

# UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

**Recommandation UIT-R SF.1395**

(03/1999)

**Affaiblissement minimal de propagation sur  
trajet oblique, dû aux gaz atmosphériques,  
à utiliser pour les études de partage de  
fréquences entre le service fixe  
par satellite et le service fixe**

**Série SF**

**Partage des fréquences et coordination entre  
les systèmes du service fixe par satellite  
et du service fixe**



## Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

### Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans l'Annexe 1 de la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en oeuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

#### Séries des Recommandations UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REC/fr>)

Séries	Titre
<b>BO</b>	Diffusion par satellite
<b>BR</b>	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
<b>BS</b>	Service de radiodiffusion sonore
<b>BT</b>	Service de radiodiffusion télévisuelle
<b>F</b>	Service fixe
<b>M</b>	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
<b>P</b>	Propagation des ondes radioélectriques
<b>RA</b>	Radio astronomie
<b>RS</b>	Systèmes de télédétection
<b>S</b>	Service fixe par satellite
<b>SA</b>	Applications spatiales et météorologie
<b>SF</b>	<b>Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe</b>
<b>SM</b>	Gestion du spectre
<b>SNG</b>	Reportage d'actualités par satellite
<b>TF</b>	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
<b>V</b>	Vocabulaire et sujets associés

*Note: Cette Recommandation UIT-R a été approuvée en anglais aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.*

Publication électronique  
Genève, 2011

© UIT 2011

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

## RECOMMANDATION UIT-R SF.1395\*,\*\*

**AFFAIBLISSEMENT MINIMAL DE PROPAGATION SUR TRAJET OBLIQUE, DÛ AUX GAZ ATMOSPHÉRIQUES, À UTILISER POUR LES ÉTUDES DE PARTAGE DE FRÉQUENCES ENTRE LE SERVICE FIXE PAR SATELLITE ET LE SERVICE FIXE**

(1999)

**Domaine d'application**

Cette Recommandation donne des formules approximatives d'affaiblissement de propagation minimal dû aux gaz atmosphériques sur la liaison Terre vers espace, à utiliser dans les études de partage des fréquences entre le service fixe par satellite et le service fixe. Trois formules sont présentées pour chacune des treize bandes de fréquences comprises dans la gamme 10-50 GHz; elles correspondent respectivement à des zones de basse latitude, de moyenne latitude et de latitude élevée. Cette Recommandation se fonde sur les Recommandations UIT-R P.676-3 (Genève, 1997) et UIT-R P.835-2 (Genève, 1997).

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que l'affaiblissement sur trajet oblique entre une station de Terre et une station spatiale (géostationnaire ou non géostationnaire), dû à l'absorption par les gaz atmosphériques et notamment par la vapeur d'eau, est un facteur important pour les études de partage de fréquences entre le service fixe par satellite (SFS) et le service fixe;
- b) que l'affaiblissement sur trajet oblique dépend de la distribution le long du trajet de paramètres météorologiques tels que la température, la pression et l'humidité et que de ce fait cet affaiblissement varie selon le lieu géographique du site, le mois de l'année, l'altitude de la station du service fixe au-dessus du niveau de la mer et l'angle d'élévation du trajet oblique;
- c) que l'affaiblissement sur trajet oblique peut être déterminé à partir de la méthode décrite dans l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R P.676, mais qu'il est souhaitable de disposer d'une méthode simple permettant d'évaluer cet affaiblissement;
- d) que pour les études de partage de fréquences, il est nécessaire de définir les paramètres correspondant au mois le plus sec au niveau de la mer pour chaque zone climatique, en s'inspirant de la Recommandation UIT-R P.835;
- e) que l'affaiblissement sur trajet oblique est une fonction complexe de la fréquence et qu'il convient de choisir pour chaque bande de fréquences, une fréquence représentative donnant l'affaiblissement le plus faible,

*recommande*

**1** pour les études de partage de fréquences entre systèmes du SFS et du service fixe dans chaque bande de fréquences, de calculer l'affaiblissement sur trajet oblique dû à l'absorption par les gaz atmosphériques et notamment par la vapeur d'eau, en utilisant une fréquence représentative correspondant à l'affaiblissement le plus faible dans la bande considérée (Note 1);

**2** d'utiliser la méthode donnée en Annexe 1 pour l'estimation de l'affaiblissement sur trajet oblique dû à l'absorption par les gaz atmosphériques (Notes 2, 3 et 4).

