

## RECOMMANDATION UIT-R P.311-9

**ACQUISITION, PRÉSENTATION ET ANALYSE DES DONNÉES DANS  
LES ÉTUDES RELATIVES À LA PROPAGATION TROPOSPHÉRIQUE**

(1953-1956-1959-1970-1974-1978-1982-1990-1992-1994-1997-1999)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) qu'il est nécessaire de disposer de modèles de prévision de la propagation de validité globale en vue de la conception des systèmes de télécommunication;
- b) que les données relatives à la propagation et à la radiométéorologie sont d'une importance fondamentale pour l'établissement et les tests de tels modèles de prévision;
- c) que, pour faciliter la comparaison des données et résultats, il est souhaitable d'uniformiser l'acquisition et la présentation des données relatives à la propagation et à la radiométéorologie,

*recommande*

- 1** que toutes les données sur la propagation troposphérique soumises à la Commission d'études 3 des radiocommunications soient conformes aux principes et formats présentés dans l'Annexe 1.

## ANNEXE 1

**Banques de données permettant l'évaluation des méthodes de prévision**

- 1 Introduction
- 2 Responsabilités et mises à jour
- 3 Critères d'acceptation
- 4 Critères d'essai pour la comparaison de méthodes de prévision
- 4.1 Considérations générales
- 4.2 Variable d'essai pour la comparaison de prévisions de l'affaiblissement dû à la pluie
- 5 Liste des banques de données de la Commission d'études 3 des radiocommunications concernant la propagation troposphérique
- 5.1 Partie I: Données relatives aux trajets de Terre en visibilité directe
- 5.2 Partie II: Données relatives aux trajets Terre-espace
- 5.3 Partie III: Données relatives aux trajets transhorizon de Terre et à la diffusion par la pluie
- 5.4 Partie IV: Données relatives à la radiométéorologie
- 5.5 Partie V: Données relatives au service mobile terrestre de Terre
- 5.6 Partie VI: Données relatives à la radiodiffusion de Terre
- 5.7 Partie VII: Données relatives aux services mobiles par satellite
- 5.8 Partie VIII: Données relatives à la végétation et aux bâtiments

## 1 Introduction

Pour disposer de méthodes fiables de prévision des effets de la propagation des ondes radioélectriques, il est absolument essentiel de créer des banques de données adéquates. Ces banques de données doivent:

- contenir toutes les données disponibles de qualité adéquate,
- être largement acceptées en tant que source d'information servant à mener à bien les essais,
- être d'accès facile.

Par principe, les banques de données ne contiennent que des données en vue:

- du test des méthodes de prévision recommandées par la Commission d'études 3 des radiocommunications (et, bien entendu, d'autres méthodes), et
- de la création et de la mise à jour de cartes météorologiques relatives à la prévision des effets de la propagation des ondes radioélectriques.

Dans des cas particuliers d'études sur la propagation troposphérique où la Commission d'études 3 des radiocommunications n'a pas adopté de méthodes de prévision, les données tabulées restent disponibles dans l'Annexe à la Recommandation correspondante afin de renseigner le lecteur sur la disponibilité des plus satisfaisantes données mesurées.

Les banques de données actuellement disponibles concernent:

- l'évaluation des méthodes de prévision de la propagation de terre en visibilité directe,
- l'évaluation des méthodes de prévision de la propagation Terre-espace,
- l'évaluation des méthodes de prévision des brouillages ou de la fiabilité sur des trajets transhorizon,
- les données radiométéorologiques,
- l'évaluation des méthodes de prévision pour le service mobile terrestre de Terre,
- l'évaluation des méthodes de prévision pour la radiodiffusion de Terre,
- l'évaluation des méthodes de prévision pour les services mobiles par satellite,
- les données relatives à la végétation et aux bâtiments.

Les administrations sont priées de soumettre leurs données à la Commission d'études 3 des radiocommunications et/ou aux Groupes de travail (GT) compétents conformément aux exigences énoncées dans la présente Annexe. Le § 2 souligne les aspects les plus administratifs concernant les banques de données et les procédures d'entrée de nouvelles données pour leur introduction dans les banques de données. Le § 3 donne les critères auxquels les données concernées doivent répondre pour être acceptées. Le § 4 décrit les critères d'essai pour la comparaison de méthodes de prévision. Le § 5 fournit la liste des Tableaux repris dans les banques de données.

