurs tant à bord de l'aéronef qu'à l'extérieur lors des utilisations avioniques du GNSS, en particulier lors de l'approche, de l'atterrissage et de la circulation à la surface. Des Recommandations UIT-R, en particulier la Recommandation UIT-R M.1343, indiquent des mesures particulières permettant le contrôle des rayonnements non essentiels provenant de sources au sol. Il peut être utile d'appliquer ces mesures afin de protéger le GNSS des effets cumulatifs d'un grand nombre d'émetteurs isolés.

Lors de la Conférence mondiale des radiocommunications (Istanbul, 2000) (CMR-2000), la bande 1 164-1 215 MHz a été attribuée au RNSS (espace vers Terre). On peut prévoir que l'élaboration dans la bande de systèmes nouveaux et existants permettra de calculer la position d'un aéronef à travers le monde avec une précision telle qu'il sera inutile d'avoir recours à un système supplémentaire pour certaines applications de précision, et que pour d'autres applications, l'intervention d'un système complémentaire sera fortement réduite. En outre, les nouveaux signaux accroîtront la disponibilité et la robustesse des systèmes du RNSS.

#### **4.8 MLS**

Le système d'atterrissage hyperfréquence fournit des informations de guidage à un aéronef en phase d'atterrissage qui sont semblables à celles données par un système ILS. Il génère un signal monofréquence dans la bande des 5 GHz, qui donne des informations de guidage tant en azimuth qu'en élévation. Comparé à l'ILS, le MLS présente certains avantages particuliers, car il a été conçu pour être moins vulnérable aux multitrajets. De ce fait, le MLS permet le cas échéant l'utilisation d'une aide d'atterrissage sur une piste ou dans un aéroport pour lesquels l'utilisation de l'ILS était impossible en raison d'un environnement local multitrajet. Le MLS permet aussi d'accroître la rotation aérienne par suite de la distance plus réduite séparant un aéronef en phase d'atterrissage

d'un aéronef plus avancé dans la phase d'approche, ou d'un aéronef déjà au sol. Le MLS offre également des alternatives à la trajectoire d'approche en ligne droite que requiert l'ILS, ce qui peut se révéler avantageux sur le plan opérationnel en permettant des approches de la piste suivant des lignes courbes.

On peut faire état concernant la protection contre les brouillages de commentaires semblables à ceux rassemblés dans le paragraphe relatif au système ILS. La Recommandation UIT-R S.1342 contient une méthode permettant de déterminer la distance de coordination entre un MLS fonctionnant dans la bande 5 030-5 091 MHz et les liaisons de connexion du service mobile par satellite fonctionnant dans la bande 5 091-5 150 MHz.

#### **4.9 Radars**

Il existe plusieurs formes de radar aéronautique, présentant des caractéristiques et des utilisations opérationnelles très variées. Citons par exemple: le contrôle du trafic aérien à longue distance, les altimètres radar, les radars de surveillance secondaires, le contrôle de surface d'aérodrome à très courte distance, la détection météorologique aéroportée et l'assistance à la navigation.

Il n'est pas possible de fournir une évaluation universelle des brouillages couvrant ces variations, chaque cas nécessitant un examen séparé. Il convient toutefois de noter que, quelles que soient les caractéristiques d'émission utilisées, les caractéristiques de réception d'un système radar doivent tout naturellement présenter une sensibilité extrême et donc pouvoir détecter de faibles niveaux de signaux brouilleurs.

Des techniques de traitement sophistiquées peuvent parfois être utilisées pour diminuer certains types de brouillage, mais ces techniques ne sont pas toujours utilisables, et ne conviennent pas dans certains conditions d'exploitation.

---