NOTE 1 – Les informations contenues dans la présente Recommandation ne sont valables que pour les études de partage de fréquences, car elles ne traitent que de l'affaiblissement sur trajet oblique pendant le mois le plus sec.

NOTE 2 – Pour de plus amples détails, on pourra se reporter à la Recommandation UIT-R P.676.

NOTE 3 – Les informations contenues dans la présente Recommandation sont basées sur la Recommandation UIT-R P.676-3 (Genève, 1997) et la Recommandation UIT-R P.835-2 (Genève, 1997).

NOTE 4 – La Recommandation UIT-R F.1404 donne une formule approximative de calcul de l'affaiblissement minimal sur trajet oblique dû à l'absorption atmosphérique pour les bandes de fréquences utilisées en partage par le service fixe et les services de radiodiffusion par satellite, mobiles par satellite et scientifiques spatiaux.

---

\* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de la Commission d'études 3 (Groupe de travail 3J) des radiocommunications.

\*\* La Commission d'études 5 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en décembre 2009 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 1.

## ANNEXE 1

## Calcul de l'affaiblissement de propagation sur trajet oblique, dû aux gaz atmosphériques, à utiliser pour les études de partage de fréquences entre le SFS et le service fixe

### 1 Introduction

L'affaiblissement sur trajet oblique entre une station de Terre et une station spatiale (géostationnaire ou non géostationnaire), dû à l'absorption par les gaz atmosphériques et notamment à la vapeur d'eau est un facteur important pour les études de partage de fréquences entre le SFS et le service fixe. Cet affaiblissement dépend de la distribution le long du trajet de paramètres météorologiques tels que la température, la pression et l'humidité, et varie en fonction du lieu géographique du site, du mois de l'année, de l'altitude de la station du service fixe au-dessus du niveau de la mer et de l'angle d'élévation du trajet oblique ainsi que de la fréquence de fonctionnement. La méthode de calcul de l'affaiblissement sur trajet oblique est exactement celle qui est donnée en Annexe 1 de la Recommandation UIT-R P.676.

Pour les calculs détaillés de l'affaiblissement atmosphérique, il est possible d'utiliser des informations locales sur la concentration moyenne en vapeur d'eau pendant le mois le plus sec et d'autres paramètres météorologiques ainsi que les atmosphères de référence décrits dans la Recommandation UIT-R P.835. Lorsque ces informations ne sont pas disponibles, les résultats ci-dessous permettent une évaluation simple de l'affaiblissement atmosphérique.

Dans les formules du § 2, on considère chaque bande de fréquences attribuée en partage au SFS et au service fixe et on présente cinq zones géographiques représentatives dans le monde (hémisphères Nord et Sud).

### 2 Estimation de l'affaiblissement sur trajet oblique

Pour les besoins de cette estimation simplifiée, on suppose que la station du service fixe se trouve dans l'une des trois zones climatiques ne dépendant que de la latitude (en valeur absolue) de la station:

- latitude faible inférieure à 22,5° par rapport à l'équateur;
- latitude moyenne supérieure à 22,5° mais inférieure à 45° depuis l'équateur;
- latitude élevée 45° ou plus depuis l'équateur.