On consultera les pages du World Wide Web (<http://www.itu.int/brsg/sg3/databanks/index.html>) consacrées à la Commission d'études 3 des radiocommunications pour se procurer des formulaires vierges des données indiquant en détail la nature et le format des données requises/disponibles. De plus, la totalité des banques de données est disponible sous forme de tableur sur le même site Web. On pourra en outre se procurer, sur demande, auprès du Bureau des radiocommunications (BR), des copies papier et sur disquettes des feuilles de présentation ainsi que des copies, sous forme de disquettes, de l'ensemble de la banque de données.

Les données de mesure ponctuelles par temps clair (Tableau III-1a) sont actuellement disponibles comme base de données distincte. Le Tableau comprend actuellement près de 100 000 mesures effectuées sur 1 326 trajets. La durée des mesures a été comprise entre 10 min et 1 h. On peut consulter la base de données sur le site Web de la Commission d'études 3 des radiocommunications ou se la procurer auprès du BR sur disquettes de 3,5 pouces (fichiers dBASEIII format DOS). Un programme, permettant à l'utilisateur de lire, d'imprimer et de mettre en forme les données, est fourni sur la disquette.

## 2 Responsabilités et mises à jour

La responsabilité des banques de données incombe à la Commission d'études 3 des radiocommunications, en tirant pleinement parti des avantages qu'offrent les activités des Groupes de travail pour ce qui est des apports techniques et de la gestion, ainsi que les services du BR pour ce qui est de la publication et de la diffusion. La responsabilité pour ce qui est de la précision et de la validité des données appartient aux auteurs cités dans les références et/ou aux administrations qui ont soumis les données. Cependant, afin de faciliter la transformation des données fournies en données informatiques et s'assurer de la qualité des banques de données, les données doivent d'abord être examinées par le GT concerné et répondre à un ensemble de critères développés au § 3. Des données non conformes peuvent toujours être acceptées après renseignements complémentaires et/ou explications adéquates fournies par les administrations concernées.

Il sera nécessaire de suivre en permanence les procédures adéquates de mise à jour technique et de création des banques de données. Il est proposé de confier l'examen de chaque Tableau à un GT et que les GT compétents désignent, pour chacun des Tableaux dont ils sont chargés, un responsable de la coordination des mises à jour.

### 3 Critères d'acceptation

Les données fournies pour introduction dans les banques de données seront examinées en ce qui concerne leur conformité aux critères ci-après:

- Conformité des renseignements fournis avec les formats décrits sur le formulaire vierge. En particulier, les unités de mesures données dans les descriptions des Tableaux sont d'application stricte. A quelques exceptions près, elles sont fondées sur le Système international d'unités (système SI). Pour les définitions des termes, voir la Recommandation UIT-R P.310. On recommande de fournir les données sur des copies des Tableaux donnés sur le formulaire et de donner les informations complémentaires importantes sous la rubrique «Commentaires».
- Pour les tableaux nécessitant à la fois des statistiques cumulatives sur les phénomènes de propagation et les précipitations, des données simultanées sont nécessaires. Cela signifie que les deux statistiques doivent être relatives à la même période d'observation. Si des données ont été adaptées en éliminant certaines données de l'autre ensemble relatives au même intervalle de temps, cela doit être signalé parmi les «Commentaires».
- Pour des statistiques cumulatives à long terme et annuelles, la période d'observation sera un multiple entier de douze mois et la durée de fonctionnement de l'équipement devra être au moins égale à 90% du temps total étudié.
- Les statistiques cumulatives correspondant au mois le plus défavorable (voir la Recommandation UIT-R P.581) devront avoir été obtenues à partir de toutes les statistiques de douze mois de l'année concernée. La durée de fonctionnement de l'équipement doit être au moins de 75% de chaque mois.
- Précision de l'interpolation: lors de la conversion des statistiques cumulatives au format demandé (pour plusieurs pourcentages du temps), il peut être nécessaire de procéder à une interpolation. A cet effet, le nombre de niveaux de référence doit être suffisamment grand, c'est-à-dire tel que le rapport de probabilité entre deux niveaux de référence successifs soit compris entre 0,8 et 1,25. On ne fournira pas de valeurs extrapolées.
- En ce qui concerne les données relatives à la propagation terrestre à large bande, la dynamique du récepteur sera d'au moins 18 dB afin de fournir un rapport crête à bruit de 15 dB au moins.

Ces critères seront appliqués par les réviseurs chargés d'examiner les données soumises. Toutefois, dans des cas particuliers, certains des critères pourront être assouplis (par exemple, il est connu que, dans les phénomènes de trajets multiples, la queue de la distribution des évanouissements est rectiligne lorsque cette distribution est tracée sur papier semi-logarithmique, de telle sorte que le problème de l'interpolation ne soit pas critique). Il convient également d'appliquer des critères d'acceptation moins stricts lorsque les données statistiques sont relatives à une région pour laquelle la base de données est pauvre. Des données qui ont été acceptées et bien qu'elles ne satisfassent pas aux critères d'acceptation (du fait des raisons données ci-dessus) feront l'objet d'un marquage particulier par l'examineur et pourront être retirées de la base de données lorsqu'un nombre suffisant de données conformes aux critères d'acceptation y auront été rentrées.

## 4 Critères d'essai pour la comparaison de méthodes de prévision

### 4.1 Considérations générales

Il est nécessaire de définir un ensemble de critères objectifs pour l'évaluation de la qualité des méthodes de prévision. En règle générale, les données utilisées pour la comparaison de méthodes doivent être choisies en fonction de l'application considérée (voir les critères d'acceptation au § 3). Alors que la base de données comprend en général toutes les données relatives à au moins un type d'essai, certaines de ces données peuvent ne pas convenir pour certaines comparaisons et doivent dès lors être exclues de tels essais. (Exemple: certaines des données du Tableau III-1 ne conviennent pas pour évaluer la fiabilité de liaisons transhorizon; c'est pourquoi elles sont marquées dans le champ du drapeau.) Il est également important d'exclure des données dépendantes entre elles (c'est-à-dire pour lesquelles un jeu de données est un sous-ensemble d'un autre). Cependant, des données extraites de mesures effectuées par une même station pendant une même période mais relatives à des angles d'élévation ou à des polarisations différents peuvent être considérées comme indépendantes.

En outre, dans certains cas, on peut pondérer les mesures par leur durée (exprimée en années). (On notera que la durée est définie comme le nombre de jours correspondant au jeu de données complètes et valides, et est normalement inférieure à la différence entre les dates de fin et de début; la différence est le «temps perdu» de l'expérience.)

Les exigences relatives aux modèles sont les suivantes, dans l'ordre décroissant d'importance:

#### 4.1.1 Meilleure performance du point de vue de la variable d'essai

Cette variable d'essai (c'est-à-dire la moyenne minimale de la différence entre valeurs mesurée et prédite, ou l'écart type minimal de cette différence) doit faire l'objet d'un accord du GT concerné. On notera que l'essai doit être effectué sur l'ensemble des données s'appliquant et sur les sous-ensembles de données convenus.

#### 4.1.2 «Base physique» de la méthode adoptée

La plupart des méthodes de prévision des conditions de propagation utilisées sont, par nature, semi-empiriques, parce que les détails des phénomènes physiques intervenant sont mal connus, ou parce que le nombre de paramètres pris en compte a dû être réduit pour rendre le problème traitable. La possibilité d'étendre un modèle à un contexte mal exploré (nouvelles fréquences, nouvelles zones climatiques, etc.) dépend fortement d'une bonne représentation, dans ce modèle, des principes physiques intervenant. Une approche purement empirique, consistant en ajustement de courbes à des données expérimentales, ne convient normalement pas pour l'extension en dehors du domaine de validité des mesures et devrait être évitée.

#### 4.1.3 «Simplicité»

Ce critère, qui, à certains égards, peut apparaître contradictoire avec l'exigence d'une bonne «base physique», devrait conduire à minimiser le nombre de paramètres d'entrée nécessaires et à s'assurer que la description de l'algorithme se prête à l'écriture d'un programme d'ordinateur exempt d'ambiguïté. Les méthodes graphiques peuvent être très utiles en tant que représentations simplifiées d'une méthode de prévision, mais ne peuvent être acceptées en tant que telles.

### 4.2 Variable d'essai pour la comparaison de prévisions de l'affaiblissement dû à la pluie

Les prévisions d'affaiblissement sont généralement effectuées pour un certain nombre de trajets et pour un ensemble de niveaux de probabilité. Les données pour la comparaison des méthodes de prévision doivent être tabulées pour un ensemble de niveaux de probabilité fixés, par exemple 0,001%, 0,01% et 0,1% de l'année. Le rapport entre les affaiblissements calculé et mesuré est calculé pour chaque trajet. Le logarithme népérien de ce rapport est utilisé comme variable d'essai. Afin de compenser les effets des contributions de sources d'affaiblissement autres que la pluie ainsi que les effets des imprécisions de mesure, qui affectent surtout les valeurs faibles d'affaiblissement, le logarithme doit être multiplié par un facteur d'échelle pour les mesures d'affaiblissement inférieures à 10 dB. Ce facteur d'échelle est une fonction puissance de l'affaiblissement mesuré. La variable d'essai ainsi modifiée suit fidèlement une distribution normale. La moyenne et l'écart type de la variable d'essai (modifiée) sont alors calculés et utilisés pour la comparaison des méthodes de prévision.