Le Tableau 1 donne les valeurs des paramètres climatiques pour chacune de ces zones. Il convient de noter que la densité de la vapeur d'eau au niveau de la mer pour le climat à faible latitude est inférieure à celle indiquée dans la Recommandation UIT-R P.835 qui correspond à la saison sèche. Les affaiblissements pour ces zones ont été déterminés en fonction de l'angle d'élévation du trajet de transmission réel depuis la station du service fixe jusqu'à la position de la station spatiale (géostationnaire ou non géostationnaire). Les formules donnant, dans les paragraphes qui suivent, l'affaiblissement atmosphérique sont une approximation des valeurs théoriques. Dans ces formules:

$A_L(h, \theta)$ ,  $A_M(h, \theta)$  et  $A_H(h, \theta)$ : désignent l'affaiblissement total d'absorption atmosphérique (dB) pour les zones de faible, de moyenne ou de haute latitude, respectivement;

$h$  et  $\theta$ : désignent l'altitude de l'antenne du service fixe au-dessus du niveau de la mer (km) et l'angle d'élévation (degrés), respectivement.

TABLEAU 1

Valeur des paramètres au niveau de la mer pour les zones climatiques

Zone climatique	Température (K)	Pression atmosphérique (hPa)	Densité de la vapeur d'eau (g/m <sup>3</sup> )
Latitude faible	300,4	1 012,0	10,0
Latitude moyenne	272,7	1 018,9	3,5
Latitude élevée	257,4	1 010,8	1,23

La méthode décrite dans l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R P.676 a été utilisée pour l'intégration. Les profils de température, de pression et densité de vapeur d'eau en fonction de l'altitude tels que définis dans la Recommandation UIT-R P.835 ont été utilisés pour le calcul de l'affaiblissement. L'approximation a été effectuée pour  $0 \leq h \leq 3$  km et  $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ .

L'angle d'élévation réel peut être déterminé à partir de l'angle d'élévation obtenu dans des conditions de propagation en espace libre au moyen de la méthode décrite dans la Recommandation UIT-R F.1333. Pour des angles d'élévation réels en dessous de 0°, la valeur d'affaiblissement pour 0° doit être utilisée.

NOTE 1 – Dans certaines situations, il peut être nécessaire d'évaluer l'affaiblissement à une fréquence spécifique sur la base des formules ci-dessous. Par exemple, s'il est nécessaire de déterminer l'affaiblissement dans la zone de faible latitude à 18,5 GHz, il est possible de faire le calcul par interpolation de l'affaiblissement à 17,7 GHz (voir l'équation (4a)) et de celui à 18,8 GHz (voir l'équation (5a)). Toutefois, pour qu'une telle interpolation soit suffisamment précise, les deux fréquences représentatives adjacentes doivent être suffisamment proches l'une de l'autre.

## 2.1 Bande de fréquences 10,7-11,7 GHz

Dans cette bande de fréquences, l'affaiblissement est plus important aux fréquences élevées, et par conséquent, les formules ci-dessous donnent l'affaiblissement à 10,7 GHz.

$$A_L(h, \theta) = 3,40 / [1 + 0,8356 \theta + h(0,2693 + 0,2753 \theta) + 0,1002 h^2] \quad (1a)$$

$$A_M(h, \theta) = 3,01 / [1 + 0,7509 \theta + h(0,3991 + 0,2149 \theta)] \quad (1b)$$

$$A_H(h, \theta) = 2,98 / [1 + 0,7477 \theta + h(0,3737 + 0,2072 \theta)] \quad (1c)$$

## 2.2 Bande de fréquences 11,7-12,75 GHz

Dans cette bande de fréquences, l'affaiblissement est plus important aux fréquences élevées et, par conséquent, les formules ci-dessous donnent l'affaiblissement à 11,7 GHz.

$$A_L(h, \theta) = 3,84 / [1 + 0,8598 \theta + h(0,2815 + 0,3031 \theta) + 0,1148 h^2] \quad (2a)$$

$$A_M(h, \theta) = 3,23 / [1 + 0,7585 \theta + h(0,4154 + 0,2232 \theta)] \quad (2b)$$

$$A_H(h, \theta) = 3,12 / [1 + 0,7487 \theta + h(0,3792 + 0,2102 \theta)] \quad (2c)$$