#### 4.2.1 Procédure

- Pour chaque pourcentage de temps et chaque trajet radioélectrique, calculer le rapport de l'affaiblissement prévu,  $A_p$  (dB) à l'affaiblissement mesuré,  $A_m$  (dB):

$$S_i = A_{p,i} / A_{m,i} \quad (1)$$

où  $S_i$  est ce rapport calculé pour le  $i^{\text{e}}$  trajet radioélectrique.

- Calculer la variable d'essai:

$$\begin{aligned} V_i &= \ln S_i (A_{m,i} / 10)^{0,2} && \text{pour } A_{m,i} < 10 \text{ dB} \\ &= \ln S_i && \text{pour } A_{m,i} \geq 10 \text{ dB} \end{aligned} \quad (2)$$

- Répéter la procédure pour chaque pourcentage de temps.
- Calculer la moyenne  $\mu_V$ , l'écart type  $\sigma_V$  et la valeur quadratique moyenne  $\rho_V$  des valeurs  $V_i$  pour chaque pourcentage de temps:

$$\rho_V = (\mu_V^2 + \sigma_V^2)^{0,5} \quad (3)$$

NOTE 1 – (Fonction de pondération). Si certaines distributions mesurées correspondent à des données portant sur plusieurs années ( $n$  années), calculer alors la moyenne  $\mu_V$ , l'écart type  $\sigma_V$  et la valeur quadratique moyenne  $\rho_V$  des valeurs  $n V_i$  par exemple si l'on établit la moyenne annuelle pour trois ans d'observation, prendre trois fois la même valeur  $V_i$  pour chaque pourcentage de temps).

NOTE 2 – (Évaluation sur des dizaines de niveaux de probabilité). Pour évaluer les méthodes de prévision sur des dizaines de niveaux de probabilité (par exemple, des pourcentages de temps allant de 0,001 à 0,1), calculer les valeurs de la variable d'essai  $V_i$  pour chaque pourcentage de temps (les valeurs préférées sont 0,001, 0,002, 0,003, 0,005, 0,01, 0,02, 0,03, 0,05 et 0,1), tenir compte d'une fonction de pondération et calculer la moyenne  $\bar{\mu}_V$ , l'écart type  $\bar{\sigma}_V$  et la valeur quadratique moyenne  $\bar{\rho}_V$  de toutes ces valeurs  $V_i$  sur les dizaines de niveaux de probabilité requises.

Dans le processus de comparaison, la meilleure méthode de prévision est celle qui produit la plus petite valeur des paramètres statistiques. Il est à noter que les paramètres logarithmiques peuvent ensuite être convertis en paramètres de pourcentage équivalent. L'écart type, par exemple, conduit à des déviations de pourcentages équivalents supérieur et inférieur:

$$D_{u,t} = \left[ \exp(\pm \sigma_V)^{-1} \right] \times 100$$

qui forment une mesure de la dispersion des valeurs calculées par rapport aux valeurs mesurées, normalisées pour un affaiblissement de 10 dB.

La procédure ne constitue pas seulement un outil pour évaluer la performance des méthodes de prévision; elle donne aussi des indications pour leur amélioration. L'observation des diagrammes de dispersion de  $A_p$  et  $A_m$  donne aussi une information utile sur les mérites relatifs des résultats expérimentaux et des méthodes de prévision.

En outre, ces paramètres statistiques fournissent des indications sur la dispersion probable des valeurs réelles de l'affaiblissement autour de la valeur calculée. A cet effet, la procédure décrite ci-dessus peut être appliquée en sens inverse, c'est-à-dire que l'écart type normalisé pour un affaiblissement de 10 dB fournit l'écart type attendu pour une autre valeur d'affaiblissement,  $A_p$  (dB), en pondérant par le facteur  $(10/A_p)^{0,2}$ .

On peut noter que la limite ultime de précision d'une méthode de prévision quelconque est déterminée par la précision avec laquelle on peut considérer qu'une distribution cumulative d'intensité de pluie, mesurée en un point, caractérise les conditions climatiques et pluviométriques relatives à un endroit.