## 2.3 Bande de fréquences 14,3-14,8 GHz

Dans cette bande de fréquences, l'affaiblissement est plus important aux fréquences élevées, et par conséquent, les formules ci-après donnent l'affaiblissement à 14,3 GHz.

$$A_L(h, \theta) = 5,59 / [1 + 0,9245 \theta + h(0,3063 + 0,3929 \theta) + 0,1671 h^2] \quad (3a)$$

$$A_M(h, \theta) = 4,00 / [1 + 0,8411 \theta + h(0,2844 + 0,2832 \theta) + 0,09031 h^2] \quad (3b)$$

$$A_H(h, \theta) = 3,63 / [1 + 0,7509 \theta + h(0,3973 + 0,2205 \theta)] \quad (3c)$$

## 2.4 Bande de fréquences 17,7-18,8 GHz

Dans cette bande de fréquences, l'affaiblissement est plus important aux fréquences élevées, et par conséquent, les formules ci-après donnent l'affaiblissement à 17,7 GHz.

$$A_L(h, \theta) = 11,38 / [1 + 0,8601 \theta + 0,04510 \theta^2 + h(0,2342 + 0,6585 \theta) + 0,2658 h^2] \quad (4a)$$

$$A_M(h, \theta) = 6,54 / [1 + 0,8994 \theta + h(0,2971 + 0,3762 \theta) + 0,1322 h^2] \quad (4b)$$

$$A_H(h, \theta) = 4,95 / [1 + 0,8149 \theta + h(0,2205 + 0,2830 \theta) + 0,09616 h^2] \quad (4c)$$

## 2.5 Bande de fréquences 18,8-19,3 GHz

Dans cette bande de fréquences, l'affaiblissement est plus important aux fréquences élevées, et par conséquent, les formules ci-après donnent l'affaiblissement à 18,8 GHz.

$$A_L(h, \theta) = 16,17 / [1 + 0,9205 \theta + 0,03829 \theta^2 + h(0,2888 + 0,4380 \theta) + h^2(0,2481 + 0,1380 \theta)] \quad (5a)$$

$$A_M(h, \theta) = 8,38 / [1 + 0,9117 \theta + h(0,2821 + 0,4201 \theta) + 0,1500 h^2] \quad (5b)$$

$$A_H(h, \theta) = 5,87 / [1 + 0,8171 \theta + h(0,1962 + 0,3061 \theta) + 0,1079 h^2] \quad (5c)$$

## 2.6 Bande de fréquences 19,3-19,7 GHz

Dans cette bande de fréquences, l'affaiblissement est plus important aux fréquences élevées, et par conséquent, les formules ci-après donnent l'affaiblissement à 19,3 GHz.

$$A_L(h, \theta) = 19,17 / [1 + 0,9089 \theta + 0,04175 \theta^2 + h(0,2674 + 0,4401 \theta) + h^2(0,2570 + 0,1485 \theta)] \quad (6a)$$

$$A_M(h, \theta) = 9,34 / [1 + 0,7790 \theta + 0,03929 \theta^2 + h(0,2256 + 0,4979 \theta) + 0,1562 h^2] \quad (6b)$$

$$A_H(h, \theta) = 6,45 / [1 + 0,8152 \theta + h(0,1799 + 0,3163 \theta) + 0,1141 h^2] \quad (6c)$$

## 2.7 Bande de fréquences 27,0-27,5 GHz

Dans cette bande de fréquences, l'affaiblissement est moins important aux fréquences élevées, et par conséquent, les formules ci-après donnent l'affaiblissement à 27,5 GHz.

$$A_L(h, \theta) = 22,73 / [1 + 0,9463 \theta + 0,03455 \theta^2 + h(0,3232 + 0,4519 \theta) + h^2(0,2486 + 0,1317 \theta)] \quad (7a)$$

$$A_M(h, \theta) = 11,96 / [1 + 0,8121 \theta + 0,03055 \theta^2 + h(0,2619 + 0,4728 \theta) + 0,1490 h^2] \quad (7b)$$

$$A_H(h, \theta) = 8,77 / [1 + 0,8259 \theta + h(0,2163 + 0,3037 \theta) + 0,1067 h^2] \quad (7c)$$

## 2.8 Bande de fréquences 27,5-29,5 GHz

Dans cette bande de fréquences, l'affaiblissement est moins important aux fréquences élevées, et par conséquent, les formules ci-après donnent l'affaiblissement à 29,5 GHz.

$$A_L(h, \theta) = 20,10 / [1 + 0,9428 \theta + 0,02816 \theta^2 + h(0,3417 + 0,4499 \theta) + h^2(0,2165 + 0,09728 \theta)] \quad (8a)$$

$$A_M(h, \theta) = 11,51 / [1 + 0,8174 \theta + 0,02298 \theta^2 + h(0,2734 + 0,4214 \theta) + 0,1291 h^2] \quad (8b)$$

$$A_H(h, \theta) = 9,00 / [1 + 0,8202 \theta + h(0,2324 + 0,2825 \theta) + 0,09510 h^2] \quad (8c)$$

## 2.9 Bande de fréquences 37,5-40,5 GHz

Dans cette bande de fréquences, l'affaiblissement est plus important aux fréquences élevées, et par conséquent, les formules ci-après donnent l'affaiblissement à 37,5 GHz.

$$A_L(h, \theta) = 23,21 / [1 + 0,8042 \theta + 0,05421 \theta^2 - 0,001771 \theta^3 + 0,1382 \times 10^{-4} \theta^4 + h(0,2743 + 0,4897 \theta) + 0,1742 h^2] \quad (9a)$$

$$A_M(h, \theta) = 16,60 / [1 + 0,8121 \theta + 0,01302 \theta^2 + h(0,3027 + 0,2572 \theta) + h^2(0,07186 + 0,03217 \theta)] \quad (9b)$$

$$A_H(h, \theta) = 14,44 / [1 + 0,7365 \theta + 0,01542 \theta^2 + h(0,2202 + 0,2754 \theta) + 0,07416 h^2] \quad (9c)$$

## 2.10 Bande de fréquences 40,5-42,5 GHz

Dans cette bande de fréquences, l'affaiblissement est plus important aux fréquences élevées, et par conséquent, les formules ci-après donnent l'affaiblissement à 40,5 GHz.

$$A_L(h, \theta) = 27,78 / [1 + 0,7880 \theta + 0,04877 \theta^2 - 0,001566 \theta^3 + 0,1202 \times 10^{-4} \theta^4 + h(0,2729 + 0,4361 \theta) + 0,1473 h^2] \quad (10a)$$

$$A_M(h, \theta) = 20,76 / [1 + 0,6980 \theta + 0,04731 \theta^2 - 0,001508 \theta^3 + 0,1157 \times 10^{-4} \theta^4 + h(0,2497 + 0,3257 \theta) + 0,07995 h^2] \quad (10b)$$

$$A_H(h, \theta) = 18,92 / [1 + 0,6577 \theta + 0,04678 \theta^2 - 0,001484 \theta^3 + 0,1139 \times 10^{-4} \theta^4 + h(0,2200 + 0,2811 \theta) + 0,06507 h^2] \quad (10c)$$

### 2.11 Bande de fréquences 42,5-43,5 GHz

Dans cette bande de fréquences, l'affaiblissement est plus important aux fréquences élevées, et par conséquent, les formules ci-après donnent l'affaiblissement à 42,5 GHz.

$$A_L(h, \theta) = 32,19 / [1 + 0,7732 \theta + 0,04549 \theta^2 - 0,001445 \theta^3 + 0,1096 \times 10^{-4} \theta^4 + h(0,2687 + 0,3992 \theta) + 0,1297 h^2] \quad (11a)$$

$$A_M(h, \theta) = 25,20 / [1 + 0,6884 \theta + 0,04608 \theta^2 - 0,001462 \theta^3 + 0,1117 \times 10^{-4} \theta^4 + h(0,2437 + 0,3107 \theta) + 0,07470 h^2] \quad (11b)$$

$$A_H(h, \theta) = 23,56 / [1 + 0,6557 \theta + 0,04605 \theta^2 - 0,001457 \theta^3 + 0,1115 \times 10^{-4} \theta^4 + h(0,2216 + 0,2749 \theta) + 0,06237 h^2] \quad (11c)$$

### 2.12 Bande de fréquences 47,2-50,2 GHz

Dans cette bande de fréquences, l'affaiblissement est plus important aux fréquences élevées, et par conséquent, les formules ci-après donnent l'affaiblissement à 47,2 GHz.

$$A_L(h, \theta) = 52,43 / [1 + 0,7364 \theta + 0,03601 \theta^2 - 0,001099 \theta^3 + 0,8024 \times 10^{-5} \theta^4 + h(0,2642 + 0,2479 \theta) + h^2(0,08130 + 0,02637 \theta)] \quad (12a)$$

$$A_M(h, \theta) = 47,00 / [1 + 0,7004 \theta + 0,03568 \theta^2 - 0,001081 \theta^3 + 0,7878 \times 10^{-5} \theta^4 + h(0,2527 + 0,1970 \theta) + h^2(0,05539 + 0,03239 \theta)] \quad (12b)$$

$$A_H(h, \theta) = 46,70 / [1 + 0,6872 \theta + 0,03637 \theta^2 - 0,001105 \theta^3 + 0,8087 \times 10^{-5} \theta^4 + h(0,2472 + 0,1819 \theta) + h^2(0,04858 + 0,03221 \theta)] \quad (12c)$$

### 2.13 Bande de fréquences 47,9-48,2 GHz

Dans cette bande de fréquences, l'affaiblissement est plus important aux fréquences élevées, et par conséquent, les formules ci-après donnent l'affaiblissement à 47,9 GHz.

$$A_L(h, \theta) = 57,90 / [1 + 0,7262 \theta + 0,03534 \theta^2 - 0,001074 \theta^3 + 0,7826 \times 10^{-5} \theta^4 + h(0,2576 + 0,2382 \theta) + h^2(0,07645 + 0,02443 \theta)] \quad (13a)$$

$$A_M(h, \theta) = 53,06 / [1 + 0,6962 \theta + 0,03555 \theta^2 - 0,001076 \theta^3 + 0,7840 \times 10^{-5} \theta^4 + h(0,2495 + 0,1940 \theta) + h^2(0,05420 + 0,03176 \theta)] \quad (13b)$$

$$A_H(h, \theta) = 53,21 / [1 + 0,6864 \theta + 0,03632 \theta^2 - 0,001103 \theta^3 + 0,8073 \times 10^{-5} \theta^4 + h(0,2476 + 0,1812 \theta) + h^2(0,04791 + 0,03191 \theta)] \quad (13c)$$

NOTE 1 – Bien que la bande 47,9-48,2 GHz soit une partie de la bande 47,2-50,2 GHz, on a utilisé différentes formules car le numéro S5.552A du Règlement des radiocommunications attribue la bande 47,9-48,2 GHz aux stations placées sur des plateformes à haute altitude dans le service fixe en partage avec le SFS (Terre-espace). L'affaiblissement sur trajet oblique depuis le sol vers une station placée sur une plate-forme à haute altitude, à une altitude de 20 km ou plus, sera très voisin de celui sur le trajet Terre-espace avec le même angle d'élévation.