## 5 Liste des banques de données de la Commission d'études 3 des radiocommunications concernant la propagation troposphérique

### 5.1 Partie I: Données relatives aux trajets de Terre en visibilité directe

Tableau I-1:	Statistiques d'affaiblissement dû à la pluie sur des trajets en visibilité directe
Tableau I-2:	Distribution moyenne des évanouissements et des surchamps à bande étroite dus à la propagation par trajets multiples, pour le mois le plus défavorable, sur des trajets en visibilité directe
Tableau I-3:	Données de diversité sur des trajets en visibilité directe
Tableau I-4:	Statistiques de la XPD et du CPA par ciel clair sur des trajets en visibilité directe
Tableau I-5:	Statistiques de la XPD et du CPA dus aux précipitations sur des trajets en visibilité directe
Tableau I-6:	Caractéristiques des canaux de propagation à trajets multiples et temps de coupure pour le mois le plus défavorable sur des trajets en visibilité directe
Tableau I-7:	Evanouissement et surchamp dus à la propagation par trajets multiples, pour le mois le plus défavorable, sur des trajets en visibilité directe (configuration à plusieurs bonds)
Tableau I-8:	Statistiques de durée des évanouissements sur des trajets en visibilité directe

### 5.2 Partie II: Données relatives aux trajets Terre-espace

Tableau II-1:	Statistiques annuelles de l'affaiblissement dû à la pluie et des intensités de pluie sur des trajets obliques
Tableau II-2:	Statistiques d'affaiblissement dû à la pluie pour le mois le plus défavorable sur des trajets obliques
Tableau II-3:	Statistiques de durée des évanouissements sur des trajets obliques
Tableau II-4:	Statistiques de diversité d'emplacement sur des trajets obliques

- Tableau II-5a: Statistiques annuelles de la XPD sur des trajets obliques  
Tableau II-5b: Statistiques annuelles de la XPD conditionnellement au CPA sur des trajets obliques  
Tableau II-6: Statistiques des scintillations d'amplitude sur des trajets obliques  
Tableau II-7: Ecarts types des scintillations sur des trajets obliques

### **5.3 Partie III: Données relatives aux trajets transhorizon de Terre et à la diffusion par la pluie**

- Tableau III-1: Statistiques d'affaiblissement de propagation sur des trajets transhorizon par ciel clair  
Tableau III-1a: Données de mesures ponctuelles par ciel clair. (Ce Tableau est une banque de données particulière (voir le § 1).)  
Tableau III-2: Diffusion par la pluie sur les trajets de Terre

### **5.4 Partie IV: Données relatives à la radiométéorologie**

- Tableau IV-1: Statistiques des intensités de pluie  
Tableau IV-2: Facteur de conversion du temps d'intégration pour la pluie  
Tableau IV-3: Statistiques annuelles de la température de bruit du ciel  
Tableau IV-4: Statistiques du coïndice au voisinage du sol  
Tableau IV-5: Statistiques relatives à la durée des précipitations  
Tableau IV-6: Statistiques relatives aux conduits d'évaporation

### **5.5 Partie V: Données relatives au service mobile terrestre de Terre**

- Tableau V-1: Statistiques à large bande pour le service mobile terrestre de Terre  
Tableau V-2: Statistiques à bande étroite pour le service mobile terrestre de Terre

### **5.6 Partie VI: Données relatives à la radiodiffusion de Terre**

- Tableau VI-1: Variations temporelles du niveau des signaux en radiodiffusion de Terre  
Tableau VI-2: Variations spatiales du niveau des signaux en radiodiffusion de Terre

### **5.7 Partie VII: Données relatives aux services mobiles par satellite**

- Tableau VII-1: Statistiques à large bande pour les liaisons du service mobile par satellite  
Tableau VII-2: Statistiques à bande étroite pour les liaisons du service mobile maritime par satellite  
Tableau VII-3: Statistiques à bande étroite pour les liaisons du service mobile terrestre par satellite  
Tableau VII-4: Statistiques à bande étroite pour les liaisons du service mobile aéronautique par satellite  
Tableau VII-5: Statistiques à bande étroite relatives aux évanouissements en radiodiffusion par satellite et à leur durée

### **5.8 Partie VIII: Données relatives à la végétation et aux bâtiments**

- Tableau VIII-1: Affaiblissement dû à la végétation  
Tableau VIII-2: Affaiblissement dû à la pénétration dans les bâtiments  
Tableau VIII-3: Caractéristiques de l'affaiblissement des matériaux